

327  
1992

ISSN-0132-1447



საქართველოს  
მეცნიერებათა აკადემიის

**მოამბე**

**СООБЩЕНИЯ**

АКАДЕМИИ НАУК  
ГРУЗИИ

**BULLETIN**

OF THE ACADEMY OF  
SCIENCES OF GEORGIA

ტომი 146 том

№ 3

ივნისი 1992 ИЮНЬ

თბილისი • ТБИЛИСИ • TBILISI



524  
1992  
p. 146  
n 3, VI

საქართველოს  
მეცნიერებათა აკადემიის

გზაგაზაფხულის

СООБЩЕНИЯ

АКАДЕМИИ НАУК  
ГРУЗИИ

BULLETIN

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF GEORGIA

88

ტომი 146 TOM

№ 3

036060 1992 ИЮНЬ

ქურნალი დაარსებულია 1940 წელს  
Журнал основан в 1940 году

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ყოველთვიური სამეცნიერო ქურნალი „მოამბე“  
ქართულ, რუსულ და ინგლისურ ენებზე

Ежемесячный научный журнал АН Грузии „Сообщения“  
на грузинском, русском и английском языках

ს ა რ ე ა ქ ც ი ი კ ო ლ მ ბ ი ა

მ. ალექსიძე, თ. ანდრონიკაშვილი, თ. ბერძენი (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), ე. გამყრელიძე, თ. გამყრელიძე, გ. გველესიანი, ვ. გომელაური, რ. გორდენიანი (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), მ. ზაალიშვილი, ა. თავხელიძე (მთავარი რედაქტორი), გ. კვეციანი, ი. კლუბაძე (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), თ. კობახიძე, ჯ. ლომიანი, რ. მებრეველი, დ. მუსხელიშვილი (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), ბ. ნანიანი, თ. ივანიანი, მ. სალუქვაძე (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), ე. სეხნიაშვილი, თ. ურუშაძე, გ. ციციშვილი, გ. ჯორჯიანი, მ. ხეჩიკაძე

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЕГИЯ

М. А. Алексидзе, Т. Г. Андроникашвили, Т. Г. Беридзе (заместитель главного редактора), Т. В. Гамкрелидзе, Э. П. Гамкрелидзе, Г. Г. Гвелесиани, В. И. Гомелаури, Р. Б. Гордзиани (заместитель главного редактора), М. М. Заалишвили, Г. И. Квесицадзе, И. Т. Кигურадзе (заместитель главного редактора), Т. И. Копаленишвили, Д. Г. Ломинадзе, Р. В. Метрели, Д. Л. Мухелишвили (заместитель главного редактора), Б. Р. Нанеишвили, Т. Н. Онанян, М. Е. Салуквадзе (заместитель главного редактора), Э. А. Сехниашвили, А. Н. Тавхелидзе (главный редактор), Т. Ф. Урушадзе, М. В. Хвინгия, Г. Ш. Цицишвили, Г. С. Чогошвили

პასუხისმგებელი მდივანი ა. იაკობაშვილი  
Ответственный секретарь А. В. Якобашвили

რედაქციის მისამართი: 380060, თბილისი, კუტუშოვის ქ. 19, ტელ. 37-22-16.  
საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის სტამბა 380060, კუტუშოვის ქ. 19, ტელ. 37-22-97

Адрес редакции: 380060, Тбилиси, ул. Кутузова 19, тел. 37-22-16.  
Типография АН Грузии, 380060, Тбилиси, ул. Кутузова, 19, тел. 37-22-97

გადაეცა წარმოებას 28.9.1992, ხელმოწერილია დასაბეჭდად 23.3.1993, ფორმატი  
 $70 \times 108^{1/16}$ , მაღალი ბეჭედი. პირობითი ნაბ. თ. 19.6.  
სააღრიცხვო-სავაჭრო-საბეჭდო თაბახი 14.61. ტირაჟი 600.  
შეკ. № 1179, ფაზი 1 მან. 90 კაბ.

Сдано в набор 28.9.1992. Подписано к печати 23.3.1993. Формат  $70 \times 108^{1/16}$   
Печать высокая. Усл.-печ. л. 19.6. уч.-изд. л. 14.61;  
Тираж 600. Зак. № 1179. Цена 1 р. 90 к.

შ ი ნ ა ა რ ს ი

მათემატიკა

2018

2016

- \*რ. ნადირაძე.  $\frac{A(y)x^2 - A(x)y^2}{B(y)x - B(x)y} \psi(xy)$  ტიპის ფორმალური წგუნებები 467
- \*გ. ხიმშიაშვილი. ნამდვილი პოლინომური ენდომორფიზმის ფესვთა რაოდენობის შესახებ 473
- \*ნ. ქაქაბიძე.  $x_1^2 + x_1x_2 + 2x_2^2$  სახის კვადრატული ფორმების პირდაპირი წამით რიცხვთა წარმოდგენის შესახებ 477
- \*ს. ხარიბედაშვილი. მაღალი რიგის მკაცრად ჰიპერბოლური განტოლებისათვის ერთი მრავალგანზომილებიანი ამოცანის შესახებ 480
- \*დ. შულაია. ბრტყელ გეომეტრიაში ბოლცმანის წრფივი განტოლების შესახებ 485
- \*ზ. მიმინოშვილი, პ. მროზიკი. მილნორის და კოენ — ფოგტის ფორმულები არაპუნქტირებული ტოპოლოგიური სივრცეების კატეგორიაში 489
- \*მ. ხაბაზი. ფურიე — ჰარის კოეფიციენტთა მწკრივის აბსოლუტური კრებადობის შესახებ 493
- \*ვ. ბუღაძე. ნული ზომის სიმრავლეებზე ფურიე — უოლშის მწკრივთა განშლადობის შესახებ 495
- \*ა. გოგატიშვილი. ზოგადი სუსტი ტიპის უტოლობები მაქსიმალური ოპერატორისა და რისის გარდაქმნებისათვის 499
- \*ტ. კიღურაძე. პერიოდული სასაზღვრო ამოცანების ამონახსნების არსებობისა და ერთადერთობის შესახებ წრფივი ჰიპერბოლური განტოლებებისათვის 506
- \*მ. ვეზირიშვილი. რეგესის ფუნქციის  $K_n$ -ური უახლოესი მეზობელი ტიპის შეფასების ასიმპტოტური ყოფაქცევა 508

მიქანიკა

- \*ა. ციციშვილი. ზოგიერთი შენიშვნა ფუქსის კლასის დიფერენციალურ განტოლებათა ამოხსნის ერთი მეთოდის გამო 514

მათემატიკური ფიზიკა

- \*რ. კიკინაძე. რიკეს სასაზღვრო ბირთვისათვის 520
- \*თ. ბურკუღაძე (საქ. მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი). განზოგადებული ელასტოთერმოდინამიკის დინამიკის საკონტაქტო ამოცანების ეფექტური ამოხსნები არაერთგვაროვანი ნახევარი სივრცისათვის 526

ფიზიკა

- \*გ. დარსაველიძე, თ. მუხრანელი, ლ. გაბრიჩიძე. შინგანი ხახუნის ამპლიტუდური დამოკიდებულება Si-Ge ხისტემის შენადნებში სილიციუმის ფუძეზე 530
- \*გ. ქარუშიძე, ლ. შენგელია, ნ. რეხვიაშვილი. ბორის კაბილში თბოგამტარობის იზოტოპური ეფექტი 534

\* ვარსკვლავით აღნიშნული სათაური ეკუთვნის წერილის რეზიუმეს.



- \*ლ. ბინკოვა, ო. დავარაშვილი, ა. შოტოვი. ლაზერების აქტიური უბნის  
 $Pb\ Sn\ Se\ Te$  თხევადი ეპიტაქსის თავისებურებების გამოკვლევა 540
- ქ. ტუხაშვილი, ვ. ყანდაშვილი. იონოსფეროს F2 ფენის მოდელირების  
 შესახებ 541
- \*თ. შარსაგიშვილი, გ. ტატიშვილი. არასტაციონარულ პეტეროგენულ  
 სისტემებში რადიოტალღების გამოსხივების თეორიული ასპექტები 549

#### ანალიზური ქიმია

- ბ. ბოჭორიშვილი, ო. მანჯგალაძე, ნ. თელია, ლ. გველესიანი,  
 ნ. ბასარგინი. ნიკელთან ქლოროდაზოლისა და დისულფორდაზოლის  
 ურთიერთმოქმედების შესახებ 550

#### ზოგადი და არაორგანული ქიმია

- \*ნ. შავჭანიძე, ი. გიუაშვილი, რ. გიგაური. კალციუმის ჰიდროარსენა-  
 ტის წარმოების პერსპექტივა 556

#### ორგანული ქიმია

- \*რ. ქაცარავა, დ. ხარაძე, თ. ოშიაძე, ი. ურმანი, ი. სლონიმი,  
 ს. ალექსევეა. L-ლიზინის საფუძველზე მიღებული პოლიამიდების მიკრო-  
 სტრუქტურის შესახებ 561

#### ქიმიური ბაქნოლოგია

- \*ვ. ვეცკო, ბ. ჯანჯღავა, ზ. ხურცილავა. წყობურში გაზის დინების კა-  
 ნონზომიერბათა კვლევა 565

#### ვიდროგეოლოგია

- ზ. სვანიძე. საქართველოს ზოგიერთი მიწისქვეშა წყლების ქიმიური შედგენილობა  
 და მიკროკომპონენტთა შემცველობა 566

#### გეოლოგია

- \*აგავაშვილი. ფილიზნაის საბადოს ეულკანიზმის პროდუქტები 572

#### სამშენებლო მამანია

- მ. მახარაძე, პ. მალლაძე. დიდი განივკვეთის გვირაბების რთულ პი-  
 რობებში მშენებლობის საკითხისათვის 575

#### მანქანათმშენობა

- \*რ. თურმანიძე, ცვენ ჩეუნი, ს. დადუნაშვილი. სპირალური ბურღის  
 ტანში დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის გამოკვლევა სასრული ელე-  
 მენტების მეთოდით 585

ავტომატური გართვა და გამომთვლითი ტანინება

\*გ. ჩოგოვაძე (საქ. მეცნ. აკად. წევრ-კორესპონდენტი), რ. კაკუბავა. რიგები ინფორმაციულ-გამოთვლით სისტემებში მომსახურების ნახევრადმარკოვული გარემოთი

591

გობანია

ლ. ხარიტონაშვილი, რ. რამიშვილი, ნ. რამიშვილი. *Vitis vinifera* L. ssp. *silvestris* Gmel-ის „მამრობით“ ყვავილებში მდებარეობით გენე-რაციული სფეროს ზოგიერთი მორფოლოგიური თავისებურება

593

მცენარეთა ფიზიოლოგია

\*ა. ალექსიძე, გ. ფიფია, გ. სანაძე (საქ. მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი). ტრიტიკალის თესლის ლექტინი: გასუფთავება, დახასიათება და სეკრეცია გა-ლივებადი თესლების მიერ

602

ადამიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

დ. დავით ლიანი, ა. ქორელი. ბოცერის თვითგალიზიანების ცვლილებები სე-რუმინერგული მექანიზმების დარღვევისას

603

\*ნ. ბუკია, ე. მონიავა. ჰიპოთალამუსის პრეოპტიკური უბნის ნორადრენერგული ინერვაციის გავლენა გონადოროფული ჰორმონების გამოწვეულ ტალღებზე მდებარე ვირთვებში

609

\*ა. უნგიაძე, გ. კიცნაძე. დორსალური ჰიპოკამისა და წინა სარტყლის ზეუ-ლის პროექციების შესწავლა

613

ბიოქიმია

ა. სოფროშაძე, დ. გულბანი, ქ. მჭედლიშვილი, თ. ციციშვილი. ვაზის ფესვის პრონათოცინიდიები

615

ზოოლოგია

ნ. ნინუა. შავი ზღვის მელიტერანიზაცია გრძელდება

619

\*მ. ბაქრაძე, ვ. ჩხიკვაძე. საქართველოს ამფიბიების და ქვეწარმავლების სია

628

ციტოლოგია

რ. კაპანაძე, ლ. ჭეიშვილი, ლ. ხოფერია, ლ. გეგენავა, ლ. ხა-ბაზი. მთავარდუმიის მორფო-ფუნქციური ცვლილებები აუტომაუნური კარ-დიომიოპათიის დროს

630

მასპარეზობის მიმდინარეობა

\*თ. ჩხიკვაძე, დ. ჭიჭიკა, დ. კობახიძე. ახალი ანტიმიკრობული გაწოვადი საკერი მასალის — „ამიცილონი“ — ჰემოსტაზური თვისების მორფოლოგიური შეფასება

636

- \*ა. ცალუღელიაშვილი. კომბინირებული მკურნალობის გავლენა რეპარაციული რეგენერაციის პროცესზე კიბოთი დაავადებულთა საყლაპავისა და კუჭის პროქსიმალური ნაწილის რეზექციის შემდეგ 641
- ვ. თევზაძე. ვირთაგვების კუჭის ექსპერიმენტული სიმსივნეების ბიოლოგიური და მორფოლოგიური თავისებურებანი 642

#### ენათმეცნიერება

- ნ. ქემერელიძე. ფილოლოგიური ტოპოლოგია ფერთა აღმნიშვნელ სიტყვებთან კავშირში და მათი მორფოლოგიური სტრუქტურა 648
- ვ. გიუნაშვილი. ოპტიკური პართულსა და ადრესაშუალო სპარსულ ეპიგრაფიკულ ძეგლებსა და ფსალმუნის ფალაურ თარგმანში 650
- ზ. ვახანია. სიგარძის საზომი საერთოქართველური ერთეული „ხალა“ 654

#### ფილოლოგია

- ნ. ჩიხლაძე. პროშეთეს მხატვრული სახის დეპტუალიზაციისათვის თანამედროვე ლიტერატურაში 660

#### ისტორია

- დ. ლოსაბერიძე. ქვის ხანაში საქართველოს ტერიტორიაზე მცხოვრებ ტომთა განსახლების პრობლემა 663



# СОДЕРЖАНИЕ

## МАТЕМАТИКА

* Р. Г. Надирадзе. Формальные группы типа $\frac{A(y)x^2 - A(x)y^2}{B(y)x - B(x)y} \psi(xy)$	468
* Г. Н. Химшиашвили. О числе нулей вещественного полиномиального эндоморфизма	473
* Н. Д. Качахидзе. О представлении чисел прямой суммой квадратичных форм $x_1^2 + x_1x_2 + 2x_2^2$	477
С. С. Харибегашвили. Об одной многомерной задаче для строго гиперболических уравнений высокого порядка	478
Д. А. Шулая. О линейном уравнении Больцмана в плоской геометрии	482
* З. Р. Миминошвили, П. Мрозик, Формулы Милнора и Коэна—Фогта в категории топологических пространств без отмеченной точки	489
М. И. Хабази. Об абсолютной сходимости ряда коэффициентов Фурье—Хаара	490
В. М. Бугадзе. О расходимости рядов Фурье—Уолша на множествах меры нуль	496
* А. С. Гогатишвили. Неравенства общего слабого типа для максимальных операторов и преобразования Рисса	500
* Т. И. Кигурадзе. О существовании и единственности решений периодических краевых задач для линейных гиперболических уравнений	505
* М. О. Везиришвили. Асимптотическое поведение оценки функции регрессии методом $K_n$ ближайшего соседа	508

## МЕХАНИКА

А. Р. Цицкишвили. Некоторые замечания к одному методу решения дифференциального уравнения класса Фукса	510
--	-----

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Р. К. Чичинадзе. Краевая задача Рикье для шара	515
--	-----

\* Заглавие, отмеченное звездочкой, относится к резюме статьи.



- Т. В. Бурчуладзе (член-корреспондент АН Грузии). Эффективные решения динамических контактных задач обобщенной теории эластотермомодифузии для неоднородного полупространства 521

### ФИЗИКА

- Г. Ш. Дарсавелидзе, Т. З. Мухранели, Л. Л. Габричидзе. Амплитудная зависимость внутреннего трения в сплавах системы Si-Ge на основе кремния 527
- Г. С. Карумидзе, Л. А. Шенгелия, Н. А. Рехвиашвили. Изотопный эффект теплопроводности в карбиде бора 531
- Л. П. Бычкова, О. И. Даварашвили, А. П. Шотов. Исследование особенностей жидкофазовой эпитаксии активных слоев лазеров PbSnSeTe 536
- \* К. И. Тухашвили, В. В. Кандашвили. О моделировании F2 слоя ионосферы 544
- Т. А. Марсагишвили, Г. Д. Татишвили. Теоретические аспекты излучения радиоволн в нестационарных гетерогенных системах 546

### АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- \* Х. Н. Бочоришвили, О. В. Манджгаладзе, Н. М. Телия, Л. Т. Гвелесиани, Н. Н. Басаргин. О взаимодействии никеля с хлородазолом и дисульфодазолом 553

### ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Н. Г. Чавчанидзе, И. И. Гиуашвили, Р. Д. Гигаури. Перспектива производства гидроарсената кальция 554

### ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Р. Д. Кацарава, Д. П. Харадзе, Т. Н. Омнадзе, Я. Г. Урман, И. Я. Слоним, С. Г. Алексеева. О микроструктуре полиамидов на основе L-лизина 557

## ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

- В. М. Вецко, В. Ш. Джанджгава, З. Н. Хурцилава. Исследование закономерностей течения газа по насадке 562

## ГИДРОГЕОЛОГИЯ

- \* З. С. Сванидзе. Установление химического состава и содержания микрокомпонентов в подземных водах Грузии 569

## ГЕОЛОГИЯ

- А. М. Гавашели. О продуктах вулканизма Флизычайского месторождения 570

## СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

- \* М. Н. Махарадзе, П. О. Маглакелидзе. К вопросу сооружения тоннелей большого сечения в сложных условиях 580

## МАШИНОВЕДЕНИЕ

- Р. С. Турмаидзе, Цзэн Чжун, С. Ш. Дадунашвили. Исследование плоского напряженно-деформированного состояния в спиральном сверле методом конечных элементов 581

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ И  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

- Г. Г. Чоговадзе (член-корреспондент АН Грузии), Р. В. Какубава. Очереди в информационно-вычислительных системах с полумарковской средой обслуживания 586

## БОТАНИКА

- \* Л. А. Харитонашвили, Р. М. Рамишвили, Н. Р. Рамишвили. Некоторые морфологические особенности женской генеративной сферы в «мужских» цветках *Vitis vinifera* L. ssp. *silvestris* Gmel 597

## ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

- Г. Я. Алексидзе, Г. Г. Пипия, Г. А. Санадзе (академик АН Грузии). Лектин семян тритикале: очистка, характеристика и секреция из прорастающих семян 599

## ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

- \* Д. Ш. Давитулиани, А. Г. Корели. Изменения самораздражения кролика при нарушении серотонергических механизмов 605
- Н. Г. Букия, Э. С. Мониава. Роль норадренергической передачи переднего отдела гипоталамуса в регуляции вызванной волны гонадотропинов у самок крыс 607
- А. А. Унгиадзе, Г. И. Кикиадзе. Изучение проекций дорсального гиппокампа к передней поясной извилине 611

## БИОХИМИЯ

- А. Н. Сопромадзе, Д. И. Гулбани, К. Ш. Мchedlishvili, Т. Т. Цицишвили. Проантоцианидины корней виноградной лозы 618

## ЗООЛОГИЯ

- \* Н. Ш. Нишуа. Медитеранизация Черного моря продолжается 622
- М. А. Бакрадзе, В. М. Чхиквадзе. Список амфибий и рептилий Грузии 623

## ЦИТОЛОГИЯ

- \* Р. В. Капанадзе, Л. Д. Чеишвили, Л. А. Хоперия, Л. С. Гегенава, Л. А. Хабази. Морфо-функциональные изменения миокарда при аутоиммунной кардиомиопатии 632

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

- Т. Ф. Чхиквадзе, Д. Т. Джикия, Д. Н. Коходзе. Морфологическая оценка гемостатического свойства нового антимикробного рассасывающегося шовного материала «амцелон» 634
- А. Р. Цалугелашвили. Влияние комбинированного лечения на процесс репарационной регенерации после резекции пищевода и проксимального отдела желудка по поводу их ракового поражения 638
- \* В. Б. Тевзадзе. Биологические и морфологические особенности экспериментальных опухолей желудка у крыс 644

## ЯЗЫКОЗНАНИЕ

- Н. Д. Кемертелидзе. Филологическая топология в связи с цветообозначающими словами и их морфологическая структура 646

- \* Е. Дж. Гиунашвили. Оптаив в парфянских и раннесреднеперсидских надписях и пехлевийском переводе псалтыри 652
- \* З. Н. Вахания. Общекартвельская единица измерения длины хал- 657

## ФИЛОЛОГИЯ

- \* Н. К. Чихладзе. К деактуализации художественного образа Прометея в современной литературе 661

## ИСТОРИЯ

- \* Д. Г. Лосаберидзе. Проблема расселения племен, живших на территории Грузии в каменном веке 667

## CONTENTS\*

### MATHEMATICS

R. Nadiradze.	Formal groups of the type $\frac{A(y)x^2 - A(x)y^2}{B(y)x - B(x)y} \psi(xy)$	465
G. K'himshiasvili.	On the number of zeroes of a real polynomial endomorphism	469
N. Kachakhidze.	On the representation of numbers by a direct sum of quadratic forms $X_1^2 + x_1x_2 + 2x_2^2$	474
*S. Kharibegashvili.	On a spatial problem for high order strictly hyperbolic systems in several independent variables	480
*D. Shul'iaia.	On a linear Boltzmann equation in plane geometry	485
Z. Miminoshvili, P. Mroziuk.	Milnor and Cohen-Vogt formulas in the category of unpointed topological spaces	486
*M. Khabazi.	On the absolute convergence of the series of Fourier-Haar coefficients	493
*V. Bugadze.	On divergence of Walsh-Fourier series on the sets of measure zero	496
A. Gogatishvili.	General weak-type inequalities for the maximal operator and Riesz transforms	497
T. K'iguradze.	On existence and uniqueness of solutions of periodic boundary value problems for linear hyperbolic equations]	501
M. Vezirishvili.	Limit theorems for a $K_n$ -nearest neighbour estimate of the regression function	506

### MECHANICS

*A. Tsitskishvili.	Some remarks on one method of solution of a differential equation from the Fuks class	514
--------------------	---	-----

### MATHEMATICAL PHYSICS

*R. Chichinadze.	The Riquier boundary value problem for a ball	520
*T. Burchuladze.	Efficient solutions of contact problems of dynamics of generalized elastothermodiffusion for inhomogeneous half-space	526

### PHYSICS

*G. Darsavelidze, T. Mukhraneli, L. Gabrichidze.	Amplitude dependence of internal friction in alloys of Si-Ge system on silicon base	530
*G. Karumidze, L. Shengelia, N. Rekhviashvili.	Isotopic effect of boron carbide thermal conductivity	535
*L. Bychkov'a, O. Davarashvili, A. Shotov.	Investigation of LPE peculiarities of Pb Sn Se Te laser active layers	540
*K. Tukhashvili, V. Kanda'shvili.	On ionosphere F2 layer simulation	545
*T. Marsagishvili, G. Tatishvili.	Theoretical aspects of the radiation of radiowaves in nonstationary heterogeneous systems	549

\*A title marked with an asterisk refers to the summary of the article.

## ANALYTICAL CHEMISTRY

- \*Kh. Bochorishvili, O. Mandjgaladze, N. Telia, L. Gvelesiani, N. Basargin. About the interaction of nickel with chlorodazol and disulfordazol 553

## GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

- \*N. Chavchanidze, I. Giuashvili, R. Gigauri. Perspective of calcium hydroarsenate production 556

## ORGANIC CHEMISTRY

- \*R. Katsarava, D. Kharadze, T. Omiadze, Ya. Urman, I. Slonim, S. Alekseeva. On microstructure of polyamides based on L-lysine 561

## CHEMICAL TECHNOLOGY

- \*V. Vetsko, B. Janjgava, Z. Khurtsilava. Investigation of the regularities of gas flow in the packing 565

## HYDROGEOLOGY

- \*Z. Svanidze. Some data about chemical composition and microcomponents of underground waters in Georgia 569

## GEOLOGY

- \*A. Gavasheli. Volcanic formations of Phylizchai deposit 573

## STRUCTURAL MECHANICS

- \*M. Makharadze, P. Maglakelidze. On the problem of large cross-section tunnel construction in severe conditions 580

## MACHINE BUILDING SCIENCE

- \*R. Turmanidze, Zeng Zhong, S. Dadunashvili. A Study of the plane Stress-strain in a spiral drill by the finite elements method 585

## AUTOMATIC CONTROL AND COMPUTER ENGINEERING

- \*G. Chogovadze, R. Kakubava. Queues in information-computing systems with semi-markovian maintenance medium 592

## BOTANICS

- \*L. Kharitonashvili, R. Ramishvili, N. Ramishvili. Some morphological features of female generative sphere in 'male' flowers of *Vitis vinifera* L. ssp *silvestris* Gmel 598

## PLANT PHYSIOLOGY

- \*G. Aleksidze, G. Pipia, G. Sanadze. Triticale seed lectin: purification, characterization and secretion by germinating seeds 620

## HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

- \*D. Davituliანი, A. Koreლი. Modification of the self-stimulation in rabbits during impairment of the serotonergic mechanisms 605
- \*N. Bukია, E. Moniავა. The role of noradrenergic innervation of hypothalamic preoptic region in the regulation of an induced wave of gonadotropins in female rats 610
- \*A. Ungiadze, G. Kiknadze. Study of the dorsal hippocampal projections of the anterior cingulate gyrus 613

## BIOCHEMISTRY

- \*A. Sopromadze, D. Gulbani, K. Mchedlishvili, T. Tsi-tsi-shvili. Proanthocyanidines of grape-vine roots 618

## ZOOLOGY

- \*N. Ninua. The mediteranization of the Black Sea is continuing 622
- M. Bakradze, V. Chkhikvadze. The list of georgian amphibians and reptilians 628

## CYTOLOGY

- \*R. Kapanadze, L. Cheishvili, L. Khoperia, L. Gege-nava, L. Khabazi. Morpho-functional myocardial changes in auto-immune cardiomyopathy 633

## EXPERIMENTAL MEDICINE

- \*T. Chkhikvadze, D. Jikia, D. Kokhodze. The morphological appreciation of hemostatic quality of the new absorbable antimicrobial suture material—"Amycelon" 637
- \*A. Tsalugelashvili. Influence of combined treatment on reparational regeneration in oncological patients after the resection of oesophagus and proximal part of stomach 641
- \*V. Tevzadze. Morphological and biological peculiarities of the stomach experimental tumors in the rats 645

## LINGUISTICS

- \*N. Kemertelidze. Phylological topology in connection with colour-designating words and their morphological structure 648
- \*E. Giunashvili. Optative in Parthian and early Middle Persian inscriptions and in Pehlevi translation of the Psalter 652
- \*Z. Vakhania. The common-kartvelian length measure unit *xal* 657

## PHILOLOGY

- \*N. Chikhladke. On the deactualization of the image of Prometheus in modern literature 662

## HISTORY

- \*D. Losaberidze. The problem of settling the tribes inhabiting Georgian territory during stone age 667



R. NADIRADZE

FORMAL GROUPS OF THE TYPE  $\frac{A(y)x^2 - A(x)y^2}{B(y)x - B(x)y} \Psi(xy)$

(Presented by N. Berikashvili, Corr. Member of the Academy 24.12. 1991)

1. An arbitrary formal group  $F(x, y)$  over the  $Q$ -algebra can be represented as

$$F(x, y) = \frac{F(x, y)}{\Psi(xy)} \cdot \Psi(xy) = f(x, y) \Psi(xy),$$

where  $\Psi(x) = 1 + \varphi_1 x + \varphi_2 x^2 + \dots$  is an arbitrary function over the  $Q$ -algebra.

Differentiating the above equation, we obtain the following equation

$$\frac{\Psi'(xy)}{\Psi(xy)} = \frac{\omega(y) \frac{\partial t}{\partial y} - \omega(x) \frac{\partial t}{\partial x}}{f(xy) \cdot [y\omega(x) + x\omega(y)]}, \quad (1)$$

where  $\omega(x) = \frac{\partial F(x, y)}{\partial y} \Big|_{y=0}$  is an invariant differential form. If in equation (1) we compare the coefficients for  $y^n$ , we get the system of functional equations.

2. Consider the case

$$f(x, y) = \frac{A(y)x^2 - A(x)y^2}{B(y)x - B(x)y},$$

where

$$A(x) = 1 + A_1 x^2 + A_3 x^3 + \dots, \quad A_2 = 0;$$

$$B(x) = 1 + B_2 x^2 + B_3 x^3 + \dots, \quad B_1 = 0;$$

In this case  $\omega(x) = B(x) + A_1 x + \varphi_1 x^2$ .

The formal groups of such a type are encountered in [1-5].

Theorem 1.  $\omega(x) B'(x) = Z + 2A_1 B(x) - 2B_2 x + 2(\varphi_2 - \varphi_1^2) x^3$ ,

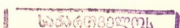
$$2. \quad \omega(x) Z' = \left[ \frac{3B(x)}{x} + \varphi_1 x \right] Z + \left( \frac{6A_1}{x} - 2\varphi_1 \right) B^2(x) + (-8B_2 + 2\varphi_1 - 2\varphi_1^2 x^2) B(x) + [-3B_3 - 2A_1 B_2 + 2\varphi_1 A_1] x + [2\varphi_1 B_2 + 2\varphi_1^2] x^2 + [6\varphi_3 - 10\varphi_1 \varphi_3 + 4\varphi_1^3] x^4,$$

$$3. \quad x Z^2 = pZ + q,$$

$$4. \quad P_i(B, x) = 0,$$

where  $Z = \frac{2(B^2 - A)}{x}$  and  $P, q, p_i$  are the polynomials of  $B(x), x$ .

20182



Remark. Theorem 1 determines uniquely the functions  $A(x)$  and  $B(x)$ , equation (1) determines the function  $\Psi(x)$  if we put  $y=1$ , and condition 4 in Theorem 1 yields the restriction for the parameters  $(A_1, B_2, B_3, B_4, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4)$ .

Corollary 1. If  $Z=0$  and  $\varphi_1 \neq 0$ , then  $B(x)=1$ .

Theorem 2. if  $\Psi=1$  then  $xZ=B^2(x)-A_1B(x)_x \neq 2B_2x^2-$

$$\sqrt{B^4(x)+2A_1B^3(x)x+(A_1^2-4B_2)B^2(x)x^2-(8A_1B_2+6B_3)B(x)x^3-(8B_4+4A_1B_3+4A_1^2B_2)x^4}. \quad (2)$$

3. Consider particular cases:

(i) Formal Abelian group. In this case the radical in Theorem 2 is a complete square. Thus we have following.

Corollary 2. The formal group has the form

$$xB(y)+yB(x)+A_1xy,$$

where

$$(B(x)+A_1x)B'(x)=2B_2x$$

and  $B_3=-\frac{2}{3}A_1B_2$ ,  $B_4=\frac{1}{2}(A_1^2B_2-B_2^2)$  are the Gould polynomials.

(ii) Formal Hirzebruch group.

$$\Psi=1, \quad B_3=0, \quad B_4=0.$$

in this case we have

Corollary 3.  $B(x)=1+B_2x^2$  and  $A(x)=1+A_1x$ .

(iii) Formal Euler group.

$$\Psi=1, \quad A_1=0, \quad B_3=0.$$

Then we have

Corollary 4.  $B^2(x)=1+2B_2x^2+(2B_4+B_2^2)x^4$ ,

$$A(x)=1.$$

(iv)  $\Psi=1$ ,  $A_1=0$ ,  $B_2=0$ ,  $B_4=0$  and we have

Corollary 5.

$$f(x, y)=xB(y)+yB(x)+\frac{3B_3}{2}\frac{\sqrt{B(x)}\sqrt{B(y)}x^2y^2}{1+\frac{9}{4}B_3^2x^3y^3}, \quad (3)$$

where

$$B^3(x)=\left(1+\frac{3B_3}{2}x^3\right)^2.$$

Paper [6] considers the example:  $x^3+y^3=1$  (Fermat curve), the first kind differential form  $\frac{dy}{x^2}=y'(x)dx$  and the formal group  $y^{-1}(y(x)+y(y))$ . Formula (3) gives a full description of the formal group of the Fermat curve.

Corollary 6. 1. Coefficients of the formal group (3) for  $xy^{3n}$  are equal to

$$(-1)^{n-1}\frac{2\cdot 4\cdot 7\cdots(3n-5)}{n!}\left(\frac{B_3}{2}\right)^n, \quad n>1.$$

2. The ring of coefficients is equal to

$$Z \left[ \frac{1}{3} \right] \left[ \frac{B_3}{2} \right], \text{ if } 3 \text{ inversable.}$$

3. If  $\alpha_{3^n} = \frac{B_3^{3^n-1}}{3^{\nu_3(n!)}}$ , where  $n! = 3^{\nu_3(n!)}$ , then the ring of coefficients is generated by the monomials  $\alpha_{3^{n_1}}^{i_1} \alpha_{3^{n_2}}^{i_2} \dots \alpha_{3^{n_s}}^{i_s}$ , where  $1 \leq n_1 < n_2 < \dots < n_s$ ,  $0 \leq i_k \leq 2$ ,  $k=1, 2, \dots, s$ , and  $\alpha_{3^n}^3$  and if  $n > 2$ ,  $3\alpha_{3^n}$  are decomposable.

PROBLEM. From Theorem 2 it follows that the coefficients of the corresponding formal group are the polynomials of parameters  $A_1, B_2, B_3, B_4$ . Describe these polynomials!

4. Formal groups generate the cohomology theories [7, 3, 5]. In the case of the formal group (3) we have

Corollary 7. Functor  $MU^* \otimes_{U^*} Z \left[ \frac{1}{3} \right] \left[ \left( \frac{B_3}{2} \right)^{-1}, \frac{B_3}{2} \right]$  is exact,

where  $U^*$ —is a ring of complex cobordisms.

Another way of constructing the comology theory is the Baas—Sullivan construction [8] of the theory of cobordisms with singularities.

Corollary 8. Regular sequence for the formal group (2) has the form

$$P(n) [\alpha_{1,n} - B_n(\alpha_1, \alpha_2, 2\alpha_3, \alpha_4)] \quad n \geq 5,$$

where  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  are the generators of the ring  $U_*$  which correspond to  $A_1, B_2, \frac{B_2}{2}, B_4$  and  $\omega(x) = \sum \alpha_{1,n} x^n$  is the invariant form for the formal group of cobordisms;  $P(n)$ —is a minimal number, such that

$$P(n) [\alpha_{1,n} - B_n(\alpha_1, \alpha_2, 2\alpha_3, \alpha_4)] \in U^*.$$

Tbilisi A. Razmadze Mathematical Institute  
 Georgian Academy of Sciences

(Received on 25.12.1991)

მათემატიკა

რ. ნაფირაძე

$$\frac{A(y)x^2 - A(x)y^2}{B(y)x - B(x)y} \Psi(xy) \text{ ტიპის ფორმალური ჯგუფები}$$

რეზიუმე

აღწერილია სათაურში მითითებული ფორმალური ჯგუფების კლასიფიკაცია, რომელიც არის 4 პარამეტრიანი. აგებულია შესაბამისი კოპომოლოგიის თეორიები.

Р. Г. НАДИРАДЗЕ

 ФОРМАЛЬНЫЕ ГРУППЫ ТИПА  $\frac{A(y)x^2 - A(x)y^2}{B(y)x - B(x)y} \Psi(xy)$ 

Резюме

В работе описана классификация формальной группы, указанной в заглавии, которая 4-параметрична. Построены соответствующие теории когомологий.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

## REFERENCES

1. K. Kordzaya, R. Nadiradze. Bull. Acad. of Sci. of Georgian SSR, N 1 (1989), 41—44.
2. V. Bukhstaber, A. Kholodov. Math. Sbornik, 181 (1990), N 1.
3. K. Kordzaya, R. Nadiradze. Preprint.
4. V. Bukhstaber. Uspekhi Mat. Nauk, V. 45, № 3, 1990, 185—186.
5. R. Nadiradze. (To appear).
6. T. Honda. Osaka J. Math. 9 (1972), 447—462.
7. P. Landweber. Lecture Notes in Math., № 1326 (1986).
8. N. Baas. Math. Scand. 33 (1973), 279—302.

G. KHIMSHIAVILI

## ON THE NUMBER OF ZEROES OF A REAL POLYNOMIAL ENDOMORPHISM

(Presented by N. A. Berikashvili, Corr. member of the Academy 4.03.1991)

1. We are concerned with the real solutions of systems involving two real polynomial equations with two unknowns. Such a pair of polynomials,  $f_1, f_2$  defines a polynomial endomorphism  $f = (f_1, f_2) : \mathbf{R}^2 \rightarrow \mathbf{R}^2$ , and we intend to provide a method of effective algebraic calculation of the real zeroes cardinality  $m_f(0) = \text{card } f^{-1}(0)$  (the number of complex zeroes  $M_f(0) = \text{card } f_{\mathbf{C}}^{-1}(0)$ , where  $f_{\mathbf{C}} : \mathbf{C}^2 \rightarrow \mathbf{C}^2$  is the complexification of  $f$ , is in principle determined by the Bezout theorem [1]). For the sake of simplicity we consider below only proper endomorphisms, i. e. polynomials  $f_1, f_2$  having no common zeroes at the infinity [2].

Such an assumption may be always verified directly using the resultant of «dehomogenized» homogeneous forms of the highest degree  $f_1^*, f_2^*$  [1], and it enables one to introduce also various other natural numerical characteristics of the endomorphism  $f$ , e. g. global multiplicity  $m(f)$  [3], topological degree [4], exponent of growth [2] and so on. The problem of their effective calculation arises, and the present note may be considered as one more step in this direction.

More precisely, we indicate an algorithm of computing  $m_f(0)$  and establish its connection with earlier results on the computation of the topological degree [5], [6]. We use a variant of the classical method of «counting» quadratic forms going back to Hermite and Jacobi (cf., e. g. [7]).

2. Set  $n_j = \deg f_j$ ,  $j=1, 2$ , and  $n = n_1 n_2$ . The properness of  $f$  implies that  $m(f) = n$  and  $f_{\mathbf{C}}$  has exactly  $n$  zeroes counted with multiplicities. We may assume also, without any loss of generality, that  $f_{\mathbf{C}}$  has exactly  $n$  zeroes  $z_j = (u_j, v_j)$ ,  $j=1, \dots, n$ , such that  $v_j$ -s are pairwise distinct.

Introduce now a family of quadratic forms on the  $n$ -dimensional real vector space  $\mathbf{R}^n$  containing a functional parameter  $g = g(x, y)$

$$Q_j^g(t_0, \dots, t_{n-1}) = \sum_{j=1}^n g(u_j, v_j)(t_0 + t_1 v_j + \dots + t_{n-1} v_j^{n-1})^2,$$

which is a modification of the form invented by Hermite [7] by means of introducing the so-called «modifying factors»  $g(u_j, v_j)$ .



Taking  $g=1$  we obtain the basic «counting» form  $Q_j = Q_j^1$  which may be shown to be non-degenerate. Now, one observes that a pair of complex-conjugated common roots gives the zero contribution in the signature  $s(Q_j)$ , which leads directly to the following conclusion completely in the spirit of [7].

**Theorem 1.**  $m_f(0) = s(Q_f)$ .

Here is the place where the afore-mentioned assumptions are useful, because one can simply make a linear change of variables given by the second bracket in the sum above, assuming that in the case of complex-conjugated roots one takes its real and imaginary parts. This is non-degenerate transformation because the corresponding Vandermonde is non-zero, and the desired equality follows.

Varying the form of modifying factors one may also compute the number of zeroes in various planar domains bounded by algebraic curves (a number of similar results were presented in [8]), not intersecting  $f^{-1}(0)$ .

**Corollary 1.** Set  $Q_f^g = Q_f^g$ , where  $g = r - x^2 - y^2$ . Then the number of zeroes in the circle  $\{x^2 + y^2 \leq r\}$  is equal to  $1/2 [s(Q_f) + s(Q_f^g)]$ .

Now we want to deal with the case of angular domains. Write  $p = (a, b)$ ,  $Q_f^g = Q_f(a, b) = Q_f^g$  with  $g = (a-x)(b-y)$  and  $S(h) = s(Q_f^h)$ .

**Corollary 2.** The number of common roots in the angle  $\{a \leq x, b \leq y\}$  is  $(S(1) + S(x-a) + S(y-b) + S(g))/4$ .

It remains to show how to compute these signatures effectively.

**Theorem 2.** The coefficients of the form  $Q_f^g(a, b; T)$  may be expressed algebraically via coefficients of  $f_1$  and  $f_2$ .

The proof is straightforward but contains a number of reductions using tedious calculations so that we present only an outline, indicating all essential ingredients.

One starts with rearranging terms of  $Q_f^g$  in order to express it in the usual form  $Q_f^g = \sum c_{ij} t_{i,j}$ . This is the point where the so-called mixed Newton sums of common roots  $\sum u_j^k v_j^l$  enter into considerations. Namely, a direct verification shows that the  $c_{i,j}$ -s are expressed algebraically via the mixed Newton sums of the following three special forms  $\sum u_j$ ,  $\sum v_j^k$ ,  $\sum u_j v_j^k$ , where  $j$  always runs from 1 to  $n$ .

Now, the well known properties of resultants [1] indicate that it should be useful to consider  $f_1$  and  $f_2$  as single variable polynomials with coefficients in the ring of polynomials in the second variable. One can form then two resultants denoted by  $R_x = R_x(f_1, f_2)(y)$  and  $R_y = R_y(f_1, f_2)(x)$ . Our assumptions imply that both these resultants are single variable polynomials of the degree  $n$ . Furthermore, the characteristic property of resultant [1] shows that numbers  $u_j$  and  $v_j$  are just the roots of these auxiliary resultant polynomials, so that the mixed Newton sums of first two kinds above become their usual Newton sums and as such, may be expressed algebraically in terms of coefficients of  $R_x$  and  $R_y$ , while the latter are in turn reduced to coefficients of  $f_1$  and  $f_2$  by the very definition of the resultant [9].

The remaining mixed Newton sums of the third kind may be computed using the following simple trick which was brought to our attention by



J. Gubeladze. In order to apply it accurately we have to recall that a single variable polynomial  $f$  is called  $x$ -convenient if it contains a monomial of the form  $ax^{\deg f}$  [9].

As is well known, this may be always accomplished by a suitable linear change of variables [9], so that we assume that this is already the case.

Introduce now auxiliary polynomials  $P_h, Q_h$  by the formulas:

$$P_h(x, y) = x^{n_1 h} f_1\left(x, \frac{y}{x^h}\right), \quad Q_h(x, y) = x^{n_2 h} f_2\left(x, \frac{y}{x^h}\right).$$

Using  $x$ -convenience, it is not difficult to verify that the set of common roots of this new pair of polynomials consists of  $n$  simple roots having the form  $(u_j, u_j v_j^h)$   $j=1, \dots, n$ , and an additional degenerate root  $(0,0)$ . All this shows that the desired mixed Newton sums  $\sum u_j v_j^k$  may be computed as at the previous step, using the resultant of polynomials  $P_h$  and  $Q_h$ , which finishes the proof.

Analyzing the argument, one sees that the only essential assumption was the properness, i. e. absence of the common roots at the infinity. In fact, it is not difficult to treat [also the most general case, because the number of all roots at the infinity is equal to the multiplicity of the zero of the bezoutiant of 2 «leaders»  $f_1^*, f_2^*$  [9] after their «dehomogenisation» and the number of real zeroes at the infinity may be obtained then by the Sturm algorithm [7]. The corresponding problem in  $n$  dimensions appear to be more difficult and should be treated separately.

All this enables us to develop a practical computer-oriented algorithm for computing  $m_f(0)$ , but we prefer to make some comments on the related problem of computing  $d(f)$ .

3. In order to apply the highly effective formulas of [5] and [6], one has to introduce a corresponding analogon of the local algebra [3]. One of the possibilities is to consider simply the ring of regular functions of  $f^{-1}(0)$ , i. e.

$$A(f) = \mathbf{C}[x, y] / (f_1, f_2).$$

and mimic the construction of the «Gorenstein quadratic form» used in [5] and [6], which gives a form  $Q_f^g$  on  $A(f)$ .

**Theorem 3.** The topological degree  $d(f)$  is equal to the signature of  $Q_f^g$ .

This follows from the corresponding local result taking a sufficiently big regular value of  $f$  and localizing at  $f^{-1}(0)$ .

It follows that one can also compute algebraically the number of zeroes (assuming their simplicity) in which  $f$  preserves (reverses) the orientation, because the total number of real zeroes may be obtained via  $S_f$  or for a sufficiently big quadrant. It should be emphasized that the size of such a quadrant may be determined a priori in virtue of well known estimates concerning the location of polynomial zeroes [9].

Furthermore, it turns out that the Gorenstein form is a special case of quadratic forms arising in the framework of Hermite's approach [7]. In

fact, one has simply to use a modifying factor of the form  $J(u_j, v_j)$ , where  $J$  denotes the jacobian of  $f$ , obtaining thus a new quadratic form  $Q_j^p$  on  $\mathbf{R}^n$  which may be transplanted on  $A(f)$ .

**Theorem 4.** For  $p$  and  $q$  with sufficiently big moduli the form  $Q_j^p(p, q)$  is orthogonally equivalent to  $Q_j^q$ .

The proof requires some non-trivial analysis of the localisation effect for Newton sums and connecting their classes in the local algebra with the jacobian class.

All these becomes especially interesting when  $f$  is the gradient mapping of some polynomial  $g$ , i. e.  $f_j = \partial g / \partial x_j$ ,  $j=1, 2$ . In this case, it is possible to determine all localized counting quadratic forms from the second sequel containing sufficiently high even degrees  $u_j^{2k}, v_j^{2k}$  and to verify that they have the signature equal to the Milnor number  $\mu$  of  $f$  at the point under consideration. From the stability of signature it follows that any deformation of  $g$  in the infinitesimal directions indicated by the classes of involved mixed Newton sums in the local algebra of  $f$  has exactly  $\mu$  non-degenerate real critical points near the given point.

One obtains thus another approach to the existence of  $\mu$ -maximal real deformations of isolated function singularities, which was established earlier by S. Gusein-zade in the two-dimensional case.

Some interesting perspectives arise also in the connection with the concept of the «multi-local» algebra  $A_\infty(f)$  of  $f$  at the infinity introduced as a directed sum of local algebras at infinite common roots which carries again a non-degenerate quadratic form of the Gorenstein type and may be used in theorem 3 instead of  $A(f)$ .

For the sake of completeness we would also like to point out that the assumption of properness is not a serious restriction because we are able to identify common zeroes at infinity as common non-trivial zeroes of «dehomogenized» leaders  $f_1^*, f_2^*$  which may be computed as the zero multiplicity of the corresponding bezoutiant [7]. The number of real zeroes at the infinity may be computed now by the usual Sturm algorithm [1].

Unfortunately, this doesn't work in higher dimensions so that the general case requires some additional work. It should be noted that in the proper case, a multi-dimensional generalization of the presented results was obtained by T. Aliashvili.



ბ. ხიმშიაშვილი

 ნამდვილი პოლინომიური ენდომორფიზმის ფესვთა  
 რაოდენობის შესახებ

რეზიუმე

ნაჩვენებია, რომ ნამდვილი პოლინომიური ენდომორფიზმის ფესვთა რაოდენობა უდრის სათანადო კვადრატული ფორმის სიგნატურას.

МАТЕМАТИКА

Г. Н. ХИМШИАШВИЛИ

 О ЧИСЛЕ НУЛЕЙ ВЕЩЕСТВЕННОГО ПОЛИНОМИАЛЬНОГО  
 ЭНДОМОРФИЗМА

Резюме

Показано, что число вещественных нулей собственного полиномиального эндоморфизма вещественной плоскости может быть эффективно алгебраически вычислено по коэффициентам заданных полиномов как сигнатура некоторой квадратичной формы. Установлена связь предложенного алгоритма с предшествующими результатами насчет алгебраического вычисления локальной степени гладкого отображения.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. L. Van der Waerden. Algebra. N. Y., 1984.
2. A. Ch ad z y n s k i, T. K r a s i n s k i. Ban. Cen. Publications, 20, 1988.
3. G. K h i m s h i a s h v i l i. Trudy Tbil. matem. instituta, 64, 1980.
4. V. I. Arnold et al. Singularity theory. v. 1. Moscow, 1982.
5. D. Eisenbud, H. Levine. Ann. Math., 108, 2, 1977.
6. G. K h i m s h i a s h v i l i. Soobshch. Ak. Nauk Gruz. SSR, 85, 2, 1977.
7. M. Krein, M. Naimark. Method of quadratic forms. Kharkov. 1936.
8. A. Khovanski. Funck. Anal. Pril., 12, 3, 1979.
9. D. Faddeev. Lectures in algebra. Leningrad, 1984.

N. KASHAKHIDZE

ON THE REPRESENTATION OF NUMBERS BY A DIRECT  
 SUM OF QUADRATIC FORMS  $x_1^2 + x_1 x_2 + 2x_2^2$

(Presented by G. Chogoshvili, Member of the Academy, 28. 10. 1991)

Let  $G_k(\Gamma, \chi)$  and  $S_k(\Gamma, \chi)$  denote respectively spaces of the entire modular and the cusp forms of weight  $k \in \mathbb{Z}$  for a subgroup  $\Gamma$  of finite index in the full modular group  $\Gamma(1)$  with character  $\chi$ . In [1] the basis of the space  $S_k(\Gamma_0(7), \chi)$  is constructed apart for each  $3 \leq k \leq 11$  and formulae are obtained for the number of representations of integers by quadratic forms  $F_k$ ;  $F_k$  is a direct sum of  $k$  quadratic forms  $F_1 = x_1^2 + x_1 x_2 + 2x_2^2$ . In the present paper the new basis of the space  $S_k(\Gamma_0(7), \chi)$  for the arbitrary integer  $k \geq 3$  is constructed and formulae are obtained for the number of representations of integers by quadratic forms  $F_k$  for  $3 \leq k \leq 7$ .

Let

$$\Phi = 7 \sum_{1 < r < s < 5} x_r x_s + 7 \sum_{1 < r < 5} x_r x_6 + 3x_6^2,$$

$$\Phi^* = \sum_{1 < r < s < 5} x_r x_s - 7 \sum_{1 < r < 5} x_r x_6 + 21x_6^2.$$

1. Let  $X$  be a column vector with  $f$  ( $f$ -even) variable components and

$$Q(X) = \sum_{1 < r < s < f} b_{rs} x_r x_s,$$

a positive quadratic form with integral coefficients  $b_{rs}$ ;  $D$  denotes the determinant of the quadratic form

$$2Q(X) = \sum_{r,s=1}^f a_{rs} x_r x_s = X^T A X \quad (a_{rr} = 2b_{rr}; a_{rs} = a_{sr} = b_{rs}, r < s).$$

Let  $A_{rs}$  be a cofactor of  $a_{rs}$  in  $A$ ; one calls  $\Delta = (-1)^{f/2} D$  the discriminant of the form  $Q(X)$ ;  $N = \Delta/\delta$  denotes the level of the form  $Q(X)$ , where  $\delta = g. c. d. (A_{rr}/2, A_{rs})_{(r,s=1,\dots,f)}$ ;  $\chi(d)$  denotes the character of  $Q(X)$ , i. e. if  $\Delta$  is a square then  $\chi(d) = 1$ , if  $\Delta$  is not a square and  $2|\Delta|$  then  $\chi(d) = -(d/|\Delta|)$  when  $d > 0$  and  $\chi(d) = (-1)^{f/2} \chi(-d)$  when  $d < 0$  ( $(d/|\Delta|)$  is the Jacobi symbol). The positive quadratic form with  $f$  variables of level  $N$  with the character  $\chi$  will be called below the quadratic form of type  $(f/2, N, \chi)$ . Further  $q$  denotes the odd prime number,  $z = \exp(2\pi i\tau)$ ,  $z_N = \exp(2\pi i\tau/N)$ ,  $\text{Im } \tau > 0$ .

Any positive quadratic form  $Q(X)$ , as is well-known, corresponds the heta series

$$\mathfrak{F}(\tau, Q(X)) = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} r(n, Q(X)) z^n,$$

$r(n, Q(X))$  denotes the number of representations of a positive integer  $n$  by the form  $Q(X)$  and the Eisenstein series  $E(\tau, Q(X))$ , the Fourier expansion of which is also known [1, p. 17 — 19]. If  $Q(X)$  is a quadratic form of type  $(k, q, \chi)$ ,  $k > 1$ , then [2, p. 874, 875, 895]

$$\mathfrak{F}(\tau, Q(X)) - E(\tau, Q(X)) \in S_k(\Gamma_0(q), \chi). \quad (1)$$

Lemma 1. [2, p. 855]. Let  $Q(X)$  be a quadratic form of type  $(f/2, N, \chi)$ ,  $P_\nu(X)$  the spherical function of order  $\nu$  with respect to  $Q(X)$  and

$$\mathfrak{F}(\tau; Q(X), P_\nu(X)) = \sum_{X \in \mathbb{Z}^f} P_\nu(X) z^{Q(X)} = \sum_{n=1}^{\infty} \left( \sum_{Q(X)=n} P_\nu(X) \right) z^n.$$

Then

$$\mathfrak{F}(\tau; Q(X), P_\nu(X)) \in G_{f/2+\nu}(\Gamma_0(N), \chi),$$

$$\mathfrak{F}(\tau; Q(X), P_\nu(X)) \in S_{f/2+\nu}(\Gamma_0(N), \chi) \text{ if } \nu > 0.$$

For  $k \in \mathbb{Z}$ , an arbitrary function  $F(\tau)$  and  $\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \in \Gamma(1)$ , let us assume that

$$F(\tau) \Big|_k \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} = (c\tau + d)^{-k} F\left(\frac{a\tau + b}{c\tau + d}\right).$$

If  $F(\tau) \in G_k(\Gamma, \chi)$ , then for each  $L \in \Gamma(1)$  there exists an integer  $N_L$  such that in the neighbourhood of the cusp  $\zeta = L\infty$  we have the Fourier expansion

$$F(\tau)|_k L = z^{\nu_L/n_L} \sum_{m=N_L}^{\infty} a_m(L) z^{m/n_L} \quad (0 \leq \nu_L < 1), \quad (2)$$

where  $n_L$  is a width of the cusp  $\zeta = L\infty$  with respect to  $\Gamma$  [3, p. 89, 91].

The order of the function  $F(\tau) \neq 0$  in the cusp  $\zeta = E\infty$  with respect to  $\Gamma$  is called the number

$$\text{ord}(F, \zeta, \Gamma) = \nu_L + N_L, \quad (3)$$

where  $N_L$  is the number of the first non-zero coefficient in the expansion (2) and  $\nu_L$  is defined from (2).

2. It is known that  $F_k$  is the quadratic form of type  $(k, 7, \chi)$  [1, p. 28],  $\Phi$  and  $\Phi^*$  are quadratic forms of type  $(3, 7, \chi)$  [4, p. 18].

Lemma 2.  $\varphi_m = \prod_{r=1}^m (x_{2r-1}^2 - x_{2r}^2)$  is a spherical function of order  $2m$

with respect to  $F_m$ ,

$$\mathfrak{F}(\tau; F_m, \varphi_m) \in S_{3m}(\Gamma_0(7), \chi),$$

$$\text{ord}(\mathfrak{F}(\tau; F_m, \varphi_m), \infty, \Gamma_0(7)) = m.$$

Lemma 3. Let  $\psi(\tau) = \frac{1}{42} (\mathfrak{F}(\tau, \Phi^*) - \mathfrak{F}(\tau, \Phi)) - \frac{1}{2} \mathfrak{F}(\tau; F_1, \varphi_1)$ .

Then

$$\psi(\tau) = \sum_{n=1}^{\infty} \left( \sum_{\substack{\delta \\ \delta d=n}} \left( \frac{\delta}{7} \right) d^2 \right) z^n - \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} \left( \sum_{F_1=n} x_1^2 - 2x_2^2 \right) z^n,$$

$$\psi(\tau) \in G_3(\Gamma_0(7), \chi), \text{ ord}(\psi(\tau), \infty, \Gamma_0(7)) = 2.$$

Theorem. For  $k \geq 3$  the system of functions

$$\mathfrak{F}(\tau; F_m, \varphi_m) \psi^t(\tau) \mathfrak{F}^{k-3(t+m)}(\tau, F_1), \quad (4)$$

where  $t = \left[ \frac{r-1}{2} \right]$ ,  $m = r - 2t$  ( $r = 1, \dots, 2 \left[ \frac{k}{3} \right] - 1$ ) is the basis of the space  $S_k(\Gamma_0(7), \chi)$ .

Proof. In [1, p. 27] it is shown that

$$\mathfrak{F}(\tau, F_1) = 1 + 2z + 4z^2 + \dots \quad (5)$$

By lemma 1,  $\mathfrak{F}(\tau, F_1) = \mathfrak{F}(\tau; F_1, 1) \in G_1(\Gamma_0(7), \chi)$ . From (2), (3), (5) it follows that  $\text{ord}(\mathfrak{F}(\tau, F_1), \infty, \Gamma_0(7)) = 0$ ; consequently by lemmas 2 and 3

$$\mathfrak{F}(\tau; F_m, \varphi_m) \psi^t(\tau) \mathfrak{F}^{k-3(t+m)}(\tau, F_1) \in S_k(\Gamma_0(7), \chi),$$

$$\text{ord}(Q(\tau; F_m, \varphi_m) \psi^t(\tau) \mathfrak{F}^{k-3(t+m)}(\tau, F_1), \infty, \Gamma_0(7)) = r \left( r = 1, \dots, 2 \left[ \frac{k}{3} \right] - 1 \right).$$

The functions (4) are linearly independent, since their orders in the cusp  $\infty$  are different. It is known [2, p. 815, 816] that  $\dim S_k(\Gamma_0(7), \chi) = 2 \left[ \frac{k}{3} \right] - 1$ ; hence the theorem is proved.

From (1) it follows that  $\mathfrak{F}(\tau, F_k) - E(\tau, F_k) \in S_k(\Gamma_0(7), \chi)$ . Therefore, by the theorem, there are constants  $\alpha_r^{(h)}$  such that

$$\mathfrak{F}(\tau, F_k) = E(\tau, F_k) + \sum_{r=1}^u \alpha_r^{(h)} \mathfrak{F}(\tau; F_m, \varphi_m) \psi^t(\tau) \mathfrak{F}^{k-3(t+m)}(\tau, F_1), \quad (6)$$

where  $u = 2 \left[ \frac{k}{3} \right] - 1$ ,  $t = \left[ \frac{r-1}{2} \right]$ ,  $m = r - 2t$ .

Let

$$\sigma_i^*(n) = \begin{cases} \sigma_i(n), & \text{if } 7 \nmid n, \\ \sigma_i(n) + (-1)^{i+1/2} \sigma_i(n/7), & \text{if } 7 \mid n; \end{cases}$$

$$\rho_i^*(n) = 7^{i/2} \sum_{\delta d=n} \left( \frac{\delta}{7} \right) d^i + (-1)^{i/2} \sum_{d \mid n} \left( \frac{d}{7} \right) d^i.$$

Formulae for  $r(n, F_k)$  when  $k = 3, 4, \dots, 7$  have the following form:

$$r(n, F_3) = \frac{7}{8} \rho_2^*(n) + \frac{3}{8} \sum_{F_1=n} x_1^2 - 2x_2^2,$$

$$r(n, F_4) = \frac{24}{5} \sigma_3^*(n) + \frac{8}{5} \sum_{F_2=n} x_1^2 - 2x_2^2,$$

$$r(n, F_3) = \frac{1}{16} \rho_4^*(n) + \frac{55}{16} \sum_{F_3=n} x_1^2 - 2x_2^2,$$

$$r(n, F_6) = \frac{28}{19} \sigma_5^*(n) + \frac{100}{19} \sum_{F_4=n} x_1^2 - 2x_2^2 + \frac{18}{19} \sum_{F_2=n} (x_1^2 - 2x_2^2)(x_3^2 - 2x_4^2),$$

$$r(n, F_7) = \frac{1}{584} \rho_6^*(n) + \frac{3917}{584} \sum_{F_5=n} x_1^2 - 2x_2^2 + \frac{501}{292} \sum_{F_3=n} (x_1^2 - 2x_2^2)(x_3^2 - 2x_4^2).$$

Tbilisi State University

(Received on 31. 10. 1991)

მათემატიკა

ბ. კახახიძე

$x_1^2 + x_1x_2 + 2x_2^2$  სახის კვადრატული ფორმების პირდაპირი ჯამით  
 რიცხვთა წარმოდგენის შესახებ

რეზიუმე

აგებულია  $\Gamma_0(7)$  ჯგუფის მიმართ  $k$  წონისა და  $\chi$  ქარაქტერის პარაბოლურ ფორმათა სიერცის ბაზისი ნებისმიერი მთელი  $k \geq 3$  რიცხვისათვის და მიღებულია ფორმულები ნატურალური რიცხვის წარმოდგენათა რაოდენობისათვის  $x_1^2 + x_1x_2 + 2x_2^2$  კვადრატული ფორმის  $3 \leq k \leq 7$  შესაკრების პირდაპირი ჯამით.

МАТЕМАТИКА

Н. Д. КАЧАХИДЗЕ

### О ПРЕДСТАВЛЕНИИ ЧИСЕЛ ПРЯМОЙ СУММОЙ КВАДРАТИЧНЫХ ФОРМ $x_1^2 + x_1x_2 + 2x_2^2$

Резюме

Построен базис пространства параболических форм веса  $k$  относительно группы  $\Gamma_0(7)$  и с характером  $\chi$  для произвольного целого  $k \geq 3$  и получены формулы для числа представлений натуральных чисел прямой суммой  $3 \leq k \leq 7$  квадратичных форм  $x_1^2 + x_1x_2 + 2x_2^2$ .

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. А. Ломадзе. Труды ТГУ, т. 299, 1990.
2. E. Hecke. Mathematische Werke, Göttingen, 1970.
3. R. Rankin. Modular Forms and Functions, Cambridge, 1977.
4. G. Erko maishvili. Bull. Acad. Sci. Georgia, 145, 1. 1992.



С. С. ХАРИБЕГАШВИЛИ

ОБ ОДНОЙ МНОГОМЕРНОЙ ЗАДАЧЕ ДЛЯ СТРОГО  
 ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ ВЫСОКОГО ПОРЯДКА<sup>(1)</sup>

(Представлено членом-корреспондентом Академии И. Т. Кигурадзе 25.7.1991)

Рассмотрим в пространстве  $R^n$ ,  $n > 2$ , одно строго гиперболическое уравнение вида

$$\rho(x, \partial) u(x) = f(x). \quad (1)$$

Здесь  $\partial = (\partial_1, \dots, \partial_n)$ ,  $\partial_j = \partial / \partial x_j$ ,  $\rho(x, \xi)$  — действительный полином порядка  $2m$ ,  $m > 1$ , по  $\xi = (\xi_1, \dots, \xi_n)$ ,  $f$  — заданная, а  $u$  — искомая действительные функции. Предполагается, что коэффициенты при старших производных в уравнении (1) являются постоянными, а остальные коэффициенты — финитными и бесконечно дифференцируемыми в  $R^n$ .

Пусть  $D$  — коническая область в  $R^n$ , т. е.  $D$  вместе с точкой  $x \in D$  содержит и весь луч  $tx$ ,  $0 < t < \infty$ . Обозначим через  $\Gamma$  конус  $\partial D$ . Предполагается, что  $D$  гомеоморфна конической области  $x_1^2 + \dots + x_{n-1}^2 - x_n^2 < 0$ ,  $x_n > 0$ , а  $\Gamma' = \Gamma \setminus O$  — связное  $(n-1)$ -мерное многообразие класса  $C^\infty$ , где  $O$  — вершина конуса  $\Gamma$ .

Рассмотрим следующую задачу: требуется найти в области  $D$  решение  $u(x_1, \dots, x_n)$  уравнения (1) по краевым условиям

$$\frac{\partial^i u}{\partial \nu^i} \Big|_{\Gamma'} = g_i, \quad i = 0, \dots, m-1, \quad (2)$$

где  $\nu = \nu(x)$  — внешняя нормаль к  $\Gamma'$  в точке  $x \in \Gamma'$ ,  $g_i$ ,  $i = 0, \dots, m-1$ , — заданные действительные функции.

Отметим, что для уравнения гиперболического типа второго порядка, когда  $\Gamma$  является характеристическим коноидом, задача (1), (2) рассмотрена в работах [1—6]. Для волнового уравнения в случае, когда коническая поверхность  $\Gamma$  ни в одной своей точке не является характеристической и времяобразно ориентирована, задача (1), (2) исследована в работе [7]. В том случае, когда часть конуса  $\Gamma$  является характеристической, а другая часть  $\Gamma$  — гиперплоскость, ориентированная временным образом, один многомерный аналог этой задачи рассмотрен в работах [8—10]. Другие многомерные аналоги задачи Гурса для гиперболических систем первого и второго порядков изучены в работах [11—15].

<sup>(1)</sup> Результаты статьи доложены на Международном симпозиуме по механике сплошной среды и родственными вопросам анализа, посвященном 100-летию со дня рождения акад. Н. И. Мусхелишвили (Тбилиси, 5—12 июня 1991 г.).

В настоящей заметке рассмотрен вопрос об однозначной разрешимости задачи (1), (2) в специальных весовых пространствах  $W_{\alpha}^k(D)$  при предположении, что конус  $\Gamma$  не является характеристическим и ориентирован вполне определенным образом.

Обозначим через  $p_0(\xi)$  старшую однородную часть полинома  $p(x, \xi)$ . Строгая гиперболичность уравнения (1) означает существование такого вектора  $\zeta \in R^n$ , а прямая  $\xi = \lambda \zeta + \eta$ , где  $\eta \in R^n$  — произвольный вектор не параллельный  $\zeta$ , а  $\lambda$  — действительный параметр, пересекает конус нормалей  $K: p_0(\xi) = 0$  уравнения (1) в  $2m$  действительных различных точках, т. е. уравнение  $p_0(\lambda \zeta + \eta) = 0$  относительно  $\lambda$  имеет  $2m$  действительных различных корней. Вектор  $\zeta$  называется нормалью пространственного типа. Как известно, множество всех нормалей пространственного типа образует две связанные центрально симметричные выпуклые конические области, границы которых  $K_1$  и  $K_{2m}$  дают внутреннюю полость конуса нормалей  $K$  [3]. Поверхность  $S \subset R^n$  называется характеристической в точке  $x \in S$ , если нормаль к  $S$  в точке  $x$  принадлежит конусу  $K$ .

Пусть вектор  $\zeta$  является нормалью пространственного типа, а вектор  $\eta \neq 0$  меняется в плоскости, ортогональной к  $\zeta$ . Тогда корни характеристического полинома  $p_0(\lambda \zeta + \eta)$  относительно  $\lambda$  можно перенумеровать так, чтобы  $\lambda_{2m}(\eta) < \lambda_{2m-1}(\eta) < \dots < \lambda_1(\eta)$ . Очевидно, что векторы  $\lambda_j(\eta)\zeta + \eta$ , когда  $\eta$  меняется в плоскости, ортогональной к  $\zeta$ , замечают полости  $K_i$  конуса нормалей  $K$ . Поскольку  $\lambda_{m-j}(\eta) = -\lambda_{m+j+1}(-\eta)$ ,  $0 \leq j \leq m-1$ , то конусы  $K_{m-j}$  и  $K_{m+j+1}$  центрально симметричны относительно точки  $(0, \dots, 0)$ . Известно, что бихарактеристиками уравнения (1) служат прямые лучи, ортогональные плоскости которых являются касательными плоскостями к одной из полостей  $K_i$  в точке, отличной от вершины.

Предположим, что существует плоскость  $\pi_0$  такая, что  $\pi_0 \cap K_m = \{(0, \dots, 0)\}$ . Это означает, что конусы  $K_1, \dots, K_m$  расположены по одну сторону от  $\pi_0$ , а  $K_{m+1}, \dots, K_{2m}$  — по другую. Положим  $K_i^* = \bigcap_{\eta \in K} \{\xi \in R^n : \xi \cdot \eta < 0\}$ , где  $\xi \cdot \eta$  — скалярное произведение векторов  $\xi$  и  $\eta$ . Поскольку  $\pi_0 \cap K_m = \{(0, \dots, 0)\}$ , то  $K_i^*$  — коническая область, причем  $K_m^* \subset K_{m-1}^* \subset \dots \subset K_1^*$ ,  $K_{m+1}^* \subset K_{m+2}^* \subset \dots \subset K_{2m}^*$ . Легко проверить, что  $\partial(K_i^*)$  — выпуклый конус, образующими которого являются бихарактеристики, причем из точки  $(0, \dots, 0)$  во внутрь конуса  $\partial(K_m^*)$  или  $\partial(K_{m+1}^*)$  не выходит ни одна бихарактеристика уравнения (1) [3].

Рассмотрим следующее

Условие 1. Поверхность  $\Gamma'$  ни в одной своей точке не является характеристической и каждая образующая конуса  $\Gamma$  имеет направление нормали пространственного типа, причем  $\Gamma \subset K_m^* \cup O$  или  $\Gamma \subset K_{m+1}^* \cup O$ .

Обозначим через  $W_{\alpha}^k(D)$ ,  $k \geq 2m$ ,  $-\infty < \alpha < \infty$ , функциональное пространство с нормой [16]

$$\|u\|^2_{W_{\alpha}^k(D)} = \sum_{i=0}^k \int_D r^{-2\alpha-2(k-i)} \left\| \frac{\partial^i u}{\partial x^i} \right\|^2 dx,$$

$$r = (x_1^2 + \dots + x_n^2)^{1/2}, \quad \frac{\partial^i u}{\partial x^i} = \frac{\partial^i u}{\partial x_1^{i_1} \dots \partial x_n^{i_n}}, \quad i = i_1 + \dots + i_n.$$

Пространство  $W_{\alpha}^k(\Gamma)$  определяется аналогичным образом. Справедлива следующая



Теорема. Пусть выполнено условие 1. Тогда существует действительное число  $\alpha_0 = \alpha_0(k)$ , что при  $\alpha \geq \alpha_0$  задача (1), (2) однозначно разрешима в классе  $W_\alpha^k(D)$  для любых  $f \in W_{\alpha-1}^{k+1-2m}(D)$ ,  $g_i \in W_{\alpha-i}^{k-i/2}(\Gamma)$ ,  $i=0, \dots, m-1$ , причем для решения и справедлива оценка

$$\|u\|_{W_\alpha^k(D)} \leq c \left( \|f\|_{W_{\alpha-1}^{k+1-2m}(D)} + \sum_{i=0}^{m-1} \|g_i\|_{W_{\alpha-i}^{k-i/2}(\Gamma)} \right)$$

с положительной константой  $c$ , не зависящей от  $f$ ,  $g_i$ ,  $i=0, \dots, m-1$ .

Тбилисский государственный университет  
Институт прикладной математики  
им. И. Н. Векуа

(Поступило 18.11.1991)

მათემატიკა

ს. ხარებეგაშვილი

მაღალი რიგის მკაცრად ჰიპერბოლური განტოლებებისათვის ერთი მრავალგანზომილებიანი ამოცანის შესახებ

რეზიუმე

მაღალი რიგის მკაცრად ჰიპერბოლური განტოლებებისათვის გარკვეული ორიენტაციის მქონე კონუსურ არეში დამტკიცებულია პირველი სასაზღვრო ამოცანის ცალსახად ამოხსნადობის თეორემა სობოლევის წონით სივრცეებში.

MATHEMATICS

S. KHARIBEGASHVILI

ON A SPATIAL PROBLEM FOR HIGH ORDER  
STRICTLY HYPERBOLIC SYSTEMS IN  
SEVERAL INDEPENDENT VARIABLES

Summary

A theorem of unique solvability of the first boundary value problem in Sobolev weighted spaces is proved for high order strictly hyperbolic systems in the conic domain with special orientation.



## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. В. Бицадзе. Некоторые классы уравнений в частных производных. М., 1981.
2. С. Л. Соболев. Некоторые применения функционального анализа в математической физике. Л., 1950.
3. Р. Курант. Уравнения с частными производными. М., 1964.
4. M. Reisz. Acta Math., 81, 1949, 107—125.
5. L. Lundberg. Comm. in Math. Phys., 62, № 2, 1978, 107—118.
6. А. А. Боргардт, Д. А. Карненко. Дифф. уравн., 20, № 2, 1984, 302—308.
7. С. Л. Соболев. Матем. сб., т. II (53), № 3, 1942, 155—200.
8. А. В. Бицадзе. ДАН СССР, 149, № 5, 1962, 1017—1019.
9. А. М. Нахушев. ДАН СССР, 194, № 1, 1970, 31—34.
10. Т. Ш. Кальменов. Изв. АН Каз. ССР, № 3, 1982, 18—25.
11. А. А. Дезин. ДАН СССР, 135, № 5, 1960, 1042—1045.
12. F. Sagnac. Annali di Mathematica Pure ed Applicata, 104, 1976, 355—393.
13. I. Tolén. S. r. Acad. sci., АВ 291, № 1, 1980, 49—52.
14. С. С. Харибегашвили. Дифф. уравн., 17, № 1, 1981, 157—164.
15. С. С. Харибегашвили. Сообщения АН ГССР, 117, № 1, 1985, 37—40.
16. В. А. Коидратьев. Труды Матем. о-ва, 16, 1967, 209—292.



Д. А. ШУЛЯЯ

О ЛИНЕЙНОМ УРАВНЕНИИ БОЛЬЦМАНА В ПЛОСКОЙ  
 ГЕОМЕТРИИ<sup>(1)</sup>

(Представлено членом-корреспондентом Академии И. Т. Кигурадзе 25.7.1

Рассмотрим однородное линейное интегро-дифференциальное уравнение Больцмана в плоской геометрии вида

$$l(E)\mu \frac{\partial \Psi}{\partial x} + \Psi = \int_{E_0}^{E_1} \int_{-1}^{+1} K \Psi d\mu' dE', \quad (1)$$

$$x \in (-\infty, +\infty), \quad \mu \in E1, +1], \quad E \in [E_0, E_1],$$

где  $l(E) > 0$  — непрерывная функция,  $K(\mu, E; \mu', E')$  — вещественная, непрерывная функция, удовлетворяющая условию Гельдера относительно  $\mu$  и  $\mu'$  в  $[-1, +1]^2$  равномерно по остальным переменным.

В настоящей заметке предложен метод, дающий возможность решение краевых задач для рассматриваемого уравнения свести к решению линейного интегрального уравнения.

В [1] утверждается, что множество всех собственных значений  $\chi_\alpha$  характеристического уравнения

$$[\nu - l(E)\mu] \varphi_\nu = \nu \int_{E_0}^{E_1} \int_{-1}^{+1} K \varphi_\nu d\mu' dE'$$

не более чем счетно.

В работе [2] дана формула непрерывного решения уравнения (1), имеющая вид

$$\Psi(x, \mu, E) = \sum_k c_k e^{-x/\nu_k} \varphi_{\nu_k}(\mu, E) + e^{-x/l(E)\mu} \Lambda(l(E)\mu, E) + \int_{-l_{\max}}^{l_{\max}} e^{-x/\nu} \frac{H(\nu, \mu, E)}{\nu - l(E)\mu} d\nu, \quad (3)$$

<sup>(1)</sup> Результаты статьи доложены на Международном симпозиуме по механике сплошной среды и родственным вопросам анализа, посвященном 100-летию со дня рождения акад. Н. И. Мухелишвили (Тбилиси, 5—12 июня 1991 г.).



где  $c_k$ —постоянные числа,  $\nu_k$  и  $\varphi_{\nu_k}$ —собственные числа и собственные функции характеристического уравнения (2),  $\Lambda$  и  $H$ —непрерывные функции, которые связаны следующим интегральным соотношением:

$$H(\nu, \mu, E) = \nu \int_{E_0}^{E_1} \int_{-1}^{+1} \frac{K(\mu, E; \mu', E')}{\nu - l(E') \mu'} H(\nu, \mu', E') d\mu' dE' + \int_{M(\nu)} K(\mu, E; l^{-1}(E) \nu, E') \Lambda(\nu, E') dE', \quad (4)$$

$$\nu \in (-l_{\max}, l_{\max}), \mu \in [-1, +1], E \in [E_0, E_1].$$

здесь  $M(\nu) = \{E \in [E_0, E_1] : l(E) \geq |\nu|\}$ ,  $l^{-1}(E) = (l(E))^{-1}$ ,  $l_{\max} = \max l(E)$ .

Пусть

$$\tilde{K}_{\nu}(\mu, E; \mu', E') = \frac{K(\mu, E; \mu', E') - \theta(l(E') - |\nu|) K(\mu, E; l^{-1}(E') \nu, E')}{\nu - l(E') \mu'},$$

где  $\theta$ —функция Хевисайда.

Чтобы придать формуле (4) пригодный для приложения вид, устанавливаются следующие леммы:

Лемма 1. Для каждого  $\nu \in (l_{\max}, l_{\max}) \setminus \alpha_a$  неоднородное интегральное уравнение

$$P(\nu, \zeta; \mu, E) = K(\mu, E; l^{-1}(\zeta) \nu, \zeta) + \nu \int_{E_0}^{E_1} \int_{-1}^{+1} \tilde{K}_{\nu}(\mu, E; \mu', E') P(\nu, \zeta; \mu', E') d\mu' dE', \quad (5)$$

$$\mu \in [-1, +1], E \in [E_0, E_1],$$

где  $\zeta \in M(\nu)$ , в классе непрерывных функций может иметь не более одного решения.

Введем следующие обозначения:

$\alpha_p$ —множество значений параметра  $\nu \in (-l_{\max}, l_{\max})$ , для которого однородное интегральное уравнение

$$P_0(\nu, \mu, E) = \nu \int_{E_0}^{E_1} \int_{-1}^{+1} \tilde{K}_{\nu}(\mu, E; \mu', E') P_0(\nu, \mu', E') d\mu' dE', \quad (6)$$

в классе непрерывных функций допускает нетривиальные решения,  $Q_p(\nu)$ —характеристическая функция этого множества,

$$\tilde{P}_0(\nu, s, \zeta; \mu, E) = \sum_i \tilde{K}_{\nu}(\mu^{(i)}, E^{(i)}; s, \zeta) P_0^{(i)}(\nu, \mu, E),$$

$$\nu \in \alpha_p, s \in [-1, +1], \zeta \in M(\nu),$$

$(\mu^{(i)}, E^{(i)})$ —точка, для которой  $K(\mu^{(i)}, E^{(i)}; s, \zeta) \neq 0$ ,  $P_0^{(i)}$ —полная система линейно-независимых решений однородного уравнения (6),

$$P(\nu, s, \zeta; \mu, E) = (1 - Q_p(\nu)) P(\nu, \zeta; \mu, E) + Q_p(\nu) \tilde{P}_0(\nu, s, \zeta; \mu, E),$$

$$\nu \in (-l_{\max}, l_{\max}), s \in [-1, +1], \zeta \in M(\nu), \mu \in [-1, +1], E \in [E_0, E_1].$$

## Лемма 2. Функции

$$\begin{aligned}
 H(\nu, \mu, E) &= \int_{-1}^{+1} \int_{M(\nu)} P(\nu, s, \zeta; \mu, E) U(\nu, s, \zeta) d\zeta ds, \\
 \Lambda(\nu, E) &= (1 - Q_p(\nu)) \int_{-1}^{+1} U(\nu, s, E) ds - \\
 &- \int_{-1}^{+1} \int_{M(\nu)} \int_{-1}^{+1} \frac{\nu P(\nu, s, \zeta; \mu, E)}{\nu - l(E)\mu} d\mu U(\nu, s, \zeta) d\zeta ds
 \end{aligned}$$

при произвольном непрерывном  $U$  удовлетворяют уравнению (4).  
 Пусть

$$\begin{aligned}
 L_{(\alpha, \beta)}(U) &\equiv (1 - Q_p(l(E)\mu)) \int_{-1}^{+1} U(l(E)\mu, s, E) ds + \\
 &+ \int_{\alpha}^{\beta} \int_{-1}^{+1} \int_{M(\nu)} \frac{\nu P(\nu, s, \zeta; \mu, E)}{\nu - l(E)\mu} U(\nu, s, \zeta) d\zeta ds d\nu - \\
 &- \int_{-1}^{+1} \int_{M(l(E)\mu)} \frac{\mu P(l(E)\mu, s, \zeta; \mu', E)}{\mu - \mu'} d\mu' U(l(E)\mu, s, \zeta) d\zeta ds, \\
 &\mu \in (\alpha_0, \beta_0), \quad E \in [E_0, E_1],
 \end{aligned}$$

где  $\alpha_0 = \alpha l_{\max}^{-1}$ ,  $\beta_0 = \beta l_{\max}^{-1}$ ,  $-l_{\max} \leq \alpha < \beta \leq l_{\max}$ , для удобства в этом операторе, когда  $\alpha = -l_{\max}$ ,  $\beta = l_{\max}$ , опустим знак  $(\alpha, \beta)$ .

Применяя эти результаты в формуле (3), получаем, что функция

$$\Psi = \sum_k c_k e^{-x/\nu_k} \varphi_{\nu_k} + L(e^{-x/\nu} U) \quad (7)$$

при произвольно заданных  $c_k$  и непрерывных  $U$  является решением уравнения (1).

Имеет место

*Теорема. Всякое непрерывное решение уравнения (1) можно представить в виде (7).*

Используя полученную формулу, решение краевых задач для уравнения (1) можно свести к решению интегральных уравнений вида

$$L_{(\alpha, \beta)}(U) = \psi_0, \quad (8)$$

где  $\psi(\mu, E)$  — заданная, непрерывная функция, удовлетворяющая условиям  $H^*$  [3] относительно  $\mu$ .

Удается развить теорию одномерных сингулярных интегральных уравнений [3] на случай уравнения (8), и на основе этого решение краевых задач можно свести к решению уравнения Фредгольма.

Тбилисский государственный университет  
им. И. А. Джавахишвили  
Институт прикладной математики  
им. И. Н. Векуа

(Поступило 18.11.1991)

მათემატიკა

დ. შულაია

ბრტყელ გომომბრიაში ბოლცმანის წრფივი განტოლების უმსახებ

რეზიუმე

შემოთავაზებულია მეთოდი, რომელიც საშუალებას იძლევა განსახილველი განტოლებისათვის სასაზღვრო ამოცანების ამოხსნა მიყვანალ იქნეს წრფივი ინტეგრალური განტოლების ამოხსნამდე.

MATHEMATICS

D. SHULAIJA

ON A LINEAR BOLTZMANN EQUATION  
IN PLANE GEOMETRY

Summary

A suggested method makes it possible to reduce the solution of boundary value problems for the equation under consideration to the solution of a linear integral equation.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Д. А. Шулая. ДАН СССР, т. 310, № 4, 844—849.
2. Bednarz R. J., Mika J. R. — J. Math. Phys. 1963, vol. 14, № 9, p. 1285—1292.
3. Н. И. Мухелишвили. Сингулярные интегральные уравнения. М., 1968.

Z. MIMINOSHVILI, P. MROZIK

MIL NOR AND COHEN—VOGT FORMULAS IN THE CATEGORY OF UNPOINTED TOPOLOGICAL SPACES

(Presented by N. Berikashvili, Corr. Member of the Academy, 11.11.1991)

Let  $(\bar{X}, \bar{x})$  be a cofibrant direct sequence and  $(\underline{Y}, \underline{y})$  be a fibrant inverse sequence of pointed topological spaces. There is an exact sequence of pointed sets (see [4])

$$* \rightarrow \varprojlim^{(1)} \left[ \sum (\bar{X}, \bar{x}), (\underline{Y}, \underline{y}) \right] \rightarrow [\varinjlim (\bar{X}, \bar{x}), \varprojlim (\underline{Y}, \underline{y})] \rightarrow \varinjlim [(\bar{X}, \bar{x}), (\underline{Y}, \underline{y})] \rightarrow *$$

which contains as special cases the well-known formulas of Milnor [5] (letting  $(\underline{Y}, \underline{y}) = (Y, y)$ ) and Cohen—Vogt [1], [6] (letting  $(\bar{X}, \bar{x}) = (X, x)$ ). This note presents a version of the above exact sequence for cofibrant direct sequences  $\bar{X}$  and fibrant inverse sequences  $\underline{Y}$  of unpointed topological spaces. As an application, it will be possible:

(1) to decide when the natural function  $[\varinjlim \bar{X}, \varprojlim \underline{Y}] \rightarrow \varprojlim [\bar{X}, \underline{Y}]$  is a bijection,

(2) to give a „5—Lemma“ type criterion to decide when

$$\bar{f}^\# : [\varinjlim \bar{X}, \varprojlim \underline{Y}] \rightarrow [\varinjlim \bar{X}', \varprojlim \underline{Y}] \quad \text{and}$$

$$\underline{g}_\# : [\varinjlim \bar{X}, \varprojlim \underline{Y}] \rightarrow [\varinjlim \bar{X}, \varprojlim \underline{Y}']$$

are bijections, where  $\bar{f} : \bar{X}' \rightarrow \bar{X}$  and  $\underline{g} : \underline{Y} \rightarrow \underline{Y}'$  are maps of direct and inverse systems, respectively.

Let  $\underline{\text{Top}}$  be the category of topological spaces and maps, let  $\text{inj—}\underline{\text{Top}}$  and  $\text{pro—}\underline{\text{Top}}$  be the categories of direct and inverse systems over  $\underline{\text{Top}}$ , respectively, and let  $\underline{\text{CS}} \subset \text{inj—}\underline{\text{Top}}$  and  $\underline{\text{FS}} \subset \text{pro—}\underline{\text{Top}}$  be the full subcategories of cofibrant direct sequences and fibrant inverse sequences, respectively (see e. g. [2]).

For  $\bar{X} = (X^0 \xrightarrow{i^0} X^1 \xrightarrow{i^1} \dots) \in \underline{\text{CS}}$  and  $\underline{Y} = (Y_0 \xleftarrow{p_0} Y_1 \xleftarrow{p_1} \dots) \in \underline{\text{FS}}$ , let  $[\bar{X}, \underline{Y}]$  be the inverse sequence of sets  $(\{X^0, Y_0\} \xleftarrow{s_0} \{X^1, Y_1\} \xleftarrow{s_1} \dots)$ , where  $s_n : \{X^{n+1}, Y_{n+1}\} \xrightarrow{(p_n)_\#} \{X^{n+1}, Y_n\} \xrightarrow{(i^n)_\#} \{X^n, Y_n\}$ .



There is a natural function  $\xi : [\varinjlim \bar{X}, \varinjlim Y] \rightarrow \varinjlim [\bar{X}, Y]$ , given by

$$\xi([\varphi]) = ([\varphi_0], [\varphi_1], \dots) \text{ with } \varphi_n : X^n \rightarrow \varinjlim \bar{X} \xrightarrow{\varphi} \varinjlim Y \rightarrow Y_n.$$

**Definition.** For any map  $f : X \rightarrow Y$  between topological spaces, let  $\pi_1(f) = \{H_1 H : X \times I \rightarrow Y \text{ be a homotopy such that } H(-, 0) = H(-, 1) = f\} \simeq$ , where  $\simeq$  denotes homotopy rel.  $X \times \{0, 1\}$ .

**Lemma 1.** Composition of homotopies induces a multiplication in  $\pi_1(f)$  such that  $\pi_1(f)$  becomes a group.

**Remarks.** 1) For  $X = *$ ,  $\pi_1(f)$  is nothing but the fundamental group of the pointed space  $(X, f(*))$ .

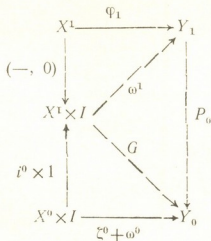
2) For compactly generated spaces  $Y$ ,  $\pi_1(f)$  can be identified with the fundamental group of the pointed function space  $(Y^X, f)$ .

For each  $\varphi : \varinjlim \bar{X} \rightarrow \varinjlim Y$ , let  $\pi_1(\varphi)$  be the inverse sequence of groups

$$(\pi_1(\varphi_0) \xleftarrow{u_0} \pi_1(\varphi_1) \xleftarrow{u_1} \dots), \text{ where } u_n : \pi_1(\varphi_{n+1}) \xrightarrow{(\rho_n)_\#} \pi_1(\rho_n \varphi_{n+1}) \xrightarrow{(i^n)_\#} \pi_1(\varphi_n).$$

Let  $\langle z \rangle \in \varinjlim^{(1)} \pi_1(\varphi)$ ,  $z = (z_0, z_1, \dots) \in \prod_{n=1}^{\infty} \pi_1(\varphi_n)$ . Choose representatives

$\zeta^n : X^n \times I \rightarrow Y_n$  of  $z_n$ . Let  $\omega^0 : \varphi_0 \simeq \varphi_0^z = \varphi_0$  be the stationary homotopy. There is a commutative diagram



where first  $G$  has been inserted using the cofibration property of  $i^0$ , and then  $\omega^1$  has been inserted using the fibration property of  $p_0$ . Thus, the diagram has produced a homotopy  $\omega^1 : \varphi_1 \simeq \varphi_1^z = \omega^1(-, 1)$ . Proceed as above to construct inductively homotopies  $\omega^n : \varphi_n \simeq \varphi_n^z = \omega^n(-, 1)$ . The sequence of maps  $(\varphi_0^z, \varphi_1^z, \dots)$  has the property  $\rho_n \varphi_{n+1}^z i^n = \varphi_n^z$ , and therefore determines a map  $\varphi^z : \varinjlim \bar{X} \rightarrow \varinjlim Y$ .

**Lemma 2.** The assignment  $\langle z \rangle \rightarrow [\varphi^z] \in [\varinjlim \bar{X}, \varinjlim Y]$  does not depend on the choices involved in the construction of  $\varphi^z$ . Thus, it defines a function of pointed sets  $\rho : \varinjlim^{(1)} \pi_1(\varphi) \rightarrow ([\varinjlim \bar{X}, \varinjlim Y], [\varphi])$ .

**Theorem.** Let  $\bar{X} \in \underline{CS}$  and  $Y \in \underline{FS}$ . For each  $\varphi : \varinjlim \bar{X} \rightarrow \varinjlim Y$ , the sequence of pointed sets

$$* \rightarrow \varprojlim^{(1)} \pi_1(\varphi) \xrightarrow{\rho} (\varprojlim \bar{X}, \varprojlim Y), [\varphi] \xrightarrow{\xi} (\varprojlim [\bar{X}, Y], \xi([\varphi])) \rightarrow *$$

is exact. Moreover,  $\rho$  is injective.

Corollary 1. Let  $\varphi, \varphi' : \varprojlim \bar{X} \rightarrow \varprojlim Y$ . If  $\xi([\varphi]) = \xi([\varphi'])$ , then  $\varprojlim^{(1)} \pi_1(\varphi)$  and  $\varprojlim^{(1)} \pi_1(\varphi')$  are canonically isomorphic (as pointed sets).

Corollary 2.  $\xi : \varprojlim \bar{X}, \varprojlim Y \rightarrow \varprojlim [\bar{X}, Y]$  is a bijection if and only if  $\varprojlim^{(1)} \pi_1(\varphi) = *$  for all  $\varphi : \varprojlim \bar{X} \rightarrow \varprojlim Y$ .

Corollary 3.  $\varprojlim \bar{X}, \varprojlim Y = *$  if and only if  $\varprojlim [\bar{X}, Y] = *$  and  $\varprojlim^{(1)} \pi_1(\varphi) = *$  for some/all  $\varphi : \varprojlim \bar{X} \rightarrow \varprojlim Y$ .

Remark. A convenient criterion for the vanishing of  $\varprojlim^{(1)} \pi_1(\varphi)$  is that the inverse sequence of groups  $\pi_1(\varphi)$  be Mittag-Leffler; see [3].

Corollary 4. Let  $\underline{g} \in \underline{FS}(Y, Y')$ . Then  $\underline{g}^\# : \varprojlim \bar{X}, \varprojlim Y \rightarrow \varprojlim [\bar{X}, Y]$  is a bijection if and only if  $\underline{g}^\# : \varprojlim [\bar{X}, Y] \rightarrow \varprojlim [\bar{X}, Y']$  is a bijection and  $\underline{g}^\# : \varprojlim^{(1)} \pi_1(\varphi) \rightarrow \varprojlim^{(1)} \pi_1(\underline{g}(\varphi))$  is a bijection for all  $\varphi : \varprojlim \bar{X} \rightarrow \varprojlim Y$ .

Corollary 5. Let  $\bar{f} \in \underline{CS}(\bar{X}', \bar{X})$ . Then  $\bar{f}^\# : \varprojlim \bar{X}, \varprojlim Y \rightarrow \varprojlim \bar{X}', \varprojlim Y$  is a bijection if and only if  $\bar{f}^\# : \varprojlim [\bar{X}, Y] \rightarrow \varprojlim [\bar{X}', Y]$  is a bijection and  $\bar{f}^\# : \varprojlim^{(1)} \pi_1(\varphi) \rightarrow \varprojlim^{(1)} \pi_1(\varphi(\bar{f}))$  is a bijection for all  $\varphi : \varprojlim \bar{X} \rightarrow \varprojlim Y$ .

The above Theorem can be generalized to arbitrary direct systems  $\bar{X}$  and inverse systems  $\underline{Y}$ . In the general case,  $\varprojlim \bar{X}$  and  $\varprojlim \underline{Y}$  have to be replaced by  $\text{holim} \bar{X}$  and  $\text{holim} \underline{Y}$ , respectively. The definition of  $\pi_1(\varphi)$  for  $\varphi : \text{holim} \bar{X} \rightarrow \text{holim} \underline{Y}$  is, of course, more complicated. It should also be observed that for  $\bar{X} = X$ ,  $[\text{holim} X, \text{holim} Y] = \text{Ho}(\text{pro-Top})(X, Y)$  and  $\varprojlim [X, Y] = \text{pro-HoTop}(X, Y)$ ; see e. g. [2]. This clearly has applications to shape theory, since the categories  $\text{Ho}(\text{pro-Top})$  and  $\text{pro-HoTop}$  can be used to represent the strong shape category  $s\text{-Sh}$  and the ordinary shape category  $\text{Sh}$ , respectively (see again [2]).



ზ. მიმინოშვილი, პ. მროზიკი

მილნორის და კოენ — ფოგტის ფორმულები არაკუჩქტირებული  
 ტოპოლოგიური სივრცეების კატეგორიაში

რეზიუმე

დამტკიცებულია თეორემა, რომელიც იძლევა ცნობილი ჰომოტოპიური  
 მიმდევრობების ეფექტურად გამოყენების საშუალებას.

МАТЕМАТИКА

Р. МИМИНОШВИЛИ, П. МРОЗИК

ФОРМУЛЫ МИЛНОРА И КОЭНА-ФОГТА В КАТЕГОРИИ  
 ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ПРОСТРАНСТВ БЕЗ ОТМЕЧЕННОЙ  
 ТОЧКИ

Резюме

Доказана теорема, при помощи которой известные гомотопические  
 последовательности становятся эффективно применимы.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. J. M. C o h e n. Homotopy groups of inverse limits, Proc. Adv. Study Inst. Alg. Top. Aarhus, No. 1, 1970.
2. D. A. E d w a r d s, H. M. H a s t i n g. Čech and Steenrod homotopy theories with applications to geometric topology, Lecture Notes Math. 542, Springer 1976.
3. S. M a r d e s i c, J. S e g a l. Shape Theory, North-Holland, 1982.
4. L. D. M d z i n a r i s h v i l i. Homologies, homotopies and spectra, Trans. Tbilisi Math. Inst., No. 59, 1978.
5. J. M i l n o r. Axiomatic homology theory, Pacific J. Math. 12, 1962.
6. R. M. V o g t. On the dual of a lemma of Milnor, Proc. Adv. Study Inst. Alg. Top. Aarhus, No. 3, 1970.



М. И. ХАБАЗИ

ОБ АБСОЛЮТНОЙ СХОДИМОСТИ РЯДА КОЭФФИЦИЕНТОВ  
 ФУРЬЕ—ХААРА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. В. Жижиашвили 18.12.1991)

Пусть  $\{z_n(t)\}_{n=0}^{\infty}$ —система Хаара (см. [1], стр. 54). Обозначим через  $c_n(f)$  коэффициенты Фурье—Хаара функции  $f \in L(0, 1)$ . Настоящая статья посвящена вопросу сходимости рядов

$$\sum_{n=1}^{\infty} |c_n(f)|^{\gamma} \tag{1}$$

и

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^{\alpha} |c_n(f)|. \tag{2}$$

З. Чисельский и Ю. Мусиелак [2] показали, что условие

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^{-\gamma/2} \left( \omega_1 \left( \frac{1}{n}, f \right) \right)^{\gamma} < \infty$$

( $\omega_1(\delta, f)$  — интегральный модуль непрерывности функции  $f$ ) влечет за собой сходимость ряда (1) при  $\gamma < 1$ , а условие

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^{\alpha - (1/2)\omega_1} \left( \frac{1}{n}, f \right) > \infty$$

— сходимость ряда (2).

Б. И. Голубов [3] доказал, что если  $f \in V_p$  ( $p \geq 1$ ), то ряд (1) сходится при  $\gamma > \frac{2p}{2+p}$ , а ряд (2)—при  $\alpha < \frac{1}{p} - \frac{1}{2}$ ; для  $\gamma = \frac{2p}{2+p}$  и  $\alpha = \frac{1}{p} - \frac{1}{2}$  утверждение теряет силу (определение классов  $V_p$  см. там же). Для случая  $p=1$  эта теорема была ранее доказана П. Л. Ульяновым.

З. А. Чантурия [4] доказал, что если  $u(n, f)$  — введенный им модуль изменения функции  $f$ , то условие

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^{-(3/2)\gamma} [u(n, f)]^{\gamma} < 8$$

обеспечивает сходимость ряда (1), а условие

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^{a-(3/2)} v(n, f) < \infty$$

—сходимость ряда (2). Он также показал, что эта теорема в некотором смысле окончательна.

Для того чтобы сформулировать основные результаты работы, нам понадобятся некоторые определения.

Обозначим через  $V_p^{(2)} [0, 1]$  класс вещественных измеримых функций на сегменте  $[0, 1]$ , для которых сумма

$$\sum_{k=0}^{n-1} |\Delta^2(x_k, x_{k-1})|^p$$

где

$$\Delta^2(\alpha, \beta) = \Delta^2(f, \alpha, \beta) = f(\alpha) + f(\beta) - 2f\left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right),$$

остается ограниченной при всевозможных разбиениях сегмента  $[0, 1]$  на части:  $0 = x_0 < x_1 < \dots < x_n = 1$ . Для случая  $p=1$  этот класс рассматривал Ф. И. Харшиладзе [5]. Легко заметить, что  $V_p^{(2)} \subset V_p$ , и можно показать, что включение здесь строгое.

По аналогии З. А. Чантурия определим модуль изменения второго порядка ограниченной функции  $f$ . Таковой называется функция целочисленного неотрицательного аргумента  $v^{(2)}(n, f)$ , определенная следующим образом:

$$v^{(2)}(0, f) = 0,$$

а при  $n \geq 1$

$$v^{(2)}(n, f) = \sup_{\Pi_n} \sum_{k=0}^{n-1} |\Delta^{(2)}(x_k, x_{k+1})|,$$

где  $\Pi_n$  — произвольное разбиение интервала  $(0, 1)$  на  $n$  непересекающихся интервалов  $(x_k, x_{k+1})$ ,  $k=0, 1, \dots, n-1$ .

**Теорема 1.** Для любой измеримой функции  $f$  справедлива оценка

$$v^{(2)}(n, f) \geq A n \omega_f^{(2)}\left(\frac{1}{n}, f\right), \quad n \geq 1,$$

где  $A$  — некоторая положительная постоянная, не зависящая от  $n$  ( $\omega_f^{(2)}(\delta, f)$  — интегральный модуль непрерывности второго порядка функции  $f$ ).

Укажем теперь условия для сходимости рядов (1) и (2).

**Теорема 2.** Если  $f \in V_p^{(2)}$  ( $p \geq 1$ ), то ряд (1) сходится при  $\gamma > \frac{2p}{2+p}$ , а ряд (2) — при  $\alpha < \frac{1}{p} - \frac{1}{2}$ ; для  $\gamma = \frac{2p}{2+p}$  и  $\alpha = \frac{1}{p} - \frac{1}{2}$  утверждение теряет силу.

В силу сделанного нами замечания из теоремы 2 следует вышесказанный результат Голубова. В свою очередь, теорема 2 вытекает из следующей теоремы:

Теорема 3. Если функция  $f$  удовлетворяет условию

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^{-(3/2)\gamma} [\nu^{(2)}(n, f)]^{\gamma} < \infty,$$

то сходится ряд (1), а если

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^{\alpha-(3/2)\gamma} \nu^{(2)}(n, f) < \infty,$$

сходится ряд (2).

Так как  $\nu^{(2)}(n, f) \leq \nu(2n, f)$ , из этой теоремы следует соответствующий результат Чантурия. Можно показать, что аналогично теореме Чантурия, эта теорема в некотором смысле окончательна.

Теперь приведем условия для сходимости рядов (1) и (2), выраженные в терминах интегрального модуля непрерывности второго порядка.

Теорема 4. Если функция  $f$  такая, что

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^{-\gamma/2} \left( \omega_{\frac{1}{n}}^{(2)} \left( \frac{1}{n}, f \right) \right)^{\gamma} < \infty$$

то ряд (1) сходится при  $\gamma < 1$ ; если же

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^{\alpha-(1/2)\gamma} \omega_{\frac{1}{n}}^{(2)} \left( \frac{1}{n}, f \right) < \infty,$$

то сходится ряд (2).

Теорема 4 усиливает вышеупомянутую теорему Чисельского и Мусиелака, а также теорему Матвеева [6], который доказал, что условие

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^{1/2} \omega_{\frac{1}{n}}^{(2)} \left( \frac{1}{n}, f \right) < \infty$$

является достаточным для сходимости ряда (1), при  $\gamma = 1$ .

В заключение заметим, что для любого натурального  $k$  можно определить класс  $V_{\rho}^{(k)}$  и функции  $\nu^{(k)}(n, f)$  и  $\omega_{\rho}^{(k)}(\delta, f)$ . Приведенные нами теоремы сохраняют силу, если в них  $V_{\rho}^{(2)}$ ,  $\nu^{(2)}(n, f)$  и  $\omega_{\rho}^{(2)}(\delta, f)$  заменить соответственно на  $V_{\rho}^{(k)}$ ,  $\nu^{(k)}(n, f)$  и  $\omega_{\rho}^{(k)}(\delta, f)$ .

Теорема 3. Если функция  $f$  удовлетворяет условию

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^{-(3/2)\gamma} [\nu^{(2)}(n, f)]^{\gamma} < \infty,$$

то сходится ряд (1), а если

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^{\alpha-(3/2)} \nu^{(2)}(n, f) < \infty,$$

сходится ряд (2).

Так как  $\nu^{(2)}(n, f) \leq \nu(2n, f)$ , из этой теоремы следует соответствующий результат Чантурия. Можно показать, что аналогично теореме Чантурия, эта теорема в некотором смысле окончательна.

Теперь приведем условия для сходимости рядов (1) и (2), выраженные в терминах интегрального модуля непрерывности второго порядка.

Теорема 4. Если функция  $f$  такая, что

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^{-\gamma/2} \left( \omega_{\tau}^{(2)} \left( \frac{1}{n}, f \right) \right)^{\gamma} < \infty$$

то ряд (1) сходится при  $\gamma < 1$ ; если же

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^{\alpha-(1/2)} \omega_{1}^{(2)} \left( \frac{1}{n}, f \right) < \infty,$$

то сходится ряд (2).

Теорема 4 усиливает вышеупомянутую теорему Чисельского и Муснелака, а также теорему Матвеева [6], который доказал, что условие

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^{1/2} \omega_{1}^{(2)} \left( \frac{1}{n}, f \right) < \infty$$

является достаточным для сходимости ряда (1), при  $\gamma=1$ .

В заключение заметим, что для любого натурального  $k$  можно определить класс  $V_{\rho}^{(k)}$  и функции  $\nu^{(k)}(n, f)$  и  $\omega_{\tau}^{(k)}(\delta, f)$ . Приведенные нами теоремы сохраняют силу, если в них  $V_{\rho}^{(2)}$ ,  $\nu^{(2)}(n, f)$  и  $\omega_{\tau}^{(2)}(\delta, f)$  заменить соответственно на  $V_{\rho}^{(k)}$ ,  $\nu^{(k)}(n, f)$  и  $\omega_{\tau}^{(k)}(\delta, f)$ .

მ. ხაბაზი

ფურიე—ჰაარის კოეფიციენტთა მუკარვის აბსოლუტური კრებადობის  
შესახებ

რეზიუმე

განხილულია ფურიე — ჰაარის კოეფიციენტისაგან შედგენილი (1) და (2) მწკრივების კრებადობის საკითხი ფუნქციათა ზოგიერთი კლასისათვის.

MATHEMATICS

M. KHABAZI

### ON THE ABSOLUTE CONVERGENCE OF THE SERIES OF FOURIER—HAAR COEFFICIENTS

Summary

The question of convergence for the series (1) and (2) consisting of Fourier—Haar coefficients for some classes of functions is considered.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. Алексич. Проблемы сходимости ортогональных рядов. М., 1963.
2. Z. Ciesielski, J. Musielak. Colloquium Math., 7, 1, 1959.
3. Б. И. Голубов. Изв. АН ССР, сер. матем., 28, 6, 1964.
4. З. А. Чантурия. Сообщения АН ГССР, 75, № 2, 1974.
5. Ф. И. Харшиладзе. Труды Тбилисского матем. ин-та, 20, 1954.
6. В. А. Матвеев. Изв. АН СССР, сер. матем., 30, 6, 1966.

В. М. БУГАДЗЕ

## О РАСХОДИМОСТИ РЯДОВ ФУРЬЕ—УОЛША НА МНОЖЕСТВАХ МЕРЫ НУЛЬ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. В. Жижиашвили 15.1.1992)

Исследован вопрос расходимости рядов Фурье—Уолша ограниченных функций на множествах меры нуль.

Для тригонометрических рядов вопросы расходимости давно были предметом исследований.

П. Дю Буа Реймон [1] построил пример непрерывной функции, тригонометрический ряд Фурье которой расходится в некоторых точках.

Н. Н. Лузин [2] построил степенный ряд  $S = \sum_{k=0}^{\infty} c_k z^k$  с  $|c_k| \rightarrow 0$ , расходящийся на окружности  $T = \{z : |z| = 1\}$ . Он доказал также, что действительная часть ряда  $S$  расходится почти всюду на  $T$ . С. Б. Стечкин [3, 4] доказал, что в примере Лузина действительная и мнимая части ряда расходятся всюду на  $T$ .

А. Н. Колмогоров [5] построил суммируемую функцию с расходящимся почти всюду тригонометрическим рядом Фурье, а потом [6] и функцию с расходящимся всюду тригонометрическим рядом Фурье.

Если некоторый функциональный ряд расходится в каждой точке некоторого множества, то говорят, что ряд расходится на этом множестве.

С. Б. Стечкин [3] доказал, что для любого множества меры нуль существует функция из  $L^2(0, 2\pi)$ , тригонометрический ряд Фурье которой расходится на этом множестве.

Л. В. Тайков [7] доказал, что для любого числа  $p \in [1, \infty)$  и любого множества меры нуль существует такая функция из  $L^p(0, 2\pi)$ , что ее тригонометрический ряд Фурье и ряд, сопряженный к нему, неограниченно расходятся на этом множестве.

Ж.-П. Кахан и И. Кацнельсон [8] доказали, что для любого множества меры нуль существует комплекснозначная непрерывная функция действительного переменного, тригонометрический ряд Фурье которой неограниченно расходится на этом множестве.

В. В. Буздалин [9] перенес предыдущий результат на случай действительной функции.

Перейдем теперь к рассмотрению рядов Фурье—Уолша.

В работе [10] Дж. Уолша была определена полная ортонормированная система функций, называемая системой Уолша. Пусть  $\{\omega_n\}_{n=0}^{\infty}$ —система Уолша в одной из нумераций: Уолша, Пэли или Качмажа (см., например, [11]).

Пусть функция  $f \in L(0, 1)$  и  $a_n(f)$ ,  $n=0, 1, 2, \dots$  — ее коэффициенты Фурье по этой системе, т. е.  $a_n(f) = \int_0^1 f(t)\omega_n(t) dt$ ,  $n=0, 1, 2, \dots$ . Тогда ряд Фурье функции  $f$  по этой системе или соответственно ряд Фурье—Уолша, Фурье—Уолша—Пэли или Фурье—Уолша—Качмажа имеет вид

$$f(t) \sim \sum_{n=0}^{\infty} a_n(f) \omega_n(t). \quad (1)$$

Е. Стейн [12] построил суммируемую функцию, ряд Фурье—Уолша—Пэли которой расходится почти всюду.

Ф. Шипп [13] построил суммируемую функцию с расходящимся всюду рядом Фурье—Уолша—Пэли.

Ш. В. Хеладзе [14] доказал, что для произвольного числа  $p \in [1, \infty)$  и любого множества меры нуль существует функция из  $L^p(0, 1)$ , ряд Фурье—Уолша—Пэли которой расходится на этом множестве. Позднее Ш. В. Хеладзе [15] обобщил этот результат для произвольных систем Виленкина ограниченного типа.

В связи с этим У. Уэйд в обзорной работе [16] о рядах Уолша отмечает, что на аналогичный вопрос в случае  $p=\infty$  и для непрерывных функций еще не дан ответ. Следующая теорема дает ответ в случае  $p=\infty$  для рядов Фурье—Уолша (для каждой из упомянутых выше нумераций).

*Теорема. Для любого множества меры нуль существует ограниченная измеримая функция, для которой ряд (1) расходится на этом множестве.*

Тбилисский государственный университет  
 им. И. А. Джавахишвили

(Поступило 21.1.1992)

მათემატიკა

3. ბუღაძე

ნული ზომის სიმრავლეებზე ფურიე — უოლშის მწკრივთა  
 განშლადობის შესახებ

რეზიუმე

ნული ზომის ყოველი სიმრავლისათვის არსებობს შემოსაზღვრული ზომადი ფუნქცია, რომლის ფურიე — უოლშის მწკრივი განშლადია ამ სიმრავლის ყოველ წერტილში.



V. BUGADZE

 ON DIVERGENCE OF WALSH—FOURIER SERIES ON THE  
 SETS OF MEASURE ZERO

Summary

For any set of measure zero there exists a bounded measurable function with Walsh—Fourier series divergent at every point of the set.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. P. Du Bois—Reymond. Abh. Akad. Wiss., Munchen, XII, 1876, 1—103.
2. N. Lusin. Rend. circ. Mat. Palermo. 32, 1911, 386—390.
3. С. Б. Стечкин. УМН, т. 6, вып. 2 (42), 1951, 148—149.
4. С. Б. Стечкин. Изв. АН СССР, сер. матем., 21, № 5, 1957, 711—728.
5. А. Колмогоров. ФМ, 4, 1923, 324—328.
6. А. Колмогоров. С. г. Acad. Sci., Paris, 183, 1926, 1327—1328.
7. Л. В. Тайков. УМН, т. 18, вып. 5 (113), 1953, 191—198.
8. J. —P. Kahane, Y. Katznelson. Studia math., 26, 1966, 305—306.
9. В. В. Буздалин. Матем. заметки, т. 7, № 1, 1970, 7—18.
10. J. L. Walsh. Amer. J. Math., 1923, V. 45, 5—24.
11. Л. А. Балашов, А. И. Рубинштейн. Итоги науки. Математический анализ, 1970, М., 1971, 147—202.
12. E. Stein. Ann. Math., 74, № 1, 1961, 140—170.
13. F. Shirk. Acta Sci Math., t. XXVIII, 1—2, 1967, 123—134.
14. Ш. В. Хеладзе. Сообщения АН ГССР, 77, № 2, 1975, 305—307.
15. Ш. В. Хеладзе. Труды Тбилисского матем. ин-та АН ГССР, вып. 58, 1978, 225—242.
16. W. R. Wade. Internat. J. Math. Sci., 1982.

V. BUGADZE

ON DIVERGENCE OF WALSH—FOURIER SERIES ON THE  
SETS OF MEASURE ZERO

Summary

For any set of measure zero there exists a bounded measurable function with Walsh—Fourier series divergent at every point of the set.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. P. Du Bois—Reymond. Abh. Akad. Wiss., Munchen, XII, 1876, 1—103.
2. N. Lusin. Rend. circ. Mat. Palermo. 32, 1911, 386—390.
3. С. Б. Стечкин. УМН, т. 6, вып. 2 (42), 1951, 148—149.
4. С. Б. Стечкин. Изв. АН СССР, сер. матем., 21, № 5, 1957, 711—728.
5. А. Колмогоров. ФМ, 4, 1923, 324—328.
6. А. Колмогоров. С. г. Acad. Sci., Paris, 183, 1926, 1327—1328.
7. Л. В. Тайков. УМН, т. 18, вып. 5 (113), 1963, 191—198.
8. J. —P. Kahane, Y. Katznelson. Studia math., 26, 1966, 305—306.
9. В. В. Буздалин. Матем. заметки, т. 7, № 1, 1970, 7—18.
10. J. L. Walsh. Amer. J. Math., 1923, V. 45, 5—24.
11. Л. А. Балашов, А. И. Рубинштейн. Итоги науки. Математический анализ, 1970, М., 1971, 147—202.
12. E. Stein. Ann. Math., 74, № 1, 1961, 140—170.
13. F. Shipp. Acta Sci Math., t. XXVIII, 1—2, 1967, 123—134.
14. Ш. В. Хеладзе. Сообщения АН ГССР, 77, № 2, 1975, 305—307.
15. Ш. В. Хеладзе. Труды Тбилисского матем. ин-та АН ГССР, вып. 58, 1978, 225—242.
16. W. R. Wade. Internat. J. Math. Sci., 1982.

A. GOGATISHVILI

GENERAL WEAK-TYPE INEQUALITIES FOR THE MAXIMAL OPERATOR AND RIESZ TRANSFORMS

(Presented by B. V. Khvedelidze, member of the Academy 14.2. 1992)

The necessary and sufficient conditions are presented in order that integral inequalities of the general weak-type

$$\rho(\{|Tf| > \lambda\}) \varphi(\lambda) \leq C \int_{\mathbf{R}^n} \psi \left( C \frac{|f(x)|\nu(x)}{\eta(\lambda)} \right) \sigma(x) d\mu(x)$$

hold with some positive  $C$  independent of  $\lambda > 0$  and each measurable function  $f$ , where  $\rho$ ,  $\sigma$  and  $\nu$  are weights (nonnegative locally integrable functions).  $\varphi$ ,  $\psi$  and  $\eta$  are nonnegative increasing functions on  $[0, \infty)$ ,  $\psi(0) = \varphi(0)\eta(0) = 0$ . Here  $T$  is either the Hardy-Littlewood maximal operator or maximal Riesz transforms. In the latter case we assume that  $\rho = \sigma$  and  $\nu \equiv 1$ .

Let  $\mu$  be a complete  $\sigma$ -finite Borel measure satisfying the doubling condition  $\mu(2Q) \leq c\mu(Q)$ . (As usual,  $2Q$  is the cube concentric with  $Q$  and with the sides twice as long). We write  $\rho(E)$  for  $\int_E \rho d\mu$  and  $\rho_E$  for  $(\mu(E))^{-1} \rho(E)$ ;  $|E|$  is the Lebesgue measure of  $E \subset \mathbf{R}^n$ .

The function  $\varphi$  is called quasiconvex if there exist a convex function  $\omega$  and constant  $c > 1$  such that

$$\omega(t) \leq \varphi(t) \leq \omega(ct), \quad t \geq 0.$$

Let  $\varphi$  be an increasing, quasiconvex function on  $[0, \infty)$  and  $\varphi(0) = 0$ . We define the function complementary to  $\varphi$  by

$$\tilde{\varphi}(t) = \sup_{s > 0} (st - \varphi(s)).$$

Clearly,  $\tilde{\varphi}(0) = 0$  and  $\tilde{\varphi}$  is increasing. The subadditivity of supremum easily implies that  $\tilde{\varphi}$  is always convex. We say that  $\varphi$  satisfies the  $\Delta_2$  condition (or  $\varphi \in \Delta_2$ ) if

$$\varphi(2t) \leq c\varphi(t), \quad t \geq 0.$$

The Hardy-Littlewood maximal operator  $M_\mu f$  is defined for  $\mu$ -measurable real functions  $f$  by

$$M_\mu f(x) = \sup_{Q \ni x} \frac{1}{\mu(Q)} \int_Q |f(y)| d\mu(y), \quad x \in \mathbf{R}^n$$

$Q$  is the cube in  $\mathbf{R}^n$  with the sides parallel to the coordinate axes.

For a measurable function  $f$  on  $\mathbf{R}^n$  such that

$$\int_{\mathbf{R}^n} \frac{|f(x)| dx}{(1+|x|)^n} < \infty,$$

Riesz transforms  $R_j f$ ,  $j=1, \dots, n$ , are defined almost everywhere by

$$R_j f(x) = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} c_n \int_{|y| > \varepsilon} \frac{y_j}{|y|^{n+1}} f(x-y) dy,$$

where  $y = (y_1, \dots, y_n)$  and  $c_n = \pi^{-(n+1)/2} \Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)$ .

Similarly we define maximal Riesz transforms

$$R_j^* f(x) = \sup_{\varepsilon > 0} c_n \left| \int_{|y| > \varepsilon} \frac{y_j}{|y|^{n+1}} f(x-y) dy \right|.$$

The main results are the following:

**Theorem 1.** Let  $\psi$  and  $\varphi\eta$  be quasiconvex. Then statements below are equivalent.

(i) There exists a positive constant  $C_1$  such that for all  $f$  and  $\lambda > 0$

$$\rho(|M_\mu f > \lambda|) \varphi(\lambda) \leq C \int_{\mathbf{R}^n} \psi \left( C \frac{|f(x)| \nu(x)}{\eta(\lambda)} \right) \sigma(x) d\mu(x).$$

(ii) There exists a positive constant  $C_2$  such that for all  $f$  and  $Q$

$$\rho(Q) \varphi(|f|_Q) \leq C_2 \int_Q \psi \left( C_2 \frac{|f(x)| \nu(x)}{\eta(|f|_Q)} \right) \sigma(x) d\mu(x),$$

(iii) There exist positive constants  $C_3$  and  $\varepsilon$  such that

$$\sup_Q \sup_{\lambda > 0} \frac{1}{\varphi(\lambda) \rho(Q)} \int_Q \tilde{\psi} \left( \varepsilon \frac{\varphi(\lambda) \eta(\lambda)}{\lambda} \frac{\rho_Q}{\sigma(x) \nu(x)} \right) \sigma(x) d\mu(x) \leq C_3.$$

In the sequel we assume that  $d\mu(x) = dx$  (the Lebesgue measure)

**Theorem 2.** Let  $\psi$  and  $\varphi\eta$  be quasiconvex and  $\psi, \varphi\eta \in \Delta_2$ . Then the statements below are equivalent.

(i) There exists a positive constant  $C_1$  such that for all  $f$  and  $\lambda > 0$

$$\rho \left( \left| \left( \sum_{j=1}^n R_j^* f \right) > \lambda \right| \right) \varphi(\lambda) \leq C_1 \int_{\mathbf{R}^n} \psi \left( \frac{|f(x)|}{\eta(\lambda)} \right) \rho(x) dx.$$

(ii) There exists a positive constant  $C_2$  such that for all  $f$  and  $\lambda > 0$

$$\rho \left( \left| \left( \sum_{j=1}^n |R_j f| \right) > \lambda \right| \right) \varphi(\lambda) \leq C_2 \int_{\mathbf{R}^n} \psi \left( \frac{|f(x)|}{\eta(\lambda)} \right) \rho(x) dx.$$

(iii) There exists a positive constant  $C_3$  such that for all  $f$  and  $\lambda > 0$

$$\rho(|Mf| > \lambda) \varphi(\lambda) \leq C_3 \int_{\mathbb{R}^n} \psi \left( \frac{|f(x)|}{\eta(\lambda)} \right) \rho(x) dx.$$

(iv) There exists a positive constant  $C_4$  such that for all  $f$  and  $Q$

$$\rho(Q) \varphi(|f|_Q) \leq C_4 \int_Q \psi \left( \frac{|f(x)|}{\eta(|f|_Q)} \right) \rho(x) dx.$$

(v) There exist positive constants  $C_5$  and  $\varepsilon$  such that

$$\sup_Q \sup_{\lambda > 0} \frac{1}{\varphi(\lambda) \rho(Q)} \int_Q \tilde{\psi} \left( \varepsilon \frac{\varphi(\lambda) \eta(\lambda)}{\lambda} \frac{\rho_Q}{\rho(x)} \right) \rho(x) dx \leq C_5.$$

Putting in the Theorems  $\varphi = \psi$ ,  $\eta \equiv 1$  and  $\nu \equiv 1$ , we obtain a weak-type inequality, and when we take  $\varphi \equiv 1$ ,  $\eta(\lambda) = \lambda$  and  $\nu \equiv 1$  we obtain an extra weak-type inequality. Both weak and extra-weak type maximal inequalities were studied in [1], but they were constructed separately and proved in a different way. A simple method has been developed in L. Pick's and my paper [1]. This method allows us to prove a general weak-type inequality, from which weak and extra weak-type maximal inequalities are obtained as corollary. Moreover, we obtain yet another natural condition for the validity of a weak-type inequality. The special results can be found, e. g., in [1–4]. Weak- and extra weak-type inequalities for the Hilbert transform are studied in [1], when  $n=1$ , and the particular case of extra weak-type inequalities, when  $\psi(t) = t(1 + \log^+ t)^a$ ,  $0 < a < \infty$ , was studied in [5].

Tbilisi A. Razmadze Mathematical Institute  
Georgian Academy of Sciences

(Received on 18. 2. 1992)

მათემატიკა

ა. გობატიშვილი

გოგადი სუსტი ტიპის უტოლობები მაქსიმალური ოპერატორისა და რისის ბარდაჰმენისათვის

რეზიუმე

მონახულია აუცილებელი და საკმარისი პირობები იმისათვის, რომ ადგილი ჰქონდეს ზოგადი სუსტი ტიპის ინტეგრალურ უტოლობას

$$\rho(|Tf| > \lambda) \varphi(\lambda) \leq C \int_{\mathbb{R}^n} \psi \left( C \frac{|f(x)| \nu(x)}{\eta(\lambda)} \right) \sigma(x) d\mu(x),$$

რომელიც დადებითი  $C$ -თვის, რომელიც არ არის დამოკიდებული  $\lambda > 0$ -ზე და ზომად  $\nu$  ფუნქციაზე, სადაც  $\varphi$ ,  $\sigma$  და  $\nu$  არიან წონები (არაუარყოფითი ლო-

კალურად ინტეგრებადი ფუნქციები), ხოლო  $\psi$ ,  $\varphi$  და  $\eta$  არაუარყოფითი ზრდა-  
 დი ფუნქციებია  $(0, \infty)$ -ზე განსაზღვრული და  $\psi(0) = \varphi(0) \eta(0) = 0$ .  $T$  არის ან  
 პარდი-ლიტვუდის მაქსიმალური ოპერატორი ან მაქსიმალური რისის გარდა-  
 ქმნები. უკანასკნელ შემთხვევაში განიხილება, რომ  $\rho = \sigma$  და  $\nu \equiv 1$ .

МАТЕМАТИКА

А. С. ГОГАТИШВИЛИ

НЕРАВЕНСТВА ОБЩЕГО СЛАБОГО ТИПА  
 ДЛЯ МАКСИМАЛЬНЫХ ОПЕРАТОРОВ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ  
 РИССА

Резюме

Найдены необходимые и достаточные условия для того, чтобы  
 имело место интегральное неравенство общего слабого типа

$$\rho(\{|Tf| < \lambda\}) \varphi(\lambda) \leq C \int_{\mathbb{R}^n} \psi \left( C \frac{|f(x)| \nu(x)}{\eta(\lambda)} \right) \sigma(x) d\mu(x),$$

с положительной постоянной  $C$ , не зависящей от  $\lambda > 0$  и от измеримой  
 функции  $f$ , где  $\rho$ ,  $\sigma$  и  $\nu$  являются весами (неотрицательными локаль-  
 но интегрируемыми функциями), а  $\varphi$ ,  $\psi$  и  $\eta$  — неотрицательные воз-  
 растающие функции на  $(0, \infty)$ , и  $\psi(0) = \varphi(0) \eta(0) = 0$ . Здесь  $T$ -макс-  
 имальный оператор или максимальное преобразование Рисса. В по-  
 следнем случае предполагается, что  $\rho = \sigma$  и  $\nu = 1$ .

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. A. S. Gogatishvili, L. Pick. Preprint, Math. Georgian Acad. Sci. Tbilisi, 1991.
2. R. J. Bagby. *Studia Math.* 95, 1990, 195—204.
3. D. Gallardo. *Israel J. Math.* 67, 1, 1989, 95—108.
4. L. Pick. *Studia Math.* 100, № 3, 1991, 207—218.
5. A. S. Gogatishvili. Hilbert transform in Zygmund classes, preprint, Math. inst. Georgian Acad. Sci. Tbilisi, 1990.

T. KIGURADZE

ON EXISTENCE AND UNIQUENESS OF SOLUTIONS OF  
PERIODIC BOUNDARY VALUE PROBLEMS FOR LINEAR  
HYPERBOLIC EQUATIONS

(Presented by T. Gegelia, Corr. Member of the Academy, 10.2.1992)

Consider the second order linear hyperbolic equation

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} = p_0(x, y) u + p_1(x, y) \frac{\partial u}{\partial x} + p_2(x, y) \frac{\partial u}{\partial y} + q(x, y) \quad (1)$$

with continuous real coefficients  $p_0, p_1, p_2$  and a perturbation term  $q$  defined on a rectangle  $D_{ab} = \{(x, y) : 0 \leq x \leq a, 0 \leq y \leq b\}$  or a strip  $D_b = \{(x, y) : x \in \mathbf{R}, 0 \leq y \leq b\}$  ( $a$  and  $b$  are positive numbers,  $\mathbf{R}$  is the set of real numbers). In this paper some existence and uniqueness theorems for the boundary value problems

$$u(x, 0) = \varphi_1(x) \text{ for } 0 \leq x \leq a, \quad u(0, y) = \alpha u(a, y) + \varphi_2(y) \text{ for } 0 \leq y \leq b \quad (2)$$

and

$$\begin{aligned} u(x, 0) &= \psi_0(x) u(0, 0) + \psi_1(x) \text{ for } 0 \leq x \leq a, \\ u(0, y) &= \alpha u(a, y) + \psi_2(y) \text{ for } 0 \leq y \leq b \end{aligned} \quad (2')$$

are stated and the ways of construction of the solutions are given. As application, we study the well-known periodic problems [1—9]

$$u(x, 0) = \varphi(x), \quad u(x+a, y) = u(x, y) \text{ for } (x, y) \in D_b \quad (3)$$

and

$$u(x, 0) = \zeta_0(x) u(0, 0) + \zeta_1(x), \quad u(x+a, y) = u(x, y) \text{ for } (x, y) \in D_b, \quad (3')$$

for which new solvability and unique solvability conditions are established. Considering the problems (1), (2) and (1), (2'), everywhere below we assume that  $\alpha \in \mathbf{R}$ , the functions  $p_i : D_{ab} \rightarrow \mathbf{R}$  ( $i=0, 1, 2$ ) and  $q : D_{ab} \rightarrow \mathbf{R}$  are continuous, the functions  $\varphi_1 : [0, a] \rightarrow \mathbf{R}$ ,  $\varphi_2 : [0, b] \rightarrow \mathbf{R}$  and  $\psi_i : [0, a] \rightarrow \mathbf{R}$  ( $i=0, 1$ ) are continuously differentiable, while the function  $\psi_2 : [0, b] \rightarrow \mathbf{R}$  is twice continuously differentiable and, in addition,

$$\begin{aligned} \varphi_1(0) &= \alpha \varphi_1(a) + \varphi_2(0); \\ \psi_0(0) &= 1, \quad \psi_1(a) = \frac{1}{\alpha}, \quad \psi_1(0) = 0, \quad \alpha \psi_1(a) + \psi_2(0) = 0. \end{aligned}$$

Moreover, we study the problem (1), (2') in the case when  $\alpha > 0$ . As regards the problems (1), (3) and (1), (3'), we assume that the functions  $p_i : D_b \rightarrow \mathbf{R}$  ( $i=0, 1, 2$ ) and  $q : D_b \rightarrow \mathbf{R}$  are continuous and  $a$ -periodic in the first argument, i. e.,



$p_i(x+a, y) = p_i(x, y)$  ( $i=0, 1, 2$ ),  $q(x+a, y) = q(x, y)$  for  $(x, y) \in D_b$ ; while the functions  $\varphi: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}$  and  $\zeta_i: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}$  ( $i=0, 1$ ) are continuously differentiable and

$$\varphi(x+a) = \varphi(x); \zeta_0(0) = 1, \zeta_1(0) = 0, \zeta_i(x+a) = \zeta_i(x) \text{ for } x \in \mathbf{R} \text{ (} i=0, 1\text{)}.$$

We seek for the solutions of the problems (1), (2) and (1), (2') (the problems (1), (3) and (1), (3')) in the class of functions  $u: D_{ab} \rightarrow \mathbf{R}$  ( $u: D_b \rightarrow \mathbf{R}$ ) having continuous partial derivatives  $\frac{\partial u}{\partial x}$ ,  $\frac{\partial u}{\partial y}$  and  $\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y}$  in  $D_{ab}$  ( $D_b$ ).

Further restrictions on the coefficients of equation (1) and the functions in the boundary conditions will be imposed in the statements of the theorems.

Let  $r: [0, b] \rightarrow \mathbf{R}$ . We will use the following notation and definition:

$$I_r = \{y \in [0, b] : r(y) \neq 0\}, \quad \bar{I}_r \text{ is the closure of } I_r.$$

We say that a function  $p$  defined on  $D \subset D_b$  is  $r$ -continuous if it can be represented as

$$p(x, y) = r(y) \tilde{p}(x, y) \text{ for } (x, y) \in D,$$

where  $\tilde{p}: D \rightarrow \mathbf{R}$  is a continuous function.

It is clear that if  $r: [0, b] \rightarrow \mathbf{R}$  is continuous and different from zero in  $[0, b]$ , then the continuity and the  $r$ -continuity are equivalent.

**1. Existence and Uniqueness Theorems for Solutions of the Problems (1), (2) and (1), (2').**

**Theorem 1.** Let the functions  $p_0, p_1, q$  and  $\varphi_2'$  be  $r$ -continuous, where

$$r(y) = 1 - \alpha \exp\left(\int_0^a p_2(s, y) ds\right) \text{ for } 0 \leq y \leq b.$$

Then the problem (1), (2) is solvable; moreover, the solution is unique if and only if  $\bar{I}_r = [0, b]$ .

**Remark 1.** Let  $\bar{I}_r = [0, b]$  and let the functions  $p_0, p_1, q$  and  $\varphi_2'$  be  $r$ -continuous. Let

$$g(x, s, y) = \begin{cases} \exp\left(\int_s^x p_2(\sigma, y) d\sigma\right) & \text{for } s \leq x \\ \alpha \exp\left(\int_0^a p_2(\sigma, y) d\sigma\right) + \int_s^x p_2(\sigma, y) d\sigma & \text{for } x < s \end{cases}$$

and consider the sequence

$$u_0(x, y) = 0, \quad u_k(x, y) = \varphi_1(x) + \int_0^y \exp\left(\int_0^x p_2(\sigma, t) d\sigma\right) \frac{\varphi_2'(t)}{r(t)} dt + \\ + \int_0^y \int_0^a g(x, s, t) \frac{q_k(s, t)}{r(t)} ds dt \quad (k=1, 2, \dots),$$





where

$$q_k(x, y) = p_0(x, y) u_{k-1}(x, y) + p_1(x, y) \frac{\partial u_{k-1}(x, y)}{\partial x} + q(x, y). \quad (4)$$

It can be proved that

$$\lim_{k \rightarrow \infty} u_k(x, y) = u(x, y), \quad \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{\partial u_k(x, y)}{\partial x} = \frac{\partial u(x, y)}{\partial x}, \quad \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{\partial u_k(x, y)}{\partial y} = \frac{\partial u(x, y)}{\partial y} \quad (5)$$

uniformly on  $D_{ab}$ , where  $u$  is a solution of the problem (1), (2).

If  $r$  is of constant sign, there exists a method of construction of the solution of the problem (1), (2), which is simpler. In fact, the following assertion is true.

**Theorem 2.** *Let*

$$|\alpha| \exp \left( \int_0^a p_2(s, y) ds \right) < 1 \quad \left( |\alpha| \exp \left( \int_0^a p_2(s, y) ds \right) > 1 \right) 0 \leq y \leq b.$$

Then the condition (5) is fulfilled uniformly on  $D_{ab}$ , where  $u$  is the solution of the problem (1), (2),  $u_0(x, y) \equiv \varphi_1(x)$ ,

$$u_k(x, y) = \varphi_1(x) + \int_0^y \exp \left( \int_0^x p_2(\sigma, t) d\sigma \right) \left( \alpha \frac{\partial u_{k-1}(a, t)}{\partial t} + \varphi_2'(t) \right) dt + \\ + \int_0^y \int_0^x \exp \left( \int_s^x p_2(\sigma, t) d\sigma \right) q_k(s, t) ds dt \quad (k=1, 2, \dots)$$

$$\left[ \begin{aligned} u_0(x, y) &= \varphi_1(x), \end{aligned} \right.$$

$$u_k(x, y) = \varphi_1(x) + \frac{1}{\alpha} \int_0^y \exp \left( - \int_x^a p_2(\sigma, t) d\sigma \right) \left( \frac{\partial u_{k-1}(0, t)}{\partial t} - \varphi_2'(t) \right) dt - \\ - \int_0^y \int_x^a \exp \left( - \int_x^s p_2(\sigma, t) d\sigma \right) q_k(s, t) ds dt \quad (k=1, 2, \dots) \right],$$

where  $q_k$  is the function given by (4).

Now we consider the case when  $r(y) \equiv 0$ .

**Theorem 3.** *Suppose that  $\alpha > 0$ , the function  $\varphi_2$  is twice continuously differentiable, the functions  $p_i$  ( $i=0, 1, 2$ ) and  $q$  have continuous partial derivatives in the second argument and*

$$\int_0^a p_2(s, y) ds = -\ln \alpha, \quad \int_0^a [p_0(s, y) + p_1(s, y) p_2(s, y)] ds \neq 0 \quad \text{for } 0 \leq y \leq b. \quad (6)$$

Then the condition

$$\varphi_2'(0) + \int_0^a \exp\left(-\int_0^s p_2(\sigma, 0) d\sigma\right) (\rho_0(s, 0)\varphi_1(s) + \rho_1(s, 0)\varphi_1'(s) + q(s, 0)) ds = 0$$

is necessary and sufficient for the unique solvability of the problem (1), (2).

It is clear that under the hypotheses of Theorem 3 the problem (1), (2) is ill-posed, because its solvability can be violated by arbitrarily small variation of the function  $q$ . Therefore, in this case we will replace the boundary conditions (2) by (2'). Theorem 3 implies

**Theorem 3'.** Suppose that  $\alpha > 0$ , the functions  $p_i$  ( $i=0, 1, 2$ ) and  $q$  have continuous partial derivatives in the second argument and the conditions (6) are fulfilled. Then the problem (1), (2') is uniquely solvable if and only if

$$\int_0^a \exp\left(-\int_0^s p_2(\sigma, 0) d\sigma\right) (\rho_0(s, 0)\psi_0(s) + \rho_1(s, 0)\psi_0'(s)) ds \neq 0.$$

## 2. Criteria of Solvability and Unique Solvability of the Problems (1), (3) and (1), (3').

Aziz and Meyers [5] proved the unique solvability of the problem (1), (3) under the assumption that  $p_1$  has continuous partial derivative in the first argument and

$$I \left( \frac{1}{m} + \frac{\exp(m^*a) - 1}{m^*[\exp(ma) - 1]} \right) < 1, \quad (7)$$

where  $m^*$  and  $m$  are respectively, the maximum and the minimum of  $|p_2|$  and  $I$  is the maximum of  $\left| p_0 + p_1 p_2 - \frac{\partial p_1}{\partial x} \right|$ . Similar restrictions on the coefficients of the equation (1) are imposed in the papers of J. A. Mitropolsky and B. P. Tkach [6] and B. P. Tkach [7, 8]. But it turns out that the restrictions like (7) are not necessary. In fact, we have

**Corollary 1.** Let the functions  $\rho_0, \rho_1, q$  and  $\varphi_2'$  be  $r_0$ -continuous, where

$$r_0(y) = \int_0^a p_2(s, y) ds \quad \text{for } 0 \leq y \leq b.$$

Then the problem (1), (3) is solvable, and moreover, the solution is unique if and only if  $\bar{T}_{r_0} = [0, b]$ .

**Remark 2.** The restriction of the solution of the problem (1), (3) to  $D_{ab}$  is a solution of the problem (1), (2), where  $\alpha=1$ ,  $\varphi_1(x)=\varphi(x)$ ,  $\varphi_2(y)=0$ . Therefore, if  $r_0(y) > 0$  ( $r_0(y) < 0$ ) for  $0 \leq y \leq b$ , then the solution of (1), (3) can be found by the method given in Theorem 2.

**Corollary 2.** Let  $\varphi\left(x + \frac{a}{2}\right) = -\varphi(x)$  for  $x \in \mathbb{R}$  and  $p_i\left(x + \frac{a}{2}, y\right) = p_i(x, y)$  ( $i=0, 1, 2$ ),  $q\left(x + \frac{a}{2}, y\right) = -q(x, y)$  for  $(x, y) \in D_b$ . Then the problem (1), (3) has at least one solution.

**Corollary 3.** Let the functions  $p_i$  ( $i=0, 1, 2$ ) and  $q$  have continuous partial derivatives in the second argument and

$$\int_0^a p_2(s, y) ds = 0, \int_0^a [p_0(s, y) + p_1(s, y) p_2(s, y)] ds \neq 0 \text{ for } 0 \leq y \leq b. \quad (8)$$

Then the problem (1), (3) is uniquely solvable if and only if

$$\int_0^a \exp \left( - \int_0^s p_2(\sigma, 0) d\sigma \right) (p_0(s, 0) \varphi'(s) + p_1(s, 0) \varphi'(s) + q(s, 0)) ds = 0.$$

Corollary 3'. Let the functions  $p_i$  ( $i=0, 1, 2$ ) and  $q$  have continuous partial derivatives in the second argument and let (8) hold. Then the problem (1), (3') is uniquely solvable if and only if

$$\int_0^a \exp \left( - \int_0^s p_2(\sigma, 0) d\sigma \right) (p_0(s, 0) \zeta_0'(s) + p_1(s, 0) \zeta_0'(s)) ds \neq 0.$$

I. Vekua Institute of  
Applied Mathematics, Tbilisi  
I. Javakhishvili State University

მათემატიკა

ბ. კილურაძე

პერიოდული სასაზღვრო ამოცანების ამონახსნების არსებობისა და ერთადერთობის შესახებ წრფივი ჰიპერბოლური განტოლებებისათვის

რეზიუმე

დადგენილია (1), (2) და (1), (2') სახის პერიოდულ სასაზღვრო ამოცანათა ამონახსნების არსებობისა და ერთადერთობის აუცილებელი და საკმარისი პირობები.

МАТЕМАТИКА

Т. И. КИГУРАДЗЕ

## О СУЩЕСТВОВАНИИ И ЕДИНСТВЕННОСТИ РЕШЕНИЙ ПЕРИОДИЧЕСКИХ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

Резюме

Установлены необходимые и достаточные условия существования и единственности решений краевых задач вида (1), (2) и (1), (2').

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Л. Чезари. Тр. Междунар. симпозиума по нелинейн. колебаниям. Т. 2. Киев. 1963, 440—457.
2. O. Vejvoda. Czech. Math. J., 14, № 3, 1964, 341—382.
3. J. K. Hale. Arch. Rational. Mech. Anal., 23, №3, 1966, 380—398.
4. A. K. Aziz. Proc. Amer. Math. Soc., 17, № 3, 1966, 557—566.
5. A. K. Aziz, A. M. Meyers. Trans. Amer. Math. Soc., 146, 1969, 167—178.
6. Ю. А. Митропольский, Б. П. Ткач. Укр. Мат. ж., 21, № 4, 1969, 457—486.
7. Б. П. Ткач. Дифференц. уравнения, 5, № 4, 1969, 735—748.
8. Б. П. Ткач. Автореферат докт. дисс., Киев, 1991.
9. Б. И. Пташник. Некорректные граничные задачи для дифференциальных уравнений с частными производными. Киев, 1984.

M. VEZIRISHVILI

LIMIT THEOREMS FOR A  $K_n$ -NEAREST NEIGHBOUR ESTIMATE OF THE REGRESSION FUNCTION

(Presented by I. T. Kiguradze, Corr. Member of the Academy 24.2.1992)

Let  $(X, Y)$ ,  $(X_i, Y_i)$ ,  $i=1, 2, \dots$  be i. i. d. bivariate random vector with common joint distribution  $G$  and joint probability density function  $g$ . Let  $F$  and  $f$  be the marginal distribution function and the probability density function of  $X$ , respectively.

The regression of  $Y$  on  $X$  is given by  $r(t)=E(Y|X=t)$ . A regression function estimator is defined by

$$r_n(t) = \frac{2}{k_n} \sum_{i=1}^n Y_i W \left( \frac{t-X_i}{R_n(t)} \right).$$

Here  $R_n(t)$  is the distance between  $t$  and  $K_n$ , the nearest neighbour of  $t$ , among the  $X_1, X_2, \dots$ ;  $W$  is a kernel function and  $K_n$  is a sequence of positive integers  $K_n \rightarrow \infty, n \rightarrow \infty$ .

The estimator  $r_n(t)$  is given by the ratio

$$r_n(t) = \frac{\frac{1}{nR_n(t)} \sum_{i=1}^n Y_i W \left( \frac{t-X_i}{R_n(t)} \right)}{\frac{k}{2nR_n(t)}}.$$

Let us denote

$$m_n(t) = \frac{1}{nR_n(t)} \sum_{i=1}^n Y_i W \left( \frac{t-X_i}{R_n(t)} \right) \quad \text{and} \quad f_n(t) = \frac{k}{2nR_n(t)}.$$

As known,  $m_n(t)$  and  $f_n(t)$  are estimators of the function  $m(t) = \int Yg(t, y) dy$  and  $f$ ; we shall prove that the estimator  $r_n$  is asymptotically normal.

We show, further, that the distribution of the normalized maximal deviation  $\sup_{t \in A} |r_n(t) - r(t)|$  converges to the double exponential distribution.

The basic idea of the proofs of these limit theorems for the  $K_n$  nearest neighbour estimate  $r_n$  is to show that random distance  $R_n(t)$  is asymptotically equivalent to a nonrandom sequence  $a_n(t)$  such that the deviation  $r_n(t) - r(t)$  can be replaced by  $\bar{r}_n(t) - r(t)$ , where



$$\bar{r}_n(t) = \frac{2}{k_n} \sum_{i=1}^n Y_i W \left( \frac{t-x_i}{a_n(t)} \right) \quad a_n(t) = \frac{K_n}{2nf(t)}$$

Theorem 1. (asymptotic normality)

Let  $t_p, p=1, 2, \dots, k$  be distinct points such that  $f(t_p) \neq 0$  and  $v(t_p) \neq 0$ .

Let  $W$  be a kernel function vanishing outside of a bounded interval,

say

$$W(x) = 0 \text{ for } |x| > k \tag{1}$$

$$\int W(x) dx = 1, \quad \int xW(x) dx = 0 \tag{2}$$

$$|W'(x) - W'(y)| \leq C_0 |x - y|. \tag{3}$$

Suppose that the functions  $f$  and  $m$  have bounded and continuous derivatives of the second order in a neighbourhood of  $t_p$ .

If

$$K_n^{-1/2} \log n \rightarrow 0 \quad \text{and} \quad K_n^5 n^{-4} \rightarrow 0.$$

then

$$\lim P \left\{ \frac{K_n^{1/2}(r_n(t_p) - r(t_p))}{(V(t_p) \lambda)^{1/2}} < z^p, \quad p=1, \dots, k \right\} = \Phi \prod_{p=1}^k \Phi(z_p)$$

where  $\lambda = \int W^2(x) dx$  and it is the distribution function of the standard normal distribution. [1], [2].

Lemma 1.

The marginal density  $f$  is bounded on  $R$  and bounded away from zero on a set  $A$ , and  $f$  has bounded and continuous derivatives of the second order in a neighbourhood  $A'$  of  $A$ .

$$\text{IF } K_n/n \rightarrow 0, \quad \log n/K_n \rightarrow 0$$

then for all  $\epsilon > 0$  we have

$$\sum_n P \{ b_n C_n \sup_{t \in A} |R_n(t)/a_n(t) - 1| > \epsilon \} < \infty$$

where  $C_n = \min(K_n/\log n)^{1/2}, (n/K_n)^2$  and  $b_n$  is an arbitrary sequence of positive numbers tending to zero.

Theorem 2. (Maximal deviation)

Suppose that

$$p\{-\infty < a \leq x \leq b < \infty\} = 1$$

For some  $q > 5$   $E|z|^q < \infty$  and

$$\sup_{a < t < b} \int |z|^q d\tilde{H}(z|t) \leq M_q < \infty$$

Where  $\tilde{H}(z|t)$  is the conditional distribution function of  $z = Y - r(x)$ .

There exists the inverse function  $F^{-1}$  and  $\tilde{H}^{-1}$  of  $F$  and  $\tilde{H}$  resp.,  $F^{-1}$  and  $\tilde{H}^{-1}$  are differentiable and

$$\sup_{a < x < b} \left| \frac{\partial \tilde{H}^{-1}(v|x)}{\partial x} \right| \leq \varphi(v) \quad \sup_{a < x < b} \left| \frac{\partial^2 \tilde{H}^{-1}(v|x)}{\partial x \partial v} \right| \leq \varphi(v)$$

with

$$\varphi(v) = O((v \log \log v^{-1})^{-1/2}), \text{ for } v \rightarrow 0.$$



The function  $\tilde{h}(z^{-1/2}|s)$  is continuously partially differentiable up to the second order, its derivatives are of order  $O(z^{-3})$  as  $z \rightarrow \infty$ . (uniformly w. r. t  $t$ ).

The marginal density  $f$  and the conditional variance  $V$  are bounded away from zero on a set  $A$ .

The function  $f$ ,  $m$  and  $m_2$  are twice continuously differentiable in a neighbourhood of  $A' \supset A$  of the set  $A$ ; their derivatives are bounded.  $W$  is a kernel function satisfying conditions (1)–(3) of theorem 1.

If  $K_n = n^\alpha$  with  $4/9 < \alpha < 4/5$ ,

then

$$P\{(2\beta \log n)^{1/2} + (K_n/\lambda)^{1/2} \sup_{t \in A} V_n(t)^{-1/2} |r_n(t) - r(t)| - I_n < z\} \rightarrow \exp(-2 \exp(-z))$$

where  $v_n$  and  $s$  are defined in theorem 1.

$$I_n = (2\beta \log n)^{1/2} + (2\beta \log n)^{-1/2} (\log(c_n/n)) \quad [3].$$

The basic idea of the proof is to consider the statistic

$$U_n(t) = (K_n \setminus V_n(t))^{1/2} (r_n(\cdot) - r(t))$$

as a stochastic process on  $A$  and to approximate it by appropriate processes.

Tbilisi State University

(Received on 27.02.1992)

მათემატიკა

ა. ვეზირიშვილი

რეგრესიის ფუნქციის  $K_n$ -ური უახლოესი მეზობელი ტიპის  
შეფასების ასიმპტოტური ყოფაცემვა

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია რეგრესიის ფუნქციის არაპარამეტრული შეფასება, ნაჩვენებია ამ შეფასების ასიმპტოტურად ნორმალურობა და დამტკიცებულია ზღვარი თეორემები შეფასების მაქსიმალური გადახრისათვის.

МАТЕМАТИКА

М. О. ВЕЗИРИШВИЛИ

АСИМПТОТИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ОЦЕНКИ ФУНКЦИИ  
РЕГРЕССИИ МЕТОДОМ  $K_n$  БЛИЖАЙШЕГО СОСЕДА

Резюме

В работе рассмотрена непараметрическая оценка функции регрессии. Показано, что эта оценка асимптотически нормальна. Доказаны предельные теоремы для максимального уклонения оценки.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. J. Bickel, L. Rosenblatt. Ann. Statist 1, 1973, 1071—1091.
2. G. Collomb. Universite Paul Sabotier. Tourlouse. 1973.

А. Р. ЦИЦКИШВИЛИ

## НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ К ОДНОМУ МЕТОДУ РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ КЛАССА ФУКСА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. В. Бурчуладзе 30.4.1992)

Рассмотрим плоские стационарные задачи теории фильтрации в однородном и изотропном грунте с учетом закона Дарси. Комплексная плоскость  $z = x + iy$  совмещается с плоскостью движения. Вводят-ся приведенный комплексный потенциал  $\omega(z) = \varphi(x, y) + i\psi(x, y)$  и плоскость комплексной скорости  $w = d\omega/dz$ , где  $\varphi(x, y)$ ,  $\psi(x, y)$  — соответственно потенциал скорости и функция тока. Область  $I_m(\xi) > 0$  (или  $I_m(\xi) < 0$ ) плоскости  $\xi = t + i\tau$  отображается на области движения  $S(z)$ , комплексного потенциала  $S(\omega)$ , комплексной скорости  $S(w)$ . Конформно отображающие функции на указанные выше области соответственно обозначаются так:  $z(\xi)$ ,  $\omega(\xi)$ ,  $w(\xi) = d\omega/dz$ .

Метод решения подобных задач, основанный на составлении и решении дифференциального уравнения класса Фукса (ДУКФ), принадлежит П. Я. Полубариновой - Кочиной [1, 2].

Нас ниже будут интересовать два подмножества  $S_1(\omega)$ ,  $S_2(\omega)$  областей  $S(\omega)$ . С помощью логарифмической функции  $S_1(\omega)$  отображаются в линейные многоугольники, а с помощью дробно-линейных функций  $S_2(\omega)$  отображаются на  $S_1(\omega)$ . Для  $S_1(\omega)$ ,  $S_2(\omega)$  можно явно отыскать линейно-независимые решения  $u_1(\xi)$ ,  $u_2(\xi)$  соответствующего ДУКФ так, что при этом не будет надобности прибегать к его решению. Затем, пользуясь  $u_1(\xi)$ ,  $u_2(\xi)$ , строятся сначала  $\omega'(\xi)$ ,  $z'(\xi)$ , а затем  $\omega(\xi)$  и  $z(\xi)$  [3—6].

В работе [7] для одной области типа  $S_2(\omega)$  составляется ДУКФ и ищется его решение не классическим путем. Такой путь решения ДУКФ приводит в большинстве случаев к неверным результатам, хотя иногда можно получить и точное решение [8], но вероятность такого исхода очень мала. Для доказательства этих утверждений мы предложили для областей  $S_2(\omega)$  метод явного решения соответствующих ДУКФ [3—6]. В данной работе в качестве примера приводим точное решение задачи о фильтрации из систем каналов в кайме пресных вод над солеными с испарением, ранее рассмотренное в работе [7]. К авторам работы [7] и к их исследованиям мы относимся с большим уважением и доверием. Данная работа пишется только ради науки.

Следуя работе [7], схему одного из полупериодов области течения даем на рис. 1, z.

Граничные условия имеют вид [7]

$$AB: y=0, \varphi=0; AE: x=0, \psi=0; CD: x=L, \psi=0;$$

$$ED: \varphi - \rho y = C_0 = \text{const}, \psi=0 \quad (\rho = \rho_2/\rho_1 - 1); BC: \varphi + y = 0,$$

$$\psi = \varepsilon(L-x); \quad 0 < l < L, \quad 0 < \varepsilon < \rho, \quad \varepsilon(L-l) < l.$$

Область  $S(\omega)$  дается на рис. 1,  $w$ . В этой задаче имеется одна устранимая точка  $A$ . Угловые точки  $B, A, E, F, D, C, B$  областей  $S(z), S(\omega), S(\omega)$  соответственно переходят вдоль оси  $t$  в точки  $-\infty, a_0, 0, f_0, 1, \lambda_0 = 1/k^2, +\infty$ .

Составляется символ Римана относительно функции  $u_0(\zeta)$  с показателями в особых точках:  $A(-1/2; -1/2), E(0; -1/2), F(0; 2), D(0; -1/2), C(0; -1/2), B(3/2; 2)$ . Отыскание  $u_0(\zeta)$  сводится к отысканию  $u(\zeta)$ :

$$u(\zeta) = u_0(\zeta) \sqrt{\zeta(\zeta - a_0)(\zeta - 1)(\zeta - \lambda_0)}, \quad (i)$$

где  $u(\zeta)$  должна удовлетворять ДУКФ,

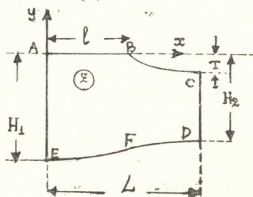


Рис. 1

$$u''(\zeta) + p(\zeta) u'(\zeta) + q(\zeta) u(\zeta) = 0, \quad (2)$$

$$p(\zeta) = [1/\zeta + 1/(\zeta - 1) + 1/(\zeta - \lambda_0) - 2/(\zeta - f_0)]/2, \quad (3)$$

$$q(\zeta) = (\mu\zeta + \lambda)/[4\zeta(\zeta - 1)(k^2\zeta - 1)(\zeta - f_0)], \quad (4)$$

и,  $\lambda$  — аксессуарные параметры.

Найдем  $u_1(\zeta), u_2(\zeta)$  решения (2), не прибегая к его решению. С этой целью найдем координаты точек пересечения  $G$  и  $G_1$  окружности  $DF$  с окружностью  $BC$ ,  $b_1 = a_1 - ia_2, b_2 = -a_1 - ia_2$ , где  $a_1 = \sqrt{\varepsilon(1+\rho)(\rho-\varepsilon)/(1+\rho-\varepsilon)}, a_2 = \varepsilon/(1+\rho-\varepsilon)$ . На рис. 1,  $w$  точка  $G_1$  не указана.

С помощью преобразования

$$w_2 = \ln [(w - b_1)/(w - b_2)] \quad (5)$$

область  $S(\omega)$  конформно отображается на линейный многоугольник (рис. 1,  $w_2$ ). Ширина полуполосы области  $S(w_2)$  равна  $\pi$ . Точки  $B, E, D, C$  переходят на плоскости  $w_2$  в точки



$$\begin{aligned} \omega_2(B) &= \pi i - i2 \operatorname{arctg} [(1+a_2)/a_1], \\ \omega_2(E) &= \omega_2(D) = \pi i - i2 \operatorname{arctg} (a_2/a_1), \\ \omega_2(C) &= -i\pi + i2 \operatorname{arctg} [(e-a_2)/a_1]. \end{aligned} \quad (6)$$

Функция  $\omega_2(\zeta)$  определяется с помощью формулы Хриstoffеля—Шварца:

$$\begin{aligned} \omega_2(\zeta) &= MI_1(\zeta) + iN_0, \quad -\infty < \zeta < 0; \quad \omega_2(\zeta) = M [iI_1(\zeta) + \\ &+ I_2(\zeta)] + iN_0, \quad 0 < \zeta < 1; \quad \omega_2(\zeta) = M [iI_1(\zeta) + iI_3(\zeta)] + iN_0, \\ &1 < \zeta < \lambda_0; \quad \omega_2(\zeta) = M [iI_1(\zeta) + iI_3(\lambda_0) + I_4(\zeta)] + iN_0, \quad \lambda < \zeta, \end{aligned} \quad (7)$$

$$I_1(\zeta) = \int_{-\infty}^{\zeta} I_0(\zeta) d\zeta, \quad I_2(\zeta) = \int_0^{\zeta} I_0(\zeta) d\zeta, \quad I_0(\zeta) = (\zeta - f_0) / (p - \zeta) |\gamma_0(\zeta)|^{-1}, \quad (8)$$

$$I_3(\zeta) = \int_1^{\zeta} I_0(\zeta) d\zeta, \quad I_4(\zeta) = \int_{\lambda_0}^{\zeta} I_0(\zeta) d\zeta, \quad \gamma_0(\zeta) = \sqrt{\zeta(\zeta-1)(\zeta-\lambda_0)} > 0, \quad \zeta > \lambda_0. \quad (9)$$

Для определения параметров  $N_0, M, f_0, P, \lambda_0$  получаем систему уравнений

$$N_0 = \pi - 2 \operatorname{arctg} [(1+a_2)/a_1], \quad M = \gamma_0(p) / (p - f_0), \quad (10)$$

$$\pi - 2 \operatorname{arctg} (a_2/a_1) = MI_1(0) + N_0, \quad I_2(1) = 0, \quad (11)$$

$$2 [\operatorname{arctg} [a_2/a_1] + \operatorname{arctg} [(e-a_2)/a_1]] = MI_3(\lambda). \quad (12)$$

Из  $y_2(1) = 0$  определяется  $f_0$ , а затем из систем (11) и (12) —  $p$  и  $k$  и, наконец,  $M$ .

Пользуясь результатами работы [5], будем иметь явно

$$u_k(\zeta) = iu_{k0}(\zeta), \quad u_{k0}(\zeta) = 2A_0 \sqrt{p-\zeta} v_k(\zeta), \quad k=1, 2, \quad (13)$$

$$v_1(\zeta) = -\{a_1 \operatorname{ch} [\omega_2(\zeta)/2] + ia_2 \operatorname{sh} [\omega_2(\zeta)/2]\}, \quad v_2(\zeta) = \operatorname{sh} [\omega_2(\zeta)/2]. \quad (14)$$

$A_0$  — пока не определенная действительная постоянная.

После этого найдем  $\omega'(\zeta)$  и  $z'(\zeta)$ ,

$$\omega'(\zeta) = u_1(\zeta) / \gamma(\zeta), \quad z'(\zeta) = u_2(\zeta) / \gamma(\zeta), \quad (15)$$

$$\gamma(\zeta) = \sqrt{\zeta(\zeta-a_0)(\zeta-1)(\zeta-\lambda_0)} > 0, \quad \zeta > \lambda_0, \quad v_{k0}(\zeta) = u_{k0}(\zeta) / |\gamma(\zeta)|; \quad (16)$$

$$\gamma(\zeta) = i|\gamma(\zeta)|, \quad 1 < \zeta < \lambda_0; \quad \gamma(\zeta) = -|\gamma(\zeta)|, \quad 0 < \zeta < 1;$$

$$\gamma(\zeta) = i|\gamma(\zeta)|, \quad a_0 < \zeta < 0; \quad \gamma(\zeta) = +|\gamma(\zeta)|, \quad -\infty < \zeta < a_0; \quad (17)$$

$$v_1(\zeta) = a_2 \sin \beta_1(\zeta) - a_1 \cos \beta_1(\zeta), \quad v_2(\zeta) = i \sin \beta_1(\zeta), \quad -\infty < \zeta < 0; \quad (18)$$

$$v_1(\zeta) = i a_2 [\cos (\alpha_0/2)] \operatorname{sh} [MI_2(\zeta)/2], \quad 0 < \zeta < 1, \quad (19)$$

$$v_2(\zeta) = -\cos (\alpha_0/2) \operatorname{sh} [MI_2(\zeta)/2] + i \sin (\alpha_0/2) \operatorname{ch} [MI_2(\zeta)/2], \quad 0 < \zeta < 1, \quad (20)$$

$$v_1(\zeta) = a_2 \sin \beta_2(\zeta) - a_1 \cos \beta_2(\zeta), \quad v_2(\zeta) = i \sin \beta_2(\zeta), \quad 1 < \zeta < \lambda_0, \quad (21)$$

$$v_1(\zeta) = -\varepsilon \cos (\beta/2) \operatorname{ch} [MI_4(\zeta)/2] - i \sin (\beta/2) \operatorname{sh} [MI_4(\zeta)/2], \quad \zeta > \lambda_0, \quad (22)$$

$$v_2(\zeta) = \sin (\beta/2) \operatorname{sh} [MI_4(\zeta)/2] - i \cos (\beta/2) \operatorname{ch} [MI_4(\zeta)/2], \quad \zeta > \lambda_0, \quad (23)$$

$$\alpha_0 = \pi - 2 \operatorname{arctg} [a_2/a_1], \quad \beta = 2 \operatorname{arctg} [(e-a_2)/a_1], \quad (24)$$

$$\beta_1(\zeta) = [MI_1(\zeta) + N_0]/2, \quad \beta_2(\zeta) = [MI_1(0) + I_3(\zeta) + N_0]/2. \quad (25)$$

Проинтегрируем (15), получим

$$\omega(\zeta) = i\varepsilon(L-l) + i \int_{-\infty}^{\zeta} v_{10}(\zeta) d\zeta, \quad z(\zeta) = l + i \int_{-\infty}^{\zeta} v_{20}(\zeta) d\zeta, \quad (26)$$

$$\omega(\zeta) = - \int_{a_0}^{\zeta} v_{10}(\zeta) d\zeta, \quad z(\zeta) = - \int_{a_0}^{\zeta} v_{20}(\zeta) d\zeta, \quad (27)$$

$$\omega(\zeta) = \rho H_1 + C_0 - i \int_0^{\zeta} v_{10}(\zeta) d\zeta, \quad z(\zeta) = -iH_1 - i \int_0^{\zeta} v_{20}(\zeta) d\zeta, \quad (28)$$

$$\omega(\zeta) = -\rho H_2 + C_0 + \int_1^{\zeta} v_{10}(\zeta) d\zeta, \quad z(\zeta) = L - iH_2 + \int_1^{\zeta} v_{20}(\zeta) d\zeta, \quad (29)$$

$$\omega(\zeta) = T + i \int_{\lambda_0}^{\zeta} v_{10}(\zeta) d\zeta, \quad z(\zeta) = L - iT + i \int_{\lambda_0}^{\zeta} v_{20}(\zeta) d\zeta. \quad (29_1)$$

Из (28) и (29<sub>1</sub>) можно определить соответственно уравнения кривых (ED) и (CB).

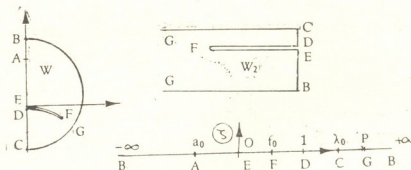


Рис. 2.

Функции  $\omega(\zeta)$ ,  $z(\zeta)$  удовлетворяют всем граничным условиям.

Если в (26) — (29<sub>1</sub>) соответственно подставим  $\zeta = a_0$ ; 0; 1;  $\lambda_0$ ;  $+\infty$ , получим систему из десяти уравнений относительно шести неизвестных параметров:

$$\varepsilon(L-l) = \int_{-\infty}^{a_0} v_{10}(\zeta) d\zeta, \quad l = \int_{-\infty}^{a_0} \operatorname{Re} [v_{20}(\zeta)] d\zeta; \quad (30)$$

$$\rho H_1 = - \int_{a_0}^0 v_{10}(\zeta) d\zeta, \quad H_1 = - \int_{a_0}^0 I_m [v_{20}(\zeta)] d\zeta, \quad (31)$$



$$\rho(H_2 - H_1) = - \int_0^1 I_m |v_{10}(\zeta)| d\zeta, \quad L = \int_0^1 I_m |v_{20}(\zeta)| d\zeta, \quad (32)$$

$$T = -\rho H_2 + C_0 + \int_1^{\lambda_0} v_{10}(\zeta) d\zeta, \quad T = H_2 - \int_1^{\lambda_0} I_m |v_{20}(\zeta)| d\zeta, \quad (33)$$

$$T = - \int_{\lambda_0}^{+\infty} I_m |v_{10}(\zeta)| d\zeta, \quad \varepsilon(L-l) = - \int_{\lambda_0}^{+\infty} \text{Re} [v_{20}(\zeta)] d\zeta. \quad (34)$$

Считая заданными  $\varepsilon, L, l, \rho$ , из (30) можно определить  $A_0$  и  $a_0$ , из (31)— $H_1$ , а из (32)— $H_2$ , далее из (33)— $T$  и  $C_0$ .

Особенность  $u_1(\zeta), u_2(\zeta)$  при  $\zeta=p$  исчезает, если вблизи точки  $\zeta=p$  подынтегральные выражения  $I_4(\zeta)$  разложить в ряд, а затем проинтегрировать и потом умножить на  $\sqrt{p-\zeta}$ .

После этого сравним полученные точные формулы с формулами работы [7]. Согласно [7], линейно-независимые решения имеют вид

$$Y_{1,2}^0 = \vartheta_4(\omega \pm x; \kappa) / \vartheta_4(\omega; \kappa), \quad \kappa = K'/K, \quad (35)$$

$$K' = K(k'), \quad k' = \sqrt{1-k^2}, \quad \zeta = \text{sn}^2[2Kw, k].$$

В общем случае  $\omega_2(\zeta)$  представляется так:

$$\omega_2(\zeta) = A_1 u_3(\zeta) + B_1 \log \{ \Theta[u_3(\zeta) - a] / \Theta[u_3(\zeta) + a] \} + C_1, \quad (36)$$

где  $u_3(\zeta), a, A_1, B_1, C_1$  принимают различные значения в различных промежутках оси  $t$ . При этом вдоль всей оси  $t$   $A_1 \neq 0$ . Например,  $I_1(\zeta)$  представляется так [6]:

$$I_2(\zeta) = \{ -k + (p-f_0) [k^2(1-pk^2) - iz(a_2)/\chi_0(p)] \} 2u_4(\zeta) + -i(p-f_0)/\chi_0(p) \ln \{ \Theta[u_4(\zeta) - a_2] / \Theta[u_4(\zeta) + a_2] \}, \quad (37)$$

$$u_4(\zeta) = \int_0^{\zeta} \frac{dt}{\sqrt{(1-t^2)(1-(k')^2 t^2)}}, \quad f_1(\zeta) = 1/\sqrt{1-\zeta k^2} \quad -\infty < \zeta < 0, \quad (38)$$

$$z(a_2) = \Theta'(a_2) / \Theta(a_2), \quad \sin a_2 = i\sqrt{pk^2 - 1}/k', \quad (39)$$

$\Theta[u_4(\zeta)] = \vartheta_4[u_4(\zeta) \vartheta_3^{-2}, \tau]$  — известная тэта-функция, периоды которой равны  $2K, 2iK'$ ,  $a \vartheta_3 = \sqrt{2K(k)/\pi}, \tau = iK'/K$ .

Следовательно, если учесть  $u_1(\zeta), u_2(\zeta)$ , то можно с полным основанием утверждать, что решения (14) существенно отличаются от (35).

Можно рассмотреть случай, когда  $k \rightarrow 1$  ( $D \rightarrow B$ ), и получить все соответствующие формулы.

Академия наук Грузии  
Тбилисский математический институт  
им. А. М. Размадзе

(Поступило 4.5.1992)

ა. ციციშვილი

ზოგიერთი შენიშვნა ფუქსის კლასის დიფერენციალურ  
 განტოლებათა ამოხსნის ერთი მეთოდის გამო

რეზიუმე

ნაშრომში მოცემულია ფილტრაციის ბრტყელი ამოცანის ზუსტი და ცხადი ამოხსნა, როდესაც ფილტრაცია ხდება არხთა სისტემიდან მტკნარი წყლის ზოლში, რომელიც ეყრდნობა მარილიანი წყლის შემცველ ფენას. ამავე დროს თავისუფალი ზედაპირიდან ხდება აორთქლება. მიღებული ამოხსნა შედარებულია სხვა ავტორების მიერ აღრე მიღებული ამავე ამოცანის ამოხსნასთან [7] და ნაჩვენებია მათ მიერ მიღებული ამოხსნის არასიზუსტე და მაშასადამე, გამოყენებული ამოხსნის მეთოდის უვარგისობა ფუქსის კლასის დიფერენციალურ განტოლებათა მიმართ.

MECHANICS

A. TSITSKISHVILI

SOME REMARKS ON ONE METHOD OF SOLUTION OF A  
 DIFFERENTIAL EQUATION FROM THE FUKS CLASS

Summary

An explicit and exact solution is derived for the plane problem of filtration from the channel system in the border of fresh water over salt water evaporation. The solution is compared with the previous solution obtained by other authors [7]. Inaccuracies of the last solution and hence, inaccuracies of the method used for solving a differential equation from the Fuks class, are shown.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. П. Я. Полубаринова-Кочина. Теория движения грунтовых вод. М.: 1977.
2. П. Я. Полубаринова-Кочина. «Проблемы математики и механики». Новосибирск, 1983, 166—177.
3. А. Р. Цицкишвили. Доклады расширенных заседаний ИПМ им. И. Н. Векуа, т. 5, № 1, 1990, 197—201.
4. А. Р. Цицкишвили. Труды ГТУ, № 6, (379), 1991, 13—20.
5. А. Р. Цицкишвили. Сообщения АН Грузии, 142, № 2, 1991, 285—288.
6. Э. Т. Уиттекер, Дж. Н. Ватсон. Курс современного анализа, часть вторая. М., 1963, 515.
7. Э. Н. Береславский, В. Н. Эмих. Прикладная математика и механика (ПММ), том 47, вып. 3, 1983, 446—454.
8. Э. Н. Береславский. Прикладная математика и механика, т. 53, вып. 3, 1989, 455—461.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Р. К. ЧИЧИНАДЗЕ

КРАЕВАЯ ЗАДАЧА РИКЬЕ ДЛЯ ШАРА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. Г. Гегелия 22.3.1992)

Пусть  $\mathbb{R}^3$  — трехмерное евклидово пространство,  $x = (x_1, x_2, x_3)$  — точка этого пространства,  $|x| \equiv \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2}$ . Введем обозначения:  $B^+ = \{x \in \mathbb{R}^3 | |x| < R\}$  — шар с центром в начале координат и радиусом  $R$ ;  $S = \{x \in \mathbb{R}^3 | |x| = R\}$  — сфера;  $\bar{B}^+ = B^+ \cup S$ .

Рассмотрим полигармоническое уравнение

$$\Delta^{\nu+1}u = 0, \quad \nu = 1, 2, \dots, \quad (1)$$

где  $\Delta^{\nu+1} = \Delta(\Delta^\nu)$ ,  $\Delta^1 = \Delta$  — оператор Лапласа.

Непрерывную функцию  $u$ , определенную в  $B^+$ , имеющую все производные, участвующие в выражении  $\Delta^{\nu+1}$ , и удовлетворяющую уравнению (1), называют полигармонической функцией  $\nu+1$ -го порядка. Известно, что такая функция является также аналитической в  $B^+$ .

В работе решается следующая задача Рикье [1, 2].

Найти в  $B^+$  полигармоническую функцию  $u$  порядка  $\nu+1$  по крайвым условиям

$$\forall y \in S: (\Delta^k u)^+(y) = f_k(y), \quad k = 0, 1, \dots, \nu. \quad (2)$$

Здесь  $f_0, \dots, f_\nu$  — заданные на  $S$  функции,  $(\varphi)^+(y) \equiv \lim_{B^+ \ni x \rightarrow y \in S} \varphi(x)$ .

Задачу Рикье называют также второй задачей. Обозначим ее символом  $(II)^+$ .

Для полигармонической функции  $\nu+1$ -го порядка в  $B^+$  справедливо представление с помощью гармонических функций — формула Альманзи [1]:

$$u(x) = \sum_{p=0}^{\nu} a_p (r^2 - R^2)^p u_p(x), \quad (3)$$

где  $u_0, \dots, u_\nu$  — гармонические функции,  $a_0, \dots, a_\nu$  — произвольные постоянные,  $r \equiv |x|$ .

Введем следующие дифференциальные операторы:

$$D_r \equiv r \frac{\partial}{\partial r} = x_i \frac{\partial}{\partial x_i}; \quad D_r^k = \overbrace{D_r D_r \dots D_r}^k, \quad D_r^0 = I;$$

$$D_r^{(k)} = \left( D_r + \frac{1}{2} + 1 \right) \left( D_r + \frac{1}{2} + 2 \right) \dots \left( D_r + \frac{1}{2} + k \right);$$



$$D_r^{[k]-[m]} = \left( D_r + \frac{1}{2} + m + 1 \right) \left( D_r + \frac{1}{2} + m + 2 \right) \cdots \left( D_r + \frac{1}{2} + k \right), \quad m \leq k; \\ D_r^{[k]-[0]} = D_r^{[k]}, \quad D_r^{[0]} = I, \quad D_r^{[k]-[k]} = I.$$

Здесь  $I$  — тождественный оператор. Легко проверить, что вместе с гармонической функцией  $\psi$  гармоническими являются также  $D_r^k \psi$ ,  $D_r^{[k]} \psi$ ,  $D_r^{[k]-[l]} \psi$  и

$$\Delta^h (r^{2m} \psi) = 4^h m(m-1) \cdots (m-k+1) r^{2(m-k)} D_r^{[m]-[m-k]} \psi, \quad m \geq k.$$

Применяя последнюю формулу и формулу бинома Ньютона, получаем

$$\Delta^h (r^2 - R^2)^p u_p(x) = \sum_{i=k}^p (-1)^{p-i} \frac{y^h p!}{(i-k)!(p-i)!} R^{2(p-i)} r^{2(i-k)} D_r^{[i]-[i-k]} u_p(x), \quad (4)$$

где  $u_p$  — гармоническая функция.

Справедливо равенство

$$\sum_{i=k}^p \frac{(-1)^{p-i}}{(i-k)!(p-i)!} D_r^{[i]-[i-k]} = C_k^{p-h} D_r^{[k]-[p-k]} \quad \left( C_k^m = \frac{k!}{m!(k-m)!} \right), \\ k \leq p \leq 2k.$$

Отсюда и из (4) можно утверждать, что при  $\Delta u_p = 0$

$$\lim_{B^+ \ni x \rightarrow y \in S} \Delta^h (r^2 - R^2)^p u_p(x) = (4^h p! R^{2(p-h)} C_k^{p-h} D_r^{[k]-[p-h]} u_p)^+(y), \quad k \leq p \leq 2k, \quad (5)$$

$$\lim_{B^+ \ni x \rightarrow y \in S} \Delta^h (r^2 - R^2)^p u_p(x) = 0, \quad p < k, \quad p > 2k. \quad (6)$$

Из последних равенств непосредственно следует формула

$$\left( \Delta^h \sum_{p=0}^{\nu} (r^2 - R^2)^p u_p \right)^+(y) = \left( \Delta^h \sum_{i=0}^{\min\{\nu-k, k\}} (r^2 - R^2)^{k+i} u_{k+i} \right)^+(y), \quad (7) \\ 1 \leq k \leq \nu.$$

Ниже придется рассматривать решение дифференциального уравнения

$$\forall x \in B^+; \quad D_r^{[k]} \psi(x) = F(x), \quad k=1, 2, \dots \quad (8)$$

Доказывается следующее предложение.

**Теорема 1.** Если  $F$  — гармоническая функция в  $B^+$ , то уравнение (8) в классе гармонических функций имеет единственное решение и оно дается формулой

$$\psi(x) = J(F)(x) \equiv \int_0^1 \frac{(1-\tau)^{k-1}}{(k-1)!} F(\tau x) V \tau^{-} d\tau, \quad k=1, 2, \dots \quad (9)$$

Отметим одно свойство оператора  $J$ . Если  $F$  — гармоническая в  $B^+$ , то справедливо равенство

$$J(D_r^{[k]-[p]} F) = D_r^{[k]-[p]} J(F) = J^p(F), \quad (10)$$

$$k=1, 2, \dots; \quad p=0, 1, 2, \dots; \quad p \leq k,$$

где  $J^0 = I$  — тождественный оператор.

Приступим к построению решения задачи (II)<sup>+</sup>. Ищем решение в виде (см. (3)).

$$u(x) = \sum_{p=0}^{\nu} \frac{1}{4^p p!} (r^2 - R^2)^p u_p(x), \quad (11)$$

где  $u_0, \dots, u_\nu$  — искомые гармонические функции в  $B^+$ .

Очевидно, для  $u_0$  имеем задачу Дирихле  $\forall x \in B^+ : \Delta u_0(x) = 0, \forall y \in S : (u_0)^+(y) = f_0(y)$  и оно представимо формулой Пуассона:

$$u_0(x) = \Pi(f_0)(x) \equiv \frac{1}{4\pi R} \int_S \frac{R^2 - |x|^2}{|y-x|^3} f_0(y) d_\nu S. \quad (12)$$

В силу (5) и (6) из (11) с учетом краевого условия (2) имеем  $\forall y \in S : (D_r^\nu u_\nu)^+(y) = f_\nu(y)$ .

Так как  $u_\nu$  ищется в классе гармонических функций, то выражение  $D_r^\nu u_\nu$  является гармоническим в  $B^+$  и в силу формулы Пуассона — на относительно  $u_\nu$  получается уравнение

$$\forall x \in B^+ : D_r^\nu u_\nu(x) = \Pi(f_\nu)(x).$$

Пусть  $k$  — натуральное число  $1 \leq k < \nu$ , тогда из (5), (7) и (11) получим

$$(\Delta^k u)^+(y) = (\omega_k)^+(y),$$

где

$$(\omega_k)^+(y) \equiv \left( D_r^{[k]} u_k + \sum_{i=1}^{\min\{\nu-k, k\}} \left(\frac{R}{2}\right)^{2i} C_k^{[k]} D_r^{[k]-[i]} u_{k+i} \right)^+(y).$$

Учитывая краевое условие (2), имеем  $(\omega_k)^+(y) = f_k(y)$ . Отсюда в силу того, что функция  $\omega_k$  является гармонической в  $B^+$ ,

$$D_r^{[k]} u_k(x) = \Pi(f_k)(x) - \sum_{i=1}^{\min\{\nu-k, k\}} \left(\frac{R}{2}\right)^{2i} C_k^{[k]} D_r^{[k]-[i]} u_{k+i}(x),$$

$$1 \leq k < \nu.$$

Теперь на основании теоремы 1 и формулы (10) для функций  $u_\nu, \dots, u_1$  получим следующие представления  $\forall x \in B^+$ :

$$u_\nu(x) = J(\Pi(f_\nu))(x), \quad (13)$$

$$u_p(x) = J(\Pi(f_p))(x) - \sum_{k=1}^{\min\{\nu-p, p\}} \left(\frac{R}{2}\right)^{2k} \frac{p!}{k!(p-k)!} J(u_{p+k})(x), \quad (14)$$

$$1 \leq p < \nu.$$

Последние формулы являются рекуррентными соотношениями для определения функции  $u_\nu, \dots, u_1$ .

Таким образом, решение задачи (II)<sup>+</sup> дается формулой (11), в которой функции  $u_\nu, \dots, u_0$  определены формулами (12) — (14).

Для исследования решения задачи (II)<sup>+</sup> важно иметь форму представления решения, в которой явно была бы выявлена роль каж-

дой краевой функции  $f_0, \dots, f_\nu$ . Для этой цели рассмотрим специальные краевые задачи:

$$\begin{aligned} \forall x \in B^+ : \quad \Delta^{k+1} u(x) &= 0, \quad k=0, 1, \dots, \nu, \\ \forall y \in S : \quad (\Delta^k u)^+(y) &= \delta_{kp} f_p(y), \quad p=0, 1, \dots, k, \end{aligned}$$

и обозначим их через  $(II)^+$ . Здесь  $\delta_{kp}$ —символ Кронекера.

Очевидно, если  $u$ —решение задачи  $(II)^+$ , то

$$u(x) = \sum_{k=0}^{\nu} u^k(x) \quad (15)$$

будет решением задачи  $(II)^+$  и

$$u^0(x) = \Pi(f_0)(x). \quad (16)$$

Представим решение задачи  $(II)^+$  в виде

$$u^k(x) = \sum_{j=1}^k \frac{1}{j!} \left( \frac{r^2 - R^2}{4} \right)^j u_j^k(x), \quad (17)$$

где  $u_1, \dots, u_k$ —гармонические функции. Для определения этих функций, применяя формулы (13) и (14), имеем

$$\begin{aligned} u_k^k(x) &= J(\Pi(f_k))(x), \\ u_j^k(x) &= - \sum_{i=1}^{\min\{k-j, j\}} \frac{j!}{i!(j-i)!} \left( \frac{R}{2} \right)^{2i} J(u_{i+j}^k)(x), \\ & \quad j=1, 2, \dots, k-1. \end{aligned} \quad (18)$$

Отсюда можно утверждать, что  $u_j^k$  имеет вид

$$u_j^k(x) = \sum_{|\alpha|=k-j} a_\alpha J J(\Pi(f_k))(x), \quad j=1, 2, \dots, \nu.$$

Здесь  $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_{k-1})$ —мультииндекс,  $0 \leq \alpha_i \leq k-j$ ,  $a_\alpha$ —постоянные,

$$\begin{aligned} J J(F) &= J(J \dots J(F)), \\ J J(F)(x) &= J(J(F))(x) = \int_0^1 \int_0^1 \frac{(1-\tau_1)^p}{(p-1)!} \frac{(1-\tau_2)^k}{(k-1)!} F(\tau_1, \tau_2) \sqrt{\tau_1 \tau_2} d\tau_1 d\tau_2. \end{aligned}$$

Теперь решение задачи  $(II)^+$  примет вид

$$u(x) = \sum_{j=0}^k \frac{1}{j!} \left( \frac{r^2 - R^2}{4} \right)^j \sum_{|\alpha|=k-j} a_\alpha J J(\Pi(f_k))(x). \quad (19)$$





Следовательно, для решения задачи  $(II)^+$  будем иметь

$$u(x) = \sum_{k=0}^{\nu} \sum_{j=0}^k \frac{1}{j!} \left( \frac{r^2 - R^2}{4} \right)^j \sum_{|\alpha|=k-j} a_{\alpha} J^{\alpha} (\Pi(f_k))(x). \quad (20)$$

Доказывается следующая теорема.

**Теорема 2.** Если  $f_k \in C(S)$ , то для функции  $u$ , определенной формулой (19), справедливы включения  $\Delta^m u \in C(\bar{B}^+)$  и оценка

$$\forall x \in B^+: |\Delta^m u(x)| \leq C \max_{y \in S} |f(y)|, \quad m, k=0, 1, \dots, \nu.$$

В работе [3] введено понятие регулярного решения полигармонического уравнения. Решение уравнения (1) называется регулярным, если оно принадлежит классу  $C^{2(\nu+1)}(\bar{B}^+)$ . В этой же работе доказывается теорема единственности регулярных решений для первой красовой задачи (задачи Лауричелла). Аналогично можно доказать единственность регулярного решения задачи Рикье. Но чтобы проверить принадлежность классу  $C^{2(\nu+1)}(\bar{B}^+)$  построенного решения (20), потребуется высокая гладкость краевых функций  $f_0, \dots, f_{\nu}$ . Для ослабления этих требований введем понятие классического решения.

Решение  $u$  задачи  $(II)^+$  будем называть классическим, если  $\Delta^k u \in C(\bar{B}^+)$ ,  $k=0, 1, \dots, \nu$ .

Доказывается следующая теорема.

**Теорема 3.** Задача  $(II)^+$  не может иметь более одного классического решения.

Из теоремы 2 и 3 следует

**Теорема 4.** Если  $f_k \in C(S)$ ,  $k=0, 1, \dots, \nu$ , то  $u$ , определенное формулами (15)–(18), является единственным классическим решением задачи  $(II)^+$ .

Обзор по краевым задачам для полигармонического уравнения дан в [1, 4]. Отметим также работы, в которых строятся решения задачи Рикье в частных случаях (для конкретных значений  $\nu$ ). Для бигармонического уравнения  $\Delta^2 u = 0$  решение задачи Рикье построено в [1], а функция Грина — в [5]. В работе [1] имеется также представление решения задачи Рикье в общем случае с помощью функции Грина. Это представление применяется в [5], где с использованием специальных многочленов построены решения задачи Рикье в частных случаях ( $\nu=1, 2, 3$ ).

Академия наук Грузии  
Тбилисский математический институт  
им. А. М. Размадзе

რ. შიჩინაძე

## რიკიეს სასაზღვრო ამოცანა ბირთვისათვის

რეზიუმე

აგებულია (1) განტოლებისათვის სასაზღვრო ამოცანის ამონახსნი, როცა სფეროზე სრულდება (2) პირობები. შესწავლილია ამონახსნის დიფერენციალური თვისებები და ერთადერთობის საკითხი.

MATHEMATICAL PHYSICS

R. CHICHINADZE

## THE RIQUIER BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR A BALL

Summary

The solution of the boundary value problem is constructed for equation (1), when on the sphere condition (2) is satisfied. Differential properties and the problem of uniqueness of the solution are studied.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. M. Nicolesco. Les fonctions polyharmoniques. Paris, 1936.
2. Ch. Riquier. Journal de Math., 1926, p. 297.
3. И. Н. Векуа. Труды Тбилисского матем. ин-та, VII, 1940.
4. К. Миранда. Уравнения с частными производными эллиптического типа. М., 1957.
5. Г. Мархасов. Дифф. уравн., т. 18, № 9, 1982, т. 26, № 4, 1990.

Т. В. БУРЧУЛАДЗЕ (член-корреспондент АН Грузии)

ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ КОНТАКТНЫХ ЗАДАЧ ОБОБЩЕННОЙ ТЕОРИИ ЭЛАСТОТЕРМОДИФФУЗИИ ДЛЯ НЕОДНОРОДНОГО ПОЛУПРОСТРАНСТВА

Пусть рассматривается трехмерная однородная изотропная упругая среда, в которой происходит процесс термодиффузии. Деформированное состояние описывается вектором смещения  $v(x, t) = (v_1, v_2, v_3)^T = \|v_k\|_{3 \times 1}$  (одностолбцевая матрица), изменением температуры  $v_4(x, t)$  и «химическим потенциалом» среды  $v_5(x, t)$ ;  $x = (x_1, x_2, x_3)$  — точки евклидова пространства  $R^3$ ;  $t \geq 0$  — время,  $\tau$  — операция транспонирования. Объектом исследования является нестационарная система дифференциальных уравнений в частных производных обобщенной теории эластотермодиффузии Грина—Линдсея вида [1, 2]

$$L \left( \frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial t} \right) V(x, t) = X(x, t), \quad (1)$$

где

$$V = (v_1, v_2, v_3, v_4, v_5)^T = (v, v_4, v_5)^T = \|v_k\|_{5 \times 1} -$$

неизвестный вектор,  $LV = \|(LV)_k\|_{5 \times 1}$ ,

$$(LV)_k = \begin{cases} \mu \Delta v_k + (\lambda + \mu) \frac{\partial}{\partial x_k} \operatorname{div} v - \rho \frac{\partial^2 v_k}{\partial t^2} - \sum_{l=1}^2 \gamma_l \left( 1 + \tau^1 \frac{\partial}{\partial t} \right) \frac{\partial v_{3+l}}{\partial x_k}, & k=1, 2, 3, \\ \delta_{k-3} \Delta v_k - a_{k-3} \left( 1 + \tau^0 \frac{\partial}{\partial t} \right) \frac{\partial v_k}{\partial t} - \gamma_{k-3} \frac{\partial}{\partial t} \operatorname{div} v - a_{1k} \left( 1 + \tau^0 \frac{\partial}{\partial t} \right) \frac{\partial v_{9-k}}{\partial t}, & k=4, 5, \end{cases}$$

$X(x, t) = (X_1, \dots, X_5)^T = \|X_k\|_{5 \times 1}$  — заданная вектор-функция. Упругие, термические, диффузионные и релаксационные постоянные  $\tau^0, \tau^1$  удовлетворяют естественным ограничениям [3]:

$$\mu > 0, \quad 3\lambda + 2\mu > 0, \quad \rho > 0, \quad a_k > 0, \quad \delta_k > 0, \quad \gamma_k > 0, \quad k=1, 2, \\ a_1 a_2 - a_{12}^2 > 0, \quad \tau^1 \geq \tau^0 > 0;$$

в частности, при  $\tau^1 = \tau^0 = 0$  мы имеем классический случай. В этой теории для компонент тензора напряжения имеем [3]

$$\sigma_{jk}(V) \equiv \sigma_{jk}(x, t) = \left[ \lambda \operatorname{div} v - \sum_{l=1}^2 \gamma_l \left( 1 + \tau^1 \frac{\partial}{\partial t} \right) v_{3+l} \right] \delta_{jk} + \\ + \mu \left( \frac{\partial v_j}{\partial x_k} + \frac{\partial v_k}{\partial x_j} \right), \quad j, k=1, 2, 3; \quad (2)$$

$\delta_{jk}$  — символ Кронекера.



Введем обозначения:

$${}_1D = \{x \in \mathbb{R}^3: x_1 > 0, x_3 > 0, -\infty < x_2 < +\infty\},$$

$${}_2D = \{x \in \mathbb{R}^3: x_1 > 0, x_3 < 0, -\infty < x_2 < +\infty\},$$

$$S = \{x \in \mathbb{R}^3: x_1 \geq 0, x_3 = 0, -\infty < x_2 < +\infty\},$$

$${}_1\bar{\Sigma} = \{x \in \mathbb{R}^3: x_1 = 0, x_3 \geq 0, -\infty < x_2 < +\infty\},$$

$${}_2\bar{\Sigma} = \{x \in \mathbb{R}^3: x_1 = 0, x_3 \leq 0, -\infty < x_2 < +\infty\},$$

$${}_1\bar{D} = \{x \in \mathbb{R}^3: x_1 < 0, x_3 > 0, -\infty < x_2 < +\infty\}$$

$${}_2\bar{D} = \{x \in \mathbb{R}^3: x_1 < 0, x_3 < 0, -\infty < x_2 < +\infty\},$$

$$\bar{S} = \{x \in \mathbb{R}^3: x_1 \leq 0, x_3 = 0, -\infty < x_2 < +\infty\}.$$

Пусть  ${}_1D$  и  ${}_2D$  — две различные однородные изотропные физические упругие среды. Эластотермодиффузионные постоянные для среды  ${}_jD$  будем обозначать левыми нижними индексами —  ${}_j\lambda, {}_j\mu, {}_j\rho, {}_j\tau, {}_j\tau^0, \dots$  а дифференциальные операторы — через  ${}_jL, {}_j\sigma_k, \dots, j=1, 2$ .

Будем предполагать, что  $v_k(x, t), k=1, 5$ , представляется интегралом Лапласа—Меллина (общий динамический случай):

$$v_k(x, t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty} e^{i\tau u_k(x, \zeta)} d\zeta, \quad (*)$$

где  $\zeta = \sigma + iq, \sigma > 0, i = \sqrt{-1}$  — мнимая единица.

Согласно (\*), система (1) (однородная) приводится к виду (относительно  $u_k(x, \zeta), k=1, 5$ )

$$L \left( \frac{\partial}{\partial x}, \zeta \right) U(x, \zeta) = 0, \quad (3)$$

где  $U(x, \zeta) = (u_1, u_2, \dots, u_5)^T = (u, u_4, u_5)^T = \|u_k\|_{5 \times 1}$ ,

$$LU = \left\| \left( L \left( \frac{\partial}{\partial x}, \zeta \right) U \right)_k \right\|_{5 \times 1},$$

$$\left( L \left( \frac{\partial}{\partial x}, \zeta \right) U \right)_k =$$

$$= \begin{cases} \mu \Delta u_k + (\lambda + \mu) \frac{\partial}{\partial x_k} \operatorname{div} u - \rho \zeta^2 u_k - \sum_{l=1}^2 \gamma_l^* \frac{\partial v_{3+l}}{\partial x_k}, & k=1, 2, 3, \\ \delta_{k-3} \Delta v - a_{k-3}^* \zeta u_k - \gamma_k^* \operatorname{div} u - a_{12}^* \zeta u_{9-k}, & k=4, 5, \\ \gamma_l^* = \gamma_l (1 + \tau^1 \zeta), & a_{k-3}^* = a_{k-3} (1 + \tau^0 \zeta), \\ & a_{12}^* = a_{12} (1 + \tau^0 \zeta). \end{cases}$$

Будем рассматривать две гранично-контактные задачи для кусочно-однородного полупространства  ${}_1D \cup S \cup {}_2D$ .

З а д а ч а I. Определить регулярный вектор  $U: {}_1D \cup {}_2D \rightarrow \mathbb{R}^5$ ,

$$U \in C^1({}_1\bar{D} \cup {}_2\bar{D}) \cap C^2({}_1D \cup {}_2D);$$

$$U(x) = \begin{cases} {}_1U(x), & x \in {}_1D, \\ {}_2U(x), & x \in {}_2D, \end{cases} \quad (4)$$

удовлетворяющий системе  ${}_jL \left( \frac{\partial}{\partial x}, \zeta \right) U(x) = 0$ ,  $j=1, 2$ , соответственно в  ${}_1D$  и  ${}_2D$ , контактными условиями на полуплоскости  $S$  раздела сред

$$\begin{aligned} [U]^\pm &= \Phi(x_1, x_2), \\ [\sigma_{\alpha k}(x, \zeta)]^\pm &= \Phi_k(x_1, x_2), \quad k=1, 2, 3, \\ \left[ \frac{\partial u_k(x)}{\partial x_3} \right]^\pm &= \Phi_k(x_1, x_2), \quad k=4, 5, \end{aligned} \quad (5)$$

на полуплоскостях  ${}_j\sum$ ,  $j=1, 2$  заданы: нормальная составляющая вектора смещения  ${}_j\mu_1$ , касательные составляющие вектора напряжения  ${}_j\sigma_{12}(x, \zeta)$ ,  ${}_j\sigma_{13}(x, \zeta)$  и поток тепла и химического потенциала

$$\frac{\partial j\mu_4(x)}{\partial x_1}, \quad \frac{\partial j\mu_5(x)}{\partial x_1}, \quad j=1, 2.$$

Заметим, что без ограничения общности можно считать, что граничные условия на  ${}_j\sum$  являются нулевыми [3].

Здесь введено обозначение (для скачки на  $S$ )

$$[\omega(x)]^\pm = \lim_{0 < x_3 \rightarrow 0} {}_1\omega(x) - \lim_{0 < -x_3 \rightarrow 0} {}_2\omega(x) = \lim_{0 < x_3 \rightarrow 0} [{}_1\omega(x_1, x_2, x_3) - {}_2\omega(x_1, x_2, -x_3)],$$

$\Phi = \|\Phi_k\|_{5 \times 1}$ ,  $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \Phi_4, \Phi_5$  — заданные функции определенных классов.

Эта задача методом, указанным ниже, приводится к контактной задаче для всего кусочно-однородного пространства  $R^3$  с контактными условиями на плоскости  $x_3=0$ .

Пусть  $U(x)$ , определенный формулой (4), есть решение задачи 1, и рассмотрим вектор

$$V(x) = \begin{cases} {}_1V(x), & x \in {}_1D \cup {}_1\widehat{D}, \\ {}_2V(x), & x \in {}_2D \cup {}_2\widehat{D}, \end{cases} \quad (6)$$

где

$${}_1V(x) = \begin{cases} {}_1U(x), & x \in {}_1D \\ -{}_1\widehat{U}(x), & x \in {}_1\widehat{D}, \end{cases} \quad {}_2V(x) = \begin{cases} {}_2U(x), & x \in {}_2D, \\ -{}_2\widehat{U}(x), & x \in {}_2\widehat{D}, \end{cases} \quad (7)$$

$$j\widehat{U}(x) = (\widehat{\mu}(x), j\widehat{\mu}_4(x), j\widehat{\mu}_5(x))^T = \|\widehat{u}_k(x)\|_{5 \times 1},$$

$$\widehat{\mu}_1(x) = j\mu_1(x), \quad j\widehat{\mu}_k(x) = -j\mu_k(x), \quad j=1, 2, \quad k=\overline{2, 5}, \quad (8)$$

$$x = (x_1, x_2, x_3), \quad \widehat{x} = (-x_1, x_2, x_3).$$

Легко проверяется, что вектор  $V(x)$ , определенный формулами (6), (7), является регулярным решением системы (3) соответственно в областях  ${}_1D \cup {}_1\widehat{D} \cup {}_1\sum$  и  ${}_2D \cup {}_2\widehat{D} \cup {}_2\sum$  (это реализация леммы 4 для рассматриваемого случая; см. [5]). С другой стороны, ясно, что на полуплоскости  $S$  имеем контактные условия (5) исходной задачи, а на полуплоскости  $\widehat{S}$  — условия

$$(V = (v_1, v_2, \dots, v_5)^T, \widehat{x} = (\widehat{x}_1, \widehat{x}_2, \widehat{x}_3), \widehat{x}_1 = -x_1, \widehat{x}_2 = x_2, \widehat{x}_3 = x_3),$$

$$[v_1(x)]^\pm = -[\widehat{u}_1(x)]^\pm = -[u_1(x)]^\pm = -\Phi_1(-x_1, x_2),$$



$$\begin{aligned}
 [\sigma_k(x)]^\pm &= -[\widehat{u}_k(x)]^\pm = [u_k(\widehat{x})]^\pm = \varphi_k(-x_1, x_2), \quad k=2, 5, \\
 [\sigma_{31}(V)]^\pm &= -[\sigma_{31}(\widehat{U})]^\pm = -\mu \left[ \frac{\partial u_3(\widehat{x})}{\partial x_1} + \frac{\partial u_1(\widehat{x})}{\partial x_3} \right]^\pm = \\
 &= -[\sigma_{31}(U(\widehat{x}))]^\pm = -\Phi_1(-x_1, x_2), \\
 [\sigma_{32}(V)]^\pm &= -[\sigma_{32}(\widehat{U})]^\pm = -\mu \left[ \frac{\partial \widehat{u}_3(k)}{\partial x_2} + \frac{\partial \widehat{u}_2(x)}{\partial x_3} \right]^\pm = \\
 &= [\sigma_{32}(U(\widehat{x}))]^\pm = \Phi_2(-x_1, x_2), \\
 [\sigma_{33}(V)]^\pm &= -[\sigma_{33}(\widehat{U})]^\pm = - \left[ \lambda \operatorname{div} \widehat{u}(x) - \sum_{l=1}^2 \gamma_l \widehat{u}_{3+l}(x) + 2\mu \frac{\partial \widehat{u}_3(x)}{\partial x_3} \right]^\pm = \\
 &= \left[ \lambda \operatorname{div} u(\widehat{x}) - \sum_{l=1}^2 \gamma_l \widehat{u}_{3+l}(\widehat{x}) + 2\mu \frac{\partial u_3(\widehat{x})}{\partial x_3} \right]^\pm = \Phi_3(-x_1, x_2), \\
 \left[ \frac{\partial v_k(x)}{\partial x_3} \right]^\pm &= - \left[ \frac{\partial \widehat{u}_k(x)}{\partial x_3} \right]^\pm = \left[ \frac{\partial u_k(\widehat{x})}{\partial x_3} \right]^\pm = \Phi_k(-x_1, x_2), \quad k=4, 5.
 \end{aligned}$$

Итак, для определения  $V(x)$ , согласно (5) и (9), получаем контактную задачу для всего кусочно-однородного пространства  $R^3$  с контактным условием на плоскости  $x_3=0$  ( $S \cup \bar{S}$ ). Эта задача, подобно задачам неклассической термоупругости [4], имеет единственное решение, которое строится эффективно в интегралах Фурье. Сужение  $V$  в области  ${}_1D \cup {}_2D$  дает решение исходной задачи I.

Задача II. Определить в области  ${}_1D \cup {}_2D$  регулярный вектор

$$\begin{aligned}
 U: {}_1D \cup {}_2D \rightarrow R^5, \quad U \in C^1({}_1\bar{D} \cup {}_2\bar{D}) \cap C^2({}_1D \cup {}_2D); \\
 U(x) = \begin{cases} {}_1U(x), & x \in {}_1D, \\ {}_2U(x), & x \in {}_2D, \end{cases} \quad (10)
 \end{aligned}$$

из условий

$$\begin{aligned}
 \forall x \in {}_jD: {}_jL \left( \frac{\partial}{\partial x}, \zeta \right) {}_jU(x) = 0, \quad j=1, 2, \\
 \forall x \in S: |U|^\pm = \varphi(x_1, x_2), \\
 |\sigma_{3k}(x, \zeta)|^\pm = \Phi_k(v_1, v_2), \quad k=1, 3,
 \end{aligned}$$

$$\left[ \frac{\partial u_k(x)}{\partial x_3} \right]^\pm = \Phi_k(x_1, x_2), \quad k=4, 5, \quad (11)$$

$$\begin{aligned}
 \forall x \in {}_j\sum: {}_j\mu_k(0, x_2, x_3) = 0, \quad k=2, 4, \\
 {}_j\sigma_{11}(0, x_2, x_3, \zeta) = 0, \quad j=1, 2. \quad (12)
 \end{aligned}$$

т. е. на полуплоскостях  ${}_j\sum$   $j=1, 2$  равны нулю: нормальная составляющая вектора напряжения, касательные составляющие вектора смещения, температура и химический потенциал среды.

Задача II также приводится к контактной задаче для всего кусочно-однородного пространства  $R^3$  с контактной поверхностью  $x_3=0$ . Будем искать решение в виде (10) и рассмотрим векторы

$${}_jV(x) = \begin{cases} {}_jU(x), & x \in {}_jD, \\ {}_j\widehat{U}(x), & x \in {}_j\widehat{D}, \quad j=1, 2, \end{cases} \quad (13)$$

где  ${}_j\widehat{U}(x) = \|{}_j\widehat{u}_k(x)\|_{6 \times 1}$  — определяется формулой (8).

Легко проверяется, что вектор  $V(x)$ , определенный формулами (6), (13), является регулярным решением системы (3) соответственно в областях  ${}_1D \cup {}_1\widehat{D} \cup {}_1\Sigma$  и  ${}_2D \cup {}_2\widehat{D} \cup {}_2\Sigma$  (это реализация леммы 3 для рассматриваемого случая; см. [5]).

Ясно, что для  $V(x)$  на полуплоскости  $S$  имеем контактные условия (II) задачи II, а на полуплоскости  $\widehat{S}$  — условия

$$\begin{aligned} [v_1(x)]^\pm &= [\widehat{u}_1(x)]^\pm = [u_1(\widehat{x})]^\pm = \Phi_1(-x_1, x_2), \\ [v_k(x)]^\pm &= [\widehat{u}_k(x)]^\pm = -[u_k(\widehat{x})]^\pm = -\Phi_k(-x_1, x_2), \quad k=2, 5, \\ [\sigma_{31}(V(x))]^\pm &= [\sigma_{31}(\widehat{U}(x))]^\pm = \left[ \mu \left( \frac{\partial \widehat{u}_3(x)}{\partial x_1} + \frac{\partial \widehat{u}_1(x)}{\partial x_3} \right) \right]^\pm = \\ &= \left[ \mu \left( \frac{\partial u_3(\widehat{x})}{\partial x_1} + \frac{\partial u_1(\widehat{x})}{\partial x_3} \right) \right]^\pm = \left[ \mu \left( \frac{\partial u_3(\widehat{x})}{\partial x_1} + \frac{\partial u_1(\widehat{x})}{\partial x_3} \right) \right]^\pm = \\ &= [\sigma_{31}(U(\widehat{x}))]^\pm = \Phi_1(-x_1, x_2), \\ [\sigma_{32}(V(x))]^\pm &= [\sigma_{32}(\widehat{U}(x))]^\pm = \left[ \mu \left[ \frac{\partial \widehat{u}_3(x)}{\partial x_2} + \frac{\partial \widehat{u}_2(x)}{\partial x_3} \right] \right]^\pm = \\ &= - \left[ \mu \left( \frac{\partial u_3(\widehat{x})}{\partial x_2} + \frac{\partial u_2(\widehat{x})}{\partial x_3} \right) \right]^\pm = -[\sigma_{32}(U(\widehat{x}))]^\pm = -\Phi_2(-x_1, x_2), \\ [\sigma_{33}(V(x))]^\pm &= [\sigma_{33}(\widehat{U}(x))]^\pm = \left[ \lambda \operatorname{div} \widehat{u}(x) - \sum_{l=1}^2 \gamma_l^+ \widehat{u}_{3+l}(x) + 2\mu \frac{\partial \widehat{u}_3(x)}{\partial x_3} \right]^\pm = \\ &= - \left[ \lambda \operatorname{div} u(\widehat{x}) - \sum_{l=1}^2 \gamma_l^+ u_{3+l}(\widehat{x}) + 2\mu \frac{\partial u_3(\widehat{x})}{\partial x_3} \right]^\pm = -\Phi_3(-x_1, x_2), \\ \left[ \frac{\partial v_k(x)}{\partial x_3} \right]^\pm &= \left[ \frac{\partial \widehat{u}_k(x)}{\partial x_3} \right]^\pm = - \left[ \frac{\partial u_k(\widehat{x})}{\partial x_3} \right]^\pm = -\Phi_k(-x_1, x_2), \\ & \quad k=4, 5 \end{aligned} \quad (14)$$

Таким образом, для вектора  $V(x)$ , согласно (11) и (14), получаем контактную задачу для всего кусочно-однородного пространства  $R^3$  с контактной поверхностью  $x_3=0$  ( $S \cup \widehat{S}$ ), которая решается явно (эффективно) в интегралах Фурье.  $V(x)$  при  $x \in {}_1D \cup {}_2D$  дает решение задачи II.

Академия наук Грузии

Тбилисский математический институт  
им. А. М. Размадзе

(Поступило 7.5.1992)

თ. ბურჭულაძე (საქართველოს მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი)

განზოგადებული ელასტოთერმოდიფუზიის დინამიკის საკონტაქტო ამოცანების ეფექტური ამოხსნები არაერთგვაროვანი ნახევარი სივრცისათვის

რეზიუმე

ელასტოთერმოდიფუზიის გრინ—ლინდსეის განზოგადებული ბმული თეორიის დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემისათვის მოცემულია ორი სასაზღვრო-საკონტაქტო ამოცანის ეფექტური (კვადრატურებში) ამოხსნა არაერთგვაროვანი (უბნობრივ-ერთგვაროვანი) ნახევარი სივრცისათვის.

MATHEMATICAL PHYSICS

T. BURCHULADZE

EFFICIENT SOLUTIONS OF CONTACT PROBLEMS OF  
 DYNAMICS OF GENERALIZED ELASTOTHERMODIFFUSION  
 FOR INHOMOGENEOUS HALF-SPACE

Summary

For the system of differential equations of connected Green-Lindsay theory of generalized elastothermodiffusion the efficient (in quadratures) solutions of two boundary-contact problems of inhomogeneous (piecewise homogeneous) space are given.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. A. Green, K. Lindsay. Thermoelasticity. J. Elasticity, vol 2, n. 1, 1972, pp. 1—7.
2. Т. В. Бурчуладзе. Труды Тбилисского МИ АН Грузии, т. 96, 1991, 13—24.
3. Т. В. Бурчуладзе, Т. Г. Гегелиа. Развитие метода потенциала в теории упругости. Тбилиси, 1985.
4. Т. В. Бурчуладзе. Труды Тбилисского МИ АН ГССР, т. 87, 1987, 29—44.
5. Т. В. Бурчуладзе. Сообщения АН ГССР, 99, № 3, 1980, 569—572.



Г. Ш. ДАРСАВЕЛИДZE, Т. З. МУХРАНЕЛИ, Л. Л. ГАБРИЧИДZE

## АМПЛИТУДНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ В СПЛАВАХ СИСТЕМЫ Si-Ge НА ОСНОВЕ КРЕМНИЯ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. В. Цагареншвили 17.3.1992)

В работе [1] исследован температурный спектр внутреннего трения в твердых растворах Si-Ge. В настоящей работе исследованы амплитудная зависимость внутреннего трения и относительной величины динамического модуля сдвига при фиксированных температурах в монокристаллах Si+2,5 ат.% Ge до и после легирования мышьяком. Нелегированный образец характеризуется  $p$ -типом электрической проводимости и концентрацией носителей тока  $10^{16}$  см $^{-3}$ . Плотность дислокаций в этих образцах находится приблизительно на одинаковом уровне  $10^5$  см $^{-2}$ . Измерения при фиксированных температурах проводились методом полуавтоматической регистрации логарифмического декремента затухания и собственной частоты крутильных колебаний, возбужденных в монокристаллических стержнях с ориентацией [111]. Образцы были вырезаны из объемных монокристаллов, выращенных в направлении [111] методом Чохральского. Измерения и термическая обработка были проведены в вакууме  $10^{-3}$  Па. Амплитудная зависимость внутреннего трения монокристаллического образца Si+2,5 ат.% Ge характеризуется следующими особенностями. При температуре измерения 7,75 К наблюдается широкий интервал относительной деформации, в которой внутреннее трение не изменяется. Выше критической амплитудной колебательной деформации, равной  $6,2 \cdot 10^{-5}$ , проявляется приблизительно линейное увеличение интенсивности внутреннего трения (рис. 1, кр. 1). Далее измерения проводились вблизи температуры 410 К. Из рис. 1 (кр. 2) видно, что имеет место повышение уровня фона внутреннего трения. Существенным является понижение критической амплитуды, при которой начинается возрастание интенсивности внутреннего трения. Измерения, проведенные в условиях непрерывного понижения амплитуды колебательной деформации, показали почти полное совпадение кривых «подъема» и «спуска»  $Q^{-1}(\epsilon)$ .

Дальнейшее повышение температуры измерения до 450 К вызывает сокращение интервала амплитуд постоянных значений внутреннего трения за счет смещения критической амплитуды в направление низких деформаций (рис. 1, кр. 3). Оно не сопровождается изменением угла наклона  $Q^{-1}(\epsilon)$ . Тенденция понижения критической амплитуды колебаний, повышения фона при низких амплитудах и линейный характер возрастания внутреннего трения в области больших значений

относительной деформации обнаруживаются при более высоких температурах измерения, в частности при 525 и 615 К. В последнем случае после одного цикла измерения вплоть до деформации  $5 \cdot 10^{-4}$  проявляется остаточное внутреннее трение при пониженной амплитуде деформации  $5 \cdot 10^{-6}$ . Его устранение реализуется отжигом при 600 К в течение 0,5 ч.

Относительный модуль сдвига  $\dot{\gamma}^2/f_0^2$ , где  $f_0$  — частота колебаний, при которых обнаруживается обратимое уменьшение модуля сдвига, совпадает со значениями относительной деформации, соответствующими началу линейного увеличения интенсивности внутреннего трения.

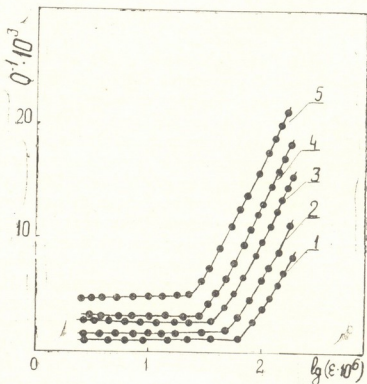


Рис. 1

При относительно высоких температурах измерения, равных 525 или 615 К, выше критической амплитуды колебаний наблюдается нелинейное изменение динамического модуля сдвига. Оно усиливается в результате циклического воздействия при 525 или 615 К. Последующие измерения показывают наличие весьма незначительной разности между критическими амплитудами деформации, определенными в процессе цикла возрастания-уменьшения относительной деформации. Видимо, указанное термомеханическое воздействие не в состоянии вызвать радикальные изменения распределения дислокаций, окруженных атмосферами примесных атомов и их метастабильных комплексов. Необратимые гистерезисные процессы могут быть стимулированы при циклическом деформировании в области температур 800—900 К в диапазоне амплитудной деформации  $5 \cdot 10^{-4}$ . В этом случае проявляются сильное понижение критической амплитуды и нарушение линейного характера изменения внутреннего трения в интервале высоких значений деформации. Надо полагать, что образец подвергся микропласти-

ческой деформации. На функциональной зависимости внутреннего трения от колебательной деформации она отображается расположением кривой «спуска» над кривой «подъема»  $Q^{-1}(\epsilon)$ . Для устранения гистерезиса достаточно выдержать в вакууме образец около 900 К в течение 3 ч. Экспериментальное наблюдение уменьшения критической амплитуды относительной деформации свидетельствует о том, что при повышении абсолютной температуры облегчается термическое раскрепление дислокации от закрепляющих центров в поле напряжений. Кривая зависимости  $\ln(\epsilon/T)$  от обратной абсолютной температуры представляет собой прямую линию. Это означает, что взаимодействие дислокационных сегментов с атмосферами примесей можно описать в рамках струнной модели Шоека [2]. Согласно этой модели, для разбавленной примесной атмосферы справедливо соотношение

$$\epsilon = K \cdot T \cdot c^{1/2} \cdot \exp\left(\frac{-\Delta U}{KT}\right),$$

где  $c$  — концентрация примеси в объеме материала,  $k$  — постоянная Больцмана,  $T$  — абсолютная температура изменения внутреннего трения или модуля сдвига,  $\Delta U$  — эффективное значение энергии связи дислокация-примесный атом. Определенное по величине тангенса угла наклона прямой линии эффективное значение энергии связи оказалось равным 0,12 эВ. Легирование твердого раствора Si-Ge мышьяком заметно уменьшает значения критической амплитудной деформации, при которой начинаются увеличение внутреннего трения и соответственно понижение модуля сдвига. В легированном сплаве также почти не изменяется угол наклона кривой  $Q^{-1}(\epsilon)$ , что свидетельствует о сохранении определенного механизма отрыва дислокации от точек закрепления. В интервале температур 300—600 К зависимость критической амплитуды от температуры изменения в достаточном приближении описывается в струнной модели Шоека. На это указывает наличие прямолинейной зависимости  $\ln(\epsilon/T)$  от  $1/T$ . Оценка по тангенсу угла наклона этой прямой дает величину эффективной энергии связи, равной 0,09 эВ.

Исследуемые сплавы резко различаются типом проводимости и концентрацией носителей заряда. В нелегированном сплаве концентрация дырок относительно небольшая ( $10^{16}$  см<sup>-3</sup>). Она недостаточна для заполнения связанной с перегибами на дислокациях одномерной дырочной зоны [2]. Поэтому в ограничении подвижности дислокации значительную роль будет играть сила торможения электрического происхождения. В результате для отрыва какого-либо элемента дислокации (перегиб, сегмент) от точек закрепления потребуются относительно большая энергия и это осуществляется при повышенной амплитуде колебаний.

В нелегированном мышьяком сплаве, видимо, заполняется большинство локализованных уровней в одномерной электронной зоне дислокаций. В этом случае будут значительно компенсироваться силы электрического взаимодействия в конфигурации дислокация-примесный атом (в частности, кислород). Следовательно, взаимодействие дисло-

каций с точками закрепления будет характеризоваться меньшей энергией связи и отрыв дислокации произойдет при повышенном значении амплитуды приложенного периодического напряжения.

Академия наук Грузии  
Институт металлургии  
им. Ф. Н. Тавадзе

(Поступило 17.3.1992)

ფიზიკა

ბ. ღარსაველიძე, თ. მუხრანელი, ლ. გაბრიჩიძე

შინაგანი ხახუნის ამპლიტუდური დამოკიდებულება Si-Ge სისტემის შინაღწევაში სილიციუმის ფუძეზე

რეზიუმე

Si+2,5 ატ. % Ge მონოკრისტალში შინაგანი ხახუნის ამპლიტუდური დამოკიდებულების შესწავლის საფუძველზე დადგენილ იქნა, რომ დისლოკაციების წერტილოვან დეფექტებთან ურთიერთქმედების ენერგია არის 0,12 ევ. დარიშხანით ლეგირება ამცირებს მას 0,09 ევ-მდე.

PHYSICS

G. DARSVELIDZE, T. MUKHRANELI, L. GABRICHIDZE

AMPLITUDE DEPENDENCE OF INTERNAL FRICTION IN ALLOYS OF Si-Ge SYSTEM ON SILICON BASIC

Summary

It was established, by means of amplitude dependence investigation, that the dislocation interaction energy with point defects in Si+2,5 at% Ge monocrystals is 0,12 eV. Doping by arsenic decreases it up to 0,09 eV.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. М. Г. Кекуа, Т. З. Мухрanelи, Л. Л. Габричидзе, Г. Ш. Дарсавелидзе. В кн.: «Исследование и применение твердых растворов германий-кремний». Баку, 1990, 107—112.
2. G. Schoeck. The Cold Work Peak. Scripta Metallurgica, v. 16, 1982, p. p. 233—239.
3. С. А. Антипов, В. И. Белявский, А. И. Дрожин. ФТТ, т. 24, вып. II, 3268—3272.

Г. С. КАРУМИДЗЕ, Л. А. ШЕНГЕЛИЯ, Н. А. РЕХВИАШВИЛИ

## ИЗОТОПНЫЙ ЭФФЕКТ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В КАРБИДЕ БОРА

(Представлено академиком Г. А. Харадзе 11.3.1992)

Карбид бора —  $B_4C$  является наиболее часто применяемым материалом для изготовления органов регулирования ядерных реакторов, работающих как на медленных, так и на быстрых нейтронах. Данное обстоятельство обусловлено достаточно высоким сечением поглощения в широкой области энергии нейтронов ( $0 < E_n < 12$  мэв) одним из изотопов бора В-10 [1]. В целях повышения эффективности органа регулирования, использование которого предусмотрено для реакторов на быстрых нейтронах, применяется  $B_4C$ , обогащенный изотопом В-10 до 60—80% [2].

Сравнительно недавно карбид бора привлек внимание как перспективный материал для изготовления термоэлементов установок прямого преобразования тепловой энергии в электрическую термоэлектрическим методом, что связано с хорошими теплофизическими, электрофизическими параметрами и термостабильностью карбида бора [3].

Одним из основных параметров, определяющих целесообразность применения материалов в реакторной технологии и термоэлектрических генераторах, является коэффициент теплопроводности, при этом если для регулирующих стержней требуется материал с высоким коэффициентом теплопроводности, то в термоэлементах низкое значение коэффициента теплопроводности приводит к увеличению коэффициента полезного действия — КПД [4].

Исходя из вышесказанного нами были проведены исследования по выяснению возможности варьирования величины коэффициента теплопроводности  $B_4C$  в зависимости от изотопного соотношения бора, состоящего из двух стабильных изотопов (В-10 — 18,2%, В-11 — 81,8%) [1].

Исследуемые образцы представляли собой цилиндры, диаметром 10 мм и высотой 15 мм и были изготовлены методом горячего прессования в вакууме порошка, полученного методом прямого синтеза бора и углерода [5]. Изготовление образцов происходило при идентичных технологических параметрах (чистота и дисперсность исходного порошка, температура и давление прессования и др.), и они отличались друг от друга лишь процентным содержанием изотопа В-10, которое менялось от 1 до 86%. Коэффициент теплопроводности образцов измерялся при температуре 350 К стационарным методом на установке, аналогичной описанной в работе [6]. Погрешность измерения не пре-



вышла 8%. Коэффициент теплопроводности  $\kappa$  подсчитывался по формуле

$$\kappa = \frac{Q l}{\Delta T \cdot S}, \quad (1)$$

где  $Q$  — количество тепла через образец,  $l$  — длина образца,  $S$  — площадь сечения и  $\Delta T$  — перепад температуры по высоте образца.

Результаты измерений представлены на рис. 1, из которого следует сильная зависимость коэффициента теплопроводности карбида бора от процентного содержания изотопа В-10. Коэффициент теплопроводности при температурах менее 1000 К полностью определяется фоновой составляющей и выражается соотношением Дебая [5]

$$\kappa = 1/3 C_v \cdot \lambda \cdot W \cdot \rho,$$

где  $C$  — удельная теплоемкость при постоянном объеме,  $\lambda$  — длина свободного пробега фононов,  $W$  — групповая скорость распространения фононов и  $\rho$  — плотность материала.

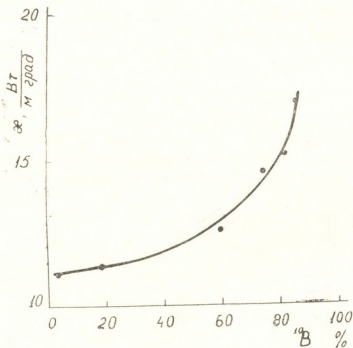


Рис. 1

Полученный экспериментальный результат нельзя объяснить в рамках классического рассмотрения влияния концентрации изотопа на коэффициент теплопроводности, так как повышение концентрации изотопа В-11 должно было бы привести к повышению  $\kappa$ , чего не происходит и экспериментально наблюдается обратная картина.

Результаты, представленные на рис. 1, можно объяснить особенностью структуры карбида бора и предположением, что теплопроводность  $\kappa$  тем больше, чем меньше атомный или молекулярный вес вещества, чем сильнее силы связи и, следовательно, чем выше модуль упругости твердого тела, т. е. большая величина  $\kappa$  связана в этом случае со слабым проявлением ангармонического характера теплового

движения атомов, в результате которого и создается взаимодействие между фононами.

Структура карбида бора представляет собой плотно упакованную ромбоэдрическую решетку, в вершинах которой расположены икосаэдры (рис. 2). Межикосаэдрические связи осуществляются сильной ковалентной связью и так же сильны (если не сильнее), как внутрикосаэдрические, так как расстояние между икосаэдрами меньше, чем между атомами в икосаэдре [7]. При стехиометрическом составе  $B_4C$  по диагонали элементарной ячейки расположены атомы углерода и образуется цепочка связи  $BVC$ , каждый последний атом которой связывает три икосаэдра, и тем самым элементарная ячейка  $B_4C$  является достаточно жесткой, упругой системой. В случае нарушения стехиометрии  $B_4C$  в сторону увеличения концентрации углерода может образоваться цепочка связи  $CCC$ , которая также связывает все икосаэдры между собой. Что касается случая повышения концентрации атомов бора, то такая ситуация приводит к нарушению связей между икосаэдрами и соответственно к потере упругости, что должно при-

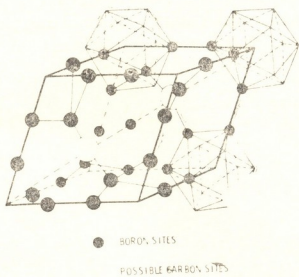


Рис. 2

вести как к понижению, так и к меньшей зависимости  $\kappa$  от температуры, что было подтверждено в работе [8]. Данное обстоятельство указывает, что фононная часть теплопроводности зависит именно от межикосаэдрических связей. Что касается удельной теплоемкости  $C_v$ , то она также определяется межмолекулярными (межикосаэдрическими) колебаниями. На внутримолекулярные (внутрикосаэдрические) приходится существенная доля полной теплоемкости кристалла. Однако скорость их распространения мала и они не участвуют в переносе тепла [7]. При замене в икосаэдрах тяжелого изотопа В-11 на более легкий изотоп В-10 облегчается икосаэдр и на ту же связь приходится меньшая масса, что и приводит к «ужесточению» межикосаэдрических связей, элементарная ячейка становится более упругой, ухудшаются условия возникновения ангармонических колебаний, возможно и перераспределение теплоемкости, увеличение ее доли приходится на межмолекулярные колебания. Рис. 1 показывает также, что карбиду бора



ს დასაბუთებულია ბორის იზოტოპების კონცენტრაციის გაზრდა იწვევს თბოგამტარობის მკვეთრ ზრდას. აღნიშნული ეფექტი ახსნილია ბორის კარბიდის სტრუქტურის თავისებურებით. კერძოდ, მისი ელემენტარული უჯრედის ერთ-ერთ შემადგენელ ნაწილში — იკოსაედრში იზოტოპ B-10 კონცენტრაციის გაზრდა იწვევს მის გამსუბუქებას, რის შედეგადაც იზრდება ატომთა შორის კავშირების სიხისტე, მასალის დრეკადობა, მცირდება ანჰარმონიული რხევების წარმოქმნა, რაც თავის მხრივ ზრდის B<sub>4</sub>C თბოგამტარობის კოეფიციენტს.

ს დასაბუთებულია ბორის იზოტოპების კონცენტრაციის გაზრდა იწვევს თბოგამტარობის მკვეთრ ზრდას. აღნიშნული ეფექტი ახსნილია ბორის კარბიდის სტრუქტურის თავისებურებით. კერძოდ, მისი ელემენტარული უჯრედის ერთ-ერთ შემადგენელ ნაწილში — იკოსაედრში იზოტოპ B-10 კონცენტრაციის გაზრდა იწვევს მის გამსუბუქებას, რის შედეგადაც იზრდება ატომთა შორის კავშირების სიხისტე, მასალის დრეკადობა, მცირდება ანჰარმონიული რხევების წარმოქმნა, რაც თავის მხრივ ზრდის B<sub>4</sub>C თბოგამტარობის კოეფიციენტს.

В заключение отметим, что при использовании В<sub>4</sub>С с обогащенным изотопом В-10 в качестве материала для органа регулирования реактора, как следует из приведенных результатов, произойдет не только повышение эффективности, но и увеличение коэффициента теплопроводности. Что касается термоэлектрических генераторов, то возможно уменьшение  $\kappa$  путем изменения стехиометрического состава (увеличение концентрации бора) [8], однако, тем самым появится дефектная структура, что, в свою очередь, уменьшит удельную электропроводность, коэффициент термо-э.д.с. и соответственно КПД генератора. В случае же применения В<sub>4</sub>С с изотопом В-11 материал сохранит электропроводность и термо-э.д.с. на первоначальном уровне с одновременным уменьшением  $\kappa$ .

Изменение коэффициента теплопроводности следует ожидать и в других материалах, имеющих структуру, аналогичную карбиду бора.

Научно-исследовательский институт  
стабильных изотопов

(Поступило 20.3.1992)

შინაია

ბ. მარუშიძე, ლ. შიგელია, ნ. რეხვიანი

ბორის კარბიდში თბოგამტარობის იზოტოპური ეფექტი

რეზიუმე

დასაბუთებულია ბორის კარბიდის B<sub>4</sub>C თბოგამტარობის კოეფიციენტის დასაბუთებულია ბორის იზოტოპების კონცენტრაციის გაზრდა იწვევს თბოგამტარობის მკვეთრ ზრდას. აღნიშნული ეფექტი ახსნილია ბორის კარბიდის სტრუქტურის თავისებურებით. კერძოდ, მისი ელემენტარული უჯრედის ერთ-ერთ შემადგენელ ნაწილში — იკოსაედრში იზოტოპ B-10 კონცენტრაციის გაზრდა იწვევს მის გამსუბუქებას, რის შედეგადაც იზრდება ატომთა შორის კავშირების სიხისტე, მასალის დრეკადობა, მცირდება ანჰარმონიული რხევების წარმოქმნა, რაც თავის მხრივ ზრდის B<sub>4</sub>C თბოგამტარობის კოეფიციენტს.



G. KARUMIDZE, L. SHENGELIA, N. REKHVIASHVILI

ISOTOPIC EFFECT OF BORON CARBIDE THERMAL  
CONDUCTIVITY

## Summary

Thermal conductivity coefficient dependence on the boron isotope percent content in boron carbide was experimentally observed for the first time. It was shown, particularly that the substitution of a heavy B—11 isotope for lighter B—10 one leads to a sharp increase in the thermal conductivity coefficient. The effect found is explained by the features of a boron carbide structure, the availability of an icosahedron in the unit cell of boron carbide. When B—11 is substituted for B—10, the weight of the icosahedron decreases, the strength of coupling increases, the elasticity rises, thereby decreasing the possibility of anharmonic vibration appearance which leads to increase of the thermal conductivity coefficient.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Таблицы физических величин. Справочник. Под ред. И. К. Кикоина. М., 1976, 1008.
2. И. А. Емельянов, А. И. Ефанов, Л. В. Константинов. Научно-технические основы управления ядерными реакторами. М., 1981, 354.
3. Ch. Wood. SH International Simposium of boron, borides and related compounds, Duisberg Sept. 21—25, 1985.
4. А. Ф. Иоффе. Полупроводниковые термоэлементы. М.—Л., 1960.
5. Г. В. Самсонов, Л. Я. Марковский, А. Ф. Тигач, М. Г. Вальяшко. Бор, его соединения и сплавы. Киев, 1960, 589.
6. А. В. Петров. Сб. «Термоэлектрические свойства полупроводников». М.—Л., 1963, 285.
7. G. A. Clarc. Solids State Phys., V. 34, 1979, 1.
8. Ch. Wood, D. Emin. Phys. Rev., V. B 31, № 10, 1985, 6811.

Л. П. БЫЧКОВА, О. И. ДАВАРАШВИЛИ, А. П. ШОТОВ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЖИДКОФАЗОВОЙ ЭПИТАКСИИ АКТИВНЫХ СЛОЕВ ЛАЗЕРОВ Pb Sn Se Te

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. И. Санадзе 25.3.1992)

Из-за существенного различия в параметрах кристаллических решеток в тройных твердых растворах различного состава в полупроводниках  $A^{IV} B^{VI}$  на гетерогранице возникают упругие напряжения. В зависимости от величины упругих напряжений, пластичности полупроводникового слоя и его толщины они могут релаксировать с образованием дислокацией несоответствия.

В таких условиях возрастают пороговые токи и усиливается деградация лазеров. Чтобы избежать этой проблемы, был создан общий подход к ее решению, состоящий в использовании принципа изovalентного замещения в многокомпонентных твердых растворах.

В настоящей работе исследуются особенности получения четверных твердых растворов Pb Sn Se Te, изопериодических с Pb Se Te. Замещение атомов селена атомами теллура, компенсирующими уменьшение параметра кристаллической решетки при введении олова, может обеспечить соответствие параметров решеток, в частности, в гетеропаре Pb Se — Pb Sn Se Te. Получение Pb Sn Se Te, играющего роль активной области гетеролазеров, эпитаксиальными методами открывает большие возможности при вариации состава, толщин и электрофизических свойств. Состав активного слоя четверного состава с заданной шириной запрещенной зоны определяется путем совместного решения уравнений изопериоды и изоэнергетических линий и при  $0 \leq X \leq 0,19$   $0 \leq y \leq 0,07$   $E_g$  меняется от нуля до 0,17 эВ при 77 К. Для получения четверных слоев  $Pb_{1-x}Sn_xSe_{1-y}Te_y$  целесообразно применять метод жидкофазовой эпитаксии (ЖЭ), позволяющий получать слои с минимальным содержанием остаточных примесей и, как следствие, с высокой эффективностью излучательной рекомбинации. Важное значение в процессе ЖЭ имеет конструктивное осуществление метода, в частности конструкция графитовой кассеты, в которой происходит рост слоев. Была применена кассета гребенчатого типа (рис. 1), в которой предусмотрена очистка раствора и рост происходит из ограниченного объема. Подложка Pb Se (вырезана вольфрамовой проволокой в плоскости (100) из кристаллов, выращенных из пара), задающая ориентацию и параметр решетки всей лазерной структуры, последовательно подводится под ячейки. Параллельно с подложкой перемещается клин, в результате поршни, опускаясь вниз, продавливают через уз-



кое отверстие в эти ячейки сначала жидкий свинец, двукратно используемый для подрастворения поверхностного слоя подложки, а затем и ростовые растворы. После однократного кратковременного подрастворения ( $\sim 10$  с) жидким свинцом происходит неполное стравли-

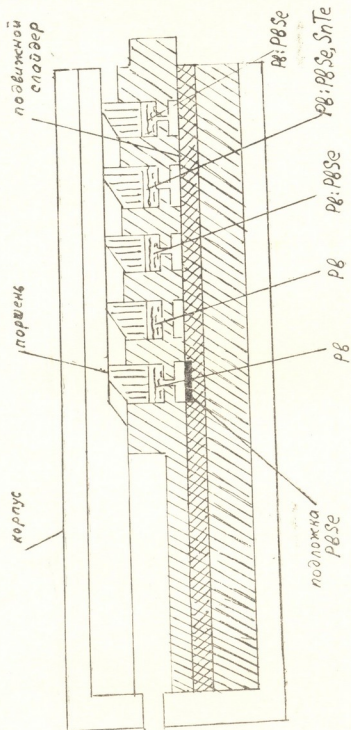


Рис. 1

вание участков поверхности, покрытых остатками окислов, химического травления или наклепов механической обработки. Используя высокую скорость и неселективность взаимодействия жидкого свинца с материалом подложки в начале контакта, второй каплей удастся снять остающиеся бугорки с боков (толщиной  $\leq 10$  мкм) и выйти на поверхность, точно лежащую в направлении (100). Благодаря этому достигаются плотное зародышеобразование, особенно при низких темпе-

ратурах ( $\leq 550^\circ\text{C}$ ), резкость гетерограницы в процессе роста и зеркальная морфология поверхности слоя.

Этому также способствует предварительное наращивание буферного слоя Pb Se, регулирующего и концентрационный профиль свободных носителей во всей лазерной структуре. Компоненты раствора Pb (0000) и Sn (0000) использовались в элементарном виде, поликристаллы Pb Se и Pb Te, синтезированные при температуре  $\sim 1100^\circ\text{C}$ , подвергались вакуумной пересублимации и брались в соответствии с нашими данными по равновесию жидкой (рис. 2) и твердой фаз [1—3]. При температурах эпитаксии  $540$ — $660^\circ\text{C}$  интервал охлаждения составлял  $3$ — $40^\circ\text{C}$ , а скорость охлаждения  $0,3$ — $1^\circ/\text{мин}$ . Чтобы избежать гомогенного зародышеобразования в растворе, переохладение не превышало  $2^\circ\text{C}$ .

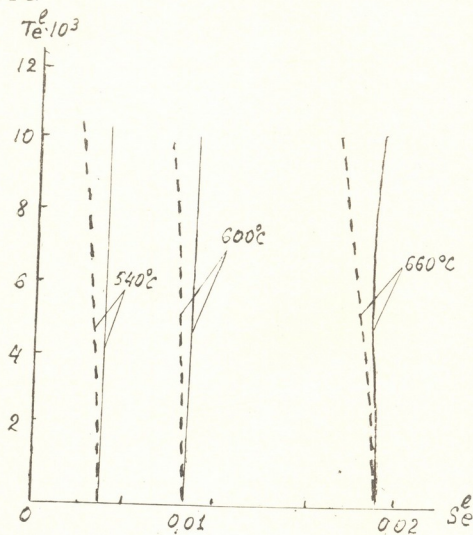


Рис. 2

Измеренные рентгенодифракционным методом толщины слоев совпадали на разных участках структуры в пределах точности измерений (5 отн.%) и изменялись в пределах  $0,8$ — $6$  мкм.

Близость получаемых составов  $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$  и  $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Se}$  при одинаковых температурах эпитаксии указывает на то, что в четверном твердом растворе содержание олова не зависит от соотношения между теллуром и селеном [1]. Это дало возможность по параметру ре-

шетки определять состав четверного слоя  $x$  и  $y$ . Если считать в первом приближении коэффициенты распределения для четверной системы такими же, как и для тройной, через значения  $x$  и  $y$  можно определить содержание компонентов в жидкой фазе, из которой получается четверной твердый раствор с параметром решетки, близким к Pb Se. Затем варьированием содержания теллура в жидкой фазе достигается изопериодичность  $\left(\frac{\Delta a}{a} \approx 0,003\%\right)$ . При этом, в отличие от

[4], с ростом содержания теллура в растворе наблюдается монотонный рост параметра решетки. Из достижения изопериодичности при  $T=300$  К в общем случае следует, что при температурах эпитаксии 540—660°C должно иметь место несоответствие в параметрах решеток слоя и подложки ( $\Delta a \leq 0,001$  Å.) из-за различия их коэффициентов термического расширения ( $\alpha$ ). Возникающие при толщинах слоев  $\leq 1$  мкм напряжения  $\left(\sigma_1 = \frac{E}{1-\nu} \frac{\Delta a}{a}, \text{ где } E - \text{модуль упругости, } \nu - \text{коэффициент}\right)$

Пуассона) меньше тех значений, когда они начинают релаксировать с возникновением дислокаций несоответствия на гетерогранице. В тех случаях, когда стоит задача получить слои с толщинами  $> 1$  мкм, необходимо компенсировать напряжения несоответствия напряжения из-за различия в коэффициентах термического расширения  $\left(\sigma_2 = \frac{F}{1-\nu} \Delta \alpha \Delta T\right)$ . Если учесть, что  $\alpha_{\text{под}} = 19,5 \cdot 10^{-6}/\text{град}$  и  $\alpha_{\text{сл}} (x=0,06) = 19,57 \cdot 10^{-6}$  1/град, то к четверному составу следует добавить пятый компонент Cd, который снижает коэффициент термического расширения слоя.

) Интенсивность люминесценции четверных, изопериодических с Pb Se, слоев Pb Sn Se Te оказалась почти в два раза выше, чем в тройных составах Pb Sn Se. Дополнительное повышение квантового выхода достигается при компенсации свободных носителей. При этом возможны два варианта: примеси замещения могут компенсировать избыточные атомы в обеих подрешетках. Для Pb Sn Se Te, имеющего в основном  $n$ -тип проводимости, наиболее эффективным является замещение в подрешетке металла атомами золота или серебра.

В созданных по описанной выше методике ДГС лазерах достигнута высокие параметры, в частности, область перестройки частот с температурой составляет  $300 \text{ см}^{-1}$ , мощность в моде  $\sim$  мВт, а срок службы более 2000 час.

ლ. ბიჩკოვა, ო. დავარაშვილი, ა. შოტოვი

ლაზერების აპტიური შენის  $PbSnSeTe$  თხევადი ეპიტაქსისის  
 თანისებურების გამოკვლევა

რეზიუმე

შრომაში აღწერილია იზოპერიოდული  $PbSn - PbSnSeTe$  ფენების თხევადი ეპიტაქსისის მეთოდოლოგია. ეს ფენები გამოირჩევიან გამოკვეთილი და სრულყოფილი პეტეროსაზღვრით და სარკისებური მორფოლოგიით. ოვს ლაზერებში  $PbSnSeTe$  საფუძველზე სიმძლავრე ერთ მოდამი აღწევს 1 მვტ, ვარგისობის უნარიანობა 2000 საათზე მეტია.

PHYSICS

L. BYCHKOVA, O. DAVARASHVILI, A. SHOTOV

INVESTIGATION OF LPE PECULIARITIES OF  $PbSnSeTe$   
 LASER ACTIVE LAYERS

Summary

In the present work the LPE technique of  $PbSnSeTe$ , isoperiodic with  $PbSe$ , distinguished by sharp and perfect heterointerface, as well as by mirror morphology of layers, is presented.

The mode output of  $PbSnSeTe$  DH lasers is 1mW and service life exceeds 2000 hours.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. Гегиадзе, О. И. Даварашвили, И. В. Даварашвили и др. Сообщения АН ГССР, 92, № 2, 1978, 325.
2. Л. П. Бычкова, Г. Гегиадзе, О. И. Даварашвили и др. ДАН СССР, 259, № 1, 1981, 83.
3. О. И. Даварашвили, В. П. Зломанов, И. В. Криалашвили и др. ДАН СССР, 272, № 6, 1983, 1371.
4. P. I. M e s s a n n, I. Fuchs, L. Feit and et. I. appl Phys., 62, № 7, 1987, 2994.

ბ. ტყეშელაშვილი, ვ. ყანდაღიანი

## იონოსფეროს F2 ფენის მოდელირების შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა თ. სანაძემ 26.3.1992)

მოკლე ტალღებზე რადიოკავშირის განხორციელებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს სამუშაო სიხშირის არჩევას. ამ დროს რადიოტალღები ირეკლებიან იონოსფეროს F ფენიდან, ამიტომ სამუშაო სიხშირე ზემოდან შემოსაზღვრულია მაქსიმალური გამოსაყენებელი სიხშირით — მგს, რომელიც თავის მხრივ შემოსაზღვრულია F2 ფენის კრიტიკული სიხშირით —  $f_oF2$ . მგს-ს პროგნოზირება აუცილებელია რადიოტალღების გავრცელების პროგნოზირებისათვის, რადიოკავშირის ახალი ხაზების პროექტირებისათვის, ახალი აპარატურის შექმნისათვის და ა. შ. [1].

მოკლე ტალღებზე რადიოკავშირის განხორციელებაში მთავარ როლს თამაშობს იონოსფეროს F2 ფენა, რომლის კრიტიკული სიხშირე —  $f_oF2$  ერთ-ერთი ძირითადი პარამეტრია მაქსიმალური გამოსაყენებელი სიხშირის განსაზღვრისათვის. იონოსფეროს F2 ფენის პარამეტრებს აქვს ძალიან რთული დროითი და სივრცითი განაწილება, ამიტომ ისინი მარტივი ფორმულებით არ აღიწერება. ზედა ატმოსფეროს აგებულების შესწავლის მთავარი ამოცანაა განსაზღვროს ატმოსფეროს მთავარი პარამეტრების ცვლილება სიმაღლის და დროის მიხედვით. ზედა ატმოსფეროს ცვლილების მიზეზების უკეთ გაგების მიზნით, საჭიროა იგი აღვწეროთ მოდელის საშუალებით, ამიტომ მისი მოდელის შექმნა გახდა რაკეტებით და თანამგზავრებით კვლევის ერთ-ერთი ძირითადი მიმართულება [2].

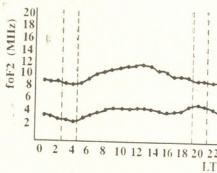
მოცემულ სტატიაში განხილულია  $f_oF2$ -ის დღეღამური ცვლილების მოდელირების სხვადასხვა თვისების მზის სხვადასხვა აქტივობის დროს. მოდელი მიღებულია თბილისის უნივერსიტეტის იონოსფეროს სამეცნიერო-კვლევითი ლაბორატორიაში  $f_oF2$ -ზე მზის აქტივობის გავლენის შესწავლის საფუძველზე. სურ. 1-ზე ნაჩვენებია დეკემბრის და ივნისის შესაბამისი მოდელირების სხვადასხვა აქტივობისას.

$f_oF2$ -ის დღეღამური ცვლილების ვარიაციებს სეზონის და მზის აქტივობის მიხედვით აქვს რთული ხასიათი: ზამთარში (დეკემბერი, იანვარი, თებერვალი)  $f_oF2$ -ის დღეღამური ცვლილების მრუდს მოდელის მიხედვით აქვს სუსტად გამოხატული ორი მაქსიმუმი — შუადღემდე (~11 საათზე) და შუადღის შემდეგ (~14 საათზე). ამასთან, შუადღემდე მაქსიმუმს მნიშვნელობა სჭარბობს შუადღის შემდეგ მნიშვნელობას. მაქსიმუმი უფრო გამოხატულია მაღალი აქტივობისას. აქტივობის შემცირებისას, აგრეთვე, რაც უფრო ვუახლოვდებით თებერვალს, შუადღის შემდეგი მაქსიმუმი მით სუსტდება გამოხატული. მარტივად სექტემბრამდე მაღალი აქტივობისას დაიკვირვება ერთი მაქსიმუმი, რომელიც თანდათან გადასცდება 12 საათს და ივნისში უკვე 13 საათზე დაიკვირვება, სექტემბერში კი 13—14 საათზე. ოქტომბერში მაღალი აქტივობისას

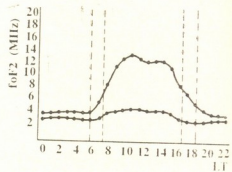


კვლავ სუსტადაა გამოხატული ორი მაქსიმუმი. აქ უკვე შუადღის შემდეგ მაქსიმუმი სჭარბობს შუადღემდე მაქსიმუმს. ეს უფრო კარგადაა გამოხატული ნოემბერში.

თავისებური სეზონური ვარიაციები ახასიათებს  $f_oF_2$ -ის დღელამური ცვლილებას მზის დაბალი აქტივობისას: აპრილში შეიმჩნევა დღელამურად მზის ჩასვლის შემდეგ მაქსიმუმის გაჩენის ტენდენცია, რაც უკვე აშკარადაა გამოხატული მაის-აგვისტოში. ამასთან, მზის ჩასვლის შემდგომი მაქსიმუმის შესაბამისი მნიშვნელობით, სჭარბობს შუადღის შესაბამის მნიშვნელობებს. ოქტომბერ-იანვარში შრულდს აქვს ორი მაქსიმუმი, რომლებიც ზამთრის დადგომასთან ერთად ინაცვლებენ დილის საათებისაკენ; ეს მაქსიმუმები ოქტომბერში დაიკვირვება 12 საათსა და 16 საათზე, დეკემბერში 11 საათსა და 14 საათზე, იანვარში 11 საათსა და 15 საათზე. ამასთან, შუადღემდე მაქსიმუმი სჭარბობს შუადღის შემდეგ მაქსიმუმს. რაც უფრო ვუახლოვდებით მარტს, შუადღის შემდეგი მაქსიმუმი ქრება და გვაქვს ერთი მაქსიმუმი 12 საათზე (თებრვალი, მარტი).



ივნისი



დეკემბერი

სურ. 1

[3]-ში მოყვანილია საშუალო განედებზე  $f_oF_2$ -ის დღელამური ცვლილება ივნისის თვისთვის, სადაც ჩანს საღამოს მაქსიმუმი. ნახაზი მიჩლოებითია, არაა მითითებული მზის აქტივობა. საღამოს მაქსიმუმი უნდა იყოს მზის ჩასვლის შემდეგ.

[4]-ში მოყვანილ  $f_oF_2$ -ის დღელამური ცვლილების სურათი, რომელიც შეესაბამება წყნარი მზის წელს, კარგ თანხვედნაშია ჩვენს მოდელთან.

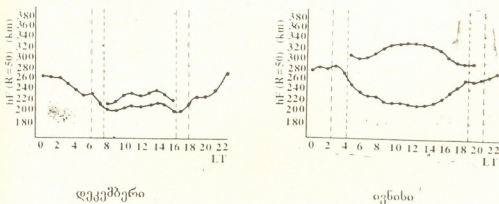
$F_2$  გარემოში იონოსფეროს აგებულების ახსნა ძნელია, რადგანაც იგი მდებარეობს გარდაშვალ ზონაში „სუფთა ფოტოქიმიურიდან“ „სუფთა დიფუზურში“. ერთი პროცესების მეორეში თანდათან გადასვლა და მათი ერთობლივი მოქმედების გათვალისწინება ძალიან ართულებს თეორიას.  $F_2$  გარემოს სრული თეორია ჯერ არ შექმნილა [2].

ზედა ატმოსფეროს სიმკვრივის ცვლილება (ისევე როგორც ტემპერატურის) ასიმეტრიულია შუადღის მიმართ. ამით აიხსნება იონოსფეროში ზოგადი მოვლენების ასიმეტრიულობა შუადღის მიმართ. დღეისათვის თანამგზავრების დამუხრუჭებაზე დაკვირვებისას აღმოჩენილია, რომ შუადღის შემდეგ დაიკვირვება სიმკვრივის და ტემპერატურის მაქსიმუმი  $h \geq 200$  კმ სიმაღლეზე. ამრიგად, შუადღის შემდეგ უნდა დაიკვირვებოდეს იონთა წარმოქმნის სიჩქარის —  $q$ -ს ზრდა  $F_2$  ფენის სიმაღლეზე [5].  $q(t)$ -ს მაქსიმუმის დაგვიანებამ 2—4 საათით შუადღის მიმართ, უნდა გამოიწვიოს ელექტრონების კონცენტრაციის —  $n_e(t)$ -ს დღიური ცვლილების ასიმეტრია, რაც თავის მხრივ იწვევს  $f_oF_2(t)$ -ის ასიმეტრიას [2].





ზაფხულის თვეებში დაბალი აქტივობისას მზის ჩასვლისას, როგორც აღვნიშნეთ (სურ. 1) დაიკვირვება  $f_oF2$ -ის მაქსიმუმი, რომელიც სიდიდით სჭარბობს შუადღის მნიშვნელობას. ამის ახსნა შეუძლებელია, თუ არ განვიხილავთ F2 ფენის მოქმედი სიმაღლის დედამურ ცვლილებას (სურ. 2). პუნქტირი და წერტილოვანი ვერტიკალური ხაზები გვიჩვენებს მზის ამოსვლა ჩასვლის დროებს დედამიწაზე და იონოსფეროში შესაბამისად. დაღამებისას დაიკვირვება ატმოსფეროს სიმკვრივის მნიშვნელოვანი ვარიაციები, განსაკუთრებით წყხარი მზის დროს. [6]-ში მოყვანილი ცხრილიდან შეიძლება გავეთდეს დასკვნა, რომ დედამიწის ყოველ ადგილზე დღისით ატმოსფერო ფართოვდება, ხოლო ღამით იკუმშება. მზის ამოსვლისას  $dn_e/dt$  პირველ რიგში განისაზღვრება  $q$ -ს სიდიდით, ხოლო მეორე რიგში რეკომბინაციის წრფივი კოეფიციენტით —  $\beta$  და ამბიპოლარული დიფუზიის  $D_a$  კოეფიციენტით [2]. მზის ამოსვლის შემდეგ F ფენი იხლიჩება F1 და F2 ფენებად.



სურ. 2

F1 ფენის სიმაღლე თანდათან მცირდება და აღწევს მინიმუმს შუადღისას, ასევე F2-ის სიმაღლე იზრდება და აღწევს მაქსიმუმს შუადღისას.

პორიზონტიდან მზის სიმაღლის გაზრდასთან ერთად იზრდება  $n_e$  ყველა სიმაღლე, ხოლო F ფენის გაფართოება (გახლეჩა) გამოიწვევს  $n_e$ -ს შემცირებას. ამ ორი ფაქტორის ერთდროული მოქმედება იწვევს სურ. 2-ზე (დაბალი აქტივობა) ნაჩვენებ ვეფექს. რადგანაც დაბალ სიმაღლეებზე რეკომბინაციის სიჩქარე მეტია, უცვლელი წონასწორული ფორმის შესანარჩუნებლად ელექტრონები დიფუზიის შედეგად გადადის ქვევით. წარმოიქმნება ეგზოსფეროდან ღამის  $G_{\infty}$  ნაკადი. გაცივებასთან ერთად F2 ფენის სიმაღლე (სურ. 2, ზედა მრუდი) მცირდება ღამის დონემდე. მზის ჩასვლისას, როგორც სურ. 2 გვიჩვენებს, F ფენი კვლავ იკუმშება. ამის შედეგად მიიღება მზის ჩასვლის შემდგომი  $f_oF2$ -ის მაქსიმუმი (სურ. 1).

ზამთრის თვეებში F ფენის მნიშვნელოვან გაფართოებას არა აქვს ადგილი (სურ. 2).

როგორც ზევით იყო აღნიშნული, მზის მაღალი აქტივობისას  $f_oF2$ -ის დღის მნიშვნელობები სჭარბობს მზის ჩასვლის შემდგომ მნიშვნელობებს. ეს გამოწვეულია მზის აქტივობის მიხედვით დედამიწის ატმოსფეროს სიმკვრივის ცვლილებით. მზის აქტივობის გაზრდასთან ერთად მნიშვნელოვნად იზრდება ატმოსფეროს სიმკვრივე 200 და 300 კმ სიმაღლეებზე. აქტივობის მინიმუმიდან მაქსიმუმზე გადასვლისას ატმოსფეროს სიმკვრივე იზრდება 2-ჯერ და 3—4-ჯერ შესაბამისად [2].



ყურადღებას იქცევს  $F$  ფენის ღამის იონიზაციის სეზონური ვარგისებრი (სურ. 1). ეს საკითხი ფართოდაა გაშუქებული [7--10] შრომებში. [8]-ში ნანვენებია, რომ  $40-80^{\circ}N$  გეომაგნიტური განედის დიაპაზონში  $F$  ფენის კრატიკული სიხშირის თვიური მედიანური მნიშვნელობების დღელამურ ცვლილებას ზამთრის თვეებში აქვს კარგად გამოხატული „ჰორიზონტალური მინიმუმი“, რომელიც ნაკლებადაა გამოხატული დღელამტოლობისა, და სულ ქრება ზაფხულში. ამასთან, „ჰორიზონტალურ მინიმუმში“ იგულისხმება  $f_0F$  2-ის მინიმალური მნიშვნელობების მუდმივობა, ან უმნიშვნელო ცვლილება, შედარებით დიდი ხნის განმავლობაში. გამოთქმულია აზრი, რომ ღამით, როცა იონიზაციის ულტრაიისფერი წყარო გამორთულია, უნდა არსებობდეს დამატებითი იონიზაცია, რომელიც განაპირობებს  $f_0F$  2-ის მუდმივობას ღამის განმავლობაში [11]. აღწერილი მოვლენა ცნობილია, როგორც ღამის იონოსფეროს იონიზაციის ზამთრის ანომალია. ჩვენ ეს მოვლენა მიგვაჩნია კანონზომიერად და აიხსნება დედამიწის თავის ღერძის და მზის გარშემობრუნებით. ზამთარში ღამის ხანგრძლივობა მით უფრო დიდია, რაც მეტია განედი და იონოსფერო ასწრებს წონასწორობაში მოსვლას. განედის შემცირებასთან ერთად ზამთრის ღამის ხანგრძლივობა მცირდება, მთელი ღამის განმავლობაში რეკომბინაციის გამო იონიზაციის ხარისხი მცირდება დილამდე, მზის ამოსვლამდე, როცა უკვე ულტრაიისფერი გამოსხივების მოქმედებით დაიწყება  $f_0F$  2-ის გაზრდა.

როგორც სურ. 1-დან ჩანს, ე. წ. ზამთრის ანომალია ჩვენს განედზეც დიკვირვება. როგორც ჩანს, ზამთარში ღამის ხანგრძლივობა მეტია და  $F$  ფენი ასწრებს წონასწორობაში მოსვლას (დაიკვირვება „ჰორიზონტალური მინიმუმი“). ღამის ხანგრძლივობის შემცირებასთან ერთად ჰორიზონტალური მინიმუმის სურათი ირღვევა და ზაფხულში (მოკლე ღამე) სულ ქრება,  $f_0F$  2 მცირდება დილამდე, სანამ, მზის ამოსვლისას კვლავ ზრდას დაიწყებდეს. ამიტომ, ბუნებრივია  $f_0F$  2-ის დღელამური ცვლილების მრუდს ჩაღრმავება ექნება მზის ამოსვლის წინ.

ივ. ჭავჭავაძის სახელობის  
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(შემოვიდა 2.4.1992)

ФИЗИКА

კ. ი. ტუხაშვილი, ვ. ვ. კანდაშვილი  
О МОДЕЛИРОВАНИИ F2 СЛОЯ ИОНОСФЕРЫ

Резюме

Были получены модели суточного изменения  $f_0F2$  для каждого месяца и для любого значения  $F10,7$  для Тбилиси. Описаны особенности этих моделей с соответствующими объяснениями.

K. TUKHASHVILI, V. KANDASHVILI

ON IONOSPHERE F2 LAYER SIMULATION

Summary

Models of diurnal variation of fo F 2 for every month and for any value of F10.7 for Tbilisi have been obtained. The features of these models with the corresponding explanations are presented.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. О. В. Чернышев, Т. Н. Васильева. Прогноз максимальных применимых частот. М., 1973.
2. Г. С. Иванов-Холодный, Г. М. Никольский. Солнце и ионосфера. М., 1969.
3. Я. Л. Альперт. Распространение радиоволн и ионосфера. М., 1960, 160.
4. R. G. Rastogi. J. Atmos. Terr. Phys., v. 18, 1960, 315.
5. Г. С. Иванов-Холодный. Геомагнетизм и аэрономия, т. 2, 1962, 674.
6. D. G. King-Hele. Space Res., v. 5, 1965, 1132.
7. А. С. Беспозванная, Г. Н. Горбышина. Морфология возмущения ионосферы высоких широт. Л., 1965, 70.
8. Н. М. Боеикова. Ионосферные исследования, № 10, 1962, 88.
9. Р. Г. Гачечиладзе. Электромагнитное поле Земли и космические лучи. Тбилиси, 1966, 71.
10. Г. М. Хочолава. Морфология и динамика верхней ионосферы средних широт. Тбилиси, 1975, 42.
11. A. G. McNish. J. V. Lincoln. Trans. AGU., v. 30, № 5, 1949, 673.

Т. А. МАРСАГИШВИЛИ, Г. Д. ТАТИШВИЛИ

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОВОЛН В НЕСТАЦИОНАРНЫХ ГЕТЕРОГЕННЫХ СИСТЕМАХ

(Представлено академиком Д. Г. Ломинадзе 13.4.1991)

Строение и структура поверхности раздела фаз твердое тело — жидкость оказывают существенное воздействие на гетерогенные процессы переноса заряда. Для многих процессов определяющим при этом является распределение электронной плотности системы вблизи границы раздела фаз. Вблизи поверхности твердого тела имеется неравномерное распределение плотности заряда, которое создает электростатическое поле. При контакте твердого тела с полярной жидкостью под действием поля твердого тела может происходить перераспределение заряда молекул жидкости. В свою очередь, неравномерное движение заряженных частиц может приводить к электромагнитному излучению в системе.

В настоящей работе предлагается теоретическая модель, в рамках которой может быть проведен расчет вектор-потенциала электромагнитного поля в пространстве, созданного нестационарными процессами на границе раздела фаз твердое тело — полярная жидкость.

Перераспределение электронной плотности связано как с изменением распределения плотности заряда молекул среды (в частности, с поляризацией молекул среды, изменением направления дипольных моментов этих молекул и движением молекул), так и с трансляционно-вращательным движением отдельных ионов, растворенных в этой среде.

Вектор-потенциал электромагнитного поля в точке  $r$  в момент времени  $t$  запишем в виде

$$A(r, t) = \frac{1}{c} \int \frac{dr' j(r', t)}{|r-r'|}, \quad (1)$$

где  $j(r', t)$  — плотность тока в точке  $r'$ ,  $c$  — скорость распространения электромагнитных волн в данной полярной среде, отличающейся от скорости распространения света в вакууме перенормировкой скорости [1].

Если движение заряда вызвано действием внешнего источника электромагнитного поля, действующего на заряд со стороны твердого тела, то в рамках теории линейного отклика квантово-статистическое среднее значение плотности тока может быть записано в виде

$$j_{\alpha}(r', t) = - \int dr'' \int dt'' g_{\alpha \beta}(r', r''; t-t'') \langle E_{\beta}(r'', t'') \rangle_{ex}, \quad (2)$$

где  $\langle E_{\beta}(r'', t'') \rangle_{ex}$  — напряженность электромагнитного поля внешнего источника,  $g_{\alpha \beta}(r, r'; t-t')$  — временная запаздывающая функция Грина (ФГ):

$$g_{\alpha \beta}(r, r'; t-t') = i\theta(t-t') \langle [j_{\alpha}(r, t), P_{\beta}(r', t')] \rangle. \quad (3)$$

Здесь квадратные скобки означают знак коммутатора,  $\theta$  — функция Хэвисайда.



ФГ  $g_{j\alpha\rho\beta}$  может быть выражена через ФГ операторов поляризации системы. Для этого учтем связь между поляризацией системы  $P(r, t)$  и плотностью тока  $j(r, t)$ :

$$\dot{P}(r, t) = j(r, t). \quad (4)$$

В результате для Фурье-компонент ФГ получим

$$g_{j\alpha\rho\beta}(r, r'; \omega) = -\frac{i}{\omega} g_{p\alpha\rho\beta}(r, r'; \omega). \quad (5)$$

ФГ  $g_{p\alpha\rho\beta}$  может быть выражена через комплексную диэлектрическую проницаемость среды [2], и соответственно для вектор-потенциала системы получим

$$A_{\alpha}(r; \omega) = i \frac{\omega}{c} \int dr' \int dr'' \frac{1}{|r-r'|} \frac{\varepsilon(r'-r''; \omega) - 1}{4\pi} \langle E_{\beta}(r''; \omega) \rangle_{ex}. \quad (6)$$

В ряде случаев можно использовать приближение факторизации ФГ  $g_{p\alpha\rho\beta}(r, r'; \omega)$ :

$$g_{p\alpha\rho\beta}(r, r'; \omega) = g_{p\alpha\rho\beta}(r, r'') f(\omega), \quad (7)$$

где  $g_{p\alpha\rho\beta}(r, r')$  описывает эффекты пространственной корреляции в среде, а  $f(\omega)$  — эффекты частотной дисперсии среды. Зависимость  $f(\omega)$  может быть установлена по экспериментальной зависимости поглощения от частоты.

Что же касается функции  $g_{p\alpha\rho\beta}(r, r')$ , то наиболее реалистичный путь для определения вида этой функции — моделирование затухающими функциями или затухающими функциями с осцилляциями.

Интегрирование по  $r'$  в формулах (2) и (6) следует проводить с учетом того обстоятельства, что при приближении к поверхности твердого тела частица остановится на расстоянии от поверхности электрода, равном длине химической связи данной частицы с этим твердым телом (если химическая связь возможна) или несколько большим (если частица не образует химической связи). При этом фактически образуется двойной электрический слой на границе раздела фаз твердое тело — жидкость, который во многом определяет характер гетерогенных процессов.

Приведенная общая схема для анализа вектор-потенциала электромагнитного излучения системы носит довольно сложный характер и требует решения довольно громоздких уравнений. Существенных упрощений можно достичь, если для описания излучающей частицы, погруженной в жидкость и поверхности твердого тела принять простые модели.

Если мы будем говорить об отдельной заряженной частице и учтем, что  $j = qV$ , тогда для вектор-потенциала получим

$$A(r, t) = \frac{q}{c} \int \frac{dr' V(r', t)}{|r-r'|}. \quad (8)$$

Мы будем предполагать, что имеем плоскую поверхность металлического твердого тела, что позволит формально рассматривать од-



номерную картину по направлению  $z$ , перпендикулярному поверхности твердого тела. Частица предполагается заряженной с зарядом  $q$  и массой  $m$ . Движение в жидкости будем рассматривать как движение в вязкой среде с коэффициентом трения  $\kappa$ . Уравнение движения для заряженной частицы под действием электростатического поля можно представить в виде

$$m \frac{dV}{dt} = qE(r') - \kappa V, \quad (9)$$

где  $E(r')$  — напряженность электрического поля, действующего на частицу в точке  $r'$ .

Мы предполагаем, что  $t=0, t'=0$ .

Коэффициент трения  $\kappa$  может быть выражен через характерное время затухания  $\tau_D$ :

$$\kappa = m/\tau_D. \quad (10)$$

В частности, предполагая, что  $E(r')$  не меняется во времени, для вектор-потенциала электромагнитного излучения получаем

$$A(r; \omega) = \frac{q}{c} \int \frac{dt}{|r-r'|} e^{i\omega t} V(r', t). \quad (11)$$

За время регистрации электромагнитного излучения излучающая частица проходит расстояние много меньше, чем расстояние от этой частицы до точки регистрации излучения. Приближенно выражение для вектор-потенциала представим в виде

$$A_z(r; \omega) = \int dz' q/c \kappa/m E(z') S(r, z', a, b) \left( \frac{1}{\gamma - i\omega} - \frac{1}{\kappa/m - i\omega} \right), \quad (12)$$

$\gamma \rightarrow 0$

$$A_x = A_y = 0,$$

где  $S(r, z', a, b)$  — структурный фактор, включающий в себя интегралы по  $x'$  и  $y'$ ,  $a$  и  $b$  — линейные размеры твердого тела. При расчете структурного фактора интегралы по  $x_0$  и  $y_0$  могут быть вычислены аналитически.

В модели «желе» для металлических твердых тел можно использовать зависимость электронной плотности вблизи поверхности в виде [3]

$$n(z') = \frac{\bar{n}}{2} e^{-\beta z'} \theta(z') + n \left( 1 - \frac{1}{2} e^{\beta z'} \right) \theta(-z'), \quad (13)$$

где  $\bar{n}$  — средняя плотность электронов в объеме металла,  $\beta$  — характерный размер затухания электронной плотности.

При этом для зависимости  $E(z')$  получаем

$$E(z') = \frac{2\pi e \bar{n}}{\beta} [e^{-\beta z'} \theta(z') + e^{\beta z'} \theta(-z')] + \frac{2\pi e \bar{n}}{\beta^2} [e^{-\beta z'} + (2 + e^{\beta z'}) \delta(z')]. \quad (14)$$

Окончательно для вектор-потенциала имеем

$$A(r; \omega) = \frac{q}{c e_{st}} \int_{z_0}^{\infty} \frac{2\pi e \bar{n}}{\beta} e^{-\beta z'} S(r, z', a, b) \left( \frac{1}{\gamma - i\omega} - \frac{1}{\kappa/m - i\omega} \right) dz'. \quad (15)$$

Оставшийся интеграл по  $z'$  может быть проведен численно для конкретных систем с учетом формирующегося двойного электрического слоя на границе раздела фаз (параметр  $z_0$ ) и распределения электронной плотности твердого тела вблизи ее поверхности (параметр  $\beta$ ).

Академия наук Грузии  
 Институт неорганической химии  
 и электрохимии

(Поступило 16.4.1992)

ფიზიკა

თ. მარსაგიშვილი, გ. ტატიშვილი

არასტაციონარულ ვიბრაციულ სისტემებში რადიოტალღების  
 გამოსხივების თეორიული ასპექტები

რეზიუმე

მოცემულია თეორიული მოდელი, რომლის საშუალებითაც ხდება სივრცეში ელექტრომაგნიტური ველის ვექტორ-პოტენციალის გამოთვლა, როდესაც ველი შექმნილია მყარ სხეული-პოლარული სითხის ფაზათა გამყოფ საზღვარზე არასტაციონარული პროცესების არსებობის შედეგად.

PHYSICS

T. MARSAGISHVILI, G. TATISHVILI

## THEORETICAL ASPECTS OF THE RADIATION OF RADIOWAVES IN NONSTATIONARY HETEROGENEOUS SYSTEMS

Summary

Theoretical model for calculating vector-potential of the electromagnetic field in space, when the field is created by nonstationary processes of the interface of the solidpolar liquid, is proposed.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. R. R. Dogonadze, T. A. Marsagishvili. in: The chemical physics of solvation, part A. (Dogonadze R. R. et al. eds.). Amsterdam, Elsevier, 1985. p. 39.
2. А. А. Абрикосов, Л. П. Горьков, И. Е. Дзялошинский. Методы кваантовой теории поля в статистической физике. М., 1962.
3. Г. Пааш, М. Хитшольд. Поверхность твердых тел. Достижения электронной теории металлов, т. 2. М., 1984, 466.

ბ. ბოჟორიშვილი, თ. მანჯგალაძე, ნ. თელია, ლ. გველსიანი,  
ნ. ბასარგინი

### ნიკელთან ქლოროდაზოლისა და დისულფოროდაზოლის ურთიერთმოქმედების შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ლ. ხანაშვილმა 10.4.1992)

უკანასკნელ ხანს ანალიზურ პრაქტიკაში ფართო გამოყენება მოიპოვეს ორგანულმა რეაგენტებმა, რომლებიც ორთოამინოფენოლებისა და როდანინის საფუძველზე მიიღებიან. მათი ერთი ნაწილი ჩვენც შევისწავლეთ [1—4].

ამ რეაგენტების შესაძლებლობები ქიმიურ ანალიზში ჯერ კიდევ გამოურკვეველია. ამჯერად ჩვენ შევეცადეთ შეგვესწავლა 2-ოქსი-5-ქლორობენზოლ-აზოროდანინისა\* (ქლოროდაზოლი) და 2-ოქსი-3,5-დისულფობენზოლაზო-როდანინის\* (დისულფოროდაზოლი) ურთიერთმოქმედების რეაქციები ნიკელის იონებთან.

რეაგენტები და აპარატურა.  $1 \cdot 10^{-3}M$  ნიკელის სტანდარტული ხსნარის დასამზადებლად, მეტალური ნიკელის ზუსტ წონაკს ვხსნიდით ქლორწყალბად-მქვათა და აზოტმქვათა ნარევეში (1:1). ამ უკანასკნელის მოცილების მიზნით, ხსნარს რამდენჯერმე ვამუშავებდით ქლორწყალბადმქვათა ( $d=1,19$ ) და ვაორთქლებდით. მიღებულ მშრალ ნაშის კვლავ ვხსნიდით 10% -იან ქლორწყალბადმქვათაში და ვანზავებდით გამობდილი წყლით.

ასეთივე კონცენტრაციის რეაგენტების ხსნარებს ვამზადებდით ზუსტი წონაკის გახსნით აცეტონში, მისი შემდგომი განზავებით. რაც შეეხება სამუშაო ხსნარებს, ისინი უშუალოდ ექსპერიმენტის დაწყების წინ მზადდებოდა სტანდარტული განზავებით.

სარეაქციო გარემოში სასურველი pH-ის შექმნის მიზნით ვსარგებლობდით უროტროპინის (5%) წყალხსნარით.

შეფერილი ხსნარების ოპტიკურ სიმკვრივეს ვზომავდით სპექტროფოტომეტრზე (Spectromom-360), ხოლო pH-ს — პოტენციომეტრზე (pH—673M).

ხსნარის pH-ის ცვლილების გავლენა კომპლექსწარმოქმნაზე შევისწავლეთ ფართო ინტერვალში:  $pH=1-11$ . აღმოჩნდა, რომ ნიკელის იონებთან ქლოროდაზოლისა და დისულფოროდაზოლის ურთიერთმოქმედების ოპტიმალური გარემო ორივე რეაგენტისათვის დაახლოებით ერთნაირია:  $pH=6,3 \pm 7,5$  (ნახ. 1.).

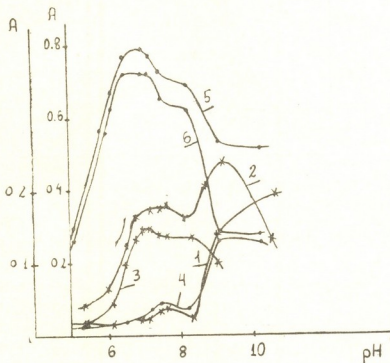
რეაგენტის კონცენტრაციის ცვლილების გავლენის შესწავლამ გვიჩვენა, რომ წარმოქმნილ კომპლექსთა მაქსიმალური ოპტიკური სიმკვრივე მიიღწევა ქლოროდაზოლის 20-ჯერადი, ხოლო დისულფოროდაზოლისთვის — 10-ჯერადი სიჭარბისას. ამასთან, ქლოროდაზოლთან წარმოქმნილი კომპლექსის ხსნართა შეფერვის ინტენსივობა მაქსიმუმს აღწევს მორეაგირე კომპონენტების შერევისთანავე და უცვლელი რჩება 15 წთ-ის განმავლობაში, მაშინ როცა დი-

\* რეაგენტები სინთეზირებულია მოსკოვის გეოლოგიის, პეტროგრაფიის, მინერალოგიისა და გეოქიმიის ინსტიტუტის ცენტრალურ ქიმიურ ლაბორატორიაში ქ.მ.კ. ი. როზოვსკის ხელმძღვანელობით.



სულფოროდაზოლთან ამას სჭირდება 30 წთ, ხოლო ხსნარი უცვლელი რჩება 1—2 სთ-ის განმავლობაში.

როგორც ჩანს, რეაგენტის მოლეკულაში ორი სულფოჯგუფის არსებობა ხელს უწყობს კომპლექსის მდგრადობის გაზრდას, რაც თავის მხრივ აფართოებს ანალიზურ პრაქტიკაში მისი გამოყენების შესაძლებლობებს.



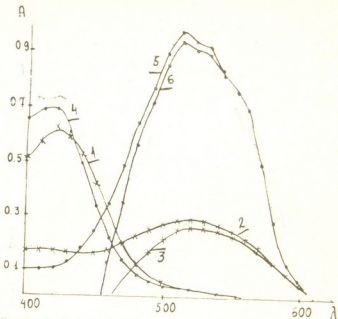
ნახ. 1. pH-ის გავლენა ქლოროდაზოლთან და დისულფოროდაზოლთან წარმოქმნილი ნიკელის კომპლექსის შეფერვის ინტენსივობაზე: 1—ქლოროდაზოლი, 2—კომპლექსი, 3—დიფერენციალური მრული, 4—დისულფოროდაზოლი, 5—კომპლექსი, 6—დიფერენციალური მრული, ( $C_{Ni}=2 \cdot 10^{-5}$  B,  $C_R=4 \cdot 10^{-5}$  M,  $\lambda_{\text{მაგ}}=520$  ნმ (ქლოროდაზოლი),  $\lambda_{\text{მაგ}}=510$  ნმ (დისულფოროდაზოლი),  $l=1$ )

შეფერილი ხსნარების შთანთქმის სპექტრების შესწავლამ გვიჩვენა, რომ როგორც რეაგენტების, ისე ნიკელის იონებთან მათ მიერ წარმოქმნილი კომპლექსების შთანთქმის მაქსიმუმები თითქმის ერთნაირია:  $\lambda_R=420$  ნმ (ქლოროდაზოლი);  $\lambda_R=410-420$  ნმ (დისულფოროდაზოლი);  $\lambda_K=520$  ნმ (ქლოროდაზოლი);  $\lambda_K=510$  ნმ (დისულფოროდაზოლი) (ნახ. 2).

წარმოქმნილ კომპლექსებს შთანთქმის კოეფიციენტებიც დაახლოებით ერთნაირი აქვთ:  $\epsilon_K=2,4 \cdot 10^4$  (ქლოროდაზოლი) და  $\epsilon_R=3 \cdot 10^4$  (დისულფოროდაზოლი). ლამბერტ-ბერის კანონს ისინი ემორჩილებიან ნიკელის იონების კონცენტრაციის შემდეგ ინტერვალში: 0,1—1,0 მკგ/მლ.

ნაერთთა შედგენილობა სამი მეთოდით (იზომოლური სერიის, მოლურ თანაფარდობათა და წონასწორობის გადანაცვლების) დავადგინეთ და ერთმნიშვნელოვნად მივიღეთ ნაერთებში მორეაგირე კომპონენტების თანაფარდობა: Ni:R=1:2.

კომპლექსწარმოქმნაზე გარეშე იონების გავლენის შესწავლით აღმოჩნდა, რომ ურთიერთმიქმედებას ხელს არ უშლის რიგი მეტალებისა გარკვეული თანაფარდობით (ცხრილი 1).



ნახ. 2. შექმთანქმის სპექტრები: 1—ქლოროდაზოლი, 2—კომპლექსი, 3—დიფერენციალური მრუდი, 4—დისულფოროდაზოლი, 5—კომპლექსი, 6—დიფერენციალური მრუდი, ( $C_{Ni}=2 \cdot 10^{-4} M$ ,  $C_R=4 \cdot 10^{-5} M$ ,  $pH_{თავ}=7,5$  (ქლოროდაზოლი),  $pH_{თავ}=6,3$  (დისულფოროდაზოლი),  $I=1$ )

ცხრილი 1

რეაგენტი	Me	Ag(I)	Zn(II)	Cd(II)	Mn(II)	Pb(II)	Sn(II)	Hg(II)	Au(III)
ქლოროდაზოლი	Ni:Me	1:1	1:1	1:1	1:100	1:1	1:5	1:1	ნებისმიერი
დისულფოროდაზოლი	Ni:Me	1:5	1:1	1:10	1:10	1:1	1:1	1:5	1:1

შედარებით მცირე ჯგუფი ელემენტებისა (სპილენძის (II), კობალტის (II), რკინის (III) იონების ნებისმიერი თანაფარდობა) კი მნიშვნელოვნად ამცირებს კომპლექსის ხსნართა ინტენსივობას, რაც უთუოდ გასათვალისწინებელია განსაზღვრის დროს.

**განსაზღვრის მეთოდიკა.** მიღებული ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე შევიმუშავეთ საკვლევი რეაგენტებით ნიკელის მიკრორაოდენობის სპექტროფოტომეტრული განსაზღვრის მეთოდიკა: ნიკელის სტანდარტულ ხსნარს (2,5—30 მკგ) ვამატებდით 5 მლ  $1 \cdot 10^{-3} M$  რეაგენტის წყალაცტონიან ხსნარს 25 მლ-იან ქიმიურ ჭიქებში, ვანზავებდით ~20 მლ-მდე წყლით, ვქმნიდით pH-ს 5%-იანი უროტროპინის წყალხსნარით და ვზომავდით ხსნარის pH-ს. მიღებული კომპლექსი გადავქვინდა 25 მლ-იან საზომ კოლბაში. ვავსებდით ჭდემდე, ვაყოვნებდით შეფერვის მაქსიმუმის მიღებამდე და ვზომავდით ოპტიკურ სიმკვრივეს:  $\lambda_{თავ} = 520$  ნმ,  $pH_{თავ} = 7$  (ქლოროდაზოლი);  $\lambda_{თავ} = 510$  ნმ,  $pH_{თავ} = 6,3$  (დისულფოროდაზოლი).

ქლოროდაზოლთან და დისულფოროდაზოლთან წარმოქმნილი ნიკელის კომპლექსნაერთების სპექტროფოტომეტრულმა შესწავლამ ნათელაყო დისულფოროდაზოლის ანალიზური თვისებების გარკვეული უპირატეობა ქლოროდაზოლთან შედარებით.

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

Х. Н. БОЧОРИШВИЛИ, О. В. МАНДЖГАЛАДЗЕ, Н. М. ТЕЛИЯ,  
 Л. Т. ГВЕЛЕСИАНИ, Н. Н. БАСАРГИН

## О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ НИКЕЛЯ С ХЛОРОРОДАЗОЛОМ И ДИСУЛЬФОРОДАЗОЛОМ

### Резюме

Спектрофотометрическим методом изучены системы никель (II)-хлорродазол (2-окси-5-хлорбензолазороданин) и никель (II)-дисульфородазол (2-окси-3,5-дисульфобензолазороданин).

Установлено, что в пределах  $\text{pH}=6,3-7,5$  в обоих случаях образуются комплексы с соотношением  $\text{Ni}:R=1:2$ . Максимальная оптическая плотность растворов комплексов достигается при 20-кратном избытке хлорродазола сразу же после смешения реагирующих компонентов, а в случае дисульфородазола — при 10-кратном избытке реагента через 30 мин.

Окрашенные растворы комплексов подчиняются закону Ламберта—Беера в интервале концентраций ионов никеля  $0,1-1,0$  мкг/мл. Коэффициенты поглощения составляют  $\epsilon_R=2,4 \cdot 10^4$  ( $\text{pH}_{\text{opt}}=7,5$ ,  $\lambda_{\text{opt}}=520$  нм в случае хлорродазола) и  $\epsilon_R=3,0 \cdot 10^4$  ( $\text{pH}_{\text{opt}}=6,3$ ,  $\lambda_{\text{opt}}=510$  нм в случае дисульфородазола).

### ANALYTICAL CHEMISTRY

KN. BOCHORISHVILI, O. MANDJGALADZE, N. TELIA,  
 L. GVELESIANI, N. BASARGIN

## ABOUT THE INTERACTION OF NICKEL WITH CHLORRODAZOL AND DISULFORODAZOL

### Summary

The 2-oxy-5-chlorobenzolazorodanyne (chlororodazol)—nickel (II) and 2-oxy-3,5-disulfobenzolazorodanyne (chlororodazol)—nickel (II) systems have been studied by the spectrophotometric method.

It was ascertained that at  $\text{pH}=6,5-7,5$  in both cases the complexes were formed in the ratio  $\text{Ni}:R=1:2$ . The maximal optical density of the complex solutions was reached at once after mixing the components, when chlororodazol of 20-more excess was used; for the desulforodazol it was reached in 30 minutes, when reagent of 10-more excess was used.

The complex solutions obey the Lambert—Beer Law within the concentration of nickel ions  $0,1-1,0$   $\mu\text{g}/\text{ml}$ . The absorption coefficient constitutes  $\epsilon=2,4 \cdot 10^4$  (for chlororodazol) and  $\epsilon=3,0 \cdot 10^4$  (for disulforodazol).

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. О. В. Манджгаладзе, Н. М. Телия, Н. Н. Басаргин, Д. Г. Чичуа, Е. Г. Какабадзе. Сообщения АН Грузии, 142, № 1, 1991, 65.
2. Н. М. Телия, О. В. Манджгаладзе, Д. Г. Чичуа. Изв. АН Грузии, сер. хим., т. 17, № 2, 1991, 98.
3. Х. Н. Бочоришвили, Н. Н. Басаргин, О. В. Манджгаладзе, Ю. Г. Розовский, Н. М. Телия. Тез. докл. III региональной конф. «Химии Северного Кавказа народному хозяйству». Нальчик, 1991, 41.
4. О. В. Манджгаладзе, Н. М. Телия, Н. Н. Басаргин, Л. Т. Гвелесиани, Ю. Г. Розовский. Там же, 43.

Н. Г. ЧАВЧАНИДЗЕ, И. И. ГИГАШВИЛИ, Р. Д. ГИГАУРИ

## ПЕРСПЕКТИВА ПРОИЗВОДСТВА ГИДРОАРСЕНАТА КАЛЬЦИЯ

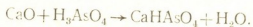
(Представлено членом-корреспондентом Академии Дж. И. Джапаридзе 2.

Мышьяк является неизбежным сопутствующим элементом почти всех цветных, редких и благородных металлов. Интенсивное развитие современной технологии производства этих элементов приводит к увеличению количества мышьяка в виде отходов и промпродуктов производства, осложняет процесс получения основного металла и ухудшает экологическое состояние региона [1]. Как показали специальные исследования [2], в пирометаллургических отходах производства цветных и благородных металлов 93—96% всего мышьяка находится в виде мышьяковистого ангидрида, 2—4% в виде арсенитов различных металлов и только 1—2% приходится на арсенаты. Примерно такое же состояние мышьякосодежащих соединений замечается и в других продуктах обжига, в том числе и собственно мышьяковых рудах.

Из вышесказанного следует, что разработка нового способа комплексного использования мышьякосодежащих пирометаллургических отходов имеет важное народнохозяйственное значение.

С другой стороны, из мышьякосодежащих соединений наиболее широким спросом пользуются арсенаты щелочных и щелочноземельных металлов. Фунгициды и инсектициды, волоконная оптика и лазерные системы — вот неполный перечень их успешного использования [3]. Спрос, например, на арсенаты кальция с каждым годом возрастает, что обусловлено их широким применением в ветеринарии и для пропитки древесины.

За последнее время как полные, так и кислые арсенаты кальция получают обработкой мышьяковой кислоты негашеной известью или карбонатом кальция [4]:



Упомянутый способ достаточно прост в технологическом отношении, однако и ему присущ ряд существенных недостатков. Целевой продукт не получается химически чистым, в лучшем случае он является смесью соответствующих арсенатов и основной соли.

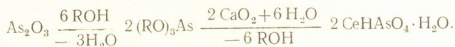
Цель настоящей работы — разработка нового способа получения гидроарсената кальция на базе пирометаллургических отходов производства цветных и благородных металлов.

Как оказалось, целевой продукт получается с почти количественным выходом в результате обработки мышьякосодежащих отходов производства цветных и благородных металлов высшими алифатическими спиртами  $\text{ROH}$ , где  $\text{R} = \text{C}_5\text{H}_{11}$  или изо- $\text{C}_5\text{H}_{11}$ , с последующим разложением промежуточных продуктов без выделения их в индивидуальном состоянии, перекисью кальция и водой.

В качестве исходного мышьякосодежащего сырья были использованы отходы производства олова из Новосибирска и золота с Урала, завезенные на Рачинский горно-химический завод (Грузинская республика) для дальнейшей переработки. В таблице эти образцы сокращенно обозначены как «Южуралзолото» и «Новосибирск». Первый из них содержал 63,3% мышьяка, а второй — 49,7%.



Образование целевого продукта объясняется протеканием следующих последовательных реакций:



Из этой схемы реакции видно, что исходные спирты алифатического ряда количественно регенерируются в конце процесса. Они вновь могут быть применены с целью извлечения мышьяка из отходов производства и, следовательно, для получения промежуточных продуктов, что придает процессу циклический характер.

Для иллюстрации полученных результатов приводим конкретный пример.

Получение гидроарсената кальция на базе «Южуралзолота». В круглодонной колбе с насадкой Дина—Старка и обратным холодильником, защищенным хлоркальциевой трубкой, кипятят суспензию 100,0 г «Южуралзолота» в 257 г (317 мл) изоамилового спирта до полного прекращения выделения воды (7 часов). Реакционную смесь после охлаждения фильтруют под вакуумом. К 100 г фильтрата с 20%-ным содержанием мышьяка добавляют 19,8 г перекиси кальция и при постоянном перемешивании разлагают 120 мл воды. Регенерированный спирт и избыток воды отделяют декантацией, а осадок фильтруют, промывают водой и спиртом и сушат до постоянной массы в вакуум-эксикаторе над пентооксидом фосфора и парафином. Получают 50,2 г вещества белого цвета. Найдено, %: As 37,57; H<sub>2</sub>O 27,13. CaHAs<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O. Вычислено, %: As 37,88; H<sub>2</sub>O 27,27.

Выход составляет 95,5% от теоретического.

Загрузка исходных соединений и некоторые физико-химические свойства целевого продукта приведены в таблице. Остальные опыты (см. таблицу) были проведены аналогично вышеописанному.

Загрузка исходных соединений и некоторые физико-химические свойства целевого продукта

Образцы	Загрузка исходных веществ							Промежуточные продукты		Выход CaHAsO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	
	г	As, %	R	ROH г	мл	CaO <sub>2</sub> , г	H <sub>2</sub> O, мл	г	As, %	г	%
„Южуралзолото“	100	63,3	изо—C <sub>5</sub> H <sub>11</sub>	257	317	19,8	120	300	20,0	50,2	95,5
„Южуралзолото“	50	63,3	н—C <sub>5</sub> H <sub>11</sub>	135	166	19,6	60	155	19,4	24,0	93,7
„Новосибирск“	100	49,7	н—C <sub>5</sub> H <sub>11</sub>	226	279	17,8	100	155	18,0	45,6	96,0

Таким образом, нами разработан весьма удобный способ получения гидроарсената кальция состава CaHAsO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O из мышьяксодержащих отходов производства цветных и благородных металлов. Образование целевого продукта в химически чистом виде объясняется тем, что обработка упомянутых отходов высшими одноатомными спиртами — реакция сугубо селективная: спирты взаимодействуют только с мышьяковистым ангидридом, находящимся в смеси, а все остальные примеси остаются на дне реактора в виде ила. Экстракт после филь-



рации легко окисляется пероксидом кальция с образованием целевого продукта.

Учитывая хорошую эффективность гидроарсената кальция как средства при аскаридозе кур и антгельментика рогагого скота, можно заключить, что препарат найдет широкое применение в парктике борьбы с аноплоцефалидозами жвачных, наряду с другими антгельментиками. Поэтому для нашей экономики весьма перспективным представляется производство гидроарсената кальция на базе пирометаллургических отходов, количество которых в Союзе исчисляется миллионами тонн.

Тбилисский государственный университет  
им. И. А. Джавахишвили

(Поступило 9.10.1991)

ზოგადი და არაორგანული ქიმია

ბ. შავჩანიძე, ი. გიუაშვილი, რ. გიგაური

კალციუმის ჰიდროარსენატის წარმოების პერსპექტივა

რეზიუმე

შესწავლილია დარიშხანშემცველი ფერადი და ძვირფასი მეტალების წარმოების ნარჩენებიდან კალციუმის ჰიდროარსენატის მიღების შესაძლებლობა. ნაჩვენებია, რომ კალისა და ოქროს წარმოების ნარჩენების მაღალი რივის ერთ-ატომიანი სპირტებით დამუშავების შედეგად მიღებული სპირტული ექსტრაქტები შეიძლება გახდეს საუკეთესო გამოსავალი მასალა მიზნობრივი პროდუქტის მისაღებად, ოუ მათ ამოქმედებენ კალციუმის პეროქსიდზე და წყალზე.

GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

N. CHAVCHANIDZE, I. GIUASHVILI, R. GIGOURI

PERSPECTIVE OF CALCIUM HYDROARSENATE PRODUCTION

Summary

The possibility of synthesizing of calcium hydroarsenate form arsenic containing industry waste of non-ferrous and noble metals is studied. It is shown that alcoholic extracts, prepared from tin and gold industry waste treatment with high row monoatomic alcohols, may become the best initial materials for the aimed product with the further action on the calcium peroxidize and water.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. М. Ж. Махметов, Л. Г. Горохова. Термическая устойчивость и растворимость арсенатов. Алма-Ата, 1988.
2. М. А. Инджия, Н. Ш. Гигаური, Р. Д. Гигаური, Л. В. Гургенишвили, А. Ш. Варадашвили. Сообщения АН ГССР, 105, № 2, 1982, 301—301.
3. Л. Н. Рашкович. ЖНХ, т. 24, № 10, 1979, 2806—2808.
4. В. Г. Рцхиладзе. Мышьяк. М., 1969.

УДК 541.64:542

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Р. Д. КАЦАРАВА, Д. П. ХАРАДЗЕ, Т. Н. ОМИАДЗЕ, Я. Г. УРМАН,  
И. Я. СЛОНИМ, С. Г. АЛЕКСЕЕВА

О МИКРОСТРУКТУРЕ ПОЛИАМИДОВ НА ОСНОВЕ L-ЛИЗИНА

(Представлено академиком М. М. Заалишвили 16.4.1992)

Гетероцепные поликонденсационные полимеры АА-ВВ-типа на основе незаменимой аминокислоты L-лизина привлекают в последнее время пристальное внимание исследователей, работающих в области конструирования макромолекулярных систем медицинского назначения [1—6]. Этот интерес обусловлен тем, что использование L-лизина и его производных в качестве диамина дает возможность синтезировать разнообразные функциональные полимеры, способные распадаться в организме на нетоксичные фрагменты, обладающие к тому же биогенными свойствами.

L-Лизин, являясь несимметричным мономером (содержит две неравноценные  $\alpha$ - и  $\epsilon$ -аминогруппы), в процессе поликонденсации может формировать макроцепи с различной микроструктурой, что, в свою очередь, будет сказываться на физико-химических и биологических свойствах полимеров.

Действительно, ранее с привлечением метода ЯМР- $^{13}\text{C}$  нами было показано, что полимочевины на основе L-лизина в зависимости от условий и метода синтеза обладают различной микроструктурой, что в значительной степени влияет на их физико-химическое поведение [7]. В этой же работе было установлено, что некоторые физико-химические свойства другого класса полимеров — полиамидов на основе L-лизина и адипиновой кислоты определяются условиями их получения, что также можно связать с формированием различной микроструктуры цепей. Получить, однако, прямые доказательства различного строения цепей поли-( $\text{N}^{\alpha}$ ,  $\text{N}^{\epsilon}$ -адипоил-L-лизина) с помощью использованных методов, включая ЯМР- $^{13}\text{C}$ , не удалось в силу их неинформативности.

Одновременно было показано [7], что полиамид на основе ароматической дикарбоновой кислоты — поли-( $\text{N}^{\alpha}$ ,  $\text{N}^{\epsilon}$ -терефталоил-L-лизин) поддается анализу по сигналам двух пара-атомов углерода бензольного кольца, к которым примыкают карбонильные группы остатка терефталевой кислоты, относительно которого формируются симметричные ( $\alpha\alpha$ ,  $\epsilon\epsilon$ ) и несимметричные ( $\alpha\epsilon$ ) триады:

триада  $\alpha, \alpha$ триада  $\alpha, \varepsilon$ триада  $\varepsilon, \varepsilon$ 

Схема 1

Учитывая изложенное, мы решили более подробно исследовать микроструктуру полиамидов в зависимости от условий и метода синтеза. Полиамиды получали по разработанным нами ранее схемам [4], сочетанием методов «силилированной» и «активированной» поликонденсации [8, 9]:

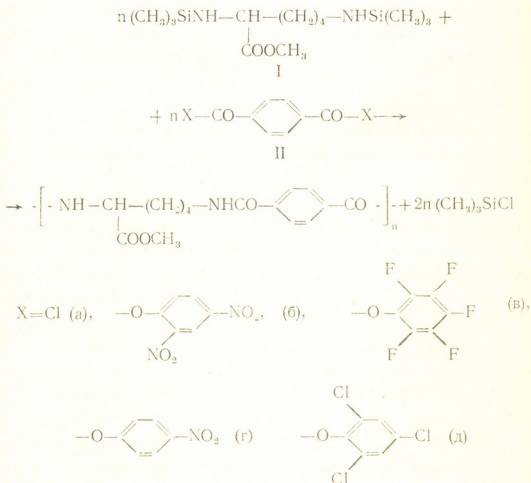


Схема 2





В качестве бис-электрофилов были использованы дихлорангидрид (IIa) и активированные диэфиры (IIб—IIд) терефталевой кислоты.

Синтез полиамидов проводили при концентрации мономеров 0,6 моль/л при комнатной температуре в среде гексаметилфосфортриамида (ГМФА), N,N-диметилацетамида и ацетонитрила, добавляя к раствору метилового эфира N<sup>α</sup>, N<sup>ε</sup>-бис-триметилсилил-L-лизина бис-электрофил в твердом виде, перемешивали в течение 8 часов и оставляли на ночь. На следующий день полиамид выделяли выливанием реакционного раствора в воду. Выпавший полимер отфильтровывали, тщательно промывали водой, экстрагировали ацетоном в аппарате Соклетта в течение 24 часов и сушили в вакууме при 50—60°C. В ряде случаев ставили два параллельных опыта. Приведенная вязкость полиамидов (в смеси тетрачлорэтана с фенолом (3:1)) составляла 0,2—0,6 дл/г.

ЯМР-<sup>13</sup>C спектры снимали в среде диметилсульфоксида (ДМСО) или муравьиной кислоты при концентрации раствора 5%. (Результаты определения практически не зависят от растворителя, см. таблицу). Спектрометр «Bruker WH-90», 22,63 МГц, внешний стандарт ДМСО-d<sub>6</sub>.

Коэффициенты микрогетерогенности (K<sub>м</sub>) рассчитывали по известному уравнению Ямадера и Мурано [10]:

$$K_m = \frac{P_{\alpha\epsilon}}{P_{\alpha\alpha} + 2P_{\alpha\epsilon}} + \frac{P_{\alpha\epsilon}}{P_{\alpha\epsilon} + 2P_{\epsilon\epsilon}}, \quad (1)$$

где P<sub>αε</sub>, P<sub>αα</sub>, P<sub>εε</sub>—вероятности образования указанных выше триад (схема 1). K<sub>м</sub>=1 соответствует статистическому распределению триад, K<sub>м</sub>=0—100%-ной структуре αα—εε и K<sub>м</sub>=2—100%-ной структуре αε. При расчете K<sub>м</sub> в формулу (1) вместо P<sub>αα</sub> и P<sub>εε</sub> подставляли интегральные интенсивности соответствующих сигналов, вместо P<sub>αε</sub>—сумму интегральных интенсивностей сигналов двух атомов углерода [7].

Результаты исследования, приведенные в таблице, показывают, что в зависимости от реакционной среды и метода синтеза получают полиамиды с различной микроструктурой. При этом, однако, однозначная корреляция между активностью бис-электрофила и K<sub>м</sub> отсутствует. Это может быть связано с тем, что закладываемая в процессе синтеза микроструктура является суммой сложного процесса, на который оказывают влияние растворимость исходного бис-электрофила и формируемого полимера (растворим в амидных растворителях и нерастворим в ацетонитриле), активность бис-электрофила, активность и скорость десилилирования α- и ε-аминогрупп I, локальные разогревы выделяющимся при поликонденсации теплом и т. д. С уверенностью можно лишь сказать, что в условиях, благоприятствующих формированию симметричных триад, снижение активности бис-электрофила способствует росту вклада указанных триад—при переходе от терефталойлхлорида IIa к бис-п-нитрофенилтерефталату IIг K<sub>м</sub> уменьшается от 0,5 до 0,2, что закономерно, учитывая увеличение селективности реакции по α- и ε-аминогруппам. Отметим, что IIa в среде ДМАА образует полиамид со статистическим распределением триад (K<sub>м</sub>≈1), что можно связать с хорошей растворимостью дихлорангидрида в

Микроструктура образцов полиамида на основе метилового эфира  
 №а, №б-бис-триметилсилил-L-лизина и терефталевой кислоты,  
 полученных в различных средах по схеме 2

№	Бис-электрофил <sup>а)</sup>	Реакционная среда	Растворитель	$K_M$
1	II а	ГМФА ДМАА CH <sub>3</sub> CN	HCOOH DMCO HCOOH	0,5 1,01 ± 0,03 <sup>б)</sup> 0,3—0,5 <sup>в)</sup>
2	II б	ГМФА CH <sub>3</sub> CN	HCOOH DMCO HCOOH	0,44 0,48 0,83
3	II в	ГМФА ДМАА CH <sub>3</sub> CN	DMCO DMCO DMCO	0,31 0,25 ± 0,03 <sup>б)</sup> 0,3
4	II г	ГМФА	HCOOH	0,21
5	II д	ГМФА	HCOOH	0,96

а) Производные терефталевой кислоты расположены по уменьшению реакционной способности.

б) Результаты двух параллельных опытов.

в) Сигнал уширен, оценка приближительная.

указанном растворителе и высокой скоростью процесса в гомогенной фазе; снижение растворимости дихлорангидрида (в ГМФА и ацетонитриле) способствует увеличению вклада симметричных триад. В случае активированных эфиров снижение растворимости бис-электрофила (IIб в ацетонитриле и IIд в ГМФА), напротив, способствует формированию микроструктуры, близкой к статистическому распределению триад ( $K_M \rightarrow 1$ ). В таких случаях, когда скорость сравнительно невысока, возможно, особое значение приобретает десилилирование (выделяющимися фенолами либо влагой, попадающей в реакционную систему) аминогрупп и соответственно резкое увеличение их активности (известно, что силилированные аминогруппы по отношению к хлорангидридам проявляют большую [8], а по отношению к активированным эфирам меньшую [11] активность, чем свободные аминогруппы), что приводит к снижению селективности процесса.

Академия наук Грузии  
 Институт молекулярной биологии и  
 биологической физики

НПО «Пластмассы»  
 Москва



რ. ჭაცარავა, ღ. ხარადზე, თ. ომიადზე, ი. ურმანი, ი. სლონიმ, ს. ალექსეევა

L-ლიზინის საფუძველზე მიღებული პოლიამიდების  
მიკროსტრუქტურის შესახებ

რეზიუმე

შესწავლილია „სილილირებული“ და „აქტივირებული“ პოლიკონდენსაციის მეთოდების შერწყმით მიღებული პოლი-N<sup>α</sup>, N<sup>ε</sup>-ტერეფთალილ-L-ლიზინის მიკროსტრუქტურაზე სხვადასხვა ფაქტორების გავლენა. ნაჩვენებია, რომ სინთეზის პირობებისა და გამოყენებული ბის-ელექტროფილების ბუნებისაგან გამომდინარე მიიღება სხვადასხვაგვარი მიკროსტრუქტურის მქონე ჯაჭვები, როგორც სიმეტრიული და არასიმეტრიული ტრიადების სტატისტიკური, ასევე სიმეტრიული ტრიადების უპირატესი შემცველობით.

ORGANIC CHEMISTRY

R. KATSARAVA, D. KHARADZE, T. OMIADZE, Ya. URMAN,  
I. SLONIM, S. ALEKSEEVA

ON MICROSTRUCTURE OF POLYAMIDES BASED ON L-LYSINE

Summary

The influence of different factors on microstructure of chains of poly-(N<sup>α</sup>, N<sup>ε</sup>-terephthaloyl-L-lysine), synthesized by the combination of methods of „silyl“ and „active“ polycondensation, was studied. It was shown that depending on reaction conditions and nature of bis-electrophile used, polyamides with various microstructure—both with statistical distribution of symmetrical and asymmetrical triads and with predominance of symmetrical triads, were obtained.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Т. Н. Сеидова, В. И. Бутаева, Ю. А. Давидович, С. В. Рогожин, В. В. Коршак. ДАН СССР, 232, № 2, 1977, 335—338.
2. Р. Д. Кацаравა, Т. М. Картвелишვილი, Ю. А. Давидович, М. М. Заалишვილი, С. В. Рогожин. ДАН СССР, 266, № 2, 1982, 363—366.
3. Р. Д. Кацарავა, Т. М. Картвелишვილი, М. М. Заалишვილი. ДАН СССР, 28, № 3, 1985, 591—595.
4. R. D. Katsarava, D. P. Kharadze, N. Sh. Japaridze, L. M. Agh'alishvili, T. N. Omiadze, M. M. Zaalishvili. Makromol. Chem., 186, № 5, 1985, 939—954.
5. P. Bruin, G. J. Veenstra, A. J. Nijenhuis, A. J. Pennings. Makromol. Chem., 9, № 8, 1988, 589—94.
6. A. Nathan, S. Zalipsky, J. Kohn. Polymer Prepr., № 2, 1990, 213—214.
7. R. D. Katsarava, D. P. Kharadze, P. L. Toidze, T. N. Omiadze, N. N. Japaridze, M. K. Pirtskhalava. Acta Polymerica. 42, № 2/3, 1991, 95—99.
8. А. Л. Русанов. УХ, 59, № 9, 1990, 1492—1521.
9. Р. Д. Кацаравა. УХ, 60, № 7, 1991, 1419—1448.
10. R. Yamadera, M. Murano. J. Polymer Sci., P A—1, 5, № 9, 2 259—2268
11. С. М. Андреев, Н. В. Миронова, Ю. А. Давидович, С. В. Рогожин. Изв. АН СССР, сер. хим., № 8, 1978, 1789—1793.
36. „მოამბე“, ტ. 146, № 3, 1992

В. М. ВЕЦКО, В. Ш. ДЖАНДЖГАВА, З. Н. ХУРЦИЛАВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ТЕЧЕНИЯ ГАЗА  
 ПО НАСАДКЕ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. В. Цинцадзе 3.4.1992)

В настоящей работе исследован процесс течения газа по насадке с учетом неравномерности распределения потоков противотока жидкости по сечению колонны, что представляет большой интерес для изучения гидродинамических и массообменных процессов в насадочных колоннах.

Для решения гидродинамической задачи течения газа по насадке предварительно необходимо определение таких гидродинамических характеристик процесса, как гидродинамическое сопротивление (перепад давления на единицу длины), динамическая удерживающая способность и предельная пропускная способность эффективных насадок, что до сих пор решено только для случая равенства потоков жидкости и газа [1]. В нашем же случае необходимо решить аналогичную задачу при неравных потоках жидкости и газа, поступающих в элементы насадки. В качестве исходных параметров будут заданы только размеры элемента насадки и физико-химические свойства рабочих веществ. Отметим, что под предельной пропускной способностью в данной задаче следует подразумевать предельное значение потока жидкости при заданном потоке газа или предельное значение потока газа при заданном значении жидкости.

В результате решения гидродинамической задачи течения жидкости по насадке при наличии противотока газа получаем следующую систему для определения динамической удерживающей способности и гидродинамического сопротивления насадки при неравенстве потоков жидкости и газа:

$$\frac{\beta(\rho_l g - \psi_z) \varphi_d^3}{3\rho_l a_k^2} - \frac{\rho_g V_{ог}^2 \varphi_d^2 / \sigma}{16\rho_l a_k^2 \text{Re}_{dc}^2 (F_{fr} - \varphi_{st} - \varphi_d - \varphi_p)} = \frac{RV_{ог} \rho_g}{n_l a_k} \quad (1)$$

$$\psi_z = \frac{\rho_g V_{ог}^2 a_k \gamma_o}{8(F_{fr} - \varphi_{st} - \varphi_d - p)^2 \text{Re}_{dc}^2} \quad (2)$$

где  $R=L/G$  — коэффициент отношения потоков жидкости и газа;  $\rho_l$  и  $\rho_g$  — вязкость и плотность жидкости соответственно;  $\beta$  — среднестатистический наклон элемента насыпной насадки [1];  $\varphi_{st}$  — статическая удерживающая способность насадки;  $\varphi_d$  — динамическая удерживающая способность насадки;  $F_{fr}$  — удельная площадь свободного прохода сухой насадки;  $\varphi_p$  — сокращение удельной площади свободного

прохода за счет эффекта перекрытия;  $V_{ог}$  — скорость течения газа;  $\psi_2$  — перепад давления на единицу высоты колонны;  $a_R$  — удельная поверхность контакта фаз;  $\rho_g$  — плотность газа;  $n_g$  и  $n_l$  — молекулярная плотность газа и жидкости.

Эта система, описывающая пленочный режим течения жидкости, имеет физическое решение лишь в области значений потоков газа и жидкости, меньших некоторых критических значений, являющихся точкой инверсии фаз (для эффективных насадок она практически совпадает с точкой захлебывания). Заметим, что система уравнений (1) и (2) имеет посторонние корни, при этом приемлемыми являются наименьшие получаемые значения динамической удерживающей способности насадки.

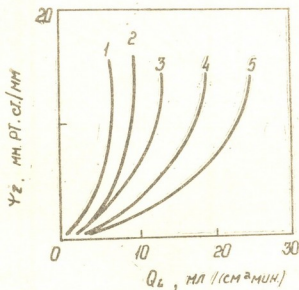


Рис. 1

Изложенные выше уравнения позволяют провести исследование гидродинамической картины течения жидкости и газа в эффективной насадке. Иллюстрацию возможности использования разработанного подхода проводим на примере низкотемпературной ректификации оксида углерода при давлении 600 мм рт. ст. В качестве насадки выбрана треугольная спирально-призматическая насадка, размером  $3,0 \times 3,0 \times 0,25$  мм.

Исследования зависимости гидродинамического сопротивления насадки  $\psi_2$  от плотности потоков жидкости и газа (рис. 1) показали, что в его величину существенный вклад вносит поток газа. Например, для плотности потока жидкости, равной 5 мл/(см<sup>2</sup>·мин) увеличение потока газа в 4 раза вызывает рост гидродинамического сопротивления насадки в 8 раз. С другой стороны, при постоянном потоке газа значительное изменение потока жидкости несущественно меняет перепад давления. Полученный результат физически объясняется тем, что в соответствии с классической гидродинамикой [2] в рассматриваемой нами области изменения потока жидкости перепад давления пропорционален квадрату скорости газа, а толщина пленки жидкости при этом меняется незначительно.

ვ. ვეტსკო, ბ. ჯანჯგავა, ზ. ხურცილავა

### წყობილობის ბაზის დინამის კანონზომიერებათა კვლევა

რეზიუმე

წარმოდგენილია წყობილობის ბაზის ნაკადის განაწილების მოდელი, რომელიც მოცემული სიბის განაწილების შემთხვევაში იძლევა ბაზის ნაკადების მნიშვნელობას წყობილის ყოველ ელემენტზე.

სიბის და ბაზის ნაკადების არატოლობის შემთხვევისათვის მოცემულია განტოლებათა სისტემა ძირითადი ჰიდროდინამიკური მახასიათებლების დასათვლელად.

### CHEMICAL TECHNOLOGY

V. VETSKO, B. JANJGAVA, Z. KHURTSILAVA

### INVESTIGATION OF THE REGULARITIES OF GAS FLOW IN THE PACKING

Summary

The model of the distribution of gas flow in the packing is presented, which, for the present value of the liquid distribution, gives the values of gas flows in each element of the packing.

For the case of unequal flows of the liquid and gas, a system of equations for calculation of main hydrodynamic characteristics are given.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. А. Каминский, Б. Ш. Джанджгава, Ю. К. Ледяков. ЖПХ, 11, 1984.
2. Л. Прандтль. Гидроаэродинамика. М., 1951.
3. В. М. Вецко, Б. Ш. Джанджгава, К. И. Сигуа, З. Н. Хурцилავა. Пространственная модель течения жидкости по насадке. Преприят ИФ Грузини, сентябрь, 1991.



ზ. სვანიძე

საქართველოს ზოგირითი მიწისძვრებსა წყლების ქიმიური შემადგენილობა და მიკროკოკონენენტთა შემცველობა

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ი. ბუაჩიძემ 28.4.1992)

საქართველოს მიწისქვეშა წყლები, რომლებიც დიდ როლს თამაშობენ რესპუბლიკის სახალხო მეურნეობაში, ბუნებრივია, ხასიათდებიან სხვადასხვა ფიზიკური თვისებებით და ქიმიური შემადგენლობით, იმის მიხედვით თუ რომელ წყალშემცველ ქანებთან ან კომპლექსებთან არიან ისინი დაკავშირებული პედროგოქიმიის რადიკალურ პრობლემებში, როგორცაა მიწისქვეშა წყლების გენეზისი. დიდი ყურადღება ეთმობა ამ წყლების შემადგენელი მიკროკომპონენტების მეცნიერულ ანალიზს და ექსპერიმენტის ფართოდ გამოყენებას გენეზისის საკითხის გადაწყვეტისას [1,2].

ჩვენ მიერ შესრულებული სამუშაო მიზნად ისახავს საქართველოს ზოგირითი ტიპის მიწისქვეშა წყლების ქიმიური შედგენილობის შესწავლას და მათში მიკროკომპონენტების რაოდენობრივი განაწილების საერთო კანონზომიერების დადგენას გაუქუყიანების ხარისხის ეფექტური კონტროლის მიზნით ჩვეულებრივ მიკროკომპონენტების განსაზღვრა ხდება ანალიზის პროგრესული მგრძობიარე მეთოდების გამოყენებით, როგორცაა მაგალითად, ატომურ-აბსორბციულ სპექტროსკოპული ანალიზი, რომელიც გამოყენებულ იქნა ჩვენს კონკრეტულ შემთხვევაშიც. იმასთან დაკავშირებით, რომ უმრავლეს ბუნებრივ წყლებში მიკროკომპონენტების კონცენტრაცია ძალზე მცირეა (10<sup>-2</sup>—10<sup>-5</sup>%) უშუალოდ ანალიზის ჩატარებამდე აუცილებელია წყლის სინჯების წინასწარი ხელოვნურად კონცენტრირება. საერთო ქიმიური შედგენილობა შესწავლილ იქნა ანალიზის კლასიკური მეთოდების გამოყენებით [3]. ხოლო მიკროკომპონენტების შემცველობა, როგორც აღვნიშნეთ, დადგენილ იქნა C—302 მარკის ატომურ-აბსორბციული სპექტროფოტომეტრის გამოყენებით. ეს უკანასკნელი უზრუნველყოფს განსაზღვრის მაღალ სიზუსტეს, როგორც აბსორბციის, ისე ემისიის რეჟიმში. სტანდარტული ხსნარების დამზადება ხდებოდა შესაბამისი ინსტრუქციების მიხედვით [4].

სამუშაოს პირველ ეტაპზე შესწავლილ იქნა ექვსი წყარო, რომლებიც განლაგებულია ლეჩხუმში — ცაგერის რაიონის ტერიტორიაზე. გარდა ტიპური ქიმიური ანალიზისა, რომელიც ითვალისწინებს ძირითადი იონების საერთო მინერალიზაციის წყალბადიონების მაჩვენებლის და სხვა პარამეტრების დადგენას, აღნიშნულ სინჯებში განსაზღვრულ იქნა შემდეგი მიკროკომპონენტები: კადმიუმი, თუთია, სპილენძი, ტყვია, რკინა, კობალტი, ნიკელი, მანგანუმი. როგორც ცნობილია, ეს ელემენტები გამოირჩევიან მენტალური ტოქსიკურობით და მათი არსებობა ან არარსებობა მიწისქვეშა წყლებში განსაზღვრავს ამ წყლების გამოყენების პირობებს სხვადასხვა მიზნებისათვის. სინჯების კონცენტრირება ხდებოდა აორთქლების მეთოდით [5]. საანალიზო მოცულობა შეადგენს 50

მლ-ს, ხოლო საწყისი მოცულობა 500 მლ-ს, ისე რომ კონცენტრირების ხარისხი ტოლია 10-ის. ანალიზის შედეგების გადათვლა ხდებოდა კონცენტრირების ხარისხის გათვალისწინებით. შესწავლილი სინჯების საერთო ქიმიური და მიკროკომპონენტების ანალიზის შედეგები ასახულია ქვემოთ მოყვანილ ცხრილში.

როგორც მონაცემებიდან ჩანს, პირველი სამი წყარო ხასიათდება საერთო მინერალიზაციის დაბალი ხარისხით (0,1—0,3 მ/ლ) და სულფატურ-ჰიდროკარბონატულ-ნატრიუმის შედგენილობით საერთოდ მინერალიზაციის შედარებით მომეტებული სიდიდეები გვაქვს № 4, 5 და 6 სინჯებში (0,8—3,5 მ/ლ), ამასთან ქიმიური შედგენილობა უცვლელი რჩება და მიეკუთვნება სულფატურ-ჰიდროკარბონატულ-ნატრიუმის-მაგნიუმის ტიპს. ამავე დროს უნდა აღინიშნოს, რომ № 5 წყარო ხასიათდება ლაყე კვარცხის მძაფრი სუნით, რაც მიგვანიშნებს მასში თავისუფალი გოგირდწყალბადის არსებობაზე.

იმასთან დაკავშირებით, რომ ძირითადად საქმე გვაქვს სულფიდური ტიპის წყლებთან, სავარაუდოა, რომ წყალშემცველ ქანებში არსებობს გაფანტული სახით სულფიდური მინერალები, რომელთა შორის რაოდენობრივად წამყვანი როლი უმეტესად ეკუთვნის პირიტს ( $\text{FeS}_2$ ). ქანისა და წყლის ხანგრძლივი ურთიერთქმედების პროცესში ადგილი აქვს ქანებში არსებული სულფიდური მინერალების დაჟანგვას, რის გამოც წყლების ანიონურ შედგენილობაში გაბატონებული მდგომარეობა უჭირავთ სულფატ-იონებს ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).

რაც შეეხება შესწავლილ ნიმუშებში ტოქსიკური მიკროელემენტების ფაქტობრივ შემცველობას, აუცილებელია ამ სიდიდეების დაპირისპირება საერთაშორისო სტანდარტებით მიღებულ ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებთან ე. წ. „ზღკ“-თან. ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების სიდიდეები ჩვენს მიერ განხილული ელემენტებისათვის შემდეგნაირია: კადმიუმი — 0,001 მგ/ლ; თუთია — 5,0 მგ/ლ; სპილენძი — 1,0 მგ/ლ; ტყვია — 0,03 მგ/ლ; რკინა — 1 მგ/ლ; კობალტი — 1,0 მგ/ლ; ნიკელი — 0,1 მგ/ლ; მანგანუმი 0,1 მგ/ლ [5,6]. მონაცემები ცხადყოფენ, რომ შესწავლილ სინჯებში მიკროელემენტები ძირითადად ზღვრულად დასაშვები ნორმის ფარგლებშია, მაგრამ უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ ზოგიერთ სინჯში ადგილი აქვს ტყვიისა და მანგანუმის რამდენიმე რიგის მომატებას, რაც მხედველობაში მისაღებია, ვინაიდან მრავალი მეცნიერის კვლევის შედეგად მტკიცდება, რომ ტყვია ადამიანის ორგანიზმში იწვევს ღვიძლის სიმსივნეს და სხვა კანცეროგენულ დაავადებას, ჰიდროცეფალის, ცენტრალური ნერვული სისტემის დაზიანებას, ნაყოფის რეზორბციას — მისი განვითარების შეჩერებას და საერთოდ ტოქსიკურად მოქმედებს ორგანიზმზე [7]. მანგანუმის ჰარბი რაოდენობით დაგროვება კი ადამიანის ორგანიზმში იწვევს სხვადასხვა სახის დაავადებებს, რაც განაპირობებს მის შეტანას საერთაშორისო სტანდარტებით მიღებულ ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებში [5].

ზემოთ მოყვანილი საველე და ანალიტიკური ფაქტობრივი მასალის ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ლეჩხუმის მიწისქვეშა წყლების ჩვენს მიერ შესწავლილ სინჯებში ტოქსიკური მიკროელემენტების შემცველობა, უმეტეს შემთხვევაში, ნაკლებია ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციაზე, რომელთა სიდიდეები გათვალისწინებულია საერთაშორისო სტანდარტებით. აქედან გამომდინარე, აღნიშნული წყლები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სამკურნალო მიზნებისათვის, როგორც აბაზანის სახით, ასევე სასმელად. გამოწაკლის შედეგად № 6 და № 4 წყაროები, რომლებშიც ტყვიისა და მანგანუმის შემცვე-



ცხრილი 1

სამუშაოს ნომერი	წყაროს ტიპი	pH	მაკროელემენტების შემცველობა, მგ/ლ								ძირითადი იონების შემცველობა, მგ. ეკვ.						კლარნივის ფორმულა
			Cd	Zn	Cu	Pb	Fe	CO	Mn	Ni	Na+K	Ca	Mg	Cl	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
1	წყარო	6,3	—	0,97	0,01	—	0,48	—	0,095	0,12	3,017	0,2	0,4	0,197	1,4	2,02	$M_{3,3} \frac{SO_4 56 HCO_3 39}{(Na+k) 83 Mg 11}$
2	წყარო	5,0	—	0,35	0,027	—	—	—	0,21	—	1,222	0,2	0,094	0,197	—	1,625	$M_{0,1} \frac{SO_4 89 Cl 11}{(Na+k) 67 Mg 22 Ca 11}$
3	წყარო	6,2	—	0,12	0,014	—	0,84	—	0,72	—	2,177	1,0	1,2	0,197	1,2	2,08	$M_{0,1} \frac{SO_4 57 HCO_3 29 Cl 14}{(Na+k) 64 Mg 22 Ca 11}$
4	წყარო	6,0	—	0,5	0,014	0,13	0,014	—	0,27	—	0,887	0,2	0,3	0,197	0,4	0,79	$M_{1,14} \frac{SO_4 60 HCO_3 34}{(Na+k) 63 Ca 29}$
5	წყარო	7,5	0,009	—	0,006	0,007	0,3	—	—	—	48,11	1,1	0,4	2,19	1,8	45,42	$M_{3,3} \frac{SO_4 92}{(Na+k) 97}$
6	წყარო	6,4	—	0,32	0,021	0,24	0,19	—	0,94	—	1,487	0,5	0,7	0,197	0,2	2,29	$M_{1,12} \frac{SO_4 85}{(Na+k) 55 Mg 26 Ca 19}$

ლობა საგრძნობლად აღემატება ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების სი-  
 ღიდებებს. ეს გარემოება ქმნის გარკვეულ საშიშროებას ამ წყლების სასმელად  
 გამოყენების თვალსაზრისით, რაც გათვალისწინებულს უნდა იქნეს თუკი წა-  
 მოჭრება საკითხი მათი დაკაბტაუებისა და სამკურნალო მიზნებით გამოყენე-  
 ბისათვის.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

(შემოვიდა 18.5.1992)

ГИДРОГЕОЛОГИЯ

З. С. СВАНИДЗЕ

УСТАНОВЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И СОДЕРЖАНИЯ  
 МИКРОКОМПОНЕНТОВ В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ ГРУЗИИ

Резюме

Изучены химический состав некоторых типов подземных вод  
 Грузии и количественное распределение в них микрокомпонентов с  
 целью эффективного контроля качества их загрязнения.

HYDROGEOLOGY

Z. SVANIDZE

SOME DATA ABOUT CHEMICAL COMPOSITION AND  
 MICROCOMPONENTS OF UNDERGROUND WATERS IN GEORGIA

Summary

Chemical composition of some underground waters and distribution of  
 toxic microcomponents in those waters are studied with the aim of the  
 effective control of the degree of pollution.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. С. С. Чихелидзе. Минеральные воды. Природные ресурсы СССР, т. III. М., 1961.
2. У. И. Звиаддзе. Сообщения АН СССР, 95, № 3, 1979, 649.
3. А. А. Резников, Б. П. Муликовская, И. Ю. Соколов. Методы анализа природных вод. М., 1970.
4. П. П. Коростелев. Приготовление растворов для химико-аналитических работ. М., 1964.
5. Е. Н. Дорохова, Г. В. Прохорова. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа. М., 1991.
6. М. Т. Дмитров, Н. И. Казина, И. А. Пингина. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде. М., 1989.
7. Дж. В. Мур, С. Рамамурты. Тяжелые металлы в природных водах. М., 1987.

А. М. ГАВАШЕЛИ

## О ПРОДУКТАХ ВУЛКАНИЗМА ФИЛИЗЧАЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

(Представлено академиком Г. А. Твалчрелидзе 17.10.1991)

Геологическое положение Филлизчайского колчедан-полиметаллического месторождения освещено в геологической литературе достаточно детально — исследованы геологическое строение, вещественный состав руд, генезис оруденения. Однако вулканические породы рудного поля пока изучены слабо.

При проведении геологических работ летом 1977 и 1989 гг. в районе Филлизчайского месторождения были обнаружены (по р. Каробчай, у ликвидированной скважины 56, в 120—130 м к СЗ от слияния рр. Филлизчай и Каробчай) глыбы и валуны подушечных лав и брекчий, видимо, принадлежащие Филлизчайскому рудному полю. Глыбы подушечной лавы размером до  $2 \times 4,5$  м сложены субэллипсоидальными, субсферическими, валикоподобными, матрацевидными и неправильными подушечными образованиями, сцементированными силицитами и кремнистыми сланцами. Местами подушечные формы мало заметны, что, возможно, объясняется начальной стадией подушкообразования. Размер подушек по длинной оси меняется от 35 до 85 см. Брекчии сложены остроугольными, более или менее изометричными пирокластическими обломками ( $d$  1—12 см), сцементированным несложным уплотненным глинистым сланцем, не отличающимся петрографически от глинистых сланцев подрудных, рудных и надрудных горизонтов рассматриваемого месторождения [1]. Кстати, отметим, что при изучении стратиформных месторождений Большого Кавказа (Филлизнайское, Кацдагское, Кизилдерейское, Катехское, Адангейское и большое число стратиформных рудопроявлений серного колчедана, обнаруженных автором [2] в Абхазии) установлено, что вмещающие их породы петрохимически отвечают пелитовой фракции нижнеюрских (включая и аален) сланцевопесчанистых отложений Южного склона Большого Кавказа [3].

Вулканические породы представлены спилитами, состоящими из тонкопризматических, вилчатых, вариоло- и снопоподобных кристаллов плагиоклаза (Ап 0—12%), призматических и щетковидных зерен пироксена (СNg 40—45°) и буроватого вулканического стекла, перешедшего в хлорит. Вулканическое стекло, а иногда минералы содержат точечные включения рудного минерала (гематита и магнетита). Помимо этого, в вулканическом стекле содержатся гломерокристаллические скопления кальцита, эпидота, цоизита, кварца и пренита. По плагиоклазу иногда образуются серицит, пелитовое вещество и хлорит. По пироксенам образуется рудная пыль.

Краевые корки закалки подушек мощностью 1—3 см и ряд пирокластических обломков, глыб брекчий представлены витрофиритами, состоящими из хлоритизированного вулканического стекла, включающего рудный минерал (магнетит и гематит), и из тонких кристалликов кислого плагиоклаза, занимающего 0,5—2% объема породы. Изредка встречается эпидот, цоизит и кальцит. Структура породы интер-

Таблица 1

№ проб.	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	S общ.	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O+	г. л. п. л.
1	51,80	0,62	12,92	1,01	6,89	0,18	10,57	7,81	4,00	0,10	0,03	0,19	0,53	0,18	0,67	2,89
2	48,26	0,52	12,00	0,78	5,95	0,14	8,72	12,51	3,60	0,15	0,05	0,24	0,43	0,22	0,78	5,86
3	56,67	0,62	14,45	1,17	6,46	0,14	9,83	8,60	3,10	0,10	0,03	0,41	0,63	0,03	1,40	1,40
4	47,74	0,55	17,51	1,51	8,61	0,21	12,53	7,81	2,10	0,10	0,03	0,14	0,34	0,26	1,24	3,38
5	49,05	1,11	16,93	5,51	5,58	0,2	4,98	7,06	4,33	0,72	0,40	—	—	3,84	—	—
6	46,01	2,21	15,21	1,95	8,69	0,33	4,18	8,64	4,97	0,34	0,61	—	2,48	0,02	—	—
7	51,22	3,32	13,66	2,84	9,20	0,25	4,55	6,89	4,93	0,75	0,29	—	1,88	0,15	—	—
8	73,50	0,55	1,39	3,55	4,98	0,18	2,24	3,24	4,80	0,50	0,16	0,95	3,74	0,29	0,61	3,26

1—7—сланцы: 1—3—из подушечной лавы, 4—из брекчи, 5—по Соловьеву, 6—по Уэльсу, 7—по Свиднусу; 8—сланцы—цемент подушечной лавы (аналитик Н. Джабуа).

Таблица 2

№	Ni	Co	Zn	Cu	Pb	Sn	Mo	V	Cr	Zr	Bi	Sb	Sc	Se
1	0,006	0,003	0,06	0,01	0,0008	0,0005	0,0005	0,0008	0,0008	0,007	0,0003	0,0007	0,0003	не обн.
2	0,005	0,0025	0,002	0,0045	0,0008	0,0005	0,0001	0,007	0,008	0,004	0,0003	0,006	0,0004	0,004
3	0,005	0,003	0,0035	0,003	0,004	0,006	0,0002	0,002	0,001	0,004	0,0003	0,008	0,004	не обн.
4	0,005	0,0025	0,01	0,008	0,004	0,0006	0,0001	0,008	0,009	0,004	0,002	0,0080	0,0040	— " —
5	0,0008	0,0005	0,04	0,08	0,1	0,0015	0,0005	0,004	0,007	0,008	0,0008	0,003	0,0003	— " —
6	0,0005	0,025	0,01	0,01	0,01	0,0035	0,008	0,003	0,008	и тд	0,005	0,015	0,0001	— " —
7	0,003	0,042	0,03	0,007	0,04	0,0008	0,0001	0,006	0,0001	0,007	0,0005	0,004	0,0003	— " —
8	0,003	0,0002	0,03	0,0007	0,04	0,0008	0,0001	0,0060	0,0001	0,0070	0,0005	0,007	0,0002	— " —

1—4—сланцы: 1—центральная часть подушки, 2—промежуточная зона той же подушки, 3—внешняя корка подушки, 4—пирокластический обломок; 5 и 6—сланцы, 7—кремнистые сланцы, 8—глинистый сланец—цемент брекчи.



сертальная, пучко-, снопо- и вариолоподобная, иногда гиаловитовая, текстура массивная.

Силициты межподошечных пространств представляют собой кремнеподобные образования, напоминающие пелитоморфные известняки. Они состоят из криптозернистого кварца (90%), хлорита и шестоватых кристалликов апатита. Кремнистые сланцы по внешнему виду плотные, серого и пепельно-серого цвета породы, состоящие из криптозернистого кварца, редко хлорита и из гидрослюдисто-хлоритовой массы, приуроченной к межзерновым пространствам кварца. В последних включены кристаллики апатита.

Петрохимически вулканические породы Филизчайского рудного поля схожи со спилитами С. П. Соловьева, Дж. Уэльса и Д. Синдиуса [4] (табл. 1) с той лишь разницей, что содержание титана, суммарного железа ( $Fe_2O_3 + FeO$ ), марганца, калия и фосфора в изученных породах занижено по сравнению со среднемировым спилитом. Однако в последних содержание титана, алюминия и серы несколько выше, чем в изученных спилитах. В этих спилитах бросается в глаза повышенное содержание магния. По этому признаку данные породы занимают положение, близкое к пироксенитам Р. Дели. Спилиты Филизчайского рудного поля по содержанию  $MgO$  схожи с подошечными лавами базальтоидов дна Красного моря (под рудными рассолами) и резко отличаются от ряда среднемировых спилитов.

Силициты проявляют сходство (табл. 1, пр. 8) с кремнистыми породами [5]. По содержанию и набору малых элементов (табл. 2) описание породы занимает положение, близкое к среднекислым изверженным породам по А. П. Виноградову [6], а силициты и кремнистые сланцы — к глинистым сланцам, с той лишь разницей, что в последних изредка наблюдается повышенное содержание марганца (до 1,5%), меди (до 0,1%), цинка (до 0,06%), кобальта (до 0,02%), свинца (до 0,01%) и никеля (до 0,03%).

Особняком стоят кремнистые включения, наблюдаемые в рудах Филизчайского месторождения, которые по петрологическим особенностям не отличаются от силицитов межподошечных пространств [3]. В виду того, что в мировом масштабе преобладающее количество силицитов приурочено к спилитам [5, 7—9], а также принимая во внимание наличие силицитов и яшм в рудах Худесса, Урупа, Филизчая и многих других месторождений, мы полагаем, что рудообразование и становление силицитов связаны со спилитами.

ПО «Грузгеология»

(Поступило 24.10.1991)

გეოლოგია

ა. გავაშელი

ფილიზჩაის საბადოს ვულკანიზმის პრობლემები

რეზიუმე

მოცემულია, აღნიშნული საბადოს რაიონში ნაპოვნი ბალიშა ლავებისა და ბრექჩიების პეტროლოგიური აღწერა, რომლებიც წარმოდგენილია ნაყარით და პეტროგრაფიულად უპასუხებენ სპილიტებს.

A. GAVASHELI

## VOLCANIC FORMATIONS OF PHYLIZCHAI DEPOSIT

## Summary

A geology-petrographic characteristic of mentioned formations are presented.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. М. Гавашели. Сообщения АН ГССР, 85, № 1, 1977.
2. А. М. Гавашели. Сообщения АН ГССР, 94, № 1, 1979.
3. А. М. Гавашели. Сообщения АН ГССР, 84, № 2, 1978.
4. С. П. Соловьев. Химизм магматических пород и вопросы петрохимии. Л., 1970.
5. И. В. Хворова. Кремненакопление в геосинклинальных областях прошлого. М., 1968.
6. А. П. Виноградов. Геохимия, № 7, 1962.
7. Г. С. Дзоценидзе. Роль вулканизма в образовании осадочных пород и руд. М., 1969.
8. Г. С. Дзоценидзе, И. В. Хворова. Проблемы вулканогенно-осадочного рудогенеза. М., 1974.
9. Д. Г. Челидзе. ДАН АН СССР, т. 237, № 2, 1977.

მ. მახარაძე, პ. მალლაკელიძე

დიდი განივკვეთის გვირაბების რთულ პირობებში  
მშენებლობის საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიოსმა მ. ხენგიამ 30.03.1992)

რთულ გეომექანიკურ პირობებში დიდი განივკვეთის გვირაბების მშენებლობისას, როდესაც ქანების სიმაგრის კოეფიციენტი პროფ. მ. პროტოდიაკონოვის მიხედვით არ აღემატება  $f=1-2$ , ძირითადი სახის სამაგრად იყენებენ რკინაბეტონის კონსტრუქციას, რომელიც შედგება ორტესებრი პროფილის ლითონის თაღოვანი ჩარჩოებისა და მონოლითური ბეტონისაგან. მიუხედავად კონსტრუქციის დიდი სიხისტისა და სიმტკიცისა, ქანების ინტენსიურ რეოლოგიური პროცესების შედეგად, ხშირად სამაგრი მთლიანად დეფორმირდება, რაც ართულებს გვირაბების აღდგენისა და შენახვის პირობებს. ასეთ შემთხვევებში გვირაბების მდგრადობის უზრუნველყოფა ძირითადად ემყარება გარემოს რეოლოგიური პროცესების სტაბილიზაციას, რომლის მართვისათვის კვლევები ჩატარებულ იქნა ჩვენს მიერ უნივერსიტეტის დიდი განივკვეთის ნაგებობების, კერძოდ წყალსარიანი გვირაბების მშენებლობაზე.

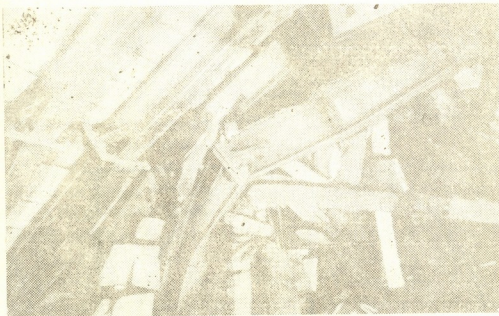
წყალსარიანი გვირაბის მუდმივი სამაგრის ლითონის თაღოვანი ჩარჩოების არმატურა ასრულებს დროებითი სამაგრის ფუნქციასაც და ამოიყვანება სანგრევის წინ წაწევასთან ერთად.

ლითონის თაღების დაბეტონება ხორციელდება სანგრევიდან გარკვეულ მანძილს დაშორებით, რომლის სიდიდე დამოკიდებულია ქანების რეოლოგიურ თვისებებზე და გვირაბის გაყვანის ტექნოლოგიაზე. რთულ უბნებზე წყალსარიანი გვირაბის გაყვანას ახდენენ საფეხურისებური სანგრევით. ზედა საფეხურის, ანუ თაღოვანი სანგრევის 25—30 მ-ით წინსწრებით, რომელიც მაგრდებოდა № 26 ორტესებრი პროფილის თაღოვანი ჩარჩოებით (ყოველ გრძივ მეტრზე ამოყავდათ 1,7 ჩარჩო). ინტენსიური რეოლოგიური პროცესების შედეგად გვირაბის თაღოვანი უბანი მთლიანად დეფორმირდებოდა (ნახ. 1) კონსტრუქციის მიერ მზიდუნარიანობის დაკარგვის შედეგად ჩნდებოდა ჩამოქცევის თაღები და სიცარიელები ზედა საფეხურის ქერში. დეფორმირებული ჩარჩოების მოხსნით, ქვედა საფეხურის დამუშავებით და ახალი ლითონის თაღოვანი ჩარჩოების ამოყვანით ხორციელდებოდა გვირაბის საპროექტო განივკვეთამდე გაფართოება. ამ დროისათვის ქანების გადანაცვლების ინტენსივობა არ აღემატებოდა 100 მმ, მაგრამ უსაფრთხო არ იყო გაუმარჯებელი ბეტონისათვის, რადგანაც შესაძლოა ემოქმედა ბეტონის ქვის შექმნის პროცესზე და გამოეწვია სამაგრის კონსტრუქციის დარღვევა. ჩვენი დაკვირვებებით, რეოლოგიური პროცესების ჩაქრობას ადგილი ქონდა 15—20 მეტრის მანძილზე გვირაბის ქვედა საფეხურის სანგრევიდან, რაც მიღებულ იქნა ბეტონის ამოყვანის ოპტიმალურ ინტერვალად.

როგორც დაინახეთ, დიდი კვეთის გვირაბების მშენებლობის აღწერილი ტექნოლოგია ხელს უწყობს საგულისხმო სიდიდის სიცარიელების გაჩენას გვი-



რების ჭერში, იწვევს დეფიციტური ლითონის დიდ დანაკარგებს და ამცირებს გვირაბის მშენებლობის ტემპებს 10—15 მეტრამდე თვეში. გარდა ამისა, გვირაბის ჭერში წარმოქმნილი ჩამოქცევის თაღები და სიცარიედეები მომავალში შეიძლება იქცეს დინამიური მოვლენებისა და რეოლოგიური პროცესების განახლების მიზეზად, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს გვირაბის ნაწილობრივი ან მთლიანი დანგრევა მისი ექსპლუატაციის დროს, რაც ყოველად დაუშვებელია.



ნახ. 1

ამ უარყოფითი მოვლენების მოსპობის და გვირაბის გაყვანის ტემპების გადიდების მიზნით, ჩვენს მიერ შემუშავდა დიდი განიკვეთის გვირაბების მშენებლობის ტექნოლოგია განმტვირთავი მცირე კვეთის გვირაბის გამოყენებით, რომლის სანგრევის წინსწრება 40—50 მეტრით განისაზღვრება, რაც საკმარისია რეოლოგიური პროცესების სტაბილიზაციისათვის და არადრეკადო არის გაჩენისათვის.

ჩატარებული კვლევებით დადგინდა, რომ რეოლოგიური პროცესების სტაბილიზაციისათვის და ძირითადი გვირაბის კონტურზე ქანის გადანაცვლებათა შეწყვეტისათვის სრულიად საკმარისია განმტვირთავი გვირაბის განიკვეთი არ აღემატებოდეს ძირითადი ნაგებობის განიკვეთის ფართობის 25%-ს და გაყვანილ იქნეს მისი იატაკის დონეზე. აქედან გამომდინარე, წყალსარიანი გვირაბის განიკვეთის 7×7 მეტრზე მიხედვით განმტვირთავი გვირაბის ზომები არ უნდა აღემატებოდეს 3,5×3,5 მეტრზე სიდიდეს.

განმტვირთავი გვირაბის სამაგრის ზიდვის უნარიანობას, ანუ რეაქციას დაეადგენთ შემდეგნაირად:

1. გამოვითვლით ძირითადი გვირაბის ლითონის თაღოვანი სამაგრის სიმტკიცის ზღვარს, ანუ მრღვევი მღუნაევი მომენტის მნიშვნელობას და განვსაზღვრავთ შესაბამისი დატვირთვების ინტენსივობებს;
2. ძირითადი გვირაბის ჭერში ჩამოქცევის თაღის გაჩენის შემთხვევაში, ვსაზღვრავთ სამაგრზე მოქმედი შესაძლო დატვირთვების სიდიდეებს;
3. ამ გაანგარიშებებით მიღებულ მაქსიმალური დატვირთვების მიხედვით, ვანგარიშობთ განმტვირთავი გვირაბის სამაგრის ორსახსრიან სისტემას და ვადგენთ საჭირო წინააღობის მომენტს სამაგრისათვის;



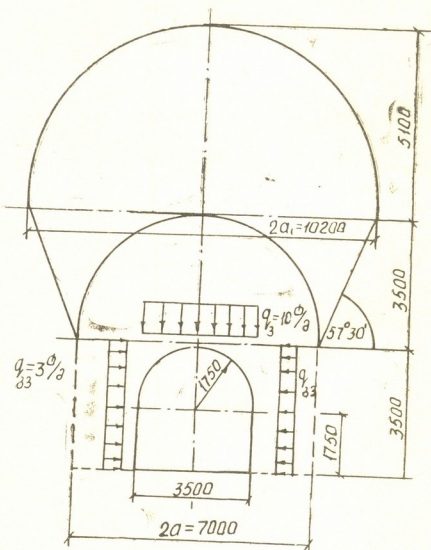


4. განმტვირთავი გვირაბის ჭერში წონასწორობის თაღის შექმნის შემთხვევისათვის ვსაზღვრავთ საანგარიშო დატვირთვებს და ვადგენთ განმტვირთავი გვირაბის სამაგრის ზიდვის უნარიანობას, ანუ საჭირო წინაღობის მომენტს.

ძირითადი გვირაბის ლითონის თაღოვანი სამაგრის სიმტკიცის ზღვარი ანუ მრღვევი მღუნავი მომენტი, № 26 ორტესებრი პროფილსათვის, მიიღებ მნიშვნელობას:

$$M_{მრღ.} = m \cdot \sigma_{\text{ღ}} \cdot W_x \cdot n = 1,1 \cdot 3000 \cdot 346 \cdot 1,7 = 19,4 \text{ ტ მ.}$$

სადაც  $m = 1,1$  არის კონსტრუქციის მუშაობის პირობების კოეფიციენტი,  $\sigma_{\text{ღ}} = 3000$  კგ/სმ<sup>2</sup> — ფოლადის დენადობის ზღვარი;  $W_x = 346$  სმ<sup>3</sup> — № 26 ორტესებრი პროფილის წინაღობის მომენტი;  $n = 1,7$  — ლითონის თაღოვანი ჩაჩხოების რაოდენობა გვირაბის გრძივ მეტრზე.



ნახ. 2

თუ დაეუშვებთ, რომ ძირითადი გვირაბის თაღოვანი ნაწილის მოხაზულობა წრიულია მაშინ ცნობილი ფორმულის

$$M_{მრღ.} = 0,25 r^2 (q_a - q_{\text{გა}})$$

გამოყენებით და მასში შესაბამისი სიდიდეების  $r = 3,5$  მ,  $M_{მრღ.} = 19,4$  ტ მ

$q_{33}=(0,3-0,4) q_3$  ჩასმით მივიღებთ გვირაბის გრძივ მეტრზე მოქმედ მრღვევი დატვირთვის ინტენსივობებს;

$$q_3=9 \text{ ტ/მ}, \quad q_{33}=2,7 \text{ ტ/მ};$$

სადაც  $z=3,5$  არის ძირითადი გვირაბის თალის რადიუსი (ნახ. 2),  $q_3=9 \text{ ტ/მ}$ -მრღვევი დატვირთვის ვერტიკალური ინტენსივობა;  $q_{33}=2,7 \text{ ტ/მ}$ -მრღვევი დატვირთვის თარაზული ინტენსივობა;  $q_{33}=(0,3-0,4) q_3$ -ინტენსივობათა თანფარდობა ხელუხლებელი მასივის დაძაბულობის ჰიპოთეზის მიხედვით.

ჩამოქცევის თალის შემთხვევისათვის ვიხილავთ  $f=1$  სიმაგრისა და  $\nu=2 \text{ ტ/მ}^3$  მოცულობითი წონის ქანებს და ვადგენთ წონასწორობის თალის პარამეტრებს (ნახ. 2):  $2a_1=10,2 \text{ მ}$ ,  $b=5,1 \text{ მ}$ ; ვანგარიშობთ ძირითადი გვირაბის სიმაგრეზე მოქმედ დატვირთვის  $Q=2a \cdot \nu \cdot b=72 \cdot 5,1 \cdot 71,4 \text{ ტ}$  და შესაბამის ინტენსივობებს:  $q_3=10 \text{ ტ/მ}$ ,  $q_{33}=3 \text{ ტ/მ}$ .

მაშასადამე, განმტვირთავი გვირაბის სიმაგრის განგარიშებისათვის ვირჩევთ ნახ. 2-ით გათვალისწინებულ საანგარიშო სქემას, ანუ ჩამოქცევის თალით მიღებული დატვირთვის შესაბამის ინტენსივობებს და ვადგენთ სიმაგრის კონსტრუქციაში მოქმედ ძალებს მაქსიმალური მღუნავი მომენტი  $M_{\max}=6,9 \text{ ტ მ}$ . ვსაზღვრავთ სიმაგრისათვის საჭირო წინაღობის მომენტს  $W_x=261 \text{ სმ}^3$  და ვირჩევთ № 18 ორტესებრ პროფილს პარამეტრებით:  $W_x=143 \text{ სმ}^3$ ,  $G=18,4 \text{ კგ}$ . განმტვირთავი გვირაბის ყოველ გრძივ მეტრზე ორი ჩარჩოს ამოყვანა უზრუნველყოფს სიმაგრის სიმტკიცეს, რადგანაც ჯამური წინაღობის მომენტი ( $2 \times 143 \approx 286 \text{ სმ}^3$ ) აღემატება ანგარიშით მიღებულ სიდიდეს.

ლითონის ხარჯი განმტვირთავი გვირაბის გაშოშვლების ყოველ კვადრატულ მეტრზე შეადგენს  $G=2 \cdot 18,4=36,8 \text{ კგ-ს}$ , ხოლო ყოველ გრძივ მეტრზე —  $9 \times 36,8=330 \text{ კგ-ს}$ . თაღვანი სიმაგრის კონსტრუქცია ამ პარამეტრებითა და ზიდვისუნარიანობით უზრუნველყოფს რეოლოგიური პროცესების ჩაქრობას ხანგრძლივი დროის შემდეგ, ჩამოქცევის თალის გაჩენის გარეშე.

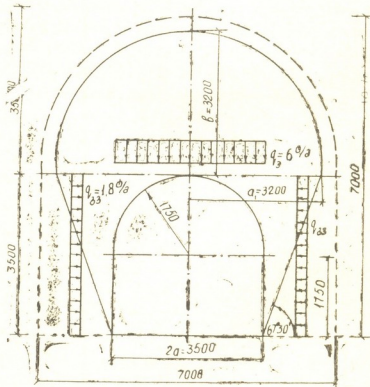
როგორც ცნობილია, არადრეკადი დეფორმაციების განვითარება და შემდგომი სტაბილიზაცია ჩქარდება ბუნებრივი წონასწორობის თალის წარმოქმნის შემთხვევაში. ვითვალისწინებთ რა განმტვირთავი გვირაბის ჭერში თალის გაჩენის შესაძლებლობას (ნახ. 3), ვადგენთ საანგარიშო დატვირთვის  $Q=22,4 \text{ ტ}$  პარამეტრებით:

$$q_3=6 \text{ ტ/მ და } q_{33}=1,8 \text{ ტ/მ};$$

საანგარიშო სქემის მიხედვით (ნახ. 3), ვადგენთ ორსახსრიან თაღვან სისტემაში მოქმედ ძალებს, ხოლო მაქსიმალური მღუნავი მომენტი  $M_{\max}=3 \text{ ტ მ}$ . ვირჩევთ საჭირო წინაღობის მომენტს  $W_x=114 \text{ სმ}^3$  და № 16 ორტესებრ პროფილს პარამეტრებით:  $W_x=109 \text{ სმ}^3$ ,  $G=15,9 \text{ კგ}$ .

განმტვირთავი გვირაბის ყოველ მეტრზე ვითვალისწინებთ 1,25 ჩარჩოს  $W_x=1,25 \times 109=136 \text{ სმ}^3$  წინაღობის მომენტით, რაც აღემატება ანგარიშით შერჩეულს. გვირაბის გრძივ მეტრზე ლითონის ხარჯი არ აღემატება  $9 \times 1,25 \times 15,9=180 \text{ კგ-ს}$ . რაც თითქმის ორჯერ მცირეა კონსტრუქციაზე, რომელიც გამოირიცხავს თალის წარმოქმნის შესაძლებლობას. ამ ოპტიმალურ პარამეტრებზე.

ბზე დაყრდნობით ჩვენს მიერ შემუშავდა ლითონის თალოვანი დამთმობი სამაგრი, რომელიც შედგება № 16 ორტესებრი პროფილისაგან დამზადებული ორი ნახევართალისაგან დამთმობი კვანძებით (ნახ. 4). სამაგრის ამოყვანისას ნახევართალების ერთმანეთთან დაკავშირება ხდება ზესადებებითა და ჰანჭიკებით. დამთმობის კვანძი შედგება შევლერის პროფილის ორი მონაკვეთისაგან, რომლებიც ერთი ბოლოთი მიდრეკილი არიან ნახევართალის თაროებზე, ხოლო მეორე ბოლოთი უკავშირდებიან სამაგრის ფეხებს ცალულების საშუალებით, კვანძის დამთმობის ხარისხი 300—350 მმ, რომელიც სავსებითსაკმარისია ბუნებრივი წონასწორობის თალის ჩამოყალიბებისათვის წყალსარინა გვირაბის კონტურის შიგნით და არადრეკადი დეფორმაციების არის სტაბილიზაციისათვის. დამთმობი თალოვანი სამაგრის ჩარჩოები ამოიყვანება გვირაბის ყოველ 0,8 მეტრზე და ურთიერთშორის გაიბრჭინება № 10 შევლერის პროფილის მონაკვეთებით. სამაგრი წარმოადგენს ინვენტარულ კონსტრუქციას განმტვირთავ გვირაბის მუდმივი წინსწრების შენარჩუნებისათვის.



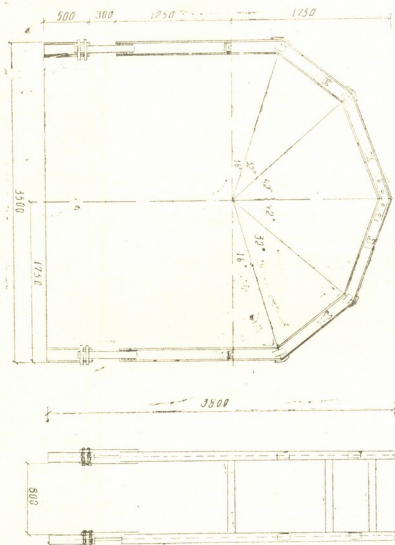
ნახ. 3

ჩატარებული კვლევებისა და მიღებული შედეგების საფუძველზე შესაძლებელია დავასკვნათ შემდეგი:

1. განმტვირთავი გვირაბი, რომლის განივკვეთი არ უნდა აღემატებოდეს ძირითადი გვირაბის განივკვეთის 25%-ს და მისი სანგრევის წინსწრება 40—50 მეტრს, საჭიროა გაყვანილ იქნეს მშენებარე ნაგებობის იატაკის დონეზე, რაც უზრუნველყოფს ბუნებრივი წონასწორობის თალის წარმოქმნას და აჩქარებს რეოლოგიური პროცესების სტაბილიზაციას;

2. განმტვირთავი გვირაბის გამოყენებით ორჯერ და მეტად იზრდება დიდი განივკვეთის გვირაბის მშენებლობის ტემპები და აღწევს 30—40 მეტრს თვეში;

3. განმტვირთავი გვირაბის სამაგრის ოპტიმალურ ვარიანტად უნდა ჩაითვალოს ინვენტარული თაღოვანი-დამთმობი სამაგრი (ნახ. 4), რომელიც დამუშავდა ძირითადი გვირაბის კონტურს შიგნით ბუნებრივი წონასწორობის თაღის ჩამოყალიბებისათვის.



ნახ. 4

ამ სამაგრის გამოყენებით ყინვალპესის წყალსარიანი გვირაბის მშენებლობის ტექნოლოგიის გაუმჯობესებამ 0,6 ტონა ლითონი დაზოგა გვირაბის ყოველ გრძელ მეტრზე, ხოლო ლითონის წლიურმა ეკონომიამ მაღალწია  $0,6 \times 30 \times 12 = 216$  ტონას, რომლის ღირებულება თანამედროვე ფასებით უზომოდ დიდ სახსრებთან არის დაკავშირებული.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი.

М. Н. МАХАРАДЗЕ, П. О. МАГЛАКЕЛИДZE

## К ВОПРОСУ СООРУЖЕНИЯ ТОННЕЛЕЙ БОЛЬШОГО СЕЧЕНИЯ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ

### Резюме

Основным видом крепи тоннелей, сооружаемых в сложных геомеханических условиях, является железобетонная крепь, состоящая из жестких арочных рам двутаврового профиля и монолитного бетона.

Вследствие интенсивного реологического процесса жесткие арочные рамы до бетонирования деформируются, что ведет к потере около 0,6 т двутавра на каждый метр выработки и снижает темпы строительства тоннеля до 10—15 м в месяц.

В работе предлагается проведение разгружающей выработки с небольшим сечением и постоянным опережением на 40—50 м, чего вполне достаточно для стабилизации реологических процессов и образования зоны неупругих деформаций.

С применением разгружающей выработки улучшается технология строительства тоннеля и в 2—3 раза увеличиваются темпы ее прохождения.

STRUCTURAL MECHANICS

M. MAKHARADZE, P. MAGLAKELIDZE

## ON THE PROBLEM OF LARGE CROSS-SECTION TUNNEL CONSTRUCTION IN SEVERE CONDITIONS

### Summary

The basic type of tunnel support constructed in severe geomechanical conditions is a reinforced concrete support consisting of I-profile rigid arch frame and cast-in-situ concrete.

Because of intensive rheological processes, rigid arch frames are deformed before concreting, which leads to the loss of about 0.6 t of I-beam per metre of heading and decreases tunnel building rate to 10—15 m per month.

Here we propose to drive a small cross-section discharge heading with permanent advance of 40—50 metres which will be quite enough for stabilization of rheological processes and formation of non-elastic deformation zones.

Use of discharge heading improves the technology of tunnel building and increases its driving rate two or three times.

МАШИНОВЕДЕНИЕ

Р. С. ТУРМАНИДЗЕ, ЦЗЭН ЧЖУН, С. Ш. ДАДУНАШВИЛИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОСКОГО НАПРЯЖЕННО-  
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В СПИРАЛЬНОМ  
СВЕРЛЕ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

(Представлено академиком М. В. Хвингия 20.4.1992)

Обеспечение максимальной прочности и жесткости сверла при свободном отводе стружки из зоны резания является актуальной задачей в области проектирования режущего инструмента и обработки материалов резанием. Эта проблема особенно ощутима при оптимизации конструктивно-геометрических параметров малоразмерных твердосплавных спиральных сверл. Для ее успешного решения необходима точная оценка напряженно-деформированного состояния (НДС) в теле спирального сверла.

В настоящее время одним из наиболее эффективных численных методов для расчета НДС упругих систем сложной формы является метод конечных элементов (МКЭ) [1].

Спиральное сверло представляет собой стержень переменной жесткости, работающий на кручение и сжатие. В виду того что зоны поломки сверл в основном находятся далеко от режущих кромок, характер местного распределения напряжений в режущей части не является основной причиной разрушения сверла. Как показывают исследования [2], с достаточной для практики точностью НДС, возникающее в теле сверла, может быть аппроксимировано плоским напряженным состоянием в поперечном сечении сверла от распределенной нагрузки, прикладываемой к режущей кромке.

Ввиду симметричности формы сечения рассматривается только половина сечения сверла. При составлении расчетной схемы сплошное сечение сверла разбивается на треугольные плоские конечные элементы, которые связаны между собой в узловых точках (рис. 1). Каждый конечный элемент представляет собой трехузловой плоский треугольник с двумя поступательными степенями свободы в узле. Характер разбиения поперечного сечения сверла определяется формой сечения и действующей на кромку нагрузкой, которая моделировалась из статических соображений и вызвана воздействием крутящего момента.

Решение поставленной задачи основано на использовании МКЭ в форме метода перемещений. В качестве основных неизвестных параметров выбираются узловые перемещения по направлениям  $ox$  и  $oy$ .

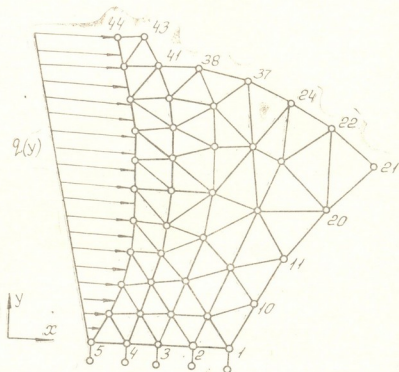


Рис. 1. Расчетная схема

Принимаем, что перемещения внутри элемента вдоль  $ox$  и  $oy$  определяются линейной функцией координат  $x$  и  $y$ :

$$\begin{cases} u = a_1 + a_2x + a_3y, \\ v = a_4 + a_5x + a_6y. \end{cases} \quad (1)$$

В соответствии с геометрическими соотношениями теории упругости деформация в любой точке внутри элемента будет следующей:

$$\{\epsilon\} = \begin{Bmatrix} \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial y} \\ \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \end{Bmatrix} = [B] \{\delta\}^e \quad (2)$$

Напряжения в конечных элементах определяем по закону Гука:

$$\{\sigma\} = \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix} = [D] \{\epsilon\} = [D][B] \{\delta\}^e = [S] \{\delta\}^e \quad (3)$$

где  $[D]$  — матрица упругости ( $6 \times 3$ ),  $[S]$  — матрица напряжений ( $6 \times 6$ ), определяемая формой элемента и упругостью материала.

Если известны перемещения узлов, можно по формуле (2) определить деформации внутри элемента, а с помощью (3) рассчитываются напряжения. Таким образом, решение задачи заключается в поиске узловых перемещений конечных элементов.

С помощью уравнений виртуальной работы можно установить соотношение узловых перемещений элемента  $\{\delta\}^e$  и узловых сил  $\{F\}^e$ :

$$[k]^e \{\delta\}^e = \{F\}^e. \quad (4)$$

Здесь  $[k]^e$  — матрица жесткости элемента ( $6 \times 6$ ),

$$[k]^e = [B]^T [D] [B] A t,$$

где  $A$  — площадь элемента,  $t$  — толщина элемента.

В нашем случае поперечное сечение было разбито на 61 конечный элемент, общее количество узлов — 44. Суммируя по всем конечным элементам, получаем обобщенную систему уравнений статического равновесия:

$$[K] \{\delta\} = \{R\}. \quad (5)$$

Здесь  $[K]$  — глобальная матрица жесткости ( $88 \times 88$ ),  $\{\delta\}$  — вектор перемещений всех узлов,  $\{R\}$  — вектор нагрузки, которая эквивалентна крутящему моменту  $M_{кр}$ , определяемому по формуле [3]:

$$M_{кр} = 127 V^{-0.31} S^{0.61} D^{1.48} h^{0.23},$$

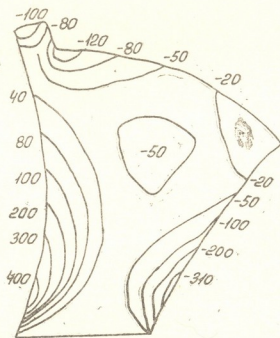


Рис. 3. Результаты расчета

где  $V$  — скорость резания сверла (М/мин),  $S$  — подача (мм/об),  $D$  — диаметр сверла (мм),  $h$  — износ сверла (мм).

Прикладываемая к профилю режущей кромки эквивалентная распределенная сила ( $q_y$ ) пропорциональна значению координаты  $y$  (рис. 1).

Решение системы алгебраических уравнений (5) осуществляется на ПЭВМ методом Гаусса.

Структурная схема методики расчета приведена на рис. 2. А на рис. 3 показаны результаты вычисления НДС в сечении спирального сверла.



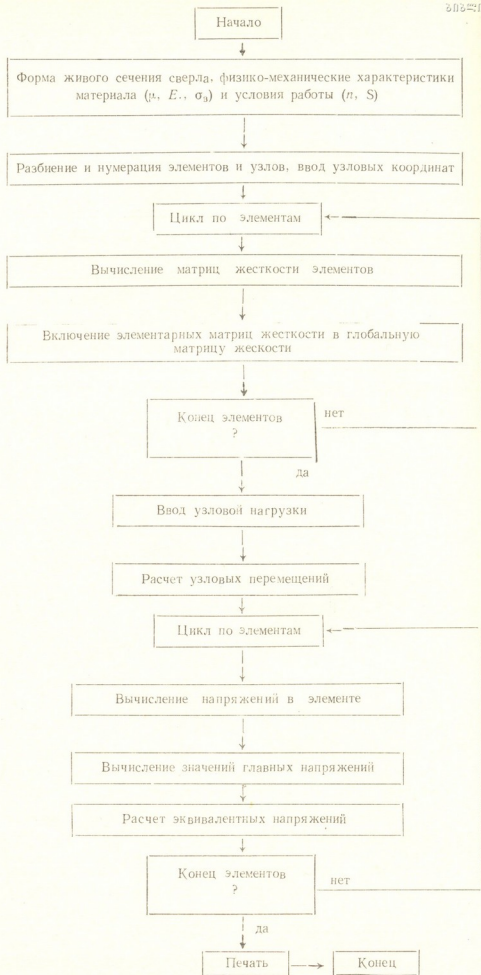


Рис. 2. Алгоритм методики

Как видно из рис. 3, напряжения со стороны главной режущей кромки и передней поверхности имеют характер растяжения, а со стороны вспомогательной — напряжения сжатия. Максимальных значений напряжения достигают в зоне сердцевины, которая является опасной зоной сечения сверла. В области вспомогательной части профиля сечения напряжения имеют минимальные значения. А в области ленточки имеет место концентрация напряжений.

Основной причиной разрушения твердосплавных спиральных сверл являются растягивающие напряжения. Поэтому увеличение площади канавки с целью улучшения схода стружки из зоны резания следует осуществлять за счет той зоны вспомогательной части профиля, где значения напряжений минимальные. Это является основным критерием для оптимизации конструктивно-геометрических параметров мало-размерных спиральных сверл.

Грузинский технический  
 университет

(Поступило 24.4.1992)

მანქანათმშენებლობა

რ. თურმანიძე, ცენგ ჯონგ, ს. დადუნასვილი

სპირალური ბურღის ტანში დაძაბულ-დეფორმირებული  
 მდგომარეობის გამოკვლევა სასრული ელემენტების მეთოდით

რეზიუმე

სამუშაო მიძღვნილია სპირალური ბურღის ტანში დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობის კვლევისადმი სასრული ელემენტების მეთოდით. ნაჩვენებია, რომ მთავარი მჭრელი წიბოსა და წინა ზედაპირის მხრიდან ადგილი აქვს გამჭიმვას დაძაბვებს, ხოლო უკანა ზედაპირის მხრიდან მკუმშვას. მაქსიმალური დაძაბვები არსებობენ ბურღის გულის ზონაში. განივ კვეთაში პროფილის დამხმარე ნაწილის ზონაში დაძაბვის მნიშვნელობა მინიმალურია. ზოლურის ზონაში ადგილი აქვს დაძაბვების კონცენტრაციას. ილუსტრაცია 3, ბიბლიოგრაფია 3 დასახელების.

MACHINE BUILDING SCIENCE

R. TURMANIDZE, ZENG ZHONG, S. DADUNASVILI

## A STUDY OF THE PLANE STRESS-STRAIN IN A SPIRAL DRILL BY THE FINITE ELEMENTS METHOD

Summary

A finite element analysis of the stress-strain state in a spiral drill is given in this paper. It shows that stretch strain conditions are distributed in directions of main cutting edges and pressure stress state exists in directions of complement edges. Maximum strain is presented along the area of the centre.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. О. Зенкевич. Метод конечных элементов в технике. М., 1975.
2. Цжоу Фу и др. Анализ прочностного состояния быстрорежущего спирального сверла с помощью метода конечных элементов. КНР, 1986, 1—13.
3. В. П. Шварцбург. Автореферат канд. дисс. Минск, 1974.



АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Г. Г. ЧОГОВАДЗЕ (член-корреспондент АН Грузии), Р. В. КАКУБАВА

ОЧЕРЕДИ В ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ С ПОЛУМАРКОВСКОЙ СРЕДОЙ ОБСЛУЖИВАНИЯ

Потребности аналитического и имитационного моделирования современных информационно-вычислительных систем естественным образом приводят к применению методов и средств теории очередей. В условиях как качественного, так и количественного усложнения объектов исследования происходит интенсивное развитие различных ветвей этой теории — не только совершенствуются существующие, но и создаются новые, более мощные методы анализа систем и сетей массового обслуживания [1].

В этом направлении весьма плодотворным оказался подход, предложенный в [3] и развитый в дальнейшем в [4—6].

Возможности широкого использования этого подхода обусловлены многими факторами. В системах коллективного использования ресурсов очень часто все ресурсы целиком могут быть использованы тем множеством пользователей, которые их требуют в определенный момент времени. В частности, если лишь один приоритетный пользователь требует доступа к обслуживающим ресурсам, он может использовать все имеющиеся ресурсы в зависимости от своих целей или в режиме повышения производительности, или повышения надежности и достоверности обработки, или передачи информации. Этот способ организации обслуживания устраняет бесполезное простаивание ресурсов в тех случаях, когда для них имеется какая-то работа, и, кроме того, при этом появляется потенциальная возможность получения выигрыша вследствие уценивания в случае использования одним пользователем большой системы (имеется в виду общеизвестная оптовая скидка, вводимая при продаже оптом) [1].

Наиболее эффективным в смысле построения адекватной модели исследуемой системы является применение данного метода для анализа кольцевых, древовидных и звездообразных топологических структур. В условиях устойчивой тенденции широкого развития локальных вычислительных сетей на базе персональных компьютеров — сетей персональных компьютеров (СПК) — возможности использования предлагаемого подхода с целью принятия оптимальных проектных решений значительно расширяются. Имеются в виду специфические особенности, определяющие организацию процесса проектирования СПК: сжатые сроки проведения работ, большие возможности вариации параметров выбираемых средств, низкие цены и особенно преобладающее распространение именно вышеперечисленных топологических структур [2].

Суть рассматриваемого подхода заключается в следующем:

На основе специальной метода декомпозиции из сложной системы выделяется определенная подсистема в качестве среды обслуживания (СО). Функционирование этой подсистемы описывается полумарковским процессом (ПМП) со счетным множеством состояний. Полумарковская среда обслуживания — сложная



стохастическая система, в которой процесс обслуживания требования может интерпретироваться как его «полумарковское блуждание» с момента поступления в эту среду до момента ее покидания.

В общей постановке в среду обслуживания поступает несколько независимых друг от друга потоков требований. Имеется механизм выбора вида требования или группы требований, которая берется на обслуживание в каждом цикле обслуживания. Среда обслуживания имеет множество внешних входов  $I = \{1, 2, \dots\}$  и множество внешних выходов  $J = \{1, 2, \dots\}$ .

Любое требование может поступить в среду обслуживания только через один из ее входов, при этом ему в качестве входного индекса присваивается номер этого входа. Также требование может покидать среду обслуживания только через один из ее выходов. В качестве выходного индекса ему присваивается номер того выхода, через который оно покидает среду обслуживания.

По отношению к требованиям определенного вида в каждый момент времени может быть открытым не более одного входа или выхода, а поведение самой среды обслуживания описывается случайным процессом  $\sigma(t)$ : 1)  $\sigma(t) = 0$  — свободное состояние, когда СО может обслуживать, но нет требований, претендующих на обслуживание; 2)  $\sigma(t) = 1$  — пассивное состояние, когда все входы СО закрыты; 3)  $\sigma(t) = 2$  — состояние активности, когда обслуживается требование. Изменения внешних входов и выходов приема и выдачи требований описывается случайными процессами  $\mu(t)$  и  $\nu(t)$  соответственно.

$\mu(t) = i \in I$  ( $\nu(t) = j \in J$ ), если в момент времени  $t$  открыт внешний вход (внешний выход) с номером  $i$  ( $j$ ).

Поведение случайных процессов  $\mu(t)$  и  $\nu(t)$  определяется как внутренней стохастической природой среды обслуживания, так и внешними воздействиями на нее, и в каждом конкретном случае имеет специфические особенности.

Обозначим через  $\tau_{1n}$  и  $\tau_{2n}$  моменты начала и окончания  $n$ -го цикла обслуживания выделенного потока.

Основными функциональными характеристиками среды обслуживания по отношению к  $n$ -му циклу обслуживания являются  $\mu(\tau_{1n})$ ,  $\nu(\tau_{2n})$  и случайное время  $\xi_n$  длительности этого цикла.

Единственной интегрированной характеристикой, определяющей судьбу  $n$ -го требования в метасистеме (система, содержащая СО) после прохождения им среды обслуживания, является вероятность

$$H_{ij}^n(u) = \int_0^u h_{ij}^n(v) dv = P \{ \xi_n < u; \nu(\tau_{2n}) = j / \mu(\tau_{1n}) = i \}.$$

С практической точки зрения наиболее важным является случай, когда множество входов и выходов совпадает со множеством состояний некоторых случайных процессов, как правило, марковских или полумарковских. В этом случае в качестве входного и выходного индексов требованию присваивается номер состояния соответствующего случайного процесса. Именно различные постановки этого рода рассматриваются в работах [3—6]. В наиболее общем виде задачи исследования исходной метасистемы, как системы массового обслуживания, в случае предположения, что вероятности  $H_{ij}^n(u)$ , не зависящие от  $n$ , заданы предварительно, ставятся и решаются в [4—6].

Задачу определения вероятностей  $H_{ij}^n(u)$  можно ставить отдельно, и ее решение порой является весьма проблематичным. Особо нужно подчеркнуть, что определение функции  $H_{ij}^n(u)$  в большинстве случа-

ев представляет самостоятельный интерес, поскольку выделенная среда обслуживания из исходной метасистемы, как правило, является ее составной частью функционального назначения с временной избыточностью и  $H_{ij}(u)$  дают ее исчерпывающую вероятностную характеристику.

Ниже мы предлагаем решение упомянутой задачи для анализа практически весьма распространенной резервированной системы из области вычислительной техники и техники связи.

### Среда обслуживания — избыточная техническая система с необесценивающимися отказами

Рассматривается среда обслуживания, состоящая из двух ненадежных, идентичных приборов (процессоры, ЭВМ, каналы передачи данных и др.). Приняты следующие предположения:

1) система функционирует в режиме резервирования, т. е. один прибор является основным, другой находится в резерве;

2) основной прибор отказывает с интенсивностью  $\alpha$ , а резервный — с интенсивностью  $\beta$ ;

3) контроль работоспособности приборов осуществляется непрерывно и отказы обнаруживаются мгновенно с вероятностью 1;

4) после отказа основного прибора требование дообслуживается с прерванного места резервным прибором, если в этот момент он работоспособен, или после его восстановления;

5) время переключения резервного прибора на место основного является случайной величиной с функцией распределения  $G(t)$ ;

6) длина требования в условных единицах является случайной величиной с функцией распределения  $H(t)$ ;

7) интенсивность восстановления прибора равна  $\mu$ .

Состояние резервного прибора описывается случайным процессом  $\eta(t)$ .  $\eta(t)=1$ , если прибор работоспособен, и  $\eta(t)=2$ , если он неработоспособен. Состояние среды обслуживания описывается случайным процессом  $\nu(t)$ . По определению,  $\nu(t) = \{\text{количество работоспособных приборов в момент времени } t\}$ . Случайное время прохождения требованием среды обслуживания обозначим через  $\xi$ .

Введем обозначения:

$$A_{ij}(\tau, t) = \{\xi < t; \nu(\xi) = j/\xi_0 = \tau; \nu(0) = i\}, \quad H_{ij}(\tau, t) = P\{A_{ij}(\tau, t)\},$$

$$B_{ij}(t) = \{\eta(j) = j/\eta(0) = i\}, \quad R_{ij}(t) = P\{B_{ij}(t)\}.$$

$$e(t) = \begin{cases} 0, & \text{при } t \leq \tau \\ 1, & \text{при } t > \tau \end{cases}$$

Выражения для  $R_{ij}(t)$  даны в [7]:

$$R_{11}(t) = [\beta + \mu \exp(-(\mu + \beta)t)] / (\mu + \beta),$$

$$R_{12}(t) = [1 - \exp(-(\mu + \beta)t)] \mu / (\mu + \beta),$$

$$R_{21}(t) = [1 - \exp(-(\mu + \beta)t)] \beta / (\mu + \beta),$$

$$R_{22}(t) = [\mu + \beta \exp(-(\mu + \beta)t)] / (\mu + \beta).$$

Относительно функции  $H_{ij}(\tau, t)$  составляется система интегральных уравнений:

$$H_{ij}(\tau, t) = \int_0^t \exp(-\alpha u) R_{ij}(u) de(u) + \alpha \int_0^t \exp(-\alpha u) [1 - e(u)] R_{12}(u) \times$$

$$\begin{aligned} & \times \int_0^{t-u} dG(v) H_{1j}(\tau-u, t-u-v) d + \alpha \int_0^t \exp(-\alpha u) [1-e(n)] R_{11}(u) \mu \times \\ & \times \int_0^{t-u} \exp(-\mu u) H_{1j}(\tau-u, t-u-v) dudv. \end{aligned} \quad (1)$$

Система (1) получается из следующих соображений: при  $t > \tau$  событие  $A_{ij}(\tau, t)$  можно представить в виде суммы трех несовместных событий  $-A_{ij}^1(\tau, t)$ ,  $A_{ij}^2(\tau, t)$  и  $A_{ij}^3(\tau, t)$ :

1)  $A_{ij}^1(\tau, t) = \{$  в течение времени  $\tau$  основной прибор не отказывает; осуществляется событие  $B_{ij}(\tau)$   $\}$ ;

$$P\{A_{ij}^1(\tau, t)\} = \exp(-\alpha\tau) R_{ij}(\tau) = \int_0^t \exp(-\alpha u) R_{ij}(u) du, \quad t \geq \tau;$$

2)  $A_{ij}^2(\tau, t) = \{$  в некоторый момент  $u \in (0, \tau)$  основной прибор отказывает; осуществляется событие  $B_{i2}$ ; на переключение затрачивается время  $v \in [0, \tau-u]$  и осуществляется событие  $A_{1j}(\tau-u, t-u-v)$   $\}$ . С учетом всех возможных значений переменных  $u$  и  $v$  получаем

$$\begin{aligned} P\{A_{ij}^2(\tau, t)\} &= \alpha \int_0^t \exp(-\alpha u) R_{i2}(u) \int_0^{\tau-u} dG(v) H_{1j}(\tau-u, t-u-v) du = \\ &= \alpha \int_0^t \exp(-\alpha u) R_{i2}(u) [1-e(u)] \int_u^{t-0} dG(v) H_{1j}(\tau-u, t-v-u), \quad t \geq \tau; \end{aligned}$$

3)  $A_{ij}^3(\tau, t) = \{$  в некоторый момент  $u \in [0, \tau]$  основной прибор отказывает; в этот момент резервный прибор неработоспособен и он восстанавливается за время  $v \in [0, \tau-u]$ ; на переключение затрачивается время  $x \in [0, \tau-u-v]$ ; осуществляется событие  $A_{1j}(\tau-u, t-u-v-x)$   $\}$ .

С учетом всех возможных значений переменных  $u, v$  и  $x$  получаем

$$\begin{aligned} P\{A_{ij}^3(\tau, t)\} &= \alpha \int_0^{\tau} \exp(-\alpha u) R_{i1}(u) \mu \int_0^{\tau-u} \exp(-\mu v) \int_0^{\tau-u-v} \times \\ & \times dG(x) H_{1j}(\tau-u, t-v-v-x) dudv = \alpha \int_0^t \exp(-\alpha u) R_{i1}(u) [1-e(u)] \times \\ & \times \int_0^{t-u} \mu \exp(-\mu v) \int_0^{t-u-v} dG(x) H_{1j}(\tau-u, t-u-v-x) dudv, \quad t \geq \tau. \end{aligned}$$

Очевидное равенство

$$P\{A_{ij}(\tau, t)\} = \sum_{k=1}^3 P\{A_{ij}^k(\tau, t)\}$$



равносильно (1) при  $t \geq \tau$ . При  $t < \tau$  (1) также выполняется, что обе части уравнений в этом случае тождественно равны нулю.

В практических задачах очень часто можно допустить, что время переключения равно нулю. Далее мы продолжим наше исследование в этом допущении, хотя рассмотрение общего случая не представляет труда, а лишь немного удлиняет соответствующие выкладки.

Применяя к системе (1) двойное преобразование Лапласа по переменным  $\tau$  и  $t$  (операционные переменные  $\omega$  и  $s$  соответственно) и решая полученную алгебраическую систему уравнений, получаем

$$\begin{aligned}\bar{H}_{11}(\omega, s) &= (s + \omega + \alpha)(s + \mu) / a(\omega, s), \\ \bar{H}_{12}(\omega, s) &= \mu(s + \mu) / a(\omega, s), \\ \bar{H}_{21}(\omega, s) &= (\alpha + \beta)(s + \mu) / a(\omega, s), \\ \bar{H}_{22}(\omega, s) &= [(s + \mu)(s + \omega + \alpha + \mu) - \alpha\mu] / a(\omega, s),\end{aligned}\quad (2)$$

где

$$a(\omega, s) = s[(s + \mu)(s + \omega + \alpha)(s + \omega + \alpha + \mu) - \alpha\mu(2s + \omega + \alpha + \beta + \mu)].$$

Последнее выражение является квадратным трехчленом относительно  $\omega$ . Обозначим его корни через  $-\omega_1$  и  $-\omega_2$ . Несложные преобразования, которые мы пропускаем, приводят к выражениям

$$\bar{H}_{ij}(\omega, s) = a_{ij}(s) / (\omega + \omega_1) + b_{ij}(s) / (\omega + \omega_2), \quad i, j = 1, 2. \quad (3)$$

Из (3) легко получается обратное преобразование Лапласа по переменной  $\omega$ :

$$H_{ij}(\tau, s) = a_{ij}(s) \exp(-\omega_1 \tau) + b_{ij}(s) \exp(-\omega_2 \tau).$$

Безусловная вероятность

$$H_{ij}(t) = \int_0^{\infty} H_{ij}(\tau, t) dH(\tau)$$

Соответственно

$$\bar{H}_{ij}(s) = \int_0^{\infty} \bar{H}_{ij}(\tau, s) dH(\tau). \quad (4)$$

Подставляя (3) в (4), получаем

$$\bar{H}_{ij}(s) = a_{ij}(s) \bar{H}(\omega_2) + b_{ij}(s) \bar{H}(\omega_1),$$

где  $\bar{H}(\cdot)$  обозначает преобразование Лапласа—Стилтьеса функции  $H(\cdot)$ .

В традиционно распространенном частном случае, когда длина требования имеет экспоненциальное распределение с параметром  $\gamma$ , получаем

$$\bar{H}_{ij}(s) = \gamma \int_0^{\infty} \exp(-\gamma\tau) \bar{H}_{ij}(\tau, s) = \gamma \bar{H}_{ij}(\gamma, s). \quad (5)$$

Таким образом, оказывается, что выражение для  $\bar{H}_{ij}(s)$  при экспоненциальном распределении длины требования непосредственно следует из (2).



Более того, пусть длина требования имеет эрланговское распределение  $n$ -го порядка с параметром  $\gamma$ , т. е.

$$H(t) = \left( \gamma^n \int_0^t u^{n-1} \exp(-\gamma u) du \right) / (n-1)!$$

Тогда

$$\begin{aligned} \bar{H}_{ij}(s) &= \gamma^n \int_0^\infty \exp(-\gamma\tau) \bar{H}_{ij}(\tau, s) d\tau / (n-1)! = \\ &= \left[ (-1)^{n-1} \gamma^n \int_0^\infty \exp(-\gamma\tau) (-\tau)^{n-1} \bar{H}_{ij}(\tau, s) d\tau \right] / (n-1)! \end{aligned}$$

Последний интеграл представляет собой преобразование Лапласа для функции  $(-\tau)^{n-1} \bar{H}_{ij}(\tau, s)$ . Известно, что он равен

$$\left[ \frac{d^{n-1} \bar{H}_{ij}(\omega, s)}{d\omega^{n-1}} \right] \omega = \gamma.$$

Следовательно,

$$\bar{H}_{ij}(s) = \frac{(-1)^{n-1} \gamma^n}{(n-1)!} \left[ \frac{d^{n-1} \bar{H}_{ij}(\omega, s)}{d\omega^{n-1}} \right] \omega = \gamma.$$

Частным случаем последнего является (5).

Известно, что произвольная функция распределения  $H(t)$ , подчиненная условию  $H(0) = 0$ , с любой точностью приближения аппроксимируется смесью эрланговских распределений. В этих условиях последняя формула имеет несомненное практическое приложение в целях расчета реальных систем.

Грузинский технический университет

(Поступило 11.11.1992)

ავტომატური მართვა და გამომთვლითი ტექნიკა

ბ. ჩოგოვაძე (საქ. მეცნ. აკად. წევრ-კორესპონდენტი), რ. კაპუხაძე

რიგები ინფორმაციულ-გამომთვლით სისტემებში მომსახურების ნახევრადმარკოვული გარემოთი

რეზიუმე

ნაშრომში მოცემულია რთული სტოქასტიკური სისტემების ანალიზის ფორ- მალიზებული სქემის „მომსახურების ნახევრადმარკოვული გარემოს გამოყოფის“ მეთოდის განზოგადებული ინტერპრეტაცია, რაც საშუალებას იძლევა აღ- წეროს პრაქტიკულად გავრცელებული ტექნიკური სისტემების ფართო კლასი. აღნიშნული მეთოდით გამოკვლეულია კონკრეტული, არასაიმედო ხელსაწყო- ებისაგან შემდგარი რეზერვირებული სისტემა. მიღებულია ამ სისტემის ამომ- წურავი ალბათურ-დროითი მახასიათებელი.



G. CHOGOVDZE, R. KAKUBAVA

## QUEUES IN INFORMATION-COMPUTING SYSTEMS WITH SEMI-MARKOVIAN MAINTENANCE MEDIUM

## Summary

A generalized interpretation of a formalized circuit of complex stochastic system analysis—„the method of separation of semi-markovian maintenance medium“ is proposed which enables to describe analytically a wide class of practically distributed technical systems. A concrete redundant system is investigated with this method. An exhaustive time-probability characteristics of the system is obtained.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Л. Клейнрок. Вычислительные системы с очередями. М., 1979.
2. Г. Г. Чоговадзе. Персональные компьютеры. М., 1989.
3. Р. В. Какубава, И. С. Микадзе. Сообщения АН ГССР, 104, № 3, 1981.
4. Р. В. Какубава, И. С. Микадзе. Изв. АН СССР. Техн. кибернетика, № 3, 1983.
5. И. С. Микадзе. Автоматика и телемеханика, № 12, 1987.
6. И. С. Микадзе. Кибернетика, № 3, 1989.
7. Б. В. Гнеденко, Ю. К. Беляев, А. Д. Соловьев. Математические методы в теории надежности. М., 1965.

ლ. ხარბონაშვილი, რ. რამიშვილი, ნ. რამიშვილი

VITIS VINIFERA L. *ssp. silvestris* Gmel-ის „მამრობითი“  
ყვავილუვები მდედრობითი გენერაციული სფეროს  
ზოგიერთი მორფოლოგიური თავისებურება

(წარმოდგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ნახუციშვილმა 20.3.1992)

ცნობილია, რომ *V. vinifera* L.-ში გაერთიანებული ქვესახეობების ერთ-ერთი ძირითადი განმასხვავებელი ნიშანია ყვავილის ტიპი. კერძოდ, *ssp. sativa* D. C.-თვის დამახასიათებელია, როგორც ჰერმაფროდიტული, ასევე ფუნქციონალურად მდედრობითი სქესის ყვავილები; *ssp. silvestris* Ram-ისთვის უპირატესად ფუნქციონალურად მდედრობითი, ხოლო *ssp. silvestris* Gmel-ისთვის მხოლოდ ფუნქციონალურად მდედრობითი და მამრობითი. [1]. მკვლევარები განსხვავებულ მოსაზრებებს გამოთქვამენ ვაზის ყვავილის ტიპის წარმოშობის შესახებ. ავტორთა ნაწილი [2, 3] თვლის, რომ ვაზში ჰერმაფროდიტული ყვავილის ტიპი საწყისია, პირველადია, ხოლო ცალსქესიანობა ევოლუციის პროცესში წარმოიშვა. მკვლევართა მეორე ჯგუფის [4,—7] აზრით *ssp. sativa* D. C.-ს ორსქესიანი ყვავილის ტიპი წარმოქმნილია მამრობითი ყვავილისაგან. ეს მოსაზრება ემყარება იმ ფაქტებს, რომ გამოვლენილია გარდამავალი ფორმები მამრობითსა და ორსქესიან ყვავილებს შორის. პ. ბარანოვი და ი. რაიკოვა [8] ვაზის ველურად მოზარდი ფორმების ციტოგემბრიოლოგიური გამოკვლევების შედეგად ასკვნიან, რომ თითქმის ყველა „მამრობითი“ ყვავილში ხდება მდედრობითი გამეტოფიტის ჩასახვა, მაგრამ შემდეგ ბუტკოს ფორმირების სხვადასხვა ეტაპზე თესლკვირტის განვითარების შეჩერების გამო, ყვავილი მამრობით ფუნქციას ასრულებს.

საკვლევ ობიექტად შერჩეული იყო საქართველოში გავრცელებული *V. vinifera* L. *ssp. silvestris* Gmel-ის მამრობითი ეგზემპლარები — № 12 და № 110—298, რომლებიც საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის დიპლის ამპელოგრაფიულ კოლექციაში არიან თავმოყრილნი. ყვავილების ფიქსაცია ხდებოდა 3 დღის ინტერვალით კოკრების გამოჩენიდან ყვავილობამდე 1986—90 წლებში. მულტივი პრეპარატები მომზადდა ციტოლოგიაში არსებული წესის თანახმად. პრეპარატები შეღებილია ჰემატოქსილინით ჰაიდენ-ჰაინანს მიხედვით [9]. შესწავლილია ათასამდე ყვავილი.

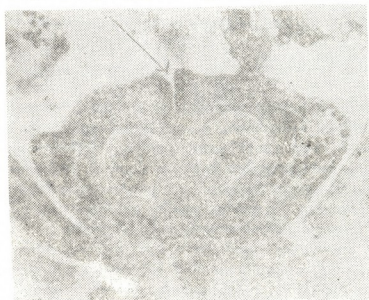
ემბრიოლოგიური გამოკვლევების შედეგად დადგინდა, რომ ველურად მოზარდი ვაზის ყვავილები უმეტესად მტერიანიან ყვავილებს შეიცავენ (სურ. 1), რომელთა ყვავილსაგანობის ცენტრალურ ნაწილში მერისტიმული უჯრედებისაგან შემდგარი ბორცვი მდებარეობს. ასეთი ყვავილი აღწერილი აქვთ პ. ბარანოვსა და ი. რაიკოვას [8] კოპეტ-დალის ველურად მოზარდი ვაზების წარმომადგენლებშიც. ზოგჯერ ყვავილებში ვხვდებით მდედრობითი გენერაციული სფეროს მეტ-ნაკლები განვითარების შემთხვევებსაც. აღსანიშნავია, რომ ამ ყვავილების ბუტკოს არ უვითარდება სვეტი და დინგი. ამასთანავე, ნასკვი ჰერმაფროდიტული ყვავილის გინეციუმის ნასკვთან შედარებით მცირე ზომისაა. საკვლევ მასალაში გამოვლინდა აგრეთვე ბუტკოს სხვა მორფოლოგიური

თავისებურებანიც. ნასკვის ზედა მხარეს წარმოიქმნება „ნაპრალი“, შემოსაზღვრელი კედლების გამუქებული უჯრედების არსებობა მათში მორი-



სურ. 1

ლავი ნივთიერებების დიდი რაოდენობით შემცველობაზე მიუთითებს (სურ. 2). ზოგჯერ, ნასკვის ქსოვილების არათანაბარი განვითარების გამო მისი კედელი ჰიპერტროფული ხდება, რაც ნასკვს ასიმეტრიულობას იწვევს (სურ. 3).



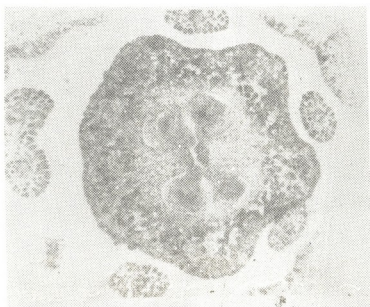
სურ. 2. ( $\times 154$ )

ნასკვი ორი ან სამბუდიანია. (სურ. 4, 5). თითოეულ ბუდეში ორი თესლკვირტის ჩასახვა ხდება, რომლებშიც ჩვეულებრივ ერთი არქესპორული უჯრედი ყალიბდება. იმის გამო, რომ თესლკვირტის (ისევე როგორც თვით ბუტკოს) დიფერენციაციის ტემპი მნიშვნელოვნად შენელებულია, ყვავილობის პერიოდში მასში ვხვდებით, როგორც მაკროსპორას დედა უჯრედს, ასევე 1, 2 და 4 ბირთვიან ჩანასახის პარკებს. აღსანიშნავია, რომ საკვლევ მასალაში არ შეგვიინიშნავს მომწიფებული მდებარეობითი გამეტოფიტის არსებობის შემთხვევები. ხშირად თესლკვირტების ფორმირება სხვადასხვა სტადიაზე წყდება. თესლკვირტის სტერილობას მისი სტრუქტურის სხვადასხვა ელემენტის რღვევის პროცესი იწვევს, რომელიც უმეტეს წილად ნუცელუსის ან ინტეჯუმენტის ქსოვილებში იწყება. რიგ შემთხვევაში დეგენერაცია ნუცელუსის იმ შრეში აღინიშნება, რომელიც მაკროსპორას დედა უჯრედს შემოსაზღვრავს, რაზედაც

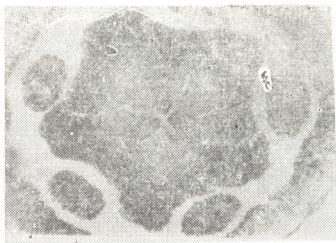
ამ შრის ძლიერ გამუქებული ციტოპლაზმა მიუთითებს (სურ. 6). ზოგჯერ ნუცელუსის უჯრედების სტრუქტურა ციტოპლაზმაში მექ ნივთიერებათა



სურ. 3. ( $\times 224$ )

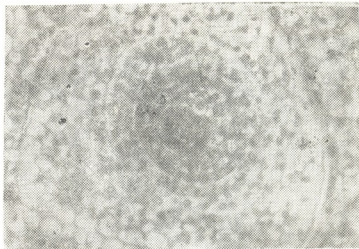
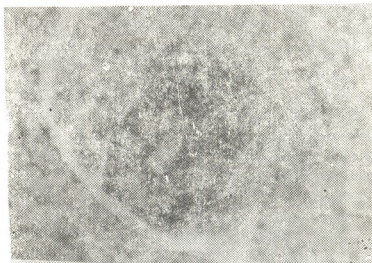


სურ. 4. ( $\times 112$ )



სურ. 5. ( $\times 112$ )

(რომლებიც არ იღებებიან) სიჭარბის გამო ძნელი გასარჩევი ხდება (სურ. 7). ჩვენ ვვარაუდობთ, რომ ნივთიერებათა ცვლის დარღვევის შედეგად თესლ-

სურ. 6. ( $\times 700$ )სურ. 7. ( $\times 600$ )სურ. 8. ( $\times 600$ )

კვირტის ეს უბანი დაიფარა მთრიმლავი ნივთიერებებით. ხშირად ნუცელუსის სუსტი განვითარების გამო არ წარმოიქმნება ნუცელუსის ჩაჩი, რის შედეგად ჩანასახის პარკი მიკრობილური მხრიდან მხოლოდ ნუცელუსის ეპიდერმული

უკრედებითაა შემოსაზღვრული (სურ. 8). არცთუ იშვიათად დარღვეულია შიდა და გარე ოტეჯელმენტის განვითარებზე პრიტეციც (სურ. 9).



სურ. 9. ( $\times 350$ )

ამრიგად, საქართველოში ველურად მოზარდი ვაზების „მამრობით“ ყვავილებში უმეტესწილად ვხვდებით დეფექტურ ბუტკოებს, რომლებიც არ ფუნქციონირებენ. ვფიქრობთ, ლიტერატურაში გავრცელებული ტერმინი [10] „მორფოლოგიურად ორსქესიანი, ფუნქციონალურად მამრობითი“ *V. vinifera* L. ssp. *silvestris* Gmel-ის ასეთი ყვავილის ტიპის რეალურ სურათს არ ასახავს, რადგან იგი მორფოლოგიურად სრულფასოვან ბუტკოს არ შეიცავს. ამასთანავე, ჩვენ არ გამოვრიცხავთ მორფოლოგიურად და ფუნქციონალურად ნორმალური მდედრობითი გენერაციული სფეროს ჩამოყალიბების შესაძლებლობას, რის საფუძველს, წინა წლებში ვაზის ამ ფორმებში თესლიანი ნაყოფის წარმოქმნის რამდენიმე შემთხვევა და სხვა მკვლევართა მონაცემებიც გვაძლევს. [1, 8].

საქართველოს მებალეობის, მევენახეობისა  
და მეღვინეობის ინსტიტუტი

საქართველოს აგრარული  
უნივერსიტეტი

(შემოვიდა 14.4.1992)

## БОТАНИКА

Л. А. ХАРИТОНАШВИЛИ, Р. М. РАМИШВИЛИ, Н. Р. РАМИШВИЛИ  
 НЕКОТОРЫЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЖЕНСКОЙ  
 ГЕНЕРАТИВНОЙ СФЕРЫ В «МУЖСКИХ» ЦВЕТКАХ  
*VITIS VINIFERA* L. ssp. *silvestris* Gmel

### Резюме

В результате эмбриологических исследований «мужских» цветков *V. vinifera* L. ssp. *silvestris* Gmel. выявлены случаи развития женской генеративной сферы. Темп дифференциации пестика в таких цветках значительно задержан, не формируются столбик и рыльце. Отмечаются также другие морфологические особенности гинецея.

Завязь двух- или трехгнездная, в гнездах закладывается по две семяпочки. На разной стадии формирования в результате нарушения развития элементов семяпочки она становится стерильной.

BOTANICS

L. KHARITONASHVILI, R. RAMISHVILI, N. RAMISHVILI

SOME MORPHOLOGICAL FEATURES OF FEMALE GENERATIVE SPHERE IN 'MALE' FLOWERS OF VITIS VINIFERA L. ssp. silvestris Gmel.

## Summary

As a result of embriological investigations in 'male' flowers *V. vinifera* L. ssp. *silvestris* Gmel, the cases of female sphere development were revealed. The pestle rate differentiation in such flowers is significantly retarded, the columella and stigma are not formed. Other morphological features of ginetsia are noted. There are two ovules into each locule of two- or three-locular ovary. As a result of disorder of development of ovule elements, and on different states of development, the ovule becomes sterile.

## ლიტერატურა — LITERATURA — REFERENCES

1. Р. М. Рамишвили. Дикорастущий виноград Закавказья. Тбилиси, 1988.
2. П. Т. Болгарев. Труды НИИ специальных интенсивных полевых культур при Кубанком СХН, вып. 2, 1928.
3. А. А. Кипен. Виноградные гибриды (подвои и прямые производители). СПб., 1914.
4. П. В. Михайлова. Бот. ж., т. 41, № 4, 1956.
5. А. М. Негруль. Селекция винограда (теоретические основы селекции), т. III. М., 1938.
6. М. А. Тупиков. Труды АК—Кавакской опытно-оросительной станции, вып. 4. Ташкент, 1927.
7. E. Rathay. Die Geschlechtsverhältniss der Riben und ihre Bedeutung Fur den Weinbau. Wien 1888-1889.
8. П. А. Баранов, И. А. Райкова. Труды по ПБГиС, т. XXIV, № 1, 1929—1930.
9. Н. А. Наумов, В. Е. Козлов. Основы ботанической микротехники. М., 1954.
10. В. А. Паддубная-Арнольди. Цитоэмбриология покрытосеменных растений. М., 1976.

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Г. Я. АЛЕКСИДЗЕ, Г. Г. ПИПИЯ, Г. А. САНАДЗЕ (академик АН Грузии)

ЛЕКТИН СЕМЯН ТРИТИКАЛЕ: ОЧИСТКА, ХАРАКТЕРИСТИКА И СЕКРЕЦИЯ ИЗ ПРОРАСТАЮЩИХ СЕМЯН

Лектины семян многих растений получили широкое применение в различных областях биохимических, иммунологических, биотехнологических и медицинских исследований [1]. Это обусловлено их широким спектром биологической активности в системах *in vivo* и *in vitro*, список которых растет большими темпами. В этой связи получение новых препаратов лектинов растений становится одним из актуальных направлений современной лектинологии. С другой стороны, в течение многих лет изучаются фундаментальные аспекты лектинов семян растений. Предполагается участие лектинов в регуляции деления клеток при прорастании семян, запасной и защитной функциях [2]. Однако до настоящего времени твердо установленных фактов, доказывающих участие лектинов в вышеуказанных процессах, практически нет. Поэтому вопрос о биологической роли этих углеводсвязывающих белков все еще остается актуальным.

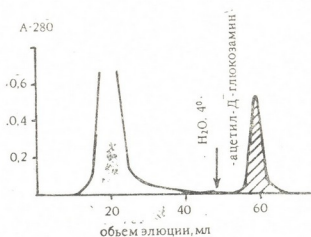


Рис. 1

Цель настоящей работы — выделение высокоочищенного препарата лектина из семян тритикале (ЛСТ), изучение его некоторых свойств с целью дальнейшего использования в практике, исследование локализации и содержания ЛСТ в покое и при прорастании семян тритикале для получения информации относительно их биологической роли *in vivo*. Тритикале — гибрид между пшеницей и рожью, ценная зернофуражная культура с высокой устойчивостью к различным болезням. В семенах тритикале содержание лектиноподобных белков ранее не исследовалось.



Семена тритикале промывали водой и обрабатывали раствором 0,05%  $\text{NaN}_3$  в течение 1 ч. После отмывки дистиллированной водой семена замачивали в растворе А—0,9%  $\text{NaCl}+20$  мМ  $\text{K}^+$ -фосфатный буфер+0,05%  $\text{NaN}_3+0,5$  мМ фенолметилсульфонилфторид (ФМСФ), рН 7,4, при соотношении вес/объем 1/3 в течение 72 ч при 30°C. Содержание лектинов анализировали в покоящихся, прорастающих зернах и в растворе А. Пробы отбирали через определенные интервалы времени (см. рис. 3). Для извлечения лектинов семена обрабатывали 10-кратным (вес/объем) количеством 0,05 N  $\text{HCl}$  в течение 1 ч при 4°C. Суспензию центрифугировали 15 мин при 30000g («Beckman», ротор Ti75). Лектиновую активность определяли по агглютинации трипсинолизированных кроличьих эритроцитов [3], молекулярную массу ЛСТ—посредством ЖХВД на колонке «Protein pak 125» и электро-

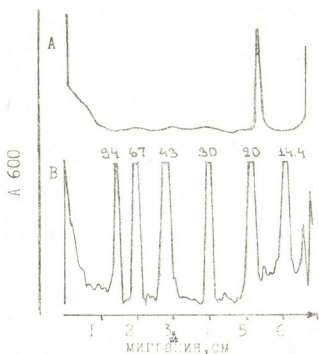


Рис. 2

форезом в градиенте полвакриламидного (ПААГ) геля (3—25%) с додецилсульфатом натрия (ДДС- $\text{Na}$  [4]. В качестве стандартных белков использовали низкомолекулярные наборы маркеров фирмы «Pharmacia». Белок определяли по Лоури. Первым этапом получения чистого препарата ЛСТ была экстракция 0,05 N раствором  $\text{HCl}$  с последующим дробным фракционированием сульфатом аммония. Полное осаждение ЛСТ наблюдалось при 0—40% насыщении. Заключительный этап очистки включал аффинную хроматографию на колонке фиксированных глютаральдегидом трипсинолизированных кроличьих эритроцитов. Как видно из рис. 1, лектинная активность не обнаруживается в растворе А, элюентах с аффинной колонки. ЛСТ из колонки элюировались раствором 50 мМ  $\text{N}$ -ацетил- $\text{D}$ -глюкозамина или же дистиллированной водой при 4°C. Лектинная активность очищенного препарата ЛСТ составляла 0,020 мкг/мл, что примерно на порядок выше таковой лектинов из семян пшеницы [5]. Специфичность ЛСТ устанавливали по способности углеводов ингибировать реакцию агглютинации

эритроцитов [6]. В качестве гаптенов использовали следующие углеводы: N-ацетил-Д-галактозамин, N-ацетил-Д-глюкозамин, Д-манопиранозид, Д-галактуроновую кислоту, L-фукозу, Д-манозу, Д-глюкозамин, Д-галактозамин, лактозу, 2-дезоксид-Д-глюкозу. Из всех испытанных углеводов лектинная активность ЛСТ ингибировалась лишь N-ацетил-Д-глюкозамином при концентрации углевода 25 мМ. По данным ЖВД и электрофореза в денатурирующих условиях, ЛСТ не имеет четвертичную структуру и является полипептидом с молекулярной массой 17 кД (рис. 2). В специальных опытах исследовали способность препарата ЛСТ индуцировать митозы у лимфоцитов периферической крови человека. Эксперименты проводили в лаборатории иммунологии Тбилисского госуниверситета. Оказалось, что ЛСТ в концентрации 50 мкг/мл вызывает стимуляцию Т-лимфоцитов. Таким образом, установлено, что препарат ЛСТ обладает высокой гемагглютинирующей и митогенной активностью.

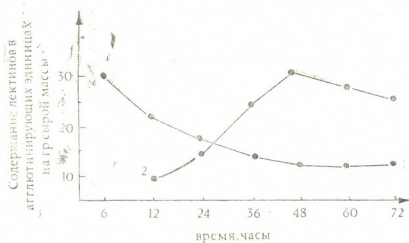


Рис. 3

Результаты физиологических экспериментов показали, что содержание ЛСТ в набухающих семенах в интервале 6—48 ч снижается и остается почти на одном уровне, а в среде инкубации А содержание ЛСТ, наоборот, увеличивается и достигает своего максимума в интервале 36—48 ч. Подобный реципрокный характер изменения динамики содержания ЛСТ в семенах и в окружающей их среде А, по всей вероятности, объясняется секрецией ЛСТ во внешнюю среду при набухании семян.

К сожалению, пока трудно судить о функции выделенного нами лектина ЛСТ в семенах тритикале, но более вероятно, что секретируемый лектин должен участвовать в защите прорастающих семян растений от фитопатогенных микроорганизмов. Об этом могут свидетельствовать данные ряда авторов, показавшие, что лектины семян многих растений эффективно подавляют рост патогенных микроорганизмов [7].

Тбилисский государственный  
университет

им. И. А. Джавахишвили

(Поступило 23.3.1992)

ბ. ალექსიძე, ბ. ფიფია, ბ. სანაძე (საქ. მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი)

ტრიტიკალეს თესლის ლექტინი: გასუფთავება,  
დახასიათება და სეკრეცია გაღვივებულ  
თესლებში

რეზიუმე

აფინური ქრომატოგრაფიის საშუალებით ბოცვრის ერთოციტებად დატენილ სვეტზე გასუფთავებულ იქნა ტრიტიკალეს თესლის ლექტინი. ლექტინის პრეპარატს გააჩნდა მაღალი აგლუტინაციური (0.020 მკგ/მლ) და მიტოგენური აქტივობა (50 მკგ/მლ). აგლუტინაციური აქტივობა ეფექტურად ინიჰიბირდებოდა N-აცეტილ-D-გლუკოზამინით. HPLC-ის და SDS-ელექტროფორეზის საშუალებით დადგენილ იქნა, რომ ლექტინი არის მონომერი, მოლეკულური წონით 17 კდ. ლოკალიზაციის შესწავლამ გვიჩვენა, რომ თესლის გაღვივების პროცესში ხდება ლექტინების სეკრეცია თესლიდან გარემო არეში.

PLANT PHYSIOLOGY

G. ALEKSIDZE, G. PIPIA, G. SANADZE

TRITICALE SEED LECTIN: PURIFICATION, CHARACTERIZATION  
AND SECRETION BY GERMINATING SEEDS

Summary

The lectin from triticale seeds has been purified by affinity chromatography on a rabbit erythrocytes column, and characterized. Hemagglutinating activity was effectively abolished by N-acetyl-D-glucosamine. The purified lectin gives a single band HPLC and SDS electrophoresis, showing that the purified lectin is a monomer with a molecular weight of 17 kD. The purified lectin was shown to be characterized by high agglutinating (0.020 mg/ml) and mitogenic (50 mg/ml) activity.

Localization studies with the TSL showed that during germination of undamaged seeds, TSL was secreted by seeds in medium.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. H. Lis, N. Sharon. Ann. Rev. Biochem. v. 55, 1986, 35-67.
2. H. Rudiger. Bioscience. v. 34, № 2, 1984, 95-97.
3. W. J. Reumans, M. N. Sibalubeki, A. R. Carlier, V. E. Dr...  
sche. Planta v. 130, 1984, 265-268.
4. U. K. Laemly. Nature, 227, 1970, 25-28.
5. I. Nagata, M. M. Burger. J. Biol. Chem. 249, 1974, 3116.
6. A. H. Rule, W. C. Boud. Transfusion v. 4, 1954, 449.
7. D. Mirelman, E. Galun, W. Sharon, R. Lotan. Nature. 256, 1975, 414-416.



აღმავანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

დ. ლავითელიანი, ა. ჯორჯიანი

გოცვრის თვითგალიზიანების ცვლილებები სეროტონერგული  
მეხანიზმების დარღვევისას

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა თ. ონიანმა 7.4.1992)

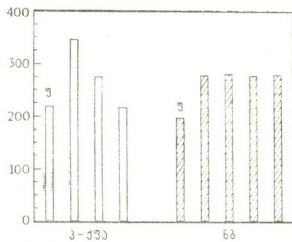
ჯერ კიდევ 50-იან წლებში გამოითქვა მოსაზრება, რომ კატექოლამინები და სეროტონინი სხვადასხვა ცენტრალური ფუნქციების რეგულაციაში საწინააღმდეგო სისტემებს ემსახურებიან [1]. დადასტურდა, სახელობრ, რომ ეს მედიატორები ურთიერთსაწინააღმდეგო გავლენას ახდენენ თერმორეგულაციაზე, ძილზე, სქესობრივ და აგრესიულ ქცევაზე. ამ მხრივ საინტერესოა მათი ურთიერთქმედება ისეთი ფენომენის მიმართ, როგორცაა ტვინის თვითგალიზიანება. ითვლება, რომ ამ ქცევაში წამყვანი როლი ნორადრენალინსა და დოფამინს უკავია [2]. თვითგალიზიანების კატექოლამინერგულ თეორიას მომხრე მრავალი ჰყავს და კრიტიკოსიც, თუმცა დღეისთვის დამკვიდრებულია აზრი დოფამინის, როგორც „თვითგალიზიანების მედიატორის“ შესახებ. ცხადია, რომ ისეთი რთული ქცევითი აქტი, როგორცაა თვითგალიზიანება, არ შეიძლება წარმართოს მხოლოდ ერთი რომელიმე მედიატორის აქტიურობით. თვითგალიზიანების განხორციელებაში ცალკე ყურადღების ღირსია სეროტონინი, რომელიც უპირატესად ავერსიულ რეაქციებს უკავშირდება. ამავდროს არის მონაცემები, რომ თავის ტვინში სეროტონინის რაოდენობის შემცირება თვითგალიზიანებაზე რამდენადმე შესამჩნევ გავლენას არ ახდენს [3], ხოლო სხვა ავტორთა აზრით სეროტონინი თვითგალიზიანებაზე შემაკავებლად მოქმედებს [4]. წინააღმდეგობრივი მონაცემების შემოწმების მიზნით ჩვენს მიერ გამოკვლეულია ბოცვრის ჰიპოთალამური თვითგალიზიანების ცვლილებები თავის ტვინში სეროტონინის ხელოვნური შემცირების გზით.

ცდები ჩატარებულია 6 ზრდასრულ შინშილას ჯიშის ბოცვრზე, რომელთაც სტანდარტული წესით ჩანერგილი ჰქონდათ ბიოლარული ელექტროდები ლატერალურ ჰიპოთალამუსში (თვითგალიზიანების გამოსაწვევად) და ნაკერის ზედა-ცენტრალურ ბირთვში (ნბ), ამ სტრუქტურის შემდგომი ელექტროლიზური დაზიანების მიზნით. თავის ტვინში სეროტონინის რაოდენობის მკვეთრი შემცირება ხდებოდა ან ნბ-ს დაზიანებით, რომელიც სეროტონინის ძირითადი წყაროა თავის ტვინში, ან ბოცვრისთვის ინტრაპერიტონეალურად პარა-ქლორფენილალანინის (პ-ქფა) შეყვანით. ცნობილია, რომ ეს ნივთიერება აკავებს სეროტონინის სინთეზს და თითქმის 80%-ით ამცირებს უკანასკნელის შემცველობას ტვინის ყველა სტრუქტურაში. პ-ქფა იხსნებოდა ტვინ-80 დეტერგენტში, ხოლო შეყვანა ხდებოდა მიღებული დოზირებით (150--200 მგ/კგ). ნბ-ს დაზიანება ხდებოდა მულმივი ელექტრული დენის გატარებით (1--2 მა/30 წამი).

ექვსივე ცხოველის ქცევა წინასწარ შეისწავლებოდა რამდენიმე დღის განმავლობაში (მეთოდის დაწვრილებით იხ. [5]). ხდებოდა თვითგალიზიანების ქცევის გამოუმუშავება, რისთვისაც ლატერალური ჰიპოთალამუსი დაზიანდებოდა ცვლადი სინესოიდური დენით (150 ჰც, ცალკეული გალიზიანების ხან-

გრძლიობა 0,5 წამი). ბოცვერი სწავლობდა დენის ჩართვას სპეციალურ პერ-  
 კეტთან მისვლით, ან მასზე სახით ან თათის დაჭერით. თვითგალიზიანების გა-  
 მომუშავება დასრულებულად ითვლებოდა, როდესაც ცხოველი დამოუკიდებ-  
 ლად და სტაბილურად იღებდა გალიზიანებათა გარკვეულ რაოდენობას. თვით-  
 გალიზიანების სიხშირე 10-წუთიანი ცდის განმავლობაში, სხვადასხვა ცხო-  
 ველში სხვადასხვა იყო (187,3±4,9-დან 315,6±11,6-მდე). თვითგალიზიანების  
 ფონური სიხშირის დადგენის შემდეგ ცხოველთა ნახევარს დაუზიანდა ნმ,  
 ხოლო მეორე ნახევარს შეეუყვანეთ პ-ქვა. აღნიშნული ზემოქმედების შემდეგ  
 კვლავ ვაწარმოებდით თვითგალიზიანების დაკვირვებას, რომელიც სამი კვირა  
 მაინც გრძელდებოდა.

როგორც პ-ქვას შეეყვანას, ისე ნმ-ს დაზიანებას მოჰყვა ცხოველთა მოძ-  
 რაობითი აქტიურობის მკვეთრი ზრდა და, იმავე დროს, თვითგალიზიანების  
 სიხშირის მომატება. ზოგადი მოძრაობითი აქტიურობა პირვანდელ დონეს და-  
 უბრუნდა ნმ-დაზიანებულ ცხოველებში 2—3 დღის შემდეგ, ხოლო პ-ქვას  
 შეეყვანიდან — 5—6 დღის შემდეგ. თვითგალიზიანების სიხშირე მომატებული  
 დარჩა დაკვირვების მთელი დროის მანძილზე ნმ-დაზიანებულ ცხოველებში,  
 ხოლო პ-ქვას გავლენით გაზრდილი თვითგალიზიანება ფონურ დონეს დაუბ-  
 რუნდა ნივთიერების შეყვანიდან ორი კვირის შემდეგ. ჩატარებული ცდების  
 შედეგები შეჯამებულია სურ. 2-ზე.



სურ. 1. ლატერალური პაპოთალამუსის თვითგალიზიანე-  
 ბის სიხშირე 10-წუთიანი დაკვირვებისას, სხვადასხვა ზე-  
 მოქმედების დროს. თვითი სვეტები—პ-ქვას მოქმედება,  
 დაშტრიხული სვეტები—ნმ-ს დაზიანება. ფ—აღნიშნავს  
 ფონური სიხშირის ინტაქტურ ცხოველში, მომდევნო სვე-  
 ტი—ნივთიერების შეყვანას ან ნმ-ს დაზიანების ეფექტს  
 პირველი დღე-ღამის შემდეგ. ზოგადი მოძრაობის სვეტი—  
 თვითგალიზიანების სიხშირე ერთი, ორი ან სამი კვირის  
 შემდეგ. ორდინატზე მოყვანილი სიდიდეები წარმოადგენენ  
 სამი ცხოველის მონაცემთა საშუალოს

მოძრაობითი აქტიურობის გაზრდა ნმ-ს დაზიანებით ან პ-ქვას შეყვანით  
 სხვა ავტორებსაც აღუნიშნავთ [6, 7]. შეიძლება ვიფიქროთ, რომ თვითგალი-  
 ზიანების სიხშირის მომატება განპირობებულია ზოგადი მოძრაობითი აქტი-  
 ურობის მომატებით. ეს, მართლაც, შეიძლება იყოს ერთ-ერთი მიზეზი, მაგრამ  
 არა ერთადერთი. ცნობილია, რომ სეროტონერგული ნეირონები შემაკავებელ  
 გავლენას ახდენენ დოფამინერგულ და ნორადრენერგულ ნეირონებზე [8, 9].  
 ამდენად, სეროტონერგული ნეირონების დაზიანება ან ბლოკირება განაპირო-

ბებს კატექოლამინერგული ნეირონების გაადვილებას და, შეაბამისად, თვითგალიზიანების გახშირებას.

შეიძლება დავასკვნათ, რომ თვითგალიზიანების მექანიზმები, ისევე, როგორც ნებისმიერი სხვა სახის ქცევისა, არ შეიძლება დაეუკავშიროთ მხოლოდ ერთ რომელიმე ნეიროტრანსმიტერს. თვითგალიზიანების რეგულირებაში კატექოლამინერგული და სეროტონერგული ნეირონები რეცეპროკულ ურთიერთობაში უნდა იმყოფებოდნენ, ხოლო ამ სისტემებს შორის ურთიერთშეფარდება კი უნდა განაპირობებდეს მოტივაციის დონეს.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის  
 ი. ბერიტაშვილის სახ. ფიზიოლოგიის  
 ინსტიტუტი

(შემოვიდა 7.4.1992)

## ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Д. Ш. ДАВИТУЛИАНИ, А. Г. КОРЕЛИ

### ИЗМЕНЕНИЯ САМОРАЗДРАЖЕНИЯ КРОЛИКА ПРИ НАРУШЕНИИ СЕРОТОНЕРГИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ

#### Резюме

Резкое уменьшение уровня серотонина в головном мозгу посредством электролитического разрушения верхне-центрального ядра шва либо системным введением пара-хлорфенилаланина (ПХФА) приводит к повышению общей двигательной активности животного и увеличивает частоту самораздражения латерального гипоталамуса. Действие ПХФА обратимо, и фоновый уровень самораздражения восстанавливается спустя две недели, а у животных с поврежденным ядром шва повышенная частота самораздражения сохранялась в течение всего времени наблюдения.

Обсуждается связь полученных результатов с известной катехоламинергической теорией самораздражения.

## HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

D. DAVITULIANI, A. KORELI

### MODIFICATION OF THE SELF-STIMULATION IN RABBITS DURING IMPAIRMENT OF THE SEROTONERGIC MECHANISMS

#### Summary

Sharp decrease of the intracerebral serotonin level, elicited either by the electrolytic coagulation of the medial raphe or by the systemic administration of p-Clorophenilalanine, resulted in increase of the general motor activity and the frequency of the lateral hypothalamus self-stimulation. Influence of the p-CPA was reversible and the initial level of self-stimulation recovered after two weeks, while lesion of the rapheal nucleus produced irreversible elevation of the self-stimulation frequency.

The connection of the above results with the catecholaminergic theory of self-stimulation is discussed.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. B. B. Brodic, P. A. Shore. Ann. New York. Acad. Sci., 66, 2, 1957, 631.
2. D. C. German, D. M. Bowden. Brain Res., 73, 2, 1974, 381.
3. S. A. Lorens. Physiol. Behav., 7, 6, 1971, 815.
4. D. Van Der Kooy, H. C. Fibiger, A. Phillips. Brain Res., 136, 1, 1987, 119.
5. A. Koreli, D. Davituliani. Physiol. Behav., 33, 2, 1984, 339.
6. B. L. Jacobs, W. D. Wise, K. M. Taylor. Brain Res., 79, 2, 1974, 353.
7. L. Valzelli *et al.* Pharmacol. Res. Commun., 15, 4, 1983, 387.
8. W. Kostowski, A. Plaznik. Physiol. Behav., 29, 4, 1982, 621.
9. M. Vergnes *et al.* Bahav. Brain Res., 29, 1-2, 1988, 85.

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Н. Г. БУКИЯ, Э. С. МОНИАВА

РОЛЬ НОРАДРЕНЕРГИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ ПЕРЕДНЕГО  
ОТДЕЛА ГИПОТАЛАМУСА В РЕГУЛЯЦИИ ВЫЗВАННОЙ ВОЛНЫ  
ГОНАДОТРОПИНОВ У САМОК КРЫС

(Представлено членом-корреспондентом Академии С. П. Нарикашвили 3.10.1992)

В настоящее время одним из основных вопросов нейроэндокринологии является изучение тонких механизмов взаимосвязи между нервной и эндокринной системами на уровне гипоталамуса. В частности, огромное значение придается изучению механизмов, обеспечивающих пульсирующее выделение гонадотропинов. Регуляция данного процесса осуществляется за счет продукции нейрогормона пептидной природы — люлиберина (ЛГ-РГ). В свою очередь, метаболизм ЛГ-РГ и его секрция в сосуды портальной системы гипофиза находятся под контролем нейромедиаторов, в том числе нейромедиаторов моноаминергического ряда [1]. Однако представление о взаимодействии нейромедиаторов и ЛГ-РГ требует более точной локализации.

В ранее проведенных опытах [2] нами было установлено, что разрушение норадренергической передачи на уровне медно-базального гипоталамуса не оказывает влияния как на процесс аккумуляции люлиберина в область медно-базального гипоталамуса (МБГ), так и на секрцию последнего в портальную кровь гипофиза. В этих экспериментальных условиях не подавлялась вызванная волна гонадотропинов.

Цель настоящей работы — уточнить место приложения норадренергической передачи на ЛГ-РГ-продуцирующую систему.

Опыты проводили на беспородных самках крыс массой тела 250—300 г. Овариэктомию проводили под эфирным наркозом. В эксперимент животных брали через 30—35 дней после кастрации. Овариэктомированным самкам вводили 15 мкг эстрадиол-бензоата (подкожно). Обработанным таким путем крысам вводили в преоптическую область (ПО) 6-окси-дофамин (6-ОН-ДА — нейротоксин, избирательно разрушающий норадренергические нейроны и их окончания) за 24 часа до введения прогестерона. Животных декапитировали через 1, 4 и 8 часов после введения прогестерона. После забоя быстро извлекали мозг и делали срезы на замораживающем микротоме. Из срезов толщиной 300 мкм методом микропункции извлекали исследуемые структуры (ПО, область аркуатных ядер (АРК) и срединное возвышение (СВ)). Содержание ЛГ-РГ определяли радиоиммунологически, используя метод двойных антител [3]. Полученную величину соотносили на 1 мкг белка. Белок определяли по методу Бредфорда [4]. Кровь собирали для получения сыворотки, в которой определяли концентрацию лютеинизирующего (ЛГ) и фолликулостимулирующего (ФСГ) гормонов гипофиза радиоиммунологическим методом двойных антител [5]. Концентрацию ЛГ и ФСГ выражали в нанogramмах на 1 мл крови.

В утренние часы после введения 6-ОН-ДА в ПО содержание ЛГ-РГ в отдельных ядрах гипоталамуса и уровни ЛГ и ФСГ в крови не отличались от контрольных (табл. 1, 2). Однако картина меня-





лась в дневные часы. В частности, у контрольных животных произошло резкое снижение ЛГ-РГ в ПО и увеличение его содержания в АРК.

Таблица 1

Влияние локального введения 6-ОН-ДА в ПО на содержание люлиберина в отдельных ядрах гипоталамуса

Время забоя	Условия опыта	Содержание люлиберина в гипоталамусе, нг/мкг		
		ПО	АРК	СВ
11 часов	К 6-ОН-ДА	12,2±2,1	2,3±0,2	30,6±5,0
		12,5±2,7	2,5±0,1	28,9±4,8
14 часов	К 6-ОН-ДА	6,5±0,5	15,6±1,6	36,2±2,4
		8,6±0,3**	10,1±0,3*	33,4±4,6
18 часов	К 6-ОН-ДА	5,7±0,3	3,6±0,2	18,2±2,4
		8,0±0,5**	3,1±0,5	30,4±3,2*

Примечание: \*— $P < 0,05$ , \*\* $< 0,01$

Таблица 2

Влияние локального введения 6-ОН-ДА в ПО на уровни гонадотропинов в крови

Время забоя	Условия опыта	Уровень гонадотропинов в крови, нг/мл	
		ЛГ	ФСГ
11 часов	К 6-ОН-ДА	221,0±34,0	373,5±44,0
		262,5±35,2	344,1±49,7
14 часов	К 6-ОН-ДА	417,0±52,0	455,4±39,2
		308,8±69,2	496,0±55,7
18 часов	К 6-ОН-ДА	1223,0±104,8	993,1±88,0
		275,0±67,0***	870,0±67,8

Примечание: \*— $P < 0,001$ .

Можно предположить, что в начальный период действия половых гормонов по принципу положительной обратной связи на секрецию гонадотропинов идет процесс накопления ЛГ-РГ в медио-базальном гипоталамусе. По-видимому, это влияние половых гормонов на уровне гипоталамуса опосредовано норадренергической системой, так как у животных с разрушением норадренергических терминалей в ПО отмечалось торможение накопления ЛГ-РГ в области АРК и ПО.

Несмотря на зарегистрированные изменения содержания ЛГ-РГ в ПО и АРК в 14 часов дня, у 6-ОН-ДА-обработанных животных содержание ЛГ-РГ в СВ не отличалось от контроля. Не было зарегистрировано и изменений в концентрации ЛГ и ФСГ в крови.

Принимая во внимание эти результаты, можно сказать, что при введении 6-ОН-ДА увеличивается чувствительность альфа-адренорецепторов к норадреналину (НА) и, несмотря на снижение концентрации НА в переднем гипоталамусе, оставшаяся часть НА-ергических тер-



миналей все же способствует поддержанию базального уровня секреции гонадотропинов в крови.

В вечерние часы (18 часов) содержание ЛГ-РГ достоверно увеличивалось в ПО и СВ. При этом происходило блокирование волны ЛГ. Можно предположить, что в вечерние часы разрушение НА-ергических окончаний в переднем гипоталамусе снижает уровень стимулирующего сигнала, который приводит к аккумуляции нейрогормона в проводящих путях и является необходимым для развития волны ЛГ. Это становится очевидным и при сопоставлении динамики изменений содержания ЛГ-РГ в группе контроля и в группе животных с разрушением НА-ергических терминалей в ПО в дневные и вечерние часы. Так, у контрольных животных в вечерние часы по сравнению с дневными часами имело место снижение люлиберина в АРК и СВ. Массивный выход люлиберина в портальную кровь гипофиза способствовал развитию ЛГ и ФСГ волн. Другая закономерность отмечалась у животных, получавших 6-ОН-ДА: уровень ЛГ-РГ в вечерние часы не изменялся в ПО и СВ по сравнению с таковым в дневные часы.

Таким образом, можно сказать, что на уровне переднего отдела гипоталамуса целостность НА-ергической системы необходима для нормального развития волны ЛГ. Интересно отметить, что введение 6-ОН-ДА в ПО не влияло на развитие волны ФСГ, которая в вечерние часы достигала контрольных уровней. По-видимому, существуют два различных механизма регуляции секреции ЛГ и ФСГ. В этой связи важную роль должен играть гипофиз, так как гипофиз регулирует выброс ЛГ и ФСГ за счет изменения чувствительности к люлиберину. Нельзя исключить и роль люлиберина в дифференцированной секреции гонадотропинов. Можно предположить, что существует ЛГ-РГ-зависимый механизм секреции ФСГ, что, по-видимому, регулирует тоническую секрецию данного гонадотропина, и второй, ЛГ-РГ-независимый механизм, который включается во время овуляторного выброса ФСГ. Природа и характер включения этого механизма до сих пор не выяснены и подлежат дальнейшему изучению.

Таким образом, на основе экспериментальных данных, полученных с помощью введения 6-ОН-ДА в ПО и АРК, можно заключить, что местом основного действия НА является ПО, где локализована основная часть клеточных тел ЛГ-РГ-продуцирующих нейронов, и что НА-ергическая иннервация переднего отдела гипоталамуса является необходимой для поддержания циклической секреции ЛГ.

Академия наук Грузии  
Институт физиологии  
им. И. С. Бериташвили

(Поступило 7.4.1992)

ალამიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

ბ. ბუკია, ძ. მონიავა

ჰიპოთალამუსის კრემოტიკური უზნის ნორადრენერგული ინერვაციის გავლენა გონადოტროფული ჰორმონების გამოწვეულ ტალღაზე გემდარ ვირთაბევიზე

რეზიუმე

ნორადრენერგული ინერვაციის დაზიანება წინა ჰიპოთალამუსის დონეზე იწვევს სასქესო ჰორმონებით გამოწვეული მალუტინიზირებელი ჰორმონის ტალღის ბლოკირებას და გავლენას არ ახდენს ფოლიკულმატიმულირებელი ჰორმონის გამოწვეულ ტალღაზე. „მომავალი“, ტ. 146, № 3, 1992

მონის სეკრეციაზე. შესაძლებელია გავაყვითოთ დასკვნა, რომ წინა ჰიპოთალამური ნორადრენერული ინერვაციის მთლიანობა ლულიბერინის მპროდუცირებელ ნეირონებზე აუცილებელია მალუტეინიზირებელი ჰორმონის ციკლური სეკრეციისათვის.

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

N. BUKIA, E. MONIAVA

THE ROLE OF NORADRENERGIC INNERVATION OF  
 HYPOTHALAMIC PREOPTIC REGION IN THE REGULATION  
 OF AN INDUCED WAVE OF GONADOTROPINS IN FEMALE RATS

Summary

The destruction of noradrenergic innervation at the level of hypothalamic preoptic region results in the blockade of the induced wave of luteinizing hormone (LH) and has no effect on the induced wave of follicle-stimulating hormone (FSH) in ovariectomized rats that have received sex steroids.

It can be inferred that the preservation of noradrenergic innervation of hypothalamic preoptic region provides the cyclic secretion of LH.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. S. Kalra, J. Simpkins, P. Kalra. *Endocrinology*, 108, 1299—1304.
2. ნ. ბუკია, ე. მონიავა. საქ. მეც. აკადემიის მოამბე, ტ. 141, (1), 1991, 165—168.
3. В. М. Самсонова, В. Н. Бабичев. *Пробл. эндокринолог.*, 5, 1977, 58—64.
4. M. Bradford. *Analyt. Biochem.* 72, 1974, 248—254.
5. В. Н. Бабичев, Е. И. Адамская, В. М. Самсонова. *Пробл. эндокринолог.*, 4, 1975, 63—68.

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

А. А. УНГИАДЗЕ, Г. И. КИКНАДЗЕ

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЕКЦИИ ДОРСАЛЬНОГО ГИППОКАМПА  
К ПЕРЕДНЕЙ ПОЯСНОЙ ИЗВИЛИНЕ

(Представлено академиком Т. Н. Ониани 13.4.1992)

Интерес к изучению функционального взаимоотношения и нервных связей поясной извилины (ПИ) и гиппокампа (Г) вызван клиническими наблюдениями над пациентами, страдающими умственными расстройствами и эпилепсией, а также результатами опытов на животных. Многочисленные нервные связи этих структур мозга с неокортикальными и подкорковыми образованиями определяют их роль в осуществлении висцеральных, соматомоторных и мотивационных функций, психической деятельности и организации памяти [1—5 и др.]. Однако исток и ходология нервных связей Г и ПИ представляются еще спорными. Бытует мнение, что лимбический круг, по-видимому, обходит лимбическую кору, замыкаясь через энторинальный вход [6]. Исключается возможность участия передней лимбической коры в основном лимбическом цикле [7]. Ставится под сомнение существование прямых проекций между Г и цингулярной корой [8, 9].

В настоящем сообщении представлены результаты электрофизиологического и морфологического изучения нервных связей дорсального гиппокампа (ДГ) с ростральным отделом ПИ.

Электрофизиологические опыты проводились в условиях хронического и острого экспериментов на кошках. Константановые электроды вживлялись в различные структуры мозга по координатам атласа. Отведение монополярное с регистрацией электрической активности на двухлучевом катодном осциллографе «Диза-электроник». Раздражение мозга биполярное, прямоугольными импульсами (длительностью 0,2 мсек) от генератора с высокочастотным выходом. Достоверность полученных данных определялась по Т-критерию Стьюдента. Локализация электродов и повреждений верифицировалась на фронтальных срезах мозга животного.

Методом вызванных потенциалов (ВП) при одиночных (рис. 1, А), парных с различным межимпульсным интервалом (рис. 1, Б), а также при низкочастотных ритмических раздражениях ДГ показано возникновение стабильных, хорошо выраженных высокоамплитудных потенциалов в передней поясной извилине (ППИ) (поле 25), конфигурация которых претерпевала изменения в зависимости от интенсивности применяемой стимуляции (рис. 1, А<sub>1-5</sub>). Порог вызова этих ответов довольно низок — 0,5 в. При увеличении силы раздражения имеют место углубление начального положительного отклонения и появление дополнительных компонентов ВП. Ответы ППИ характеризуются уже многокомпонентностью (рис. 1, А<sub>5</sub>). Результаты статистической обработки показали достоверность полученных данных. Для ВП ППИ характерен малый скрытый период, варьирующий в пределах 1,5—2 мсек (P=99%) (рис. 1, А<sub>6</sub>). Стабильность ВП ППИ при одиночных, парных и ритмических раздражениях ДГ, малый порог вызова его, высокая амплитуда и малая латентность указывают на участие в генезе цингулярных ответов короткого, по всей видимости, моносинаптического нейронного пути.



Конечно, можно предположить, что проведение импульсов возбуждения до ПИ может осуществляться и через другие структуры мозга, получающие афферентные пути из Г. Такой структурой может

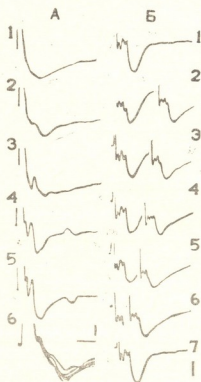


Рис. 1. Ответы переднего отдела поясной извилины (поле 24), вызванные одиночными (А) и парными (Б) раздражениями дорсального ганглия. На А: 1—интенсивность раздражения 0,5 в; 2—1 в; 3—2 в; 4—5 в; 5—6 в. Калибровка: амплитуды—200 мкв, времени на всех отведениях 5 мсек

являться передняя группа ядер таламуса, иннервируемая из Г и обладающая прямыми дифференцированными проекциями с различными полями ПИ [10—12 и др.]. Характеристики ответов структур мозга,



Рис. 2. Фрагменты перерожденных волокон в нижних слоях переднего отдела поясной извилины. Об. х 20, ок. х 10

возможных посредников в проведении импульсов возбуждения от ДГ к ППИ (задняя поясная извилина, передние таламические ядра, энторинальная кора), при их активации и отключении, как показали проведенные нами дополнительные серии опытов, также указывают на

наличие короткой моносинаптической связи. Сравнение скрытых периодов ВП ППИ (1,5—2 мсек) и передних ядер таламуса (антеромедиального, где латентность ВП равна 2 мсек, и антеровентрального — 3,5—4 мсек), вызванных раздражением ДГ, показало, что гиппокампо-цингулярный путь, включающий передние таламические ядра, не является моносинаптическим. Кроме того, повреждение передней группы ядер таламуса не препятствует возникновению ВП в ППИ на раздражение ДГ [10, 13].

Существование моносинаптических гиппокампо-цингулярных связей подтверждено и результатами проведенного нами морфологического исследования. Через 9—12 дней после электролитического повреждения ДГ методом Наута в модификации И. А. Замбрицкого [14] исследовались перерожденные волокна в ППИ. Выяснилось, что подлежащее белое вещество изучаемой области коры содержит значительное число фрагментов перерожденных волокон, причем малая часть фрагментированных волокон сгруппирована вокруг тел нейронов, остальные же собраны в радиально ориентированные пучки (рис. 2). Остальная часть перерожденных волокон прослеживается в нижних слоях коры, в слое III их количество уменьшается, в слое II найдены только единичные волокна.

Все вышеперечисленное подтверждает наше мнение о существовании прямых моносинаптических путей между ДГ и ППИ.

Академия наук Грузии  
 Институт физиологии  
 им. И. С. Бериташвили

აღმნიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

ა. უნგიადე, გ. კიკნაძე

დორსალური ჰიპოკამპისა და წინა სარტყლის ხმელის  
 პროექციების შესწავლა

რეზიუმე

ელექტროფიზიოლოგიურად და მორფოლოგიურად დადგინდა პირდაპირი მონოსინაფსური ნეირონული კავშირები დორსალურ ჰიპოკამპსა და წინა სარტყლის ხვეულს შორის.

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

A. UNGIADZE, G. KIKNADZE

STUDY OF THE DORSAL HIPPOCAMPAL PROJECTIONS OF  
 THE ANTERIOR CINGULATE GYRUS

Summary

The electrophysiological and morphological studies of relationships of the dorsal hippocampus and anterior cingulate gyrus have made clear that there exist monosynaptic neuronal connections between these structures.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. О. Г. Баклаваджян, В. С. Еганова с соавт. Физиол. ж. СССР, 73, 3, 1987, 373.
2. А. С. Богданов, А. А. Кирпиченко. Ж. невропатол. и психиатр., 90, 3, 1990, 110.
3. Г. П. Валюх, Т. Н. Соллертинская. Физиол. ж. СССР, 71, 4, 1985, 425.
4. А. Г. Корели. Гиппокамп и эмоции. Тбилиси, 1989.
5. M. Meunier. Bull. Sfecsa, 2, 1, 1987, 37.
6. T. F. Dogi, Ch. E. Polletti. Brain Res., 289, 2, 1983, 229.
7. О. С. Виноградова. Автореферат докт. дисс. М., 1982.
8. Т. С. Сотниченко. ДАН СССР, 214, I, 1974, 220.
9. V. V. Domesick. Anat. Rec., 175, 3, 1973, 308.
10. А. А. Унгиадзе. Нейрофизиология, 13, I, 1981, 7.
11. K. Niimi, M. Niimi, Y. Okada. Brain Res, 145, 3, 1978, 225.
12. R. T. Robertson, S. S. Kaiz. J. of Compar. Neurology, 195, 1, 1981, 501.
13. А. А. Унгиадзе. Сообщения АН ГССР, 97, № 2, 1980, 433.
14. И. А. Замбрицкий. Бюлл. эксп. биол. и мед. 50, 1961, 39.

ა. სოფროშაძე, დ. გულბანი, ძ. მხაფლიზგილი, თ. ცვიფილი

### ვაზის ფისვის პროანთოციანიდინები

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ნ. ნუტუბიძემ 9.4.1992)

პროანთოციანიდინები — ფლავან-3,4-დიოლები (იგივე ლეიკოანთოციანიდინები, ანთოციანოგენები...) მცენარეულ სამყაროში ერთ-ერთ ყველაზე ფართოდ გავრცელებულ ფენოლურ ნაერთთა ჯგუფს განეკუთვნება. ისინი მცენარის უჯრედში წარმოქმნიან საკმაოდ რთულ სტერეოქიმიურ სტრუქტურებს, მონომერების, დიმერების და პოლიმერების სახით [1]. პროანთოციანიდინების ავტონომიური ბიოსინთეზის უნარი აქვს მცენარის როგორც ვეგეტატიურ, ისე რეპროდუქციულ ორგანოებს, თუმცა გამოთქმულია მოსაზრება მცენარეში მათი ტრანსპორტირების შესაძლებლობის შესახებაც [2].

პროანთოციანიდინებზე წმინდა ქიმიური და ფიქტივიური ასპექტით ჩატარებულ კვლევებთან ერთად, რომელთაც გარკვეული ქემოტაქსონომიური მნიშვნელობაც შეიძლება ჰქონდეთ, ყურადღებას იპყრობს მონაცემები მათი *in vitro* მაღალი ბიოაქტივობისა და თერაპიული ეფექტის შესახებ [3,4]. ეს გარემოება პერსპექტიულს ხდის აღნიშნული ნაერთების პრაქტიკულ გამოყენებას. საქართველოს ფლორა ამ მხრივ ფაქტობრივად ხელუხლებელია და უაღრესად მდიდარ წყაროს წარმოადგენს [5].

ვაზის პროანთოციანიდინებზე არსებული მეცნიერული ინფორმაციის ანალიზით ირკვევა, რომ აღნიშნული ნაერთები ვაზში რთული ქიმიური სტრუქტურების სახითაა წარმოდგენილი. სხვადასხვა ჯიშის ვაზის ნაწილებიდან (თესლი, ყურძნის კანი, რბილობი, კლერტი) გამოყოფილი და იდენტიფიცირებულია პროანთოციანიდინების როგორც მონომერები, ისე დიმერები (ე. წ. ბიფლავანები), ტრიმერები და პოლიმერები (იხ. მაგ. [6—9]). პროანთოციანიდინები ვაზის თესლსა და ყურძნის კანში მონო- და დიგლუკოზიდების სახითაც კი იქნა იდენტიფიცირებული [6,9]; თუმცა აქვე უნდა შევნიშნოთ, რომ მრავალი მეცნიერი უარყოფს ვაზში, და საერთოდ მცენარეში, ფლავან-3,4-დიოლების გლიკოზიდირების შესაძლებლობას და მას არტეფაქტად მიიჩნევს [7,10]. საყურადღებოა ის გარემოებაც, რომ მონაცემები ვაზის პროანთოციანიდინებზე და მათი ინტერპრეტაცია სხვადასხვაგვარია; ზოგჯერ ურთიერთსაწინააღმდეგო და ურთიერთგამორიცხველიც კი შდრ. მაგ. [6 და 7]), რაც საკითის შესწავლის სირთულით და ნაწილობრივ, ალბათ, ვაზის ჯიშობრივი თავისებურებებით შეიძლება აიხსნას. ჩატარებულ სამუშაოთა მიუხედავად, ვაზის პროანთოციანიდინების ქიმიისა და ბიოქიმიის მრავალი ასპექტი ჯერ კიდევ არ არის გარკვეული: შეუსწავლელია მათი სტერეოქიმიური კონფიგურაცია, უცნობია ბიოსინთეზის გზები, ფუნქცია — ფიზიოლოგიური როლი ვაზის ცხოველქმედებაში, ბიოლოგიური და ფარმაკოლოგიური მოქმედება და სხვა.

წინამდებარე შრომაში წარმოდგენილია ვაზის ფესვის პროანთოციანიდინების შესწავლის შედეგები.

ვაზის ფესვების ფენოლურ ნაერთთა შესწავლის მნიშვნელობაზე ჯერ კიდევ 1955 წელს მიუთითებდა ს. დურმიშიძე [11]; იგი თვლიდა, რომ ფესვის ფენოლურ ნაერთებს კონკრეტული ფიზიოლოგიური ფუნქცია უნდა ეკისრებოდა მცენარის ნივთიერებათა ცვლაში, გარემოსთან კონტაქტში; მაგრამ ვაზის





ფესვების ფენოლური ნაერთები, მათ შორის პროანთოციანიდინებიც, ვარჯიშის კვლევის მიღმა დარჩა. შემდგომში სხვადასხვა ჯიშის ვაზის, მათ შორის „საფერავის“, ძირითად ორგანოებში პროანთოციანიდინების რაოდენობრივი განაწილების შესწავლამ გვიჩვენა, რომ ფესვები მათ მნიშვნელოვნად მეტი რაოდენობით შეიცავდა, ვიდრე ფოთლები და ღერო [12]; ამასთანავე, დადგინდა, რომ ვაზის ფესვებში პროანთოციანიდინებისათვის დამახასიათებელ ტესტს იძლეოდა სამი ნივთიერება. გამოკვლეულ იქნა საქართველოს ერთ-ერთი წამყვანი სამრეწველო ჯიშის ვაზის „საფერავის“ (*vitis vinifera* L.) ფესვის პროანთოციანიდინები.

0,5 კგ კარგად გასუფთავებული ფესვები (ნათლიანად — მათი ნაწილების დიფერენცირების გარეშე) დიჰრა და დაქუცმაცდა თხევადი აზოტის არეში. პროანთოციანიდინები ექსტრაქირდა 50%-იანი წყლიანი მეთანოლით მადულარი წყლის აბაზანაზე ცხრაჯერ. გაერთიანებული ექსტრაქტი გაიფილტრა მინის ფილტრში № 3 და კონცენტრირებულ იქნა ვაკუუმ-როტაციულ ამოორთქლ. ბელში 30—35°C-ზე მეთანოლის სრულ მოცილებამდე. წყლიანი ექსტრაქტი, ლიპიდების და სხვ. მოსაშორებლად, დამუშავდა პეტროლეინის ეთერით მრავალჯერ, რის შემდეგაც ჩატარდა ექსტრაქტის დიეთილეთერით მრავალჯერადი გასუფთავება ზოგიერთი ფენოლური ნაერთისაგან (თავისუფალი ფენოლკარბონმჟავები, კატეხინები და სხვა). იმის გამო, რომ ამ პროცედურის შემდეგ ძირითად ექსტრაქტში დიდი რაოდენობით წარმოიქმნა ნალექი, ამ უკანასკნელის მოსაცილებლად, იგი ცენტრიფუგირდა 5000 ბრ/წ 10 წთ-ის განმავლობაში. ნალექზედა სითხე გამოიხადა ვაკუუმ-როტაციულ ამოორთქლებელში. გამოხდის პროცესში კულის კედლებზე წარმოიქმნა სიფრიფანა ფირფიტისებრი ბზინვარე კრისტალები. ამ უკანასკნელის P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-ზე გამოშრობის შემდეგ მივიღეთ პროანთოციანიდინების ღია მოჩალისფრო პრეპარატი. იგი კარგად იხსნება წყალში, წყლიან ეთანოლსა და მეთანოლში. ქრომატოგრაფიაზე პ-ტოლუოლ-სულფომჟავათი და დიზოტირებული პ-ნიტროანილინით გამქაფავებისას გვაძლევს პროანთოციანიდინებისათვის დამახასიათებელ რეაქციას [13]. იმ გარემოებამ, რომ პრეპარატი ქაღალდზე ორგანოზომილებიანი ქრომატოგრაფიის მეთოდით შესწავლისას, ფლავონოიდური მონომერებისათვის მიღებულ ტიპურ გამხსნელ სისტემებში (ნ-ბუთანოლი-მმარმჟავა-წყალი, 4:1:5-ზედა ფენა; 2%-იანი მმარმჟავა) სტარტიდან არ ვადადგილდა, გვაფიქრებინა, რომ იგი არ უნდა ყოფილიყო მონომერი, რაც შემდგომ პრეპარატის იდენტიფიცირებისათვის ჩატარებულმა პროცედურებმა დაადასტურეს კიდევ.

იდენტიფიცირებისათვის ჩატარდა შემდეგი ანალიზები: ჰიდროლიზი: ა) ძლიერი (ღრმა); ბ) სუსტი (ფრთხილი).

ძლიერი ჰიდროლიზის მეთოდის გამოყენებას პროანთოციანიდინების იდენტიფიცირებისას მკვლევარი ვერ აცდებდა, რადგან იგი იძლევა ერთ-ერთ უტყუარ ტესტს აღნიშნული ნაერთების შესახებ საერთოდ. ჰიდროლიზის პროცედურა შესაბამისი ანთოციანიდინი. 20 მგ პრეპარატი გავხსენით 10 მლ 50%-იან მეთანოლში, დავემატეთ 20 მლ პროანთოციანიდინების რეაქტივი (ნ-ბუთანოლი-950 მლ+კონც. HCl—50 მლ) [13] და გავაცხელეთ ჯერ მადულარი წყლის აბაზანაზე აერთულ პირობებში (თავლია ჭურჭელში), შემდეგ კი უკუმაცივრით 40 წთ-ის განმავლობაში. ხსნარმა ინტენსიური წითელი ფერი მიიღო. ჰიდროლიზატის შესწავლამ გვიჩვენა მისი იდენტურობა აუთენტიკურ ციანიდინთან, რითაც დასტურდება, რომ გამოყოფილი პრეპარატი წარმოადგენს პროციანიდინს (იხ. ცხრილი).

სუსტი ჰიდროლიზი ჩატარდა განზავებული მჟავათი [15]. 50 მგ პრეპარატი გავხსენით 25 მლ 0,1 ნ HCl-ში და ჰიდროლიზისათვის ჯავდგით მადულარი

წყლის აბაზანაზე 20 წთ-ის განმავლობაში. ჰიდროლიზატი გავაცივებთ. მიღებული პროდუქტი გამოვწვლილეთ ეთილაცეტატი. ეთილაცეტატიანი ექსტრაქტი გამოვხადებთ მშრალ ნაშთამდე ვაკუუმ-როტაციულ ამოთქვლებელში. ნალექი გავხსენით ეთანოლში და შევისწავლეთ. მიღებული შედეგებით იგი აუთენტიკური (+) -კატეხინის იდენტური აღმოჩნდა (იხ. ცხრილი).

„საფერავის“ ფესვიდან გამოყოფილი პროანთოცინიდიდის პრეპარატის მკვლევარი ჰიდროლიზის შედეგად მიღებული პროდუქტების იდენტიფიცირება

ჰიდროლიზის პროდუქტები და აუთენტიკური ნაერთები	ძლიერი ჰიდროლიზი				შთანთქმის სპექტრები, $\lambda$ , ნ მ		სუსტი ჰიდროლიზი		რეაქცია ვანლინთან —HCl-თან	შთანთქმის მაქსიმუმი $\lambda$ , ნ მ			
	Rf $\times$ 100 გამხსნელ-სისტემებში***		ფერის კომპატიგრამაზე	შთანთქმის მაქსიმუმი, $\lambda$ , ნ მ	1	2	Rf $\times$ 100 გამხსნელ-სისტემებში						
	ფორესტალი	ბმწ					ბმწ	ბმწ					
ძლიერი ჰიდროლიზის	50	15	75	58	ვარდისფერი	276	535	15—20	—	—	—	—	
აუთენტიკური ციანიდინი* სუსტი ჰიდროლიზის	49	15	76	59	—	—	276	535	15—18	—	—	—	—
აუთენტიკური (+), კატეხინი**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	67	34	ვარდისფერი	279
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	67	33	—	280

\* აუთენტიკური ციანიდინი, გამოყოფილი და იდენტიფიცირებულია ჩვენს მიერ [12].

\*\* აუთენტიკური (+) — კატეხინი კომერციული-ფირმა „Teodor Schuchardt“.

\*\*\* ფორესტალი: მმარმევა-მარილმევა-წყალი, 30 : 3 : 10; ჰმწ, ჰიანჰეველმევა-მარილმევა-წყალი, 5 : 2 : 3; ბმ: ნ-ბუთანოლი-2HCl, 1 : 1, ზედა ფენა; ბმწ: ნ-ბუთანოლი-მმარმევა-წყალი, 4 : 1 : 5. ზედა ფენა, ბმწ: ნ-ბუთანოლი- მმარმევა-წყალი, 40 : 12 : 82, კომპატიგრამა ადგილი ქაღალდი ლენინგრადის „С“ t=22 °C.

\*\*\*\* შთანთქმის სპექტრები ჩაწერილია გლუბების სახით [14] ელენენტები: ციანიდინის შემთხვევაში შემყვებელი მეთანოლი, კატეხინების შემთხვევაში—ეთანოლი.

შთანთქმის სპექტრები. პრეპარატის შთანთქმის სპექტრი ულტრაიისფერ ოლქში ჩავეწერეთ 80%-იან წყლიან ეთანოლში Hytachi-ის მარკის სპექტროფოტომეტრზე. სპექტრზე კარგადაა გამოხატული პროანთოცინიდიდებისათვის დამახასიათებელი შთანთქმის მაქსიმუმი 280 ნმ-ზე. გადავიღეთ აგრეთვე პრეპარატის შთანთქმის სპექტრი ინფრაწითელ ოლქში (სპექტროფოტომეტრი UR—10, NaCl-ის პრიზმა, ხვრელის პროგრამა-4, სკანირების სიჩქარე 50 სმ<sup>1</sup>/წ). პრეპარატის სინჯი მოვამზადებთ KRR-ის ფირფიტის სახით. სპექტრზე შეინიშნება შთანთქმის რამდენიმე ზოლი: 3400, 3200, 1610, 1540, 1500 სმ<sup>1</sup>. 3400—3200 სმ<sup>1</sup> ოლქში განლაგებული ზოლები შეიძლება განპირობებული იყოს ჰიდროქსილის ჯგუფების, ხოლო შთანთქმის ზოლები 1610—1540, 1500 სმ<sup>1</sup>-ზე — არომატული ბირთვების რხევებით [16].

ზემოთ აღნიშნული მონაცემების საფუძველზე „საფერავის“ ჯიშის ვაზის ფესვიდან გამოყოფილი პროანთოცინიდიდის პრეპარატი იდენტიფიცირებულია როგორც პროციანიდინისა და (+)-კატეხინის დიმერი. გარდა აღნიშნულისა, „საფერავის“ ფესვი კიდევ ორ პროანთოცინიდიდს შეიცავს. ისინი შესაბამის ანთოცინებად გარდაქმნისას იძლევიან პროციანიდინისა და პროდელფინიდი-

ნისათვის დამახასიათებელ ტესტებს. მათი გამოყოფა და იდენტიფიცირება მომავალი კვლევის საგანია.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია  
 ს. ღურშიშვილის სახ.

მცენარეთა ბიოქიმიის ინსტიტუტი

(შემოვიდა 9.4.1992)

БИОХИМИЯ

А. Н. СОПРОМАДЗЕ, Д. И. ГУЛБАНИ, К. Ш. МЧЕДЛИШВИЛИ,  
 Т. Т. ЦИЦИШВИЛИ

ПРОАНТОЦИАНИДИНЫ КОРНЕЙ ВИНОГРАДНОЙ ЛОЗЫ  
 Резюме

Из корней виноградной лозы сорта Сaperavi (*Vitis vinifera* L.) выделен и идентифицирован димер (бифлаван) процианидина и (+)-катехина. Установлено наличие еще двух проантоцианидинов.

BIOCHEMISTRY

A. SOPROMADZE, D. GULBANI, K. MCHEDLISHVILI, T. TSITSISHVILI

PROANTHOCYANIDINES OF GRAPE-VINE ROOTS

Summary

Dimer (biflavan) of procyanidine and (+)-catechin have been isolated and identified from „Saperavi“ (*Vitis vinifera* L.) grape-vine roots. The presence of two more proanthocyanidines has been stated.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. E. Haslam. Topics in Flavonoid Chemistry and Biochemistry, Academiai Kiado, Budapest, 1975, 77.
2. D. Roger, B. D. Colette et al. C. R. Acad. Sci., 256, № 4, 1963, 3745.
3. D. Somaatmadja et al. Am. J. Enol. Viticult, 16, 1965, 54.
4. О. К. Кабиев и др. Труды Каз. ин-та онкологии и радиологии, I. Алма-Ата, 1965, 236.
5. Г. Ч. Циклаური. Автореферат канд. дисс. Тбилиси, 1980, 7.
6. M. A. Joslin, H. F. K. Dittmar. Mitt. Klosterneuburg, 17, № 2, 1957, 92.
7. P. Ribereau-Gayon. Les composés phenoliques des Végétaux. Paris, Dunod, 1968.
8. С. В. Дурмишидзе, А. Н. Сопромадзе. Сообщения АН СССР, 64, № 3, 1971, 691.
9. V. K. Bhatia et al. Current Sci., 37, № 20, 1968, 582.
10. V. L. Singleton, P. Esau. Phenolic substances in grapes and vine and their significance. Acad. Press. New-York—London, 1969.
11. С. В. Дурмишидзе. Дубильные вещества и антоцианы виноградной лозы и вина. М., 1955.
12. А. Н. Сопромадзе. Автореферат канд. дисс. Тбилиси, 1974, 28.
13. T. Swain, W. E. Hillis. J. Sci. Food & Agric., 10, 1959, 63.
14. J. B. Harborne. Biochem. J., 70, № 1, 1958, 22.
15. S. Lewak, J. Lazovska, K. Dziewanowska. Chem. Ann. Soc. Chem. Polon., 44, № 9, 1970, 1733.
16. Л. Беллами. Инфракрасные спектры сложных молекул. М., 1963, 110, 140, 142.

6. ნინოა

შავი ზღვის მედიტერანიზაცია ბრძელდება

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ი. ელიავამ 20.3.1992)

შავი ზღვის ფაუნისტური კომპლექსი ძირითადად შემორჩენილია ტეტისის რელიქტური ფაუნიდან, სადაც ისტორიულად ფაუნის ცვლილებები ხდებოდა ტეტისის გამტკნარებასა და მარილიანობის მომატებასთან დაკავშირებით. ამ ძირითად ფაუნას კი ყოველთვის ემატებოდა მტკნარი წყლების და ხმელთაშუა ზღვის ფაუნის წარმომადგენლები [1—3]. ბოლო 20—35 წელია შავ ზღვაში იშვიათად, მაგრამ მაინც ვხვდებით სახეობებს უფრო შორეულ ზღვებიდანაც [4], მაგალითად მოლუსკი — *Rapana thomasiana* Cr., შემოსულია იაპონიის ზღვიდან (გემის ფსკერზე მიმაგრებული ქვირითის საშუალებით), რომელმაც მოასწრო უკვე ისეთი დიდი რაოდენობით გამრავლება, რომ ზიანიც კი მიაყენა შავი ზღვის ხამანწყების მარაგს.

შავი ზღვის მედიტერანიზაციის დეტალური განხილვის საშუალებას ნაშრომის მოცულობა არ იძლევა, მაგრამ ზოგიერთი გამოჩენილი მეცნიერის მრავალი წლის დაკვირვებებსა და მონაცემებზე მაინც შევჩერდებით.

როდესაც ვადარებთ სამხრეთის ზღვების გამოჩენილი მკვლევარის ნ. კნიპოვიჩის [5] და რუმინელი მეცნიერის ე. სლასტენკოს [6] მიერ წარმოდგენილ თევზთა კლასის სიებს, ეპოულბოტ 12 ახალ სახეობას, რომელიც არა აქვს აღწერილი ნ. კნიპოვიჩის. მათ შორის არის *Balistes carpisus* ორჯერ ნაპოვნი სოხუმსა და ბათუმთან.

ე. სლასტენკოსა და ა. სვეტაჰოვიჩის [7] მიერ წარმოდგენილი თევზთა ფაუნისტური სიის შედარებისას ირკვევა, რომ გამორჩენილია კიდევ 12 სახეობა, რომლებიც აღმოჩენილ იქნა ბულგარეთის სანაპიროებთან.

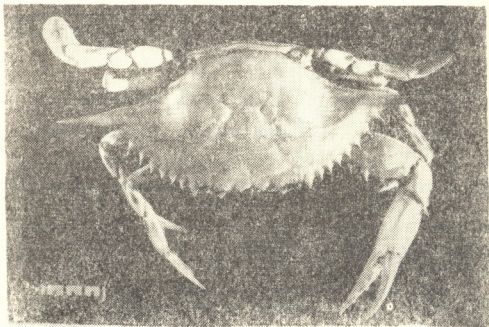
ტ. რასის [8] კვლევის შედეგად 1965 წლის მონაცემებით კიდევ შეიგნო შავი ზღვის თევზთა ფაუნისტური სია რამდენიმე სახეობით.

1916 წელს კ. მილაშევიჩმა [2] წარმოადგინა აზოვ-შავი ზღვის მალაკოფაუნის სია—125 სახეობა. უფრო გვიან ი. სტარბოვატოვის სიაში 208 სახეობაა მოცემული და ა. შ. შავი ზღვის ღრუბელთა ფაუნიდან ბოლო წლებში აღწერილია ოთხი ახალი სახეობა. ასევე პლანქტონური ორგანიზმები, მრგვალი ჰიები, ბენტოსური ორგანიზმები და სხვა.

5000 წლის წინათ დაიწყო შავ ზღვაში ხმელთაშუა ზღვის თბილი-მარილიანი დინების შემოსვლა ბოსფორის სრუტიდან, როგორც ი. პუზანოვი [3] აღნიშნავს, ბოსფორის სრუტე უნდა ჩაითვალოს შავი ზღვისათვის აკლიმატიზაციის რაიონად, სადაც ხმელთაშუა ზღვიდან შემოსული სახეობები თანდაეგუებოდა ტემპერატურულ რეჟიმსა და მარილიანობის უფრო დაბალ პირობებს. აქვე ხდება ბუნებრივი შერჩევა და მათი გავრცელება შავი ზღვის შესაბამის რაიონებში.

1971 წელს ჩვენ მიერ ქ. ფოთთან, სადაც ზღვის მარილიანობა არ აღემატება 13—15% და იგრძნობა მდინარე რიონის დინების შემოქმედება, დაჭრილ იქნა შავი ზღვისათვის ახალი სახეობა ამერიკული ცისფერი კიბორ-

ჩხალა — *Callinectes sapidus* Ratkbum (1896). (სურ. 1). რომელიც იახებდა ს. ჯანაშიას სახ. საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის ზოოლოგიის განყოფილების ფონდში.



სურ. 1. ამერიკული ცისფერი კიბორჩხალა, დაჭერილი 1971 წ. ქ. ფოთში

1988—1990 წლებში შავ ზღვაში ქ. ბათუმთან აკვარიუმის თანამშრომელთა მიერ სამჯერ იქნა დაჭერილი სხვადასხვა ზომის ამერიკული ცისფერი კიბორჩხალა.

ერთ-ერთი დიდი ზომის ეგზემპლარა, რომელიც 1990 წლის სექტემბერში ბათუმის ნავსადგურის მიდამოებში იქნა დაჭერილი აკვარიუმის გამგის თ. ბაქაშვილის მიერ ვადმოცემულია ს. ჯანაშიას სახ. საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის ფონდებში. იგი მიეკუთვნება Portunidae-ს ოჯახს, რაშიც Decapoda. მისი ზომები ბევრად აღემატება ჩვენთან 1971 წლიდან დაცულ ეგზემპლარს. ფარის სიგანე 21,8 სმ, სიგრძე 10,5 სმ, დორსალური მხარე გრანულეზიანი, ფარზე 9 ანტეროლატერალური „კბილები“ აქვს, რომელთა ბოლო „კბილები“ სამკუთხა მახვილია. მთელი სხეული კაშკაშა შეფერილობისაა, შეხამებულ ცისფერი, მწვანე და წითელი ფერებით. (სურ. 2, 3).

ამერიკული ცისფერი კიბორჩხალა გავრცელებულია ამერიკის, ურუგვაისა და ბერმუდის კუნძულების სანაპიროებთან. უფრო მეტად გვხვდება მდინარეთა შესართავებთან და ოკეანის მცირე სიღრმეებთან, ნაკლებად მარტივად აღილებში.

ევროპაში ეს კიბორჩხალა პირველად 1900 წელს რაიზფორდში, მდინარე ჟირონდას შესართავთან იქნა ნაპოვნი.

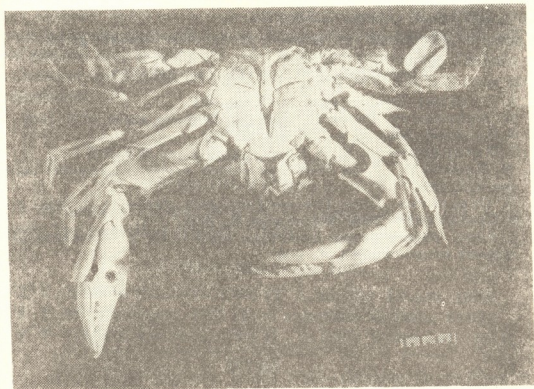
1932, 1934 და 1951 წლებში ეს კიბორჩხალა გვხვდება ამსტერდამის მახლობელ რაიონებში.

1968 წელს ერთი ეგზემპლარი დაჭერილ იქნა ნიდერლანდების ნაპირებთან.

1951 წელს დრესტენში — დანიაში.

ბოლო 35—40 წელია ამერიკული ცისფერი კიბორჩხალა გავრცელდა ხმელთაშუა ზღვაში, როგორც ეტყობა ამერიკიდან ევროპაში იგი შემოყვანა გემებს, მტკნარი წყლის ცისტრნებით ან სხვა საშუალებებით. ხმელთაშუა ზღვაში პირველი ეგზემპლარი ნაპოვნი იქნა 1949 წელს ვენეციის ნაპირებთან.

ყოფილ საბჭოთა კავშირში დღემდე ამ სახეობის მეცნიერული კვლევა არ ჩატარებულა. ლიტერატურული მონაცემებიდან ცნობილია, რომ იგი გვხვდება ოკეანეების ნაკლებ მარილიან ადგილებში, ხასიათდება მაღალი პროდუქტიულობით და გამრავლების პერიოდში ორ მილიონამდე ქვირითს ყრის.



სურ. 2, 3. ამერიკული ცისფერი კიბორჩხალა, დაჭერილი 1990 წ. ქ. ბათუმში: ა) ზურგის მხარე, ბ) მუცლის მხარე

ამერიკული ცისფერი კიბორჩხალა ითვლება ძვირფას საკვებ პროდუქტად. არ არის გამოირიცხული, რომ აზოვ-შავი ზღვის აუზში ხელსაყრელი პირობები

არსებობს მათი გამრავლებისათვის. ამის მთავარი მიზეზი იქნება: შავი ზღვის დაბალი მარილიანობა (15, 17, 19‰) და ვეიქრობთ, იგი საკვებითაც კარგად იქნება უზრუნველყოფილი.

ავტ. ს. ჯანაშიას სახელობის  
საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმი

(შემოვიღა 20.3.1992)

ЗООЛОГИЯ

Н. Ш. НИНУА

МЕДИТЕРАНИЗАЦИЯ ЧЕРНОГО МОРЯ ПРОДОЛЖАЕТСЯ

Резюме

Описан случай нахождения в Черном море американского голубого краба — *Callinectes sapidus* Ratkbum [1896].

Приведены данные экологии и распространения голубого краба.

ZOOLOGY

N. NINUA

THE MEDITERANIZATION OF THE BLACK SEA IS CONTINUING

Summary

The case of finding of the american Blue Crab—*CALLINECTES SA-PIDUS* RATKBUM (1896)., is described.

The data on ecology and spreading of the Blue Crab are given.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Л. А. Зенкевич. Биология морей СССР. М., 1963.
2. К. О. Милашевич. Моллюски Черного и Азовского морей. ПГР, 1916.
3. И. И. Пузанов. Зоол. ж., т. XVI, вып. IX, 1967.
4. Р. С. Шавердашвили, Н. Ш. Нинуа. Биол. науки, № 9, 1975.
5. Н. М. Книпович. Труды Азово-Черноморской научно-промышленной экспедиции, т. X, 1932.
6. Е. П. Слостенко. Труды Новоросийской биол. станции, т. 2, 1938.
7. А. Н. Световидов. Рыбы Черного моря. М., 1964.
8. Т. С. Расс. Рыбные ресурсы европейских морей СССР и возможности их пополнения акклиматизацией. М., 1965.

М. А. БАКРАДЗЕ, В. М. ЧХИКВАДЗЕ

## СПИСОК АМФИБИЙ И РЕПТИЛИЙ ГРУЗИИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии И. Я. Элиава 25.3.1992)

Видовой состав амфибий и рептилий Грузии довольно детально изучен, однако существующие до настоящего времени сводки по данной территории или значительно устарели [1—3], или содержат сведения только по пресмыкающимся Восточной Грузии [4]. Кроме того, в последнее время появились публикации, где приводятся описания новых видов и подвидов, а для некоторых видов уточнена их родовая принадлежность. Вышеизложенное определило нашу задачу — составить на современном уровне научных знаний полный список амфибий и рептилий Грузии.

В качестве основы мы использовали «Определитель земноводных и пресмыкающихся СССР» [5] и «Список амфибий и рептилий фауны СССР» [6]. Из этих работ мы сепарировали данные по герпетофауне Грузии и внесли в этот список те изменения и дополнения, аргументация которых приводится ниже. В список внесены также виды, найденные у нас в ограниченном числе (*Chamaeleo chamaeleon*), и виды, находки которых вполне вероятны для Грузии (*Caretta caretta*, *Chelonia mydas*, *Cyrtodactylus kotschy colchicus*, *Pelias darevskii*). Все они ниже отмечены звездочкой.

### URODELA

#### Salamandridae

##### *Mertensiella Wolterstorff, 1929*

1. *M. caucasica* (Waga, 1874) [*M. c. caucasica* Waga, 1874; *M. c. djashvilii* Tartarashvili et Bakradze, 1989] [7].

##### *Triturus Rafinesque, 1815*

2. *T. cristatus* (Laurenti, 1768) [*T. c. karelini* Strauch, 1870].
3. *T. vittatus* Jenyns, 1835 [*T. v. ophryticus* Berthold, 1846].
4. *T. vulgaris* (Linnaeus, 1758) [*T. v. lantzi* Wolterstorff, 1914].

### ANURA

#### Bufo nidae

##### *Bufo Laurenti, 1768*

5. *B. verrucosissimus* (Pallas, 1811) [*B. v. verrucosissimus* Pallas, 1811] [8].
6. *B. viridis* Laurenti, 1768 [*B. v. viridis* Laurenti, 1768].



## Hylidae

Hyla Laurenti, 1768

7. *H. arborea* (Linnaeus, 1758) [*H. a. schelkownikowi* Cernov, 1926].  
 8. *H. savignyi* Audouin, 1827.

## Pelobatidae

Pelobates Wagler, 1830

9. *P. syriacus* Boettger, 1889 [*P. s. syriacus* Boettger, 1889].

Pelodytes Bonaparte, 1838

10. *P. caucasicus* Boulenger, 1896.

## Ranidae

Rana Linnaeus, 1758

11. *R. cameranoi* Boulenger, 1886.

В настоящее время доминирует мнение [9] о том, что два вида бурых лягушек Кавказа идентичны. Здесь для краткости мы не аргументируем спорность этого заключения (см. также [10, 11]).

12. *R. macrocnemis* Boulenger, 1885.

13. *R. ridibunda* Pallas, 1771 [*R. r. ridibunda* Pallas, 1771; *R. r. sahara* Boulenger, 1913].

## TESTUDINATA

## Cheloniidae

Caretta Rafinesque, 1814

- \*14. *C. caretta* (Linnaeus, 1758).

Chelonia Latreille, 1801

- \*15. *Ch. mydas* (Linnaeus, 1758)

Имеются сведения о находке двух видов морских черепах (см. выше) в Черном море у берегов Турции, Болгарии, Румынии и Крыма [12—15]. Эти данные позволяют предполагать, что морские черепахи могут быть обнаружены и у берегов Грузии.

## Emydidae

Emys Dumeril, 1806

16. *E. orbicularis* (Linnaeus, 1758).

Mauremys Gray, 1869

17. *M. caspica* (Gmelin, 1774) [*M. c. caspica* Gmelin, 1774].

## Testudinidae

Testudo Linnaeus, 1758

18. *T. graeca* Linnaeus, 1758 [*T. g. ibera* Pallas, 1814; *T. g. nikolskii* Ckhikvadze et Tunijev, 1986].

## SAURIA

## Agamidae

Stellio Daudin, 1802

- 19.
- S. caucasia*
- (Eichwald, 1831).

## Anguidae

Anguis Linnaeus, 1758

- 20.
- A. fragilis*
- Linnaeus, 1758 [
- A. f. fragilis*
- Linnaeus, 1758;
- A. f. colchicus*
- Nordmann, 1840]. Валидность подвидов оспаривается [16].

Pseudopus Merrem, 1820

- 21.
- P. apodus*
- (Pallas, 1775) [
- P. a. apodus*
- Pallas, 1775]. Внутривидовая систематика оспаривается [17].

## Chamaeleonidae

Chamaeleo Laurenti, 1768

- \*22.
- Ch. chamaeleon*
- (Linnaeus, 1758). Известно несколько находок в Западной Грузии [2, 3], которые обычно рассматриваются как случайный элемент для фауны Закавказья [2, 3, 18].

## Gekkonidae

Cyrtopodion Fitzinger, 1842

- 23.
- C. caspius*
- (Eichwald, 1831) [
- C. c. caspius*
- Eichwald, 1831].

- \*24.
- C. kotschyi*
- (Steindachner, 1870) [
- C. k. colchicus*
- Nikolsky, 1902]. Находка этого геккона вероятна для территории Аджарии.

## Lacertidae

Eremias Wiegman, 1834

- 25.
- E. arguta*
- (Pallas, 1773) [
- E. a. transcaucasica*
- Darevsky, 1953].

- 26.
- E. velox*
- (Pallas, 1771) [
- E. v. caucasica*
- Lantz, 1928].

Lacerta Linnaeus, 1758

Lacerta (Archaeolacerta) Mertens, 1921

- 27.
- L. (A.) armeniaca*
- Méhely, 1909.

- 28.
- L. (A.) caucasica*
- Méhely, 1909. [
- L. (A.) c. caucasica*
- Méhely, 1909;
- L. (A.) c. daghestanica*
- Darevsky, 1967].

- 29.
- L. (A.) clarcorum*
- Darevsky et Vedmederja, 1977.

- 30.
- L. (A.) dahli*
- Darevsky, 1957.

- 31.
- L. (A.) derjugini*
- Nikolsky, 1898 [
- L. (A.) d. abchasica*
- Bischoff, 1982;
- L. (A.) d. barani*
- Bischoff, 1982;
- L. (A.) d. boehmei*
- Bischoff, 1982;
- L. (A.) d. derjugini*
- Nikolsky, 1898].

- 32.
- L. (A.) mixta*
- Méhely, 1909.

- 33.
- L. (A.) parvula*
- Lantz et Cyren, 1913 [
- L. (A.) p. adjarica*
- Darevsky et Eiselt, 1980].

- 34.
- L. (A.) portschinskii*
- Kessler, 1878 [
- L. (A.) p. nigrita*
- Bakradze, 1976;
- L. (A.) p. portschinskii*
- Kessler, 1878].



35. *L. (A.) raddei* Boettger, 1892 [*L. (A.) r. nairensis* Darevsky, 1967].  
 36. *L. (A.) rudis* Bedriaga, 1886 [*L. (A.) r. macromaculata* Darevsky, 1967; *L. (A.) r. obscura* Lantz et Cyren, 1936; *L. (A.) r. rudis* Bedriaga, 1886; *L. (A.) r. svanetica* Darevsky et Eiselt, 1980].  
 37. *L. (A.) saxicola* Eversmann, 1834 [*L. (A.) s. brauneri* Méhely, 1909].  
 38. *L. (A.) unisexualis* Darevsky, 1966.  
 39. *L. (A.) valentini* Boettger, 1892 [*L. (A.) v. valentini* Boettger, 1892].

#### *Lacerta* (*Lacerta*) Linnaeus, 1758

40. *L. (L.) agilis* Linnaeus, 1758 [*L. (L.) a. brevicaudata* Peters, 1958; *L. (L.) a. grusinica* Peters, 1960; *L. (L.) a. ioriensis* Peters et Muskhelishvili, 1968].  
 41. *L. (L.) media* Lantz et Cyren, 1920.  
 42. *L. (L.) strigata* Eichwald, 1831.

#### *Lacerta* (*Zootoca*) Wagler, 1830

43. *L. (Z.) praticola* Eversmann, 1834 [*L. (Z.) p. pontica* Lantz et Cyren, 1919; *L. (Z.) p. praticola* Eversmann, 1834].

#### *Ophisops* Ménétries, 1832

44. *O. elegans* Ménétries, 1832 [*O. e. elegans* Ménétries, 1832].

### Scincidae

#### *Ablepharus* Lichtenstein, 1823

45. *A. pannonicus* Lichtenstein, 1823.

#### *Eumeces* Wiegmann, 1834

46. *E. schneideri* (Daudin, 1802) [*E. sch. princeps* Eichwald, 1839].

### SERPENTES

#### Boidae

#### *Eryx* Daudin, 1803

47. *E. jaculus* (Linnaeus, 1758) [*E. j. familiaris* Eichwald, 1831].

#### Colubridae

#### *Coluber* Linnaeus, 1758

48. *C. caspius* Gmelin, 1789.  
 49. *C. najadum* (Eichwald, 1831).  
 50. *C. ravergieri* Ménétries, 1832.  
 51. *C. schmidti* Nikolsky, 1909.

#### *Coronella* Laurenti, 1768

52. *C. austriaca* Laurenti, 1768 [*C. a. austriaca* Laurenti, 1768].

## Eirenis Jan, 1863

53. *E. collaris* (Ménétriés, 1832).54. *E. modestus* (Martin, 1838).

## Elaphe Fitzinger, 1832

55. *E. dione* (Pallas, 1773).56. *E. hohenackeri* (Laurenti, 1768).57. *E. quatuorlineata* (Lacepede, 1768) [*E. q. sauromates* Pallas, 1814].

## Malpolon Fitzinger, 1832

58. *M. monspessulanus* (Hermann, 1804) [*M. m. insignitus* Geoffroy, 1827].

## Natrix Laurenti, 1768

59. *N. megalcephala* Orlov et Tuniyev, 1987.60. *N. natrix* (Linnaeus, 1758) [*N. n. natrix* (Linnaeus, 1758); *N. n. persa* Pallas, 1814].61. *N. tessellata* Laurenti, 1768.

## Talescopus Wagler, 1830

62. *T. fallax* (Fleischmann, 1831) [*T. f. iberus* Eichwald, 1831].

## Typhlopidae

## Typhlops Oppel, 1811

63. *T. vermicularis* Merrem, 1820.

## Viperidae

Внутривидовая систематика гадюк Палеарктики (*Vipera senesu lato*) дана в работах [19, 20].

## Daboia Gray, 1842

64. *D. lebetina* Linnaeus, 1758) [*D. l. obtusa* Dwigubsky, 1832].

## Pelias Merrem, 1820

Систематика щиткоголовых гадюк Кавказа изложена в работе [21].

\*65. *P. darevskii* (Vedmederja, Orlov et Tuniyev, 1986).66. *P. dinniki* (Nikolsky, 1913).67. *P. kaznakovi* (Nikolsky, 1909).68. *P. ursini* (Bonaparte, 1835) [*P. u. erivanensis* Reus, 1933; *P. u. renardi* Chrystoph, 1861].

## Vipera Laurenti, 1768

69. *Vipera ammodytes* (Linnaeus, 1758) [*V. a. transcaucasiana* Boulenger, 1913].

В составленном в 1963 году списке герпетофауны Грузии [2] числятся 12 видов амфибий и 42 вида рептилий. В настоящее время этот список уточнен и заметно увеличен (13 видов амфибий и 52 вида реп-



ტილი); часть видов была описана лишь недавно, другая — только сейчас стала известна для территории республики и, наконец, часть видов прибавилась к списку вследствие повышения таксономического ранга ранее описанных подвидов. Особую группу, как мы об этом писали выше, составляют те 4—5 видов рептилий, находки которых вполне вероятны для Грузии.

Тбилисский государственный  
университет им. И. А. Джавахишвили

Академия наук Грузии  
Институт палеобиологии  
им. Л. Ш. Давиташвили

ზოოლოგია

მ. ბაკრაძე, ვ. ჩხიკვაძე

საქართველოს ამფიბიების და ქვეწარმავლების სია

რეზიუმე

საქართველოში გავრცელებულია ამფიბიების 13 და ქვეწარმავლების 52 სახეობა. ამათ გარდა, დამატებით, ქვეწარმავლების კიდევ 5 სახეობა პირობითაა შეტანილი ჩვენი ჰერპეტოფაუნის სიაში.

ZOOLOGY

M. BAKRADZE, V. CHKIKVADZE

## THE LIST OF GEORGIAN AMPHIBIANS AND REPTILIANS

### Summary

There are 13 species of amphibians and 52 species of reptilians in Georgia. Besides, 5 additional species of reptiles are tentatively included in our herpetofaunistic list (marked by asterisk).

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. ა. ჯანაშვილი. საქართველოს ამფიბიების სარკვევი. თბილისი, 1957, 1—79.
2. ა. ჯანაშვილი. საქართველოს ცხოველთა სამყარო. III ტ., ხერხემლიანები, 1963, 460.
3. ა. ჯანაშვილი, ლ. კუტუბიძე. ქვეწარმავლების სარკვევი. თბილისი, 1952, 1—164.
4. Т. А. Мухелишвили. Пресмыкающиеся Восточной Грузии. Тбилиси, 1970, 1—242.
5. А. Г. Банников, И. С. Даревский, В. Г. Ищенко, А. К. Рустамов, Н. Н. Щербак. Определитель земноводных и пресмыкающихся фауны СССР. М., 1977, 1—414.
6. Л. Я. Боркин, И. С. Даревский. Сб. «Амфибии и рептилии заповедных территорий». М., 1987, 128—141.
7. Р. В. Тартарашвили, М. А. Бакрадзе. Сообщения АН ГССР, 133, № 1, 1989, 177—179.
8. В. Ф. Орлова, Б. С. Туниев. Бюлл. МОИП, отд. биол., т. 94, вып 3, 1989, 13—24.
9. В. Г. Ищенко. Динамический полиморфизм бурых лягушек фауны СССР. М., 1978, 1—4147.



10. Б. М. Логвиненко, Т. И. Прялкина. Труды ЗИН АН СССР, т. 158, 1987, 111—115.
11. Н. Г. Амиранашвили, Н. В. Гутиева, В. М. Чхиквадзе. Сб. «Флора и фауна мезо-кайнозоя Грузии». Тбилиси, 1991, 159—165.
12. J. E. Fuhr, V. S. Vansee. Reptilia. In: Fauna Republic Populare Romine, v. 14, fasc. 2, 1961.
13. V. Beskov, P. Vagon. Catalogue et bibliographie des amphibiens et des reptiles en Bulgarie. Sofia, 1964, 1—39.
14. M. Vasoglu, I. Vagan. The reptiles of Turkey. Bornova—Izmir, 1977, 1—272.
15. Н. Ф. Тараненко. Природа, № 9, 1963, 115—116.
16. Г. П. Лукина. Сб. «Герпетология». Ташкент, 1965, 6—10.
17. Н. Н. Щербак, М. Ф. Тертышников. Вестник зоол., № 5, 1989, 35—37.
18. Н. Н. Щербак. На змеиных тропах. Киев, 1973, 1—151.
19. В. М. Чхиквадзе, Г. А. Зерова. Сообщения АН ГССР, 112, № 3, 1983, 653—656.
20. F. J. Obst. Zool. Abh. Staat. Mus. Tierkunde Dresden, Bd. 38, Heft 13, 1983, 229—235.
21. В. И. Ведмедеря, Н. Л. Орлов, Б. С. Туниев. Труды ЗИН АН СССР, т. 157, 1986, 55—61.



ციტოლოგია

რ. კახანაძე, ლ. შიშვილი, ლ. ხოფინია, ლ. გეგანავა, ლ. ხაბაზი

მიოკარდიუმის მორფო-ფუნქციური ცვლილებები აუტოიშუნური  
პარდიომიოპათიის დროს

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა თ. დეკანოიძემ 18.5.1992)

უქანასკნელ წლებში მრავალი მკვლევარი მიუთითებს მიოკარდიუმის აუტოიშუნურ დაზიანებაზე [1—4], რომელსაც წამყვანი მნიშვნელობა აქვს კარდიომიოპათიის პათოგენეზში და იწვევს გულ-სისხლძარღვთა სისტემის მწვავე უკმარისობას. აუტოიშუნური კარდიომიოპათიის (აიპმპ) დროს აღინიშნება კარდიომიოციტების პირველადი დაზიანება, ხოლო შემდეგ ადგილი აქვს გულის სხვა შემადგენელი სტრუქტურების ცვლილებებს [5—7].

ლიტერატურული მონაცემებიდან ირკვევა, რომ სადღეისოდ არ არსებობს ერთიანი კომპლექსური გამოკვლევები, რომლებიც კარდიომიოციტების სტრუქტურულ, ფუნქციურ და მეტაბოლურ ცვლილებების შესწავლაზე იყოს დაფუძნებული, არც მიოკარდიუმის შეცვლილი კუმშვადი ფუნქციის დაზიანების [8, 9] შესახებაა საკმაო ცნობები აღნიშნული პათოლოგიის დროს.

ვინაიდან აიპმპ-ის დროს ზიანდება კუმშვადი მიოკარდიუმი, ამიტომ აღნიშნული პათოლოგიის დროს მიზნად დავისახეთ კარდიომიოციტების ფუნქციური, ულტრასტრუქტურული, ჰისტოქიმიური და ჰისტოენზიმოქიმიური ცვლილებების ზოგიერთი პარამეტრის შესწავლა.

ცდები ჩაეატარეთ 44 მამალ ვირთავზე. აიპმპ-ს ვიწვევდით ფრენდის ადიუვანტისა და გულიდან მიღებული ჰომოგენატის თანაბარი ნარევის შეყვანით მუცლის არეში, კანქვეშ, ორჯერადი იმუნიზაციის გზით. ცხოველებს ვკვავდით მეორადი იმუნიზაციიდან 2 თვის გავლის შემდეგ. პირველადი იმუნიზაციის დასასრულს და დაცვის წინ ცხოველებს ვუღებდით ელექტროკარდიოგრამას სამ სტანდარტულ განზრახვაში.

აიპმპ-ის დროს მიოკარდიუმის ფუნქციური, სტრუქტურული ცვლილებებისა და იქ მიმდინარე მეტაბოლური დარღვევების დაზუსტებისათვის ვიყენებდით კვლევის ზოგად მორფოლოგიურ, ჰისტოქიმიურ, ჰისტოენზიმოქიმიურ და ელექტრონიკოსკოპულ მეთოდებს.

ელექტროკარდიოგრაფიული გამოკვლევებით გულის კუნთში აღინიშნება დისტროფიული ცვლილებები, რითმის დარღვევა, რაც გამოიხატა ექსტრასისტოლიაში და პარკუტოვან ტაქიკარდიაში. 44 ექსპერიმენტული ცხოველიდან 25 შემთხვევაში ექსტრასისტოლია იყო ღეროვანი ხასიათის, კარგად იყო გამოხატული T კბილის დადაბლება და QRST სეგმენტის გადანაცვლება.

მიკროსკოპულად გული გადიდებულია, ხშირად ბურთობისებური ფორმისაა, წონა 1.07-დან 1.7 გ-მდე მერყეობს (ნორმაში 0,65—0,90 გ.), ღუწე კონსისტენციისაა. განაკვეთზე გულის კუნთი მორუხო-მოწითალო ფერისაა, ენდოკარდი ცვლილებების გარეშეა, ღრუები ოდნავ გაგანიერებულია.

მიკროსკოპულად კარდიომიოციტების დიამეტრი აიპმპ-ის დროს 27—30 მმკ-ია, ნორმაში — 18—20 მმკ ( $p < 0,001$ ). ექსპერიმენტული მასალის ჰისტოლოგიური შესწავლის დროს ირკვევა, რომ აიპმპ-ის გამოწვევიდან 3 თვის

შემდეგ მიოკარდიუმში აღინიშნება დისტროფიული ცვლილებები. წვრილი სისხლძარღვების ირგვლივ და კარდიომიოციტებს შორის არის შეშუპებითი სითხე, რაც კეროვან ხასიათს ატარებს. შუამდებარე ქსოვილი მდიდარია კოლაგენური ბოჭკოებით, რომლებიც არათანაბრადაა განაწილებული. სტრომაში ალავ აღინიშნება ნახი შემავრთი ქსოვილისა და არგიროფილური ბოჭკოების გამრავლება, ლიმფოიდური და ჰისტოციტურუჯრედოვანი ინფილტრატების გაჩენა. შემავრთქსოვილოვანი ბოჭკოების ზეწოლის გამო კარდიომიოციტები ატროფიის და დეფორმაციას განიცდიან, რაც აგრეთვე კეროვან ხასიათს ატარებს. კარდიომიოციტები არათანაბრადაა ჰიპერტროფიული, ნაწილი იმყოფება დისტროფიის, ნაწილი კი — ჰომოგენიზაციის და ლიზისის მდგომარეობაში. მათი მცირე ნაწილი წარმოდგენილია ჰიპოქრომული ბირთვებით და ღარიბი ციტოპლაზმით.

ელექტრონომიკროსკოპულმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ ნაწილი მიტოქონდრიებისა შესივებულია, მატრიქსის გარეშეა, ალავ დაშლილი. ხშირად შეიმჩნევა გიგანტური მიტოქონდრიები ნათელი მატრიქსით და მკაფიოდ ჩალავებული ქედებით, ალავ ქედები კარგავენ თავიანთ პარალელურ განლაგებას, მათი რაოდენობა შემცირებულია ინტაქტური მიოკარდის მიტოქონდრიებთან შედარებით. ზოგიერთი მიტოქონდრია შეიცავს სხვადასხვა ზომის ვაკუოლებს, რომლებიც შემდგომ იზრდებიან და იღებენ მსხვილი ბუშტის ფორმას. გულის კუნთის კუმშვად ელემენტებში — მიოფიბრილებში ალავ-ალავ აღინიშნება იზოტროპული და ანიზოტროპული ხაზების გაქრობა, მიოფილაემენტების დეზორგანიზაცია და განბოჭკოება, ალავ ადგილი აქვს მათ გახლეჩას. ზოგიერთ კუნთოვან უჯრედში აღინიშნება მიოფიბრილთა გასწვრივ მიოფილაემენტების ნაწილობრივი ლიზისი და კეროვანი გაფართოება, რაც უნდა მიუთითებდეს კუნთის კუმშვადი ფუნქციის მოშლაზე. ენდოპლაზმური რეტიკულუმი წარმოდგენილია მცირე რაოდენობით. სარკოპლაზმაში აღინიშნება ციტოგრანულების შემცირება. სისხლძარღვთა ენდოთელური უჯრედები შეშუპებულია, მათი ციტოპლაზმის მატრიქსი ელექტრონოგამჭვირვალეა. არის კაპილარები, რომლებიც გარშემოხვეულია ამორფული ნივთიერებით, ეს უკანასკნელი წარმოადგენს მკვეთრად შეცვლილი ბაზალური მემბრანის გაგრძელებას.

საყურადღებოა, რომ ასეთნაირად შეცვლილ კარდიომიოციტებთან ერთად არის სტრუქტურა შენახული უჯრედები, ისინი ზომაში არიან მომატებული, მათში აღინიშნება მიტოქონდრიების ჰიპერპლაზიის და ერთდროულად მიოფიბრილარული სტრუქტურების ჰიპერტროფია. ჰიპერტროფიულ კარდიომიოციტებში ძალიან ხშირად შეინიშნება ინტაქტური ულტრასტრუქტურული წარმონაქმნები. მიოკარდის ჰიპერტროფიის ზონებში კაპილარები არ განიცდიან დესტრუქციის ნიშნებს. ენდოთელური უჯრედები გასქელებულია, შეიცავენ დიდი რაოდენობით ჰინოციტოზურ ბუშტუკებს, სისხლძარღვთა შიგნითა ზედაპირზე ენდოთელურ უჯრედებთან ერთად აღინიშნება მრავლობითი ციტოპლაზმატური წანაზარდები. კაპილართა ბაზალური მემბრანა გაფართოებულია. ყველა ზემოჩამოთვლილი ნიშანი მიუთითებს სისხლძარღვთა განვლადობის მომატებაზე და უჯრედშორის შეშუპებაზე.

აიკმპ-ის დროს არსებული უხეში დესტრუქციული ცვლილებები, კაპილარებში და სისხლის ძარღვებში მომატებული განვლადობა გაპირობებულია ანთებითი პროცესების არსებობაზე. ერთდროულად ადგილი აქვს კომპენსატორულ პროცესებს, რაც გამოიხატება მიოკარდის ჰიპერტროფიაში. ზოგ შემთხვევაში აღინიშნული კომპენსატორული ცვლილებები სხვადასხვა უბნებში არაერთგვაროვნად გამოვლინდება მიტოქონდრიების, მიოფიბრილების, სარ-





კომერების, ენდოპლაზმური რეტიკულუმის და სხვა ულტრასტრუქტურული ორგანიზაციების მხრივ.

ექსპერიმენტული მასალის ჰისტოქიმიურმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ ჰიპერტროფიული კარდიომიოციტები მდიდარია გლიოგენის მარცვლებით, რომლებიც არათანასწორადაა განაწილებული მთელს სარკოპლაზმაში, ზოგჯერ კი — კარდიომიოციტების მიოფიბრილების თანგასწვრივადაა. უნდა აღინიშნოს, რომ უმეტესად შეინიშნება მსხვილმარცვლოვანი გლიოგენის შეცულობა, ვიდრე წვრილმარცვლოვნისა.

აიბმპ-ის დროს კარდიომიოციტთა ციტოპლაზმაში ბრავეს რეაქცია რიბონუკლეოპროტეიდებზე (რნპ) ძირითადად სუსტადაა გამოხატული, მაგრამ ზოგიერთ ჰიპერტროფულ მიოციტში აღინიშნება რნპ-ს ზომიერი შეცულობა და თანაბარი განაწილება. ძლიერად გამოხატული რეაქცია რნპ-ზე აღინიშნება იმ კარდიომიოციტების ციტოპლაზმაში, რომლებიც იმყოფებიან ლიზისის მდგომარეობაში, რაც ჩვენი აზრით მიუთითებს მათ დისკომპლექსაციაზე.

აიბმპ-ის დროს მიოკარდიუმის გარკვეული ჯგუფის კარდიომიოციტების ციტოპლაზმაში რამდენადმე შესუსტებულია ქანგვით პროცესში მონაწილე ფერმენტების: სღჰ-ზას, ნაღ და ნაღ. ფ დიაფორაზების, ცმმ-ზას აქტივობა, რაც სხვა ფაქტორებთან ერთად უნდა წარმოადგენდეს ელექტროკარდიოგრაფიაზე ფიქსირებული ცვლილებების მატერიალურ საფუძველს. კარდიომიოციტების უმრავლესობაში ადგილი აქვს ფერმენტ ატფ-ზას აქტივობის თვალსაჩინოდ გამოხატულ შესუსტებას, შესუსტებულია აგრეთვე ფერმენტ გლუტოხან-დჰ-ის და ტუტე ფოსფატაზას აქტივობა. მკავე ფოსფატაზას აქტივობა მობატებულია.

ამრიგად, ექსპერიმენტული მასალის ულტრასტრუქტურული და ჰისტოენზიმოქიმიური შესწავლით ირკვევა მიოკარდიუმის სტრომისა და პარენქიმის დაზიანების თავისებურებანი, რაც გამოიხატება ულტრასტრუქტურული ელემენტების ჰიპერპლაზიასა და ჰიპერტროფიაში, ჰიპერტროფიული კარდიომიოციტების მარცვლოვანი დისტროფიით, ლიზისით, ჰომოგენიზაციით, მათში ქანგვით და ჰიდროლიზური ფერმენტების აქტივობის დაქვეითებით.

საქართველოს რესპუბლიკის ჯანდაცვისა და სოციალური უზრუნველყოფის სამინისტროს კლინიკური და ექსპერიმენტული კარდიოლოგიის ინსტიტუტი.

(შემოვიდა.28.5.1992)

## ЦИТОЛОГИЯ

Р. В. КАПАНАДЗЕ, Л. Д. ЧЕИШВИЛИ, Л. А. ХОПЕРИЯ, Л. С. ГЕГЕНАВА,  
Л. А. ХАБАЗИ

### МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ МИОКАРДА ПРИ АУТОИММУННОЙ КАРДИОМИОПАТИИ

#### Резюме

На основании экспериментального исследования миокарда выяснилось, что при аутоиммунной кардиомиопатии развиваются гистологические, ультраструктурные и гисто-энзимохимические изменения, выражающиеся в паренхиматозной и жировой дистрофии кардиомиоци-

тов, нарушении целостности митохондрий, эндоплазматического ретикулула, понижении активности окислительно-восстановительных и гидролитических ферментов, уменьшении количества гликогена и рибонуклеопротеидов в них.

Констатированные структурно-метаболические изменения являются основой угнетения сократительной функции миокарда, что и подкрепляется электрокардиографическими данными.

CYTOLOGY

R. KAPANADZE, L. CHEISHVILI, L. KHOPERIA, L. GEGENAVA, L. KHABAZI  
MORPHO-FUNCTIONAL MYOCARDIAL CHANGES IN AUTOIMMUNE  
CARDIOMYOPATHY

Summary

On the basis of experimental investigations of myocardium it has been found out that in autoimmune cardiomyopathy the histological, ultrastructural and histo-enzymochemical changes are developing expressed in parenchymatous and fatty degeneration of cardiomyocytes, in mitochondrial and tsarcoplasmic reticulum integrity disturbance, in oxidation-reduction and hydrolytic enzyme activity decrease, reduction of glycogen and of ribonucleoprotein.

The established structural and metabolic changes are the basis for contractile myocardial function suppression which is supported by electrocardiographic data.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. М. Вихерт. Клин. мед., 3, 1989, 128—133.
2. А. М. Гуревич. Кардиология, 9, 1989, 59—63.
3. Р. В. Капанадзе, Л. Д. Чейшвили, Л. А. Хоперия. Сообщения АН Грузии, 142, 2, 1991, 413—416.
4. R. Eckstein et al. Circulation, 65, 1982, 1224—1230.
5. Я. Л. Раппопорт. Арх. патол., 6, 1974, 13—20.
6. Н. М. Черпаченко, А. М. Вихерт. Арх. патол., 10, 1986, 21—26.
7. R. L. Anderson et al. Amer. J. Cardiology, 4, 1985, 471—475.
8. Н. Н. Кипшидзе. Кардиология, II, 1989, 75—79.
9. С. И. Костин. Арх. патол., I, 1989, 47—53.

Т. Ф. ЧХИКВАДЗЕ, Д. Т. ДЖИКИЯ, Д. Н. КОХОДЗЕ

## МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГЕМОСТАТИЧЕСКОГО СВОЙСТВА НОВОГО АНТИМИКРОБНОГО РАССАСЫВАЮЩЕГОСЯ ШОВНОГО МАТЕРИАЛА «АМИЦЕЛОН»

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. И. Деканосидзе 2.10.1991)

Среди ранних осложнений после операций на органах желудочно-кишечного тракта кровотечение в просвет пищеварительного тракта является одним из наиболее опасных. В большинстве наблюдений кровотечение в просвет желудочно-кишечного тракта объясняется дефектом наложения первого ряда швов на стенки желудка или кишки и другими техническими погрешностями [1].

Профилактика кровотечения из сосудов по линии швов анастомоза заключается в тщательном наложении первого ряда швов. При этом рекомендуется использовать непрерывный шов, поскольку узловые швы не обеспечивают надежного гемостатического эффекта. Однако широкоиспользуемые рассасывающиеся нити не обладают гемостатическим свойством, что может способствовать постоперационному кровотечению. Поэтому в последнее время хирурги предъявляют к шовным материалам еще одно важное требование: нить должна обладать гемостатическим действием для предупреждения образования гематом при кровотечениях в момент наложения шва [2].

Нами совместно с ВНИИ химии и технологии лекарственных средств разработан новый антимикробный рассасывающийся шовный материал «амицелон», полученный на основе монокарбоксилцеллюлозы. Известно, что монокарбоксилцеллюлоза принадлежит к числу катионообменников, способных накапливать  $Ca^{2+}$  и выделять его при контакте с раневой поверхностью с последующим взаимодействием кислотных ионогенных групп с белками крови, приводящим к их коагуляции [3].

Для изучения гемостатических свойств нового шовного материала «амицелон» были проведены эксперименты на 24 кроликах. Производилась резекция слепой кишки с формированием конце-концевых анастомозов однорядным узловым швом Пирогова.

В опытной группе (12 кроликов) был использован «амицелон», а в контрольной — дексон.

Материал для гистологического исследования с целью определения присутствия фибрина в излившейся крови брался по истечении 1, 2, 3, 4, 5 и 6 часов после завершения операции. Кусочки вырезывались с очагов кровоизлияния, представляющих в контроле гематомы и геморрагические инфильтрации, прослеживающиеся почти на всем протяжении линии шва, в эксперименте с шовным материалом «амицелон» — микрогематомы, максимальный показатель объема которых не превышал  $0,3 \times 0,2$  см. Кусочки фиксировались в 12% растворе формалина и заливались в целлоидин. Целлоидиновые срезы толщиной 8 мкм окрашивались железным гематоксилином.

Результаты исследования показали, что в контроле по истечении 1 часа после завершения операции гематомы представлены густым скоплением эритроцитов (рис. 1.1). Стенки анастомоза пропитаны излившейся кровью. Спустя 2 часа после наложения анастомоза гема-

томы состоят из тесно прилежащих друг к другу эритроцитов и других клеток крови (рис. 1.2). Стенки анастомоза пропитаны излившейся кровью. К концу 3 часов после операции в гематомах между скопившимися эритроцитами имеются глыбки фибрина (рис. 1.3). В

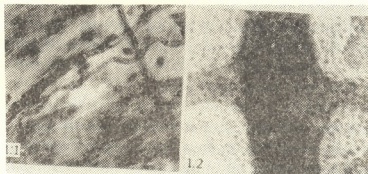


Рис. 1. 1.1 — скопление эритроцитов излившейся крови на слизистой оболочке в области анастомоза (ув.  $\times 240$ ); 1.2 — скопление эритроцитов и других клеток в излившейся крови на слизистой оболочке в области анастомоза (ув.  $\times 240$ ); 1.3 — глыбки фибрина в излившейся крови на слизистой оболочке в области анастомоза (ув.  $\times 240$ ).

краях анастомоза встречаются обширные участки, пропитанные излившейся кровью. По истечении 4 часов после завершения операции гематомы представляют собой сгустившуюся кровь, состоящую из плотной сети фибрина, в петлях которой заложены клетки крови. На протяжении последующих сроков наблюдений гистологические особенности соустья и сгустка крови остаются такими же, что и спустя 4 часа после завершения операции.

Согласно данным гистологического изучения материала после операций с применением «амицелона», по истечении 1 часа после завершения операции в микрогематомах, находящихся на поверхности и среди скоплений эритроцитов, имеются рыхло, параллельно друг другу расположенные тонкие нити фибрина (рис. 2.1). Спустя 2 часа

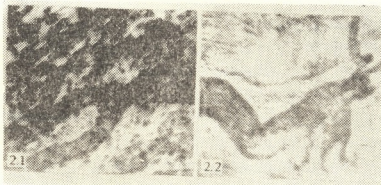


Рис. 2. 2.1 — параллельно друг другу расположенные тонкие нити фибрина в микрогематоме на слизистой оболочке в области анастомоза (ув.  $\times 400$ ); 2.2 — сеть из тонких волоконцев фибрина в микрогематоме на слизистой оболочке в области анастомоза (ув.  $\times 400$ ); 2.3 — гомогенизированный фибрин в микрогематоме на поверхности слизистой оболочки в области анастомоза (ув.  $\times 120$ ).

после завершения операции в микрогематомах, расположенных на поверхности слизистой оболочки шва, наблюдается густая сеть из тонких волоконцев фибрина (рис. 2.2), в петлях которой имеются клетки крови. По истечении 3 часов после наложения анастомоза микрогема-



томы представляют собой плотный сгусток, легко отпадающий от слизистой оболочки и состоящий из гомогенизированного фибрина и форменных элементов крови (рис. 2.3). На протяжении 4, 5, 6 часов после завершения операции как макро-, так и микроморфологические особенности микрогематом характеризуются такими же гистологическими особенностями, что и по истечении 3 часов после операции.

Приведенные результаты исследования показывают, что в контроле, помимо гематом, расположенных почти на всем протяжении анастомоза, имеются и очаги «интрамуральных» кровоизлияний, инфильтрующих края соустьев. Гематомы, расположенные на поверхности слизистой оболочки анастомоза, за период первых 2 часов после завершения операции представлены скоплением эритроцитов и других клеток крови, к концу 3 часов наблюдений в гематомах появляются глыбки фибрина, однако коагуляция крови с образованием сгустка, содержащего плотную сеть фибрина, наблюдается к концу 4 часов после завершения операции. В опытах с применением «амицелона» на поверхности слизистой оболочки анастомоза имеются мелкие гематомы, названные нами микрогематомами. В тканях области анастомоза явления геморрагической инфильтрации отсутствуют. Микрогематомы, расположенные на поверхности слизистой оболочки анастомоза, спустя 1 час после операции представляют собой рыхлый сгусток крови, содержащий параллельно друг другу расположенные тонкие нити фибрина. К концу 2 часов наблюдений микрогематомы — это плотная масса сгустившейся крови, легко отпадающей с поверхности слизистой оболочки к концу 3 часов.

Таким образом, новая antimicrobial нить «амицелон» обладает явно выраженным гемостатическим свойством, что должно способствовать уменьшению числа постоперационных кровотечений и ускорению процессов репаративной регенерации.

Тбилисский государственный  
медицинский институт

(Поступило 3.10.1991)

ქვეყნიერების მკურნალობის უნივერსიტეტი

თ. ჩხიკვაძე, დ. ჯიქია, დ. კოხოდზე

ახალი ანტიმიკრობული გაწოვადი საპერი მასალის —  
„ამიცილონი“ — ჰემოსტაზური თვისების მორფოლოგიური  
შეფასება

რეზიუმე

ჩატარებული გამოკვლევის საფუძველზე დადგინდა, რომ მონოკარბოქსილციკლოლოზის საფუძველზე დამზადებულ ახალ ანტიმიკრობულ გაწოვად საკერ მასალას — „ამიცილონი“ — გააჩნია მკვეთრად გამოხატული ჰემოსტაზური თვისება, რამაც უნდა განაპირობოს პოსტოპერაციული სისხლდენების რიცხვის შემცირება და დაჩქაროს რეპარაციული რეგენერაციის პროცესები.

T. CHKHIKVADZE, D. JIKIA, D. KOKHODZE

THE MORPHOLOGICAL APPRECIATION OF HEMOSTATIC QUALITY  
OF THE NEW ABSORBABLE ANTIMICROBIC SUTURE MATERIAL  
—"AMYCELON"—

## Summary.

After the series of the research we came to the conclusion that the new absorbable antimicrobial surgical suture material—"Amycelon"—prepared on the basis of monocarboxylcellulase, has clearly distinguishable hemostatic quality which must guarantee the decrease of the number of the postoperative hemorrhage and fastening of the processes of reparative regeneration.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. П. Ф. Бытка и др. Хирургия, 1984, № 9, 104—108.
2. K. G. Devi. Rev. Maggotol. Chem. Phys., 1985, 25, 315.
3. Волокна с особыми свойствами. Под ред. Л. А. Вольфа. М., 1980, 196.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

А. Р. ЦАЛУГЕЛАШВИЛИ

ВЛИЯНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ЛЕЧЕНИЯ НА ПРОЦЕСС РЕПАРАЦИОННОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ ПОСЛЕ РЕЗЕКЦИИ ПИЩЕВОДА И ПРОКСИМАЛЬНОГО ОТДЕЛА ЖЕЛУДКА ПО ПОВОДУ ИХ РАКОВОГО ПОРАЖЕНИЯ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. И. Деканосидзе 6.3.1992)

Необходимость усовершенствования методов хирургического лечения больных раком пищевода и желудка, связанная с проведением сложных операций, выдвигает на первый план проблему изучения патогенеза постоперационных осложнений, среди которых важное место занимает недостаточность анастомоза. А поскольку в возникновении этого осложнения состояние репарационной регенерации имеет большое значение [1, 2], в нашей работе была поставлена цель исследовать его на секционном материале.

Наблюдения проводились на 27 больных в возрасте 40—60 лет (21 мужчина и 6 женщин). Все больные были разделены на три основные группы: I—больные лечились общепринятыми методами, включающими трансфузию цельной крови, II—в арсенал послеоперационных мероприятий была включена вместо цельной крови трансфузия эритроцитарной массы, III—наряду с вышеотмеченными мероприятиями, использовались средства, корригирующие микроциркуляцию и систему гемостаза (гепарин, контрикал, курантил).

Селекция материала для гистологических исследований осуществлялась по причинам смерти больных. Материал для гистологических исследований брался со всей окружности анастомоза и фиксировался в 12% растворе формалина, целлоидиновые срезы (толщиной не более 10 мкм) окрашивались обзорными методами: гематоксилином и эозином и пикрофуксинном по ван Гизону.

Результаты исследований показывают, что у больных первой группы на 6—8-е сутки резекция средней трети грудного отдела пищевода со сшиванием дистального отдела его верхней трети со стельбью большой кривизны желудка, резекции нижней трети грудного отдела пищевода со сшиванием дистального отдела средней трети со стельбью большой кривизны желудка, резекции проксимального отдела желудка со сшиванием дистального конца грудного отдела с оставшейся частью желудка отмечается тотальный некроз линии анастомоза с гомогенизацией тканей, пропитанных излившейся кровью. В некротизированной ткани не представляется возможным дифференцировать оболочки стенок органов (рис. 1). Макроскопически указанная зона гомогенизации характеризуется размягчением тканей. Под гомогени-

зированной зоной на расстоянии более чем 1 см все оболочки претерпевают некроз, в них сохранены контуры железистых крипт (рис. 1).



Рис. 1

У больных второй группы на 6—8-е сутки резекции нижней трети грудного отдела пищевода сшиванием дистального отдела средней трети со стелью большой кривизны желудка, резекции проксимального отдела желудка сшиванием дистального конца грудного отдела с оставшейся частью желудка область анастомоза диффузно инфильтрирована нейтрофильными лейкоцитами, среди которых имеется большое число полибластов, а также эпителиоидных клеток. Под описан-

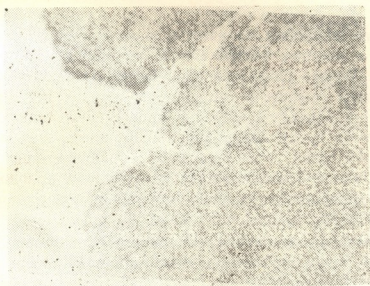


Рис. 2

ной зоной встречаются полнокровные сосуды с краевым расположением в них лейкоцитов, представляющих собой линию демаркационного воспаления. В слизистой и подслизистой соединительной оболочках отмечаются расширенные и наполненные лимфой лимфатические капилляры. Слизистая и подслизистая соединительнотканная оболочка находятся в состоянии отека (рис. 2). В некоторых регионах обнаруживаются экстравазаты вокруг полнокровных сосудов.





У больных третьей группы на 7—10-е сутки резекции средней трети грудного отдела пищевода сшиванием дистального отдела его верхней трети со стембелю большой кривизны желудка, тотальной резекции грудного отдела пищевода сшиванием дистального конца шейного отдела пищевода со стембелю большой кривизны желудка, резекции проксимального отдела желудка сшиванием дистального конца грудного отдела с оставшейся частью желудка, гастрэктомии сшиванием дистального конца грудного отдела пищевода с тощей кишкой, отмечается восстановление целостности соустья разросшейся грануляционной тканью. Последняя прорастает слизистую, подслизистую, мышечные оболочки обеих сторон анастомоза. Грануляционная ткань



Рис. 3

содержит соответствующее количество новообразованных капилляров, гематогенных и местных клеток. Среди последних превалирует число фибробластов. Вокруг грануляционной ткани во всех оболочках стенок обеих сторон отмечается полнокровие сосудов всех калибров. В криптах желез в слизистой оболочке и отдельных пучках мышечной оболочки имеются следы дистрофии. У больных этой же группы, умерших на 12-е сутки после операции, в грануляционной ткани выявляются и пучки новообразованных коллагеновых волокон (рис. 3). Слизистая оболочка почти по всей окружности анастомоза выстлана наполненным регенерированным эпителием.

Результаты гистологических исследований анастомозов при резекции средней трети грудного отдела пищевода, тотальной экстирпации грудного отдела пищевода, резекции проксимального отдела желудка, гастрэктомии показывают, что для становления процесса репаративной регенерации и успешного заживления анастомоза необходимо воздействие в послеоперационном периоде на организм антиагрегантов, антикоагулянтов и корректоров кислородтранспортной функции крови и нарушений микроциркуляции, обеспечивающих снижение эффекта патогенного действия как раковой интоксикации, так и лучевой энергии и химиотерапевтических препаратов. Весь этот ком-



плекс способствует стабилизации гомеостазиса, являющегося биологической предпосылкой для реализации адекватной защитной реакции организма.

Онкологический научный центр  
МЗ и СО Грузии

(Поступило 20.4.1992)

ქვეყნის მედიცინის მინისტრის განკარგულებაში

ა. ცალუღელაშვილი

კომბინირებული მკურნალობის გავლენა რეპარაციულ რეგენერაციის პროცესზე კიბოთი დაავადებულთა საყლაპავისა და კუჭის პროქსიმალური ნაწილის რეგენერაციის შემდეგ

რეზიუმე

გამოკვლეულია რეპარაციული რეგენერაციის ცვლილებები კუჭისა და საყლაპავის კიბოთი დაავადებულთა სხედასხვა ჯგუფზე, რომელთაც გაკეთებული ჰქონდათ საყლაპავის გულმკერდის ნაწილის შუა მესამედის რეზექცია, მისი ექსტირპაცია, კუჭის პროქსიმალური ნაწილის რეზექცია, გასტრექტომია.

დადგენილ იქნა, რომ რეპარაციული რეგენერაციის პროცესის მოწესრიგებისათვის ერთ-ერთ საუკეთესო საშუალებას წარმოადგენს ოპერაციის შემდგომ პერიოდში ჰომეოკინეზის მასტაბილიზებელ საშუალებათა (ჰეპარინი, კონტრიკალი, კურანტილი) გამოყენება, რომლებიც ერთროციტული მასის გადასხმასთან კომბინაციაში ხელს უწყობს ჰემოსტაზის სისტემისა და მიკროცირკულაციის მოწესრიგებას.

EXPERIMENTAL MEDICINE

A. TSALUGELASHVILI

INFLUENCE OF COMBINED TREATMENT ON REPARATIONAL REGENERATION IN ONCOLOGICAL PATIENTS AFTER THE RESECTION OF OESOPHAGUS AND PROXIMAL PART OF STOMACH

Summary

Various groups of patients with stomach and oesophagus cancer were studied after resection of middle third of pectoral part of oesophagus, its extirpation, resection of proximal part of stomach and gastrectomy, so as to study the changes in their reparational regeneration.

It is ascertained that one of the optimum remedies in regulation of reparational regeneration is the application of the preparations stabilizing homeokinesis (heparin, contrical, curantil), which, in combination with erythrocyte mass transfusion, promotes the regulation in homeostasis and microcirculation.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Л. Д. Линознер. Усп. совр. биол., т. 86, вып. 1(4), 1978, 84—112.
2. Д. С. Саркисов. Очерки по структурным основам гомеостаза. М., 1977.
41. „მომბე“, ტ. 146, № 3, 1992



3. თივზამი

ვირთაგვების კუჭის მასპერინმენტული სიმსივნეების ბიოლოგიური და  
მორფოლოგიური თავისებურებანი

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. მოსიძემ 27.5.1992)

კუჭის კიბოს პრობლემა ერთ-ერთი აქტუალურია თანამედროვე ონკოლოგიაში. მიუხედავად იმისა, რომ ამ ბოლო დროს აღინიშნება კუჭის კიბოს ავადობის საერთო ტენდენცია კლებიასკენ, ავთვისებიანი სიმსივნეების აღნიშნული ფორმა კვლავ მნიშვნელოვნადაა გავრცელებული მრავალ ქვეყანაში.

გარკვეული წვლილი კუჭის კიბოს ეტიოლოგიის და პათოგენეზის ზოგიერთი საკითხის შემუშავებაში შეიძლება შეიტანოს ექსპერიმენტულმა გამოკვლევებმა, რომელთა შედეგები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მეცნიერული დასაბუთებისათვის და აღნიშნული დაავადების პროფილაქტიკის განსახორციელებლად. მაგრამ ბოლო დრომდე კუჭის კიბოს ექსპერიმენტული შესწავლა შეუძლებელი იყო ადამიანთა პათოლოგიის ადეკვატური მოდელის არარსებობის გამო. უკანასკნელ წლებში ახალი ქიმიური ნივთიერებების ბლასტომოგენური თვისებების შესწავლისას ნაჩვენებ იქნა, რომ ზოგიერთი მათგანი ექსპერიმენტულ ცხოველებში იწვევს კუჭის კიბოს და ისინი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს კუჭის კიბოს მოდელის შემუშავებისათვის.

ჩვენ მიზნად დავისახეთ შეგვესწავლა კუჭის ინდუცირებული კიბოს ბიოლოგიური და მორფოლოგიური თავისებურებები, დაფუძნებული სიმსივნის უჯრედების დიფერენციაციის მიმართულებით, მათი ქსოვილოვანი და უჯრედული ტრანსფორმაციის ნიშნებით, ადამიანის კუჭს კიბოსთან შედარებით დახასიათებისათვის.

საცდელ ცხოველებად გამოვიყენეთ უჯიშო თეთრი ვირთაგვები, რომელთაც სასმელ წყალთან ერთად ეძლეოდათ გასტროტროპული კანცეროგენი — მეთილ-N-ნიტრო-N-ნიტროზოგუანიდინი (M556) 153 მგ/კგ დოზით 14 თვის განმავლობაში. ყველა ცხოველი გამოკვლეულ იქნა პათოლოგოანატომიურად. ჰისტოლოგიური კვლევისათვის მასალა ფიქსირდებოდა 10% ნეიტრალურ ფორმალინის ხსნარში და ყალიბდებოდა პარაფინში, ხოლო ანათომები იღებებოდა ჰემატოქსილინ-ეოზინით და პიკროფუქსინით ვან-გიზონის მეთოდით.

M556 ინდუცირებული კუჭის სიმსივნეები აზიანებდა კუჭის ჯირკვლოვან ნაწილს. შედარებით ხშირად სიმსივნეები ლოკალიზებული იყო პილორულ ნაწილში და მცირე სიმრუდეზე, იშვიათად კუჭის სხეულში. სხვა შემთხვევებში აღინიშნებოდა პილორული და ფუნდალური ნაწილის შერწყმული დაზიანება ან სიმსივნეები ვრცელდებოდა მთლიანად კუჭის ჯირკვლოვან ნაწილზე. მაკროსკოპულად უმეტესი სიმსივნეები წარმოადგენდნენ პოლიპისმსგავს წარმონაქმნებს, ნაწილობრივი ნეკროზებით და დაწყლულებებით. ნაწილი სიმსივნეებისა წარმოადგენილი იყო ფოლქის სახით, სადა ზედაპირით ან ჩაზნექით ცენტრში, იშვიათად — წყლულით სუფთა ან ნეკროზული ძირით. სხვა შემთხვევებში სიმსივნეები იყო დიფუზურ-ინფილტრაციული ტიპის.



მწმბ ინდუცირებული კუჭის სიმსივნეებს ჰქონდათ მორფოლოგიურად ადენოკარცინომის შენება 38 შემთხვევაში, ხოლო 75 ვირთაგვას აღმოაჩნდა კეთილთვისებიანი სიმსივნე — ადენომა.

მიკროსკოპულად შესაძლებელი იყო ყველა სტადიის დაკვირვება კუჭის ლორწოვანის გარდაქმნისა ადენომატოზური წარმონაქმნიდან მორფოლოგიურ ჰემორაგიკ კიბომდე. ყველაზე ადრეული ცვლილებები წარმოდგენილი იყო მცირე მონაკვეთზე ჯირკვლების გადაგვარებით ნორმალური კუჭის ლორწოვანის ფონზე. ეს მონაკვეთები ზოგჯერ იყო ერთეული, ზოგჯერ მულტიცენტრალური. გარდაქმნის მონაკვეთში ფუნდალური ჯირკვლები იცვლებოდა გამარტივებული ჯირკვლებით, ამოფენილი ან კუბური ეპითელიუმით. ცვლილებების პროგრესირება კუჭის ლორწოვან გარსში გამოიხატებოდა ჯირკვლების გადაგვარებისა და ატროფიის უბნების მონაცვლეობით მფარავი ეპითელიუმის ჰიპერპლაზიურ-ადენომატოზური წანაზარდების უბნებთან. იშვიათად ადენომატოზური წანაზარდები ვრცელდებოდა ეგზოფიტურად კუჭის სანათურში, მაგრამ ხშირად ისინი იზრდებოდნენ ენდოფიტურად, ვრცელდებოდნენ *T. muscularis mucosae*, წარმოქმნიდნენ ლორწქვეშა და კუნთოვან შრეში კვანძებს. ზოგჯერ ისინი ვრცელდებოდნენ კუჭის მთელ კედელში სეროზულ გარსამდე.

აღნიშნული ადენომატოზური წარმონაქმნები შედგებოდა მილაკებისა და სხვადასხვა ფორმისა და ზომის ჯირკვლოვანი სტრუქტურებისაგან, ხშირად კისტოზურად გავანიერებული და ავსებული ლორწოთი, ამოფენილი იყო ცილინდრული, კუბური ან გაბრტყელებული უჯრედებით, მომრგვალებული ბირთვებითა და ბაზოფილური ციტოპლაზმით. იშვიათად გვხვდებოდა მიტოზის ფიგურები. ეპითელიარულ უჯრედებს და მათ ბირთვებს, ხშირად ჰქონდათ სწორი ფორმა. უჯრედული პოლიმორფიზმის ნიშნები გამოხატული იყო სუსტად ან საერთოდ არ არსებობდა.

ზოგიერთ შემთხვევაში აღნიშნებოდა მკვეთრად გამოხატული ეპითელიუმის პროლიფერაცია. ატიპური, ვანტოცილი, გაფართოებული ჯირკვლოვანი სტრუქტურები ამოფენილი იყო მრავალშრიანი ეპითელიუმით. ეპითელიარული უჯრედები იყო სხვადასხვა ზომის და ფორმის, აღნიშნებოდა გამოხატული მათი ატიპიზმი. ბირთვები ხდებოდა ჰიპერქრომული, პროტოპლაზმა კი ბაზოფილური. მატულობდა მიტოზის ფიგურები. ჯირკვლები ხდებოდა შედარებით მცირე, ღებულობდა გამოხატულ ატიპიზმის თვისებებს. ჩნდებოდა უბნები, სადაც ჯირკვლები არ არსებობდა და სიმსივნური უჯრედები ლაგდებოდა სოლიდურ პლასტებად. ზოგჯერ ამ სიმსივნეებში შეინიშნებოდა ლორწოს წარმოქმნის ნიშნები. გამოხატული იყო ასევე ბეჭდისმავარი უჯრედები. სიმსივნეებში სტრომას ჰქონდა სხვადასხვა სახე. ადრეულ სტადიებზე იგი იყო წარმოდგენილი ნაზი შემაერთებული ქსოვილით, შემდგომში უმეტეს შემთხვევებში — ფაშარი ან უხეშობუკოიანი შემაერთებული ქსოვილით, ზოგჯერ მიქსომატოზური ცვლილებებით. გვხვდებოდა შემთხვევები, როდესაც მთელი შემაერთებული ქსოვილი ლორწქვეშა და კუნთშორისო შრეებში იყო გამოხატული პროლიფერაციის მდგომარეობაში, მრავალი მცირე სისხლძარღვების სხვადასხვაობით. ზოგჯერ აღნიშნებოდა გამოხატული პოლიმორფიზმის უბნები — გიგანტური დამახინჯებული უჯრედებით, რაც იყო საექვო მეზენქიმური კომპონენტის მალიგნიზაციაზე ეპითელიუმთან ერთად. 2 შემთხვევაში დაისვა კუჭის სარკომის დიაგნოზი.

ადენომები ხასიათდებოდა ჰისტოლოგიური შენების სამიდან ერთ-ერთი ტიპით: ეგზოფიტური, ენდოფიტური და ზედაპირულით. ადენომის პროლიფერირებული ქსოვილი აღწევდა კუჭის კედლის ქვემდებარე შრეში, სეროზული

გარის ჩართვით. გააჩნდა რა გამოხატული სტრუქტურული ატიპიზმის ხიზნები, ადენომები ხასიათდებოდა სუსტად გამოხატული უჯრედული ატიპიზმით. ავთვისებიანი სიმსივნეები ხშირად წარმოდგენილი იყო მაღალიფერენცირებული ადენოკარცინომებით, იშვიათად აღინიშნებოდა არადიფერენცირებული სიმსივნეები. ხშირ შემთხვევებში ისინი ვრცელდებოდნენ კუნთოვან შრეში, ჩაითრევდნენ რა სეროზულ გარსსაც.

ჩვენ მიერ ჩატარებულმა გამოკვლევებმა გამოავლინა როგორც ვირთაგვებში მწვანე ინდუცირებული კუჭის სიმსივნეების ბიოლოგიური მსგავსება, შესაბამის კუჭის სიმსივნეებთან ადამიანში, ასევე ბიოლოგიური განსხვავებაც. ადამიანის კუჭში აღენიშნა მათი წინაზარდები მფარავი-ორმოსებური ეპითელიუმით გამოვლინდება საკმაოდ ხშირად, მაგრამ მათ, როგორც წესი აქვთ პოლიპის სახე ან მოთავსებულია ლორწოვან შრეში, არ ვრცელდება კუჭის კედელში. ადამიანის კუჭის კიბოსთან შედარებით ვირთაგვების ექსპერიმენტული კიბო გამოიყურებოდა შედარებით დიფერენცირებულად [1—3]. ვირთაგვების კუჭის ექსპერიმენტული სიმსივნეების თავისებურება გამოიხატება კუჭის კედელში ჩაზრდით როცა არ არსებობს სიმსივნური უჯრედების გამოხატული ატიპიზმი. ჩვენს შემთხვევებში მეტასტაზები არ აღინიშნება მიუხედავად სტრუქტურული და უჯრედული ატიპიზმის არსებობისა, რაც შეიძლება აიხსნას იმით, რომ ვირთაგვების კუჭის კიბოს დროს მკვეთრადაა გამოხატული სტრომის პროლიფერაცია.

ამრიგად, ყველა შემთხვევაში აღნიშნული მონაცემი საშუალებას გვაძლევს გავაკეთოთ დასკვნა იმის შესახებ, რომ მწვანე ვირთაგვებში გამოწვეული გასტროკანცეროგენული კანცეროგენის შეყვანის ოპტიმალური რეჟიმის დაცვით, წარმოადგენს კუჭის კიბოს ეფექტურ ექსპერიმენტულ მოდელს, რომელიც პასუხობს მსგავსი სახის მოდელების ყველა მოთხოვნას.

საქართველოს რესპუბლიკის ჯანდაცვის  
 სამინისტროს ონკოლოგიის სამეცნიერო ცენტრი

(შემოვიღა 4.6.1992)

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

В. Б. ТЕВЗАДЗЕ

### БИОЛОГИЧЕСКИЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОПУХОЛЕЙ ЖЕЛУДКА У КРЫС

Резюме

Беспородным белым крысам в течение 14 месяцев с питьевой водой давали гастротропный канцероген метил-N-нитро-нитрозогуанидин в дозе 153 мг/кг. Все животные были обследованы патологоанатомически. Индуцированные опухоли желудка в 38 случаях морфологически имели строение аденокарциномы, а у 75 крыс — аденомы. Гистологическое исследование показало как биологическое сходство, так и различие между экспериментальными опухолями животных и раком желудка у человека.

V. TEVZADZE

MORPHOLOGICAL AND BIOLOGICAL PECULIARITIES OF THE  
STOMACH EXPERIMENTAL TUMORS IN THE RATS

## Summary

For 14 months noninbred white rats received gastrotropic carcinogen N-methyl-N-nitro-N-nitrosoguanidine in concentration 153 mg/kg in drinking water. All the animals were observed pathologoanatomically. In 38 cases gastric tumors presented adenocarcinomal structure, and in 75 cases—adenomal. Histologically the induced gastric tumors had certain peculiarities in comparison with the corresponding tumours in man.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. И. Шеренешева, В. И. Роттенберг, В. С. Турусов. Арх. патол. № 11, 1979, 25—32.
2. V. Turusov, U. Mohr. Pathology of tumours in laboratory animals. 1990, Lyon. P. 129—159.
3. T. Sugimura, S. Fujimura. Natura, 1962, v. 216 P. 943—945.

Н. Д. КЕМЕРТЕЛИДZE

## ФИЛОЛОГИЧЕСКАЯ ТОПОЛОГИЯ В СВЯЗИ С ЦВЕТООБОЗНАЧАЮЩИМИ СЛОВАМИ И ИХ МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА

(Представлено академиком Ш. В. Дзидзигури 20.3.1992)

Система цветообозначений уже давно изучается в разных языках, и этой проблеме посвящены труды разных авторов как в нашей стране, так и за рубежом.

Среди многочисленных цветообозначающих слов выделяются основные, которые являются как бы стержневыми словами, а все другие прилагательные со значением цвета группируются вокруг них: белый, голубой, желтый, зеленый, коричневый, красный, оранжевый, серый, синий, фиолетовый, черный. Но здесь же следует добавить, что такое деление (по «основному цвету») не носит строго грамматического характера и оно условно [1].

При изучении слов английских цветообозначений надо обязательно помнить, что мы имеем дело с конкретными словами конкретного языка, которые существуют в конкретных контекстах. «Изучение цветообозначений не должно ограничиваться констатацией тождества (как правило, мнимого) соответствующих цветообозначений разных языков на основе «возведения к референту» [2]. Например, с одного взгляда английское слово «brown» и русское слово «коричневый» являются эквивалентами, но если мы их употребим в сочетании со словом «глаза» (eyes), то увидим, что, хотя в английском языке «brown eyes» — естественное сочетание, в русском языке выражение «коричневые глаза» не существует, а вместо него употребляется выражение «карие глаза». Таким образом, важен не тот факт, какой реальный цвет описывается, а исторически обусловленное отражение данного отрезка спектра в сознании говорящих.

Морфологически прилагательные, обозначающие цвет, могут быть простыми (black, green, red, white и др.), производными (blackish, bluish, reddish, greyish и др.) и сложными, из которых можно выделить следующие модели: а) сложные слова с элементом—coloured; хотя они почти не встречаются в словарях, тем не менее в речи встречаются довольно часто (cocoa-coloured skin, corn-coloured hair, honey-coloured sunlight, mulberry-coloured birthmark и др.); б) сложные слова, произведенные путем соположения основ, т. е. когда первый элемент является существительным, а второй—цветообозначающим прилагательным (charcoal-black hair, diamond-blue sky, midnight-blue kimono, summer-blue eyes, apple-green shirt и др.); в) словосочетания, образованные при помощи слов pale, dark, deep, bright, light, dull, waxen; эти слова сами не имеют значения цвета, но уточняют



Н. Д. КЕМЕРТЕЛИДZE

## ФИЛОЛОГИЧЕСКАЯ ТОПОЛОГИЯ В СВЯЗИ С ЦВЕТООБОЗНАЧАЮЩИМИ СЛОВАМИ И ИХ МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА

(Представлено академиком Ш. В. Дзидзигури 20.3.1992)

Система цветообозначений уже давно изучается в разных языках, и этой проблеме посвящены труды разных авторов как в нашей стране, так и за рубежом.

Среди многочисленных цветообозначающих слов выделяются основные, которые являются как бы стержневыми словами, а все другие прилагательные со значением цвета группируются вокруг них: белый, голубой, желтый, зеленый, коричневый, красный, оранжевый, серый, синий, фиолетовый, черный. Но здесь же следует добавить, что такое деление (по «основному цвету») не носит строго грамматического характера и оно условно [1].

При изучении слов английских цветообозначений надо обязательно помнить, что мы имеем дело с конкретными словами конкретного языка, которые существуют в конкретных контекстах. «Изучение цветообозначений не должно ограничиваться констатацией тождества (как правило, мнимого) соответствующих цветообозначений разных языков на основе «возведения к референту» [2]. Например, с одного взгляда английское слово «brown» и русское слово «коричневый» являются эквивалентами, но если мы их употребим в сочетании со словом «глаза» (eyes), то увидим, что, хотя в английском языке «brown eyes» — естественное сочетание, в русском языке выражение «коричневые глаза» не существует, а вместо него употребляется выражение «карие глаза». Таким образом, важен не тот факт, какой реальный цвет описывается, а исторически обусловленное отражение данного отрезка спектра в сознании говорящих.

Морфологически прилагательные, обозначающие цвет, могут быть простыми (black, green, red, white и др.), производными (blackish, bluish, reddish, greyish и др.) и сложными, из которых можно выделить следующие модели: а) сложные слова с элементом—coloured; хотя они почти не встречаются в словарях, тем не менее в речи встречаются довольно часто (cocoa-coloured akin, cogn-coloured hair, honey-coloured sunlight, mulberry-coloured birthmark и др.); б) сложные слова, произведенные путем соположения основ, т. е. когда первый элемент является существительным, а второй—цветообозначающим прилагательным (charcoal-black hair, diamond-blue sky, midnight-blue kimono, summer-blue eyes, apple-green shirt и др.); в) словосочетания, образованные при помощи слов pale, dark, deep, bright, light, dull, waxen; эти слова сами не имеют значения цвета, но уточняют



второй элемент цветообозначения; они указывают на глубину, интенсивность, слабость и другие признаки цвета (*dark yellow eyes, deep green grass, dull green ships, light purple blouse, pale blue note-paper* и др.); г) сложные слова, обе части которых являются цветообозначающими прилагательными (*blue-red wine, grey-blue eyes, green-red bananas, grey-green light* и др.); д) словосочетания, первый элемент которых прилагательное, обозначающее цвет, а второй—производное прилагательное с суффиксом—*ed* (*green-shaded lamp, gray-haired cab-driver, orange-tinted window, red-cheeked face* и др.).

Цветообозначение чаще всего используется при описании внешности и одежды человека и природы.

При описании внешности человека цветообозначения употребляются с волосами, глазами, губами и лицом. Все слова и словосочетания, употребленные для обозначения цвета волос человека, сводятся к противопоставлению светлых и темных волос. Поэтому в данном случае рассматриваются не отдельные слова, а противопоставленные друг другу архетипы, которые представлены во множестве вариантов (*sandy, amber, straw-coloured (hair)* и *chestnut, black (hair)*). В языке рекламы встречаются такие слова, как *blond, moonlight (hair)*, а в художественной литературе употребляются такие словосочетания, как *baby—sugar—coloured hair, honey-coloured hair* и многие другие. Данная оппозиция, т. е. «светлые/темные волосы» социолингвистически обусловлена.

Подобные закономерности варьирования архетипов можно встретить при описании цвета глаз. Одним из архетипов в этой сфере является «голубой цвет глаз» (*blue-eyes*). В рекламном стиле употребляется вариант *misted blue, satin blue eyes* и др., а в художественной литературе—*china-blue eyes, dark corn-flower blue eyes* и др.

Для описания цвета губ противопоставляются архетипы «яркие (красные)» и «бледные губы» (*red vs pale lips*). В регистре рекламы употребляется большое количество слов и словосочетаний, которые описывают модные цвета помады: *red lips: fire coral, vibrant rose; pale lips: cool amber, smoky beige*, а в художественной литературе сфера лексики менее детализирована.

При описании цвета лица противопоставляются архетипы «здоровый» и «нездоровый» цвет лица (*healthy vs unhealthy complexion*) (*rosy white*).

Выделение архетипов одежды довольно сложная задача, потому что в данном случае употребляемые слова — цветообозначения более разнообразны по значению и быстрее сменяют друг друга. Основным архетипом мужской одежды являются «нейтральные, серокоричневые тона» (*dark grey suit*), хотя существует и архетип «яркие цвета». Употребление слова — цветообозначения в данной сфере социолингвистически обусловлено. Почти то же самое можно сказать относительно описания женской одежды.

В сфере описания природы противопоставляются более блеклые, спокойные краски английского ландшафта с яркими, броскими цветами природы южных стран.

Таким образом, при изучении той или иной понятийной сферы следует рассматривать не отдельные слова, а основные противопостав-



ленные друг другу архетипы, которые существуют в языке во множестве вариантов.

Вариантность и инвариантность в филологии, а также история развития определенного языкового архетипа изучаются филологической топологией. Топология, как известно, является разделом математики [3], который основными считает вопросы непрерывности и инвариантности. Она изучает такие свойства системы, которые не изменяются, как бы они не преобразовывались. Ввиду того, что в последнее время вопросом об инварианте все чаще и чаще начали интересоваться разные лингвисты, понятие «топология» используется и в языкознании, где оно называется филологической топологией [4].

В применении к цветообозначениям филологическая топология исходит из того факта, что цветообозначающие слова не являются просто отражением тех отрезков спектра, которые существуют в природе и нельзя их отождествлять. Проблема топологии — это проблема тождества и различия. «Архетипы цветообразования складываются постепенно в ходе естественного функционирования языка на основе всего многообразия реальных словоупотреблений в той или иной сфере человеческого общения и зависят от общественной жизни данного человеческого языкового коллектива» [2].

Московский государственный университет  
им. М. В. Ломоносова

(Поступило 27.3.1992)

ენათმეცნიერება

ბ. ჰემერტელიძე

ფილოლოგიური ტოპოლოგია ფერთა აღმნიშვნელ სიტყვებთან  
კავშირში და მათი მორფოლოგიური სტრუქტურა

რეზიუმე

ინგლისური ფერთა აღმნიშვნელი სიტყვების შესწავლისას საქმე გვაქვს კონკრეტული ენის კონკრეტულ სიტყვებთან, რომლებიც არსებობენ კონკრეტულ კონტექსტებში. ამ შემთხვევაში განიხილება არა ცალკეული სიტყვები, არამედ ერთმანეთთან დაპირისპირებული არქეტიპები, რომლებიც წარმოდგენილია მრავალი ვარიანტის სახით. ვარიანტულობა და ინვარიანტულობა და აგრეთვე გარკვეული ენობრივი არქეტიპის ისტორიის განვითარება შესწავლება ფილოლოგიური ტოპოლოგიის მიერ.

LINGUISTICS

N. KEMERTELIDZE

PHYLOGICAL TOPOLOGY IN CONNECTION WITH  
COLOUR-DESIGNATING WORDS AND THEIR  
MORPHOLOGICAL STRUCTURE

Summary

While studying English colour-designating words we deal with the concrete words of the concrete language which exist in the concrete contexts.

In these cases not separate words but contrasted archetypes, presented in a number of variants, are considered. Variants and invariants, and also the history of the development of a certain language archetype are studied by the philological topology.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. И. Герасимов. Русский язык за рубежом, № 3, 1969, 27—35.
2. Т. И. Шхвацабая. Автореферат канд. дисс. М., 1985.
3. G. Steiner. After Babel: Aspects of Language and Translation. N. Y.—Toronto, 1975.
4. О. С. Ахманова, Л. В. Полубниченко. Вопросы языкознания, № 4, 1979, 17—25.

ი. გიუნაშვილი

ოპტატივი პართულსა და აღრესაშუალო სპარსულ ეპიგრაფიკულ  
ძეგლებსა და ფსალმუნის ფალაშურ თარგმანში

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა მ. ანდრონიკაშვილმა 22.4.1992)

ოპტატივი (ნატვრითი კილო), რომლის ძირითადი მოდალური მნიშვნელობებია: ნატვრა, სურვილი, შეგონება, ხანდახან კი ირიბი ბრძანებაც ([1], გვ. 205—11; [2] გვ. 4—6) საშუალო პერიოდის დასავლურ ირანულ ენათა (IV—III სს ჩვ. წ.-მდე — VIII—IX სს. ჩვ. წ.-თ) ზმნურ სისტემაში წარმოდგენილია აწმყოსა და ნამყო დროის არასრული ფორმებით.

აღრესაშუალო სპარსული ენის წერილობით ძეგლებში—ფსალმუნის ფალაშურ თარგმანსა (VII ს. ჩვ. წ.) და მანიქეურ ტექსტებში, რომელთა უმრავლესობა დათარიღებულია VIII—IX სს. ჩვ. წ.-ით, დამოწმებულია მე-2 და მე-3 პირის მხოლოდითი რიცხვის აწმყო დროის ოპტატივის ფორმები, რომლებიც იწარმოება ზმნის აწმყო დროის ფუძესთან სათანადო პირის ნიშნების დართვით ([3] გვ. 150).

2. მს. რ. -ē, რომელიც გრაფიკულად გამოიხატება, როგორც -ydy (დაბოლოების მეორე ოპტატივის ფორმის ერთადერთი ნიმუშია ფსალმუნში) [4, გვ. 64]

3. მს. რ. -ē, ēh, რომელიც იწერება, როგორც -y, -yy, -yyh (მეტად ხშირად გვხვდება მანიქეურ ტექსტებში).

პართუენოვან მანიქეურ ტექსტებში აწმყო დროის ოპტატივი გამოყენებულია მე-2 პირის მხოლოდითისა და მე-3 პირის როგორც მხოლოდითის, ისე მრავლობითის ფორმებისათვის [5, გვ. 111; [6], გვ. 51]

ყველა ამ შემთხვევაში, ოპტატივი წარმოდგენილია აწმყო დროის მიმლეობის სახით, რომელიც ბოლოვდება -ēnd-ზე [7, გვ. 15; 5, გვ. 113] და რომელსაც ამასთანავე ერთვის დაბოლოება -ēh

გილენის აზრით, დაბოლოება -ēh მომდინარეობს ah („ყოფნა“) ზმნის ადრეული ოპტატივის ფორმიდან hēh [5, გვ. 111, 113—114].

ამრიგად, პართულ წერილობით ძეგლებში ვხვდებით ოპტატივის ფორმას -ēndē(h) დაბოლოებით, რომელიც გრაფიკულად გამოიხატება, როგორც -yndyh, -yndyyh, -yndy. სასაწინააღმდეგო პართუენოვან წარწერებში (III—VII სს. ჩვ. წ.) ოპტატივის დაბოლოება იწერება, როგორც -ndy (8, გვ. 138).

ოპტატივის ნამყო დროის (პრეტერიტული) ფორმები როგორც საშუალო სპარსულში, ისე პართულში წარმოდგენილია ანალიტიკური კონსტრუქციებით, რომლებიც შედგება ნამყო დროის ფუძისა (ისტორიულად ta-ზე დაბოლოებული პერფექტული მიმლეობა) და დამხმარე ზმნის საშუალო სპარსული h, hē, პართული (ah) -ahēndē ოპტატივის ფორმისაგან ([9], გვ. 122, 125).

ადრესაშუალო სპარსულ წერილობით ძეგლებში ნამყოფ დროის ობტატივი დადასტურებულია მხოლოდ მე-3 პირის მხოლოდბითი რიცხვისათვის (9 გვ. 122). ერთეული მაგალითები ობტატივის 1 და მე-2 პირის მრავლობითი რიცხვის ხმარებისა, აღმოჩენილია მანის „შაპურაკანში“ (III ს. ჩვ. წ.) [2, გვ. 5]. პართულენოვან მანიქეურ ტექსტებში ობტატივის ნამყოფ დროის ფორმები მე-3 პირის მხოლოდბითი და მრავლობითი რიცხვისთვისაა გამოყენებული უფრო მეტად.

ობტატივის ინვარიანტული მნიშვნელობების რეალიზაცია ბევრადაა დამოკიდებული კონტექსტსა და სინტაქსურ პირობებზე.

სათანადო მასალის განხილვის საფუძველზე შეიძლება გამოყოფილ იქნეს ობტატივის ხმარების ორი ძირითადი შემთხვევა: 1. დამოუკიდებელ პოზიციაში (მარტივ წინადადებასა და მთავარში), როდესაც იგი გამოხატავს ნატვრას, სურვილს, შეგონებასა და ბრძანებას.

2. დამოკიდებულში — სხვადასხვა სახის დამოკიდებულ წინადადებებში, როდესაც ობტატივი გამოხატავს მოქმედების (ხშირად ირეალურის) განხორციელების პირობასა და შესაძლებლობას [1, გვ. 206; 2, გვ. 4—5].

ს ა ს ა ნ ე ლ თ ა ე ბ ო ქ ი ს სა შ უ ა ლ ო ს პ ა რ ს უ ლ და პართულ წარწერებში (III—VII ს. ჩვ. წ.), ასევე ფსალმუნის ფალაურ თარგმანში, დადასტურებულია ობტატივის ფლექსიური და ანალიტიკური ფორმების ხმარების რამდენიმე შემთხვევა პირობით დამოკიდებულ წინადადებებში. ერთ-ერთ მათგანს ვხვდებით აბნუნის საშუალო სპარსულ წარწერაში (242 წ. ჩვ. წ.) ნასრ-აბადიდან, რომელიც ჩვენამდე მოღწეულ წარწერათაგან ყველაზე ადრინდელია [10, გვ. 11].

### 3. HT ZNH nhwp'dyn NWR' 1 TNH YTYBWN'n

agar ēn nihumbāyēn ādur 1 ēdar nišīnān

„თუ კი შევძლებ ამის დაცვას, მაშინ შევქმნი აქ (წმინდა) ცეცხლს“.

უჩინეს ინტერპრეტაციის თანახმად, nhwp'dyn 1 პირის მხოლოდბითი რიცხვის ობტატივის ნიმუშია ([10], გვ. 15).

მაგალითი ფსალმუნიდან: (Ps, 129 (3))

HT (sy)d [.] (') NTLW<sub>N</sub>dy MRWHY MNW

[wb'n [ ] YK·YMWN (t / )

agar (sy) d [.] (') payē x'aḏāy kē tuwān

[ ] ēstādan

“თუ არ შეიწყალბ ცოდვილებს ღმერთო, მაშინ ვინღა დარჩება (ამქვეყნად)?“

წარწერებში უფრო ხშირად გვხვდება ობტატივის წარსული დროის შემცველი კონსტრუქციები, რომლებშიც იგი ირეალურ მოქმედებას გამოხატავს.

აი, ნიმუში III ს-ის მეორე ნახევრის მთავარი მოვკის კარტირის საშუალო სპარსული წარწერა ვირსიებიდან (ქაა'ებ ზოროასტრის (KKZ) სარმეშქედის (KSm) და ნაყ-მე რუსტამის (KNRm)

KNRm (49), KSm (24), KKZ (16)

ZY (m) HT (QDm) ZN] (H) [n] (') [mky] npš (ty)(YKTYBWN)

[HWH 'DYN KBYR YHWWN H]WH]

i-m agar abar ēn nāmag nībišt[hē ēg was būd] hē

“თუ კი მე მოვიხსენებდი მათ საქმეებს, ამ წარწერაში ეს მეტისმეტი იქნებოდა“.

ანალოგიური მაგალითი შაბურ I-ის (250 წ. ჩვ. წ.) ჰაჯიაბადის (SH) ორ-  
 ენოვანი (საშუალო სპარსული და პართული) წარწერებიდან:  
 (SH) (9)—(10)  
 საშ. სპ.

HT cyt'k cyty HWH 'DYN byrwny pty'k YHWWN

HWH

agar ēēdag ēit hē ēg bēron paydāg būd hē

პართ.

'kšyty BNYt HWYndy 'L LBR' STR' 'ksy

YHWt HWYndy

ag ēēd dišt ahēndē ō bēh ārag āgas būd ahēndē

“თუ კი ბორცი აგებული იქნებოდა, ის გამოჩნდებოდა“

როგორც განხილული მასალიდან ჩანს, პირობით დამოკიდებულ წინადა-  
 დებაში გამოყენებული ობტატივის ფორმები გამოხატავს რეალურ მოქმედე-  
 ბას აწმყო და ირეალურს — ნამყოში.

არნ. ჩიქობავას სახ.

ენათმეცნიერების ინსტიტუტი

(შემოვიდა 29.4.1992)

ЯЗЫКОЗНАНИЕ

Е. Дж. ГИУНАШВИЛИ

## ОПТАТИВ В ПАРФЯНСКИХ И РАННЕСРЕДНЕПЕРСИДСКИХ НАДПИСЯХ И ПЕХЛЕВИЙСКОМ ПЕРЕВОДЕ ПСАЛТЫРИ

Резюме

В парфянских и раннесреднеперсидских надписях III века засвидетельствованы формы оптатива прошедшего времени в условных придаточных предложениях. Оптатив в таких конструкциях выражает ирреальное действие.

LINGUISTICS

E GIUNASHVILI

## OPTATIVE IN PARTHIAN AND EARLY MIDDLE PERSIAN INSCRIPTIONS AND IN PEHLEVI TRANSLATION OF THE PSALTER

Summary

The early Middle Persian and Parthian inscriptions contain some examples of the optative in conditional clauses, expressing irrealis in the past tense.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. C. h. Brunner. A Syntax of Western Middle Iranian. New York, 1977.
2. G. Lazard. Les modes de la virtualité en moyen-iranien occidental. Middle Iranian Studies. Leuven, 1984.
3. W. Sundermann. Westmitteliranische Sprachen. Compendium Linguarum Iranicum. Wiesbaden, 1989.
4. W. Henning. BSOAS № 12, 1947.
5. A. Ghilain. Essai sur la langue parthe. Son système verbal d'après les textes manichéens du Turkestan Oriental, Louvain, 1939.
6. M. Boyce. Acta Iranica, 9, 1975.
7. H. S. Nyberg. Hilfsbuch des Pehlevi I, Uppsala, 1928.
8. P. Skjærvø. The Sassanian Inscription of Paikuli, part 3.2. Wiesbaden, 1983.
9. В. С. Расторгуева, Е. К. Молчанова. Среднеперсидский язык. Основы иранского языкознания (среднеиранские языки). М., 1981.
10. Ph. Gignoux. Studia Iranica, t. 20. fasc. 1, 1991.

ზ. შახანიძე

სიგრძის საზომი სამართოქართველური მართული „ხალა“

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ბ. ჯორბენაძემ 22.4.1992)

სიგრძის (და აგრეთვე დროის) საზომი ქართველური ერთეულები განსაკუთრებული სიმდიდრით გამოირჩევა. მათგან ზოგიერთს კანონზომიერი ქართველური შესატყვისებიც ეძებნება, მაგ.: ქართ. მტკაველი = ლაზ. მტკო = მეგრ. ტკოუ || ტკუ || ტკუ (ხოლო სვანურშია ირთხინ [1]), ქართ. ციდი||ცილა = ლაზ. მცილა = მეგრ. ცინლა [2] და სხვა. ერთ-ერთი მათგანი უეჭველად აღდგება საერთოქართველურისათვისაც: ქართ. წყრთა = მეგრ. ჭყრთა = სვან. ჭითხ [1]. საინტერესოა, რომ საერთოქართველურისათვის აღდგება კიდევ ერთი საზომი ერთეულის სახელწოდება: სვან. კჷლ [3], რომელიც შეესაბამება ძველ ქართულ საზომ ერთეულს მჷარი და ორივე გაშლილი ხელის ზომაა (ამგვარი საზომები გამოიყენებოდა სხვა ქვეყნებშიც — იხ. ქვევით). სვანურ კჷლ სიტყვას კანონზომიერი შესატყვისები ეძებნება ზანურშიც და ქართულშიც: ლაზ. ხოლი 'მხარი (სიგრძის საზომი ერთეული)' [4], 'ძვ. ქართ. ხალი' გრძელი ჯოხი, გინა ნავის ნიჩბი' [5] > საშ. ქართ. ხალა 'წვრილი და გრძელი ჯოხი' | ხალი 'გალატოზთ საზომი ხე' [6] > გურ. ხალი = ქართლ. ხალა 'კაკლის ხის საბერტყი ჭოლოკი' = მთიულ. ხალა = ქიზიყ. ფშავ. ხალხა 'გრძელი წვრილი ჯოხი თივის ბუღულის ამოსაკრავად' = რაჭ. ლეჩხ. ხალა-ხინი 'დიდი ჭოვრი, ხალა, გინა რჯალა' [7].

ამრიგად, ქართულ კილოებში წარმოიქმნა ახალი (ნაწილობრივ გაორმაგებული) ფუძეები, შეიცვალა სიტყვების მნიშვნელობებიც: 'სიგრძის საზომი ერთეული მხარი' > 'გრძელი ჯოხი' > 'სხვადასხვა დახიშნულების გრძელი ჯოხი'. თანაც, ძველ ქართულში უკვე გვაქვს მესამე გჯუფის მნიშვნელობები, მაგრამ სულხან-საბას ლექსიკონი ამტკიცებს, რომ უკანასკნელ საუკუნეებამდე შემორჩენილი იყო ხალი ფუძის ძველი მნიშვნელობაც 'საზომი ერთეული': ხალი 'გალატოზთ საზომი ხე'.

სიტყვა ხალახინი მხოლოდ რაჭულ-ლეჩხუმურში გვხვდება, ამიტომ, შესაძლოა, ეს სიტყვა სვანური წარმოშობისაა: ლენტ. ხალა-ხინ || კალა-ხინ 'ვაზის მსხვილი ჭიკო, დიდი ჯოხი\*'. საინტერესოა, რომ ზანური ხოლ- ფუძის ნაშთები შემონახულია ქართული ენის დასავლურ კილოებში: რაჭ. ხოლი 'კაკლის ხის სარეკი ჭოკი, ხალახინი, ხალა' [8] (ხოლო რაჭ. ხოლი 'ღმართი გზა' [8] — გადატანილი მნიშვნელობა ჩანს), იმერ. ხვალი 'წულის კალაპოტზე დასამაგრებელი გრძელი ჯოხი' [8] (იმერულში ო > ვა გაშლისათვის შდრ: იმერ. ხვარაგი || ხორაგი, თითვან || თითონ. მარტვა||მარტვე||მარტო, ჭიღვა||ჭიგო. კვარაჭინა||კოროჭინა 'კოკროჭინა', კვატიცა 'თაემრგვალა' <კოტიცა, კვაჩა||კვაჭა||კვაჭუტა||კვაჩალი||კაჭა||კოჭიტარა||კოჩიალა 'კოჭლი, ფეხებმოჭეული..' [7-8] <კოჭ-> კოჭლი და სხვა), იმერ. ხვალ-მანდური 'სახლის სახურავსა და კედელს შუა (არიელ ადგილას აჭედელი ფიცრები' [8]—შდრ. ქიზიყ. ხვალი 'ხარაზის იარაღი: ოდნავ მოხრილი შვინდის ჯოხი' [7]—ქიზიყურში ეს სიტყვა დასავლური კილოდან ჩანს შეთვისებულნი (შესაძლოა, კახეთში ჩასახლებულ იმერელთა მიერაა შეტანილი).

\* ) ეს სიტყვა შემატყობინა ენათმეცნიერმა ე. გაზდელიანმა, რისთვისაც მას მადლობას მოვასხსნებ.





იმავე ხალ- ფუძიდან ჩანს წარმოქმნილი აგრეთვე ქართლ. ხალ-არი 'სწორად გაზრდილი, უტოტო მაღალი ხე' [9] = იმერ. ხელ-არი 'ხის გრძელი და სწორი შტოები' [8]. ამრიგად, მოხდა კიდევ ერთი ახალი მნიშვნელობის განვითარება: 'საზომი გრძელი ჯოხი' > 'გრძელი და სწორი, უტოტო ხე ან შტო'.

მეგრულში ხოლ- ფუძე შემორჩენილია გაორმაგებული და დელაბილიზებული სახით: მეგრ. ხერხალი || ხირხალი 'ჭიკო, ხალახინი' [10], მეგრ. ეხერხალუა 'შემოსარვა', მეგრ. ხარახინი || ხარახენი || ხარხი 'ლობე მსხვილი ხეები-საგან' [11] > მეგრ. იმერ. ხარხინი || ხარხიმი 'ღვინის საწური მანქანა, წებერი' [8, 11].<sup>1</sup> მეგრულში ხარახინ || ხარახენ || ხარხი | ხარხინი... სიტყვები, ცხადია, შეთვისებული ხალახინი სიტყვისგანაა წარმოქმნილი (ლ > რ ჩანაცვლება ჩვეულებრივია მეგრულსათვის) ხოლო ხერხალ- წარმოქმნილია ხერ- < \*ხელ- < \*ხოლ- ფუძის გაორმაგებით (ლ > ე დელაბილიზაციისათვის ზანურში იხ. [12, გვ. 167—168]). ფუძის გაორმაგება როგორც მეგრულში, ასევე ზვანურ-რაჭულ-ლეჩხუმურში ბევრწერულია და გამოხატავს ან ხალაზე ტოტების სიმრავლეს, ან თვით ხალების სიმრავლეს.

მაშასადამე, ბუნებრივია ვივარაუდოთ, რომ იმავე ზანური ხოლ- ფუძიდანაა წარმოქმნილი აგრეთვე ლაზ. ხულეხი 'ორ გრძელჯოხიანი ხელის სათევზაო ბადე' [13] — ლაზურში უხვადია თევზაობასთან დაკავშირებული ლექსიკა, კერძოდ, რამდენიმე სხვადასხვა სიტყვაა მნიშვნელობით 'სათევზაო ბადე (დიდი, ატარა ან რაიმე სხვაგვარი ბადე)' [4, 13]; ხულეხი — ესაა სწორედ 'გრძელჯოხიანი ბადე'. თვით ხულეხ- ფუძე ალბათ გაორმაგებულია, თუმცა არაა გამორიცხული მასში -ეხ გაქვევებული ბოლოსართის გამოყოფა: ბულ-ეხ < ხოლ- (ლ > უ გადასვლისათვის არალაბილურ გარემოცვაში შდრ: ლაზ. ნუსა || ნოსა 'რძალი', ლაზ. გრუში|ქრუში 'გროში', ლაზ. ტროხ-|ტრუხ 'ტყდომა', ლაზ. ჯუგ- = მეგრ. ჯოგ- 'სიკას', მეგრ. ლაზ. ხუტ-|ხუტ-|ხოტ-|ხოტ- 'ვაკრეჭა', ლაზ. თორ-|თურ-|თირ- 'თრეჯა' < თორ- [1, 2, 4, 13] და სხვა).<sup>2</sup>

საინტერესოა ერთი საკითხი: თუ რატომ შეიცვალა უკვე ძველქართულშივე საზომი ერთეულის ძველი ქართული სახელწოდება ხალა სხვა სახელწოდებით მკარი (ხოლო ხალ- ფუძეს ძირითადად მხოლოდ მეორეული მნიშვნელობები შერჩა: 'სხვადასხვა დანიშნულების გრძელი სწორი ჯოხი'). საზომი ერთეული მკარი გვხვდება ბიბლიის ძველქართულ თარგმანში (საქმე 27,28) [5]. ვნახოთ, რა სიტყვებია უცხოენოვანი „ახალი აღთქმის“ შესაბამის ადგილებში და როგორია მათი წარმომავლობა<sup>3</sup>.

ბერძნული *βραχια* 'ხალა', წარმოებულია ზმნისაგან *βραχυνω* 'ვჭიმავ, ვშლი'. შეენიშოთ, რომ ეს ბერძნული საზომი ერთეული გავრცელებული ყოფილა კოლხეთშიც: მეგრ. ორგია 'მხარი (საზომი)' ([14], გვ. 142).

ლათინური *passus* 'ნაბიჯი, ბიჯი' — ეს სულ სხვა ერთეულია, ლათინურში არ მოიძებნა საზომი ერთეული ხალას შესაბამისი ერთეული.

სირიული და არაბული *zira* 'წყრთა' (ესეც სულ სხვა ერთეულია) ან *kam-* 'ხალა' > 'ადამიანის სიმაღლე, ტანი, სხეული, ამართულად დგომა...' — პირველადია 'ამვერა, ამართულობა' > 'ამართული ადამიანის სიმაღლე', რაც, ლეონარდო-და-ვინჩის კანონის ძალით, დაახლოებით ტოლია გაშლილი ხელების სიგრძისა!

სომხური *girk* 'ხალა' < 'ხელების გაშლა, მშვილდის მოზიდვა, გაშლა, მოხვევა, მოცვა, წილი, საშო...'.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>) ამის დადგენაში დამეხმარნენ მეცნიერები: რ. გოდრეზიანი, ზ. კინაძე, მ. ნედოსასოვა, გ. ჯაფარიძე, მხ. შანიძე და გ. მაისურაძე — ყველას მადლობას მოვასხენებ. რუსული და ინგლისური მასალა დამოწმებულია [18], [19] ლექსიკონებიდან.



რუსული *сажень*, წარმოებულია ზმნისაგან *сЯГАТЬ* 'ხელის გაწევა...'; რომლის ინდოევროპულ მონათესავეებს აქვს მნიშვნელობები: 'მარყუქი, გადაფარვა, მიახლება, ახლოს ყოფნა...'.  
 ინგლისური *fathom* 'ხალა' (ეს ერთეული ამჟამად იხმარება ინგლისურენოვან სახელმწიფოებში), რომლის ინდოევროპული მონათესავეები წარმოებულია ზმნური ფუძისგან \**pet-* 'გაჭიმვა...'.  
 ამრიგად, ხალას ზუსტი შესატყვისი ძირეულია ბერძნულში, სომხურში, რუსულში და ინგლისურში. არც ერთ მათგანს არა აქვს მნიშვნელობა 'მხარი (სხეულის ნაწილი). ესე იგი, მჯარი 'ხალა (საზომი)' ქართულ ნიადაგზეა წარმოქმნილი. ეს სიტყვა საკმაოდ ხშირია უძველეს ქართულ ხელნაწერებში (საქმე მოციქულთა — ყველა რედაქცია, „სინური მრავალთავი“, „ათონური ხელნაწერები“, „გრიგოლ ჰრომთა პაპი...“, „ეულინთა ზღაპრობანი“, „ქართლის ცხოვრება“, „ამირან-დარეჯანიანი“ და ა. შ.) [15].

გაურკვეველია ხალ- ფუძის თავიკიდურა ბერძნის საკითხი: სევანურშია კალ, მაგრამ ძველ და საშუალო ქართულში — ყველგანაა ხალ- („სინური მრავალთავი“, „ამირან-დარეჯანიანი“, სულხან-საბას „სიტყვის კონა“) [15, 5], ხოლო კალი — ესაა მხოლოდ 'ერთგვარი მოხალული საჭმელი' [15, 5] — სხვა ფუძეა. ხივ მერყეობა დასაშვებია როგორც სევანურში (შდრ: კერკუან|ხერკუან 'შაში', კერკ|ხერხლა 'კანაფი' [16—17] და სხვა), ასევე ძველქართულშიც (შდრ.: გულისხმა|გულისხმა, კრწნა|ხრწნა, კომი|ხომი [5] და სხვა). ამიტომ დასაშვებია ორივე შესაძლებლობა:

I. პირველადი ფუძეა კალ-, და ძველქართულში \*კალ->ხალა, ნეორეკალ- 'მოხალეა, მოხალული საჭმელი' ფუძისგან განმსგავსების გამო. ამ შემთხვევაში შეიძლება მართებულად მივიჩნიოთ ვარაუდი [20, 1], რომ კალ- 'ხალა (საზომი)' ფუძე ენათესაება სიტყვებს: ძვ. ქარა. კელი = მეგ. ლაზ. ხე 'ხელი (სხეულის ნაწილი)'.

II. პირველადი ფუძეა ხალ-, და სევანურში \*ხალ->კალ- გადასვლა მოხდა ქართული კელი სიტყვის სევანურ აწ დაკარგულ შესატყვისთან შერევის გამო (ესე იგი, ეს ფუძე კი არ დაკარგულა, არამედ შემორჩენილია კალ შენარევ სიტყვაში). ამ შემთხვევაში საერთოქართველური ფუძე ხალ- 'ხალა (საზომი)' ენათესაება ზმნურ ძირს ხალ-: ქართ. ხლება|ახლავს, მიახლება, ახლო, ახალი, სახლი; ზან. ხლოო 'ახლოს', ხოლ- 'მიახლოება, ხლება...', ხორ- 'დასახლება, სახლი'; სვან. მახე 'ახალი და სხვა [20, 1]. ხალ- ფუძის პირველადი მნიშვნელობაა 'ახლოს ყოფნა, მიახლება, მოცვა...' (შდრ. რუსული *сажень* და სომხური *girk* სიტყვების წარმომავლობა!).

უფრო მართებული ჩანს მეორე შესაძლებლობა. ორივე შემთხვევისთვის აღენიშნავ, რომ კელ- ფუძის მონათესავეა უძველესი მიმღეობა მ-ჯარი 'მხარი (სხეულის ნაწილი); გინა ხალა (საზომი)' (ძველ ქართულშია ყველგან კ ბგერა, ხოლო „შამ-ნამეში“ და შემდგომ — იწყება მერყეობა მჯარი || მხარი [15]) თავისი კანონზომიერი შესატყვისებით: მეგრ. ხუჯი = ლაზ. მხუჯი||ფხუჯი||ხუჯი 'მხარი' და სვან. მეჯარ||მეჯარ||მჯარ 'ხელი (იდაყვამდე)' [1]. სწორედ ამ სევანური სიტყვის მნიშვნელობა აჩვენებს, რომ საცხებით ბუნებრივია კ-ელ და მ-ჯარ- ფუძეების დანათესაება, მათი საერთო ძირია კ-. ამ შემთხვევაში ბუნებრივი ხდება როგორც ძველ ქართულში \*კალ- ან \*ხალ- საზომი ერთეულის სახელწოდების შენაცვლება მჯარი სახელწოდებით, ასევე სევანურში კელ- ფუძის დაკარგვა — შემორჩენილია არა ფუძე, არამედ მისი კ- ძირის სხვა წარმოებულები: მეჯარ და კალ. ახსნილია აგრეთვე სევანური კალ სიტყვის გახმოვა-

ნება (ჯალ<\*ჯალი ჩვეულებრივი უმლაუტით) და არა კალ<კელი, როდესაც ვერ იხსნება სვანური ფუძის გახმოვანება [20, 1].

**კელ-** და **შვარ-** ფუძეების ნათესაობის შემთხვევაში მათი საერთო ჯ- ძირის თავდაპირველი მნიშვნელობა იქნებოდა '(აღამიანის) ზედა კიდურები, ზედა კიდური ან მისი ნაწილი'. გარდა სვანური **შვარ** 'ხელი (იდაყვამდე)' სიტყვისა, ამ კავშირის ბუნებრიობას აჩვენებს აგრეთვე რუსული სიტყვებიც: плечо 'მხარი, გინა ხელის ნაწილი მხარიდან იდაყვებამდე', предплечье 'მკლავი, ხელის ხაწილი იდაყვიდან მტევნამდე' [21] — რუსულშიც საერთო ფუძისაა სიტყვები 'მხარი' და 'ხელის ზედა ან ქვედა ნაწილი'. **შვარ-** ფუძის სწორედ ასეთი მნიშვნელობის გამო გახდა შესაძლო ის, რომ ამ ფუძემ შეიძინა ახალი მნიშვნელობაც 'ხალა (საზომი)'. მართლაც, **შვარ-** ფუძის მნიშვნელობათა ველი მხოლოდ და საკუთრივ 'მხარი' ძირითადი მნიშვნელობით რომ ყოფილიყო შემოსაზღვრული, მაშინ ყოვლად გაუგებარი იქნებოდა, თუ რატომ მიიღო **შვარ-** ფუძემ ახალი მნიშვნელობა 'ორივე გაშლილი ხელის სიგრძე'.

ამრიგად, საერთოქართველურში არსებობდა სიგრძის საზომი ორი ერთეული მაინც: წყრთა და მასზე ოთხჯერ გრძელი ხალა || ხალი — თანაც, ორივეს უკვე ჩამოყალიბებული და გამოცალკეებული მნიშვნელობები ჰქონდა (არც ერთი ამგვარი საზომი ერთეულის სახელწოდება არ აღდგება, მავალითად საერთო-ინდოევროპულში [22]). ეს უძველესი ქართველური ტომების დაწინაურებულ კულტურას აჩვენებს.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია  
 ფილოსოფიის ინსტიტუტი

(შემოვიდა 6.5.1992)

## ЛЯКОЗНАНИЕ

3. Н. ВАХАНИЯ

### ОБЩЕКАРТВЕЛЬСКАЯ ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ ДЛИНЫ ХАЛ-

#### Резюме

Восстановлено второе общекартвельское название единицы измерения длины \*xal- 'сажень': груз. xal-, сван. qäl, лаз. xoli, а также множество диалектных производных основы xal- со значением 'длинная палка', 'прямая палка'... Исследована этимология основы. Дано также обоснованные предположения о родственности основ (исторических причастий): m-q-ar 'плечо' и q-el- 'рука'.

## LINGUISTICS

Z. VAKHANIA

### THE COMMON-KARTVELIAN LENGTH MEASURE UNIT XAL—

#### Summary

The second common-kartvelian name of length measure unit is reconstructed — \*xal- 'fathom': georg. xal-, swan. qäl, laz. xoli, and, besides, a number of dialect derivatives of the base xal- with the meaning 'a long stick', 'a straight stick'...

The etymology of the base is investigated. The motivation of the supposed relationship of bases (historical participles): *m-q-ar-* 'shoulder' and *q-el-* 'hand' is also given.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. პ. ფენრიხი და ზ. სარჯველაძე. ქართველურ ენათა ეტიმოლოგიური ლექსიკონი. თბილისი, 1990.
2. არნ. ჩიქობავა, ჭანურ-მეგრულ-ქართული შედარებითი ლექსიკონი. თბილისი 1938.
3. ვ. თოფურიძე, მ. ქალდანი. სვანური ლექსიკონი (იბეჭდება).
4. ს. ქლენტი. ჭანური ტექსტები — ლექსიკონი. თბილისი, 1938.
5. ი. აბულაძე. ძველი ქართული ენის ლექსიკონი. თბილისი, 1971.
6. სულხან-საბა ორბელიანი. სიტყვის კონა, ტ. I—II. თბ. 1965—1966.
7. ალ. ლლოტი. ქართულ კილო-თქმათა სიტყვის კონა. თბილისი, 1984.
8. ვ. ბერიძე. სიტყვის კონა იმერულ და რაჭულ კილო-თქმათა. თბ. 1912.
9. თ. ბეროზაშვილი, მ. მესხიშვილი და ლ. ნოზაძე. ქართლური დიალექტის ლექსიკონი. თბილისი, 1981.
10. И. Кипшидзе. Грамматика мегрельского языка — словарь. С.-Пб, 1972.
11. პ. ჭარია. მეგრულ-ქართული ლექსიკონი (ხელნაწერი).
12. თ. გამყრელიძე, გ. შაქავარიანი. სონანტთა სისტემა და აბლაუტი ქართველურ ენებში. თბ. 1967.
13. Н. Марр. Грамматика чанского языка — словарь. С.-Пб., 1910.
14. გ. ჯაფარიძე. ნარკვევები ქართული მეტროლოგიის ისტორიიდან. თბილისი, 1973.
15. ქართული ენის ისტორიული ლექსიკონის მასალები (რუსთაველის კომისიის არქივში).
16. რ. ყორღანი. საქართველოს მეცნ. აკად. მოამბე, 48, № 2, 1967.
17. ა. შაყაშვილი, ბოტანიკური ლექსიკონი. თბილისი, 1961.
18. М. Фасмер. Этимологический словарь русского языка, т. I—IV. М., 1986.
19. W. Skate. Etymological Dictionary of English Language. N.—Y. L. 1975.
20. Г. Климов. Этимологический словарь картвельских языков. М., 1964.
21. Толковый словарь русского языка, т. III. М., 1939.
22. Т. Гамкрелидзе, В. Иванов. Индоевропейский язык и индоевропейцы., т. I—II. Тбилиси, 1974.

6. ჩიხლაძე

პრომეთეს მხატვრული სახის დეპოტუალიზაციისათვის  
თანამედროვე ლიტერატურაში

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა რ. გორდენიშმა 15.5.1992)

ანტიკური ეპოქიდან მოყოლებული პრომეთეს მხატვრული სახე წარმოადგენს შემოქმედთათვის შთაგონების წყაროს. ვერნერ იეგერი წერდა: „ყველა ეპოქაში იპოვნეს მასში განსახიერება ადამიანურისა. მათ თავი იგრძნეს პრომეთეს კლდეზე მიჯაჭვულებად და შეუერთდნენ მას თავის უღონო, მაგრამ უდრეკი მძულვარების ყვირილში“.

მხატვრულ ლიტერატურაში პირველად გამოჩენისთანავე (ძვ. წ. ა. VIII—VII საუკუნეთა მიჯნა) პრომეთე წარმოგვიდგა პერსონაჟად, რომლის მოქმედების შეფასება მწერალთათვის ერთგვარ აუცილებლობად იქცა. პრომეთე, ფიგურა, რომელიც უპირისპირდება უზენაეს ღმერთს, ზევსს და ეხმარება ადამიანებს, მწერლის მსოფლმხედველობისა და რელიგიურ-ეთიკური შეხედულების მიხედვით შეიძლება განხილულიყო, როგორც დადებითი, ან უარყოფითი გმირი, როგორც სამართლიანად, ან უსამართლოდ ტანჯული პერსონაჟი.

ანტიკურობაშივე, პრომეთეს, როგორც მხატვრული ლიტერატურისა და მიოლოგიის ფიგურის, ე. წ. შეფასებითი გააზრების ყველა შესაძლებელი ვარიანტი ნაცადი იყო. ძველბერძნულსა და რომაულ მწერლობაში ამ სახემ განვლო ეპიკური, ლირიკული, დრამატული, ფილოსოფიური ინტერპრეტაციების რთული და ხანგრძლივი გზა, ხოლო ლიტერატურისა და აზროვნების შემდგომმა პერიოდმა აჩვენა, რომ პრომეთეს მხატვრული სახე სიცოცხლისუნარიანი და საინტერესო აღმოჩნდა მომდევნო ეპოქებისა და მოაზროვნეებისათვისაც. ეს სახე კვლავ იქცა ტრაგიკული თუ კომიკური, პერიოკული თუ კომიკური, პერიოკული თუ დეპერიოკული ინტერპრეტაციების ობიექტად. ცივილიზაციის განვითარებისა და ტექნიკური პროგრესის დადებითი და უარყოფითი პროცესების შეფასებისას სულ უფრო ხშირად უბრუნდებოდნენ ტიტანის სახეს, როგორც დასაბამს ამ საკითხზე დისკუსიისა.

საყურადღებოა, რომ პრომეთეს მხატვრულმა სახემ მე-20 ს-ის ევროპულ ლიტერატურაში არსებითად ამოწურა თავისი თავი და განიცადა ყოფითობამდე ჩამოქვეითება, ანუ დეგრადაცია.

ეს მოვლენა ტიპურია საერთოდ ანტიკური ეპოქის პერსონაჟთა ინტერპრეტაციებისათვის, თუ პრომეთე ამ შემთხვევაში ერთგვარ გამოწვევის წარმოადგენს? ამის გასარკვევად მივმართოთ ანტიკური მითოლოგიიდან იმ პერსონაჟებს, რომელნიც, ტიტანის მსგავსად, ქედმოუხრელობითა და დაუმორჩილებლობით არიან ცნობილნი, მაგალითად, ანტიგონესა და მედეას. თვალის ერთი გადავლებითაც კი ნათელი ზდება, რომ ის, რაც ზემოთ ხახსეხებმა პერსონაჟებმა განიცადეს მე-20 ს-ის ლიტე-



რატურაში, სრულიადაა არა ჰგავს პრომეთეს მხატვრული „ბუნდს“. უფრო მეტიც, ანტიგონეს სახეს თანამედროვე ეპოქის ლიტერატურაში ჰემმარიტი რენესანსის ეპოქის პ. ს. ჩემბერლენის (1915), ვ. პაზენკლევერის (1917), ე. ანუის (1942), ბ. ბრეტის (1948), ფ. ლიუცენდორფის (1957) და სხვათა შემოქმედების წყალობით და არათუ ამოიწურა თავისი თავი, არამედ წარმოგვიდგა მებრძოლი, მემბოხე, ქედმოუხრელი გმირის ახალი თვისებებით, საკმაოდ ზუსტად და ნათლად გამოხატა რა სრულიად განსხვავებული მიმართულების მწერალთა იდეალები და პოზიცია. იგივე შეიძლება ითქვას მედიას მხატვრული სახის მიმართაც. მე-20 ს-ში ამ პერსონაჟს განსაკუთრებით ხშირად იყენებენ ავტორები საკუთარ განწყობილებათა და შეხედულებათა გადმოსაცემად, მაგრამ ისე, რომ არ უკარგავდნენ მას ტრადიციულ ელფერსა და მიზანსწრაფულობას [შედრ.: პ. პ. იანი (1920), რ. ჯეფერსი (1946), კ. ალვაროსი (1949), ე. ანუი (1946), მ. ბრაუნი (1958), მ. ანდერსონი (1936) და სხვები]. დაახლოებით ასეთივე სურათი გვაქვს ანტიკურ პერსონაჟთა სხვა შემთხვევებშიც.

ყოველივე ამის შემდეგ როგორღა უნდა აიხსნას ზემოაღნიშნული ტენდენციები პრომეთეს სახის თანამედროვე ინტერპრეტაციებში? სრულიად აშკარაა, რომ ის, რაც პრომეთეს სახის შემთხვევაში შეინიშნება მე-20 ს-ის ლიტერატურაში, შედეგია არა ზოგადად ქედმოუხრელობის, დაუმორჩილებლობის, მემბოხეობის, თუნდაც ტირანთან დაპირისპირების, ან სხვა მსგავსი მოტივების დეაქტუალიზაციისა, არამედ იმ თავისებურებებისა, რაც საკუთრივ პრომეთეს პრობლემატიკას ახასიათებს. ნათელია, რომ პრომეთეს მხატვრულ სახესა და მის მიმართებაში ზევსისადმი მსოფლიო ლიტერატურამ სრულიად ცალსახად გამოკვეთა ორი პრინციპი: ერთმმართველობისა და მასთან დაპირისპირებულობისა. ამ დაპირისპირების რეალიზაცია შეიძლება მოხდეს სულ სხვადასხვა იერარქიულ დონეზე — მცირე ქალაქში, დიდ სახელმწიფოში, საერთოდ სამყაროში. პრომეთე — ზევსის დაპირისპირება, როგორც წესი, მხატვრული ლიტერატურისთვის მეტწილად ამ იერარქიის ბოლო, უმაღლეს საფეხურთან იყო დაკავშირებული და შესაბამისად, გაიაზრებოდა, როგორც ზოგადად ოპოზიცია: ერთმმართველობა მასთან დაპირისპირებულობა და არა კონკრეტულად: ერთმმართველი მასთან დაპირისპირებული გმირი.

მე-19 საუკუნის მიწურულამდე კაცობრიობის ცივილიზაციაში წამყვანი ადგილი ეჭირა მმართველობის იმ სტრუქტურებს, რომელნიც ეყრდნობოდნენ უზენაესი ხელისუფლების უფლებათა უნივერსალობის და ამდენად, ამა თუ იმ ფორმით ერთმმართველობის პრინციპს. შესაბამისად, მთელი ამ პერიოდისათვის პრომეთეს მხატვრული სახის ტრადიციული სიმბოლიკა ინარჩუნებდა აქტუალობას.

გასული საუკუნის დასასრულიდან ხდება ძირეული ცვლილებები, უპირატესად, ევროპის ქვეყნების პოლიტიკურ სისტემაში. ევროპა ირჩევს სახელმწიფოს ორგანიზაციის დემოკრატიული, შეუზღუდავი ერთმმართველობის უტულებელმყოფ პრინციპებს. მართალია, ამის გვერდით სწორედ მე-20 ს-ში ისევ ევროპის კონტინენტზე საოცარი ტირანული სახელმწიფოების აღმოცენების



მოწმეც ვხედებით (მაგ.: ფაშისტური გერმანია, სსრკ), მაგრამ ისინი მაინც გაიზარდებიან, როგორც ერთმართველობის ლოკალური, და არა საყოველთაო დონეები. ამიტომ, მათ წარმოსაჩენად ანტიკური მითოლოგიური პერსონაჟების გამოყენების პროცესში უპირატესად მიმართავენ ისეთ სახეებს, რომელნიც გამოკვეთენ დაპირისპირებას, — ტირანი/ტირანის წინააღმდეგ მებრძოლი, — არა კოსმიურ, არამედ კონკრეტულ, ლოკალურ დონეზე. პრომეთე — ზევსის დაპირისპირება ამ ასპექტით კარგავს აქტუალობას სწორედ მისი უკიდურესად ზოგადი და უნივერსალური ხასიათის გამო, რადგან ამგვარი დაპირისპირება თანამედროვე მსოფლიოს რეალურ პოლიტიკურ ცხოვრებაში აღარ არის ფუნდამენტური და საყოველთაო ოპოზიცია.

ვფიქრობთ, ამით უნდა იყოს გამოწვეული მე-20 ს-ის ლიტერატურაში პრომეთეს მხატვრული სახისადმი, როგორც ტირანის, ერთმართველობის წინააღმდეგ მებრძოლი გმირის სიმბოლოსადმი ინტერესის შესუსტება.

რასაკვირველია, ეს იმას სრულიად არ ნიშნავს, რომ პრომეთეს მხატვრული სახის აქტუალობის დაკარგვა შეუქცევადი პროცესია. ლიტერატურაში უცვლლობლად აღორძინდება ქედუხრელი, რომანტიკული პრომეთეს სახე, თუნდაც მაშინ, როცა წინა პლანზე წამოვა ტიტანის სახესთან დაკავშირებით ბუნების და ადამიანის ურთიერთობის, ადამიანურსა და ღვთაებრივს შორის წონასწორობის დამყარების, ადამიანური ცოდნისა და ტექნიკური პროგრესის სამყაროს კანონზომიერებებთან ჰარმონიაში მოყვანის პრობლემები.

ქუთაისის აკაკი წერეთლის  
სახელობის უნივერსიტეტი

(შემოვიდა 21.5.1992)

ФИЛОЛОГИЯ

Н. К. ЧИХЛАДЗЕ

## К ДЕАКТУАЛИЗАЦИИ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ОБРАЗА ПРОМЕТЕЯ В СОВРЕМЕННОЙ ЛИТЕРАТУРЕ

Резюме

В современной художественной литературе образ Прометея, символа борьбы против единовластия и тирании, показывает черты явной деактуализации, образ как бы исчерпал себя. В статье это явление объясняется тем, что в глобальной мировой политике единовластие и борьба против него уже не являются фундаментальной оппозицией, требующей обобщения на уровне противостояния Зевса — верховного бога и Прометея — непокорного Титана.

N. CHIKHLADZE

ON THE DEACTUALIZATION OF THE IMAGE OF  
PROMETHEUS IN MODERN LITERATURE

Summary

In modern literature the image of Prometheus (the Symbol of fight against the autocracy and the tyranny) shows traits of the evident deactualization, the image exhausted itself. The explanation might be that in the global world politics the autocracy and the fight against it is no more the fundamental opposition, which might be generalized on the level of the opposition Zeus — the supreme God and Prometheus — the refractory Tyran.



შპპ. 9/47.922/

ისტორია

დ. ლოსაბერიძე

## ქვის ხანაში საქართველოს ტერიტორიაზე მცხოვრებ ტომთა ბანსახლების პრობლემა

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ. მელიქიშვილმა 12.5.1992)

როდესაც ქვის ხანის არქეოლოგიასა და ამა თუ იმ ეთნოსის ფორმირების პროცესს ვადარებთ ერთმანეთს, არ უნდა დავივიწყოთ, რომ ეთნოგენეზის პროცესი უძველეს ხანებში იღებს სათავეს და რაც უფრო ღრმად შევღვივართ დროთა სიღრმეში, მით უფრო ფერმკრთალდება ამა თუ იმ ლოკალური ვარიანტისათვის დამახასიათებელი ნიშნების ის კომპლექსი, რომელიც ეთნიკური განსხვავებების შედეგად შეიძლება იქნეს მიჩნეული. ამ მდგომარეობას ართულებს ის გარემოებაც, რომ ასეთი შორეული ხანის შესახებ არქეოლოგიას დახმარებას ვერ უწევს ვერც ლინგვისტიკა და ანთროპოლოგია და ვერც ეთნოგენეტიკური გადმოცემები. ამასთან, საზოგადოების სოციალ-ეკონომიური განვითარების დაბალი დონე ძნელად გასარკვევს ხდის, განსხვავება ამა თუ იმ მახასიათებელში ეთნიკურ განსხვავებას გამოხატავს თუ ბუნებრივი პირობების სხვადასხვაგვარობის შედეგია, ამიტომ, როგორც წესი, ეთნიკურ განსხვავებაზე ლაპარაკი დაბეჯითებით მხოლოდ ნეოლითიდან შეიძლება, როცა ჩნდება კერამიკა და ორნამენტა განსხვავება უკვე ეთნიკურ განსხვავებებზე უნდა მიგვიითებდეს, თუმცა ქვის იარაღთა დაწვრილებითი შესწავლა შესაძლებელს ხდის უფრო ადრეც იქნეს ნაპოვნი რაიმე ხელშესახები მასალა ამა თუ იმ ეთნოსის უძველესი ფორმირების პროცესის შესახებ [1].

საქართველოსა და საერთოდ კავკასიის ტერიტორიაზე ადამიანის გამოჩენის დათარიღება ვერ ხერხდება, დღესდღეობით არ შეიძლება იმის თქმა, ეს რეგიონი ანთროპოგენეზის პროცესში მონაწილეობდა თუ იგი შემდგომში იქნა ათვისებული. ერთადერთი, რაც შეიძლება ითქვას ისაა, რომ ქვედა პალეოლითის ბოლო ეტაპზე მუსტიეში კავკასიაში წინა აზიიდან მოსახლეობის შემოღწევის ფაქტს აქვს ადგილი, როგორც ცნობილია, კაინოზოური ერის მეოთხეული ეტაპის დასასრულისათვის გამყინვარების პროცესი თანდათან ნელდება, ყინული უკან იხევის და ევრაზიის გამოთავისუფლებულ სივრცეებს თანდათან დას. და სამხრ. რეგიონებიდან მოსული ადამიანი იკავებს. ასე რომ, კავკასიაში სამხრ. ტერიტორიებიდან მოსახლეობის შემოღწევა სავსებით ბუნებრივ მოვლენად უნდა იქნეს მიჩნეული.

ჩვენ ამჟამად არ შეგვიძლია ვთქვათ, თუ რა იწვევდა განსხვავებებს დას. და აღმ. კავკასიის ძეგლთა ინვენტარს შორის, მაგრამ თუ ეპოქის არქაულობას გავითვალისწინებთ, ეს უფრო ბუნებრივი პირობების განსხვავებით უნდა აიხსნას. ასეა თუ ისე, ზედა პალეოლითში კავკასიაში ერთიანი კულტურაა გავრცელებული, რომელიც ორგანულად უკავშირდება ჩრდ. მესოპოტამიის რეგიონს და მასთან ერთად უპირისპირდება წინა აზიის მეორე, ლევანტურ ტიპს [2].



მეზოლითის ხანაში კავკასიის ტერიტორიაზე სახეზეა სამი, ერთმანეთს ახლომდგომი არქეოლოგიური კულტურა, ესენია ჩრდ.-აღმ. კავკასიის (ჩოხი, ბეიუქ-დაში). ჩრდ.-დას. კავკასიისა (გუბი) და ამიერკავკასიის კულტურები. ამჟამად არ არსებობს აზრთა ერთიანობა კულტურათა მიერ დაკავებული ტერიტორიის თაობაზე, პრობლემა უმთავრესად აფხაზეთის რეგიონის კუთვნილების საკითხს ეხება, ზოგი მკვლევარი მას ამიერკავკასიური კულტურის ნაწილად მიიჩნევს, მეორენი კი აქ ამიერკავკასიურთან ერთად ჩრდ.-დას. კავკასიური გავლენის კვალსაც ხედავენ, ასეა თუ ისე, კავკასიური კულტურები იმდენად ახლოს დგანან ერთმანეთთან, რომ იქმნება აზრი ამ კულტურათა იბერიულ-კავკასიური ენათა ოჯახის სამი განშტოებისადმი მიკუთვნების შესახებ [3].

ჩვენ აზრით, ასეთი დასკვნების გაკეთება ჯერ ნაადრევი უნდა იყოს, ერთი მხრივ, ჯერაც არაა საბოლოოდ დადგენილი იბერიულ-კავკასიური ერთობის არსებობის ფაქტი, მეორე არ არის ცნობილი, როდის დაიშალა ეს ენათა ერთობა, თუ კი ის მართლაც არსებობდა და რამდენად ემთხვევა ეს კავკასიის მეზოლითურ კულტურების ფორმირების ხანას და მესამე — აღნიშნულ კულტურებს შორის არსებული სოციალ-ეკონომიური განვითარების სხვადასხვა დონე, კერძოდ სუსტად განვითარებული ბეიუქ-დაშისა და საკმაოდ მჭიდროდ დასახლებული დას.საქართველოს კულტურათა განსხვავება ზემოთ მოყვანილი მოსაზრების სასარგებლოდ არ უნდა მეტყველებდეს. ამავე დროს არც ისაა გამორიცხული, რომ იბერიულ-კავკასიური ერთობის კუთვნილად ამიერკავკასიის მეზოლითური კულტურის სამი ლოკალური ვარიანტი (ქვემო ქართლის, იმერეთ-რაჭისა და აფხაზეთ-ჯიქეთის რეგიონები) იქნეს მიჩნეული, თუმცა კიდევ ერთხელ უნდა ითქვას, რომ არქეოლოგიური მონაცემების მიხედვით მეტად ძნელდება იბერიულ-კავკასიური ოჯახის, მისი კლასიკური ფორმით, არსებობა ვივარაუდოთ.

ნეოლითის ხანაში საქართველო და საერთოდ კავკასია ორ ძირითად ნაწილად შეიძლება დაიყოს, პირველს დას. ამიერკავკასიური ნეოლითური, განვითარების მაღალ დონეზე მდგომი კულტურა წარმოადგენს, მეორეს კი — პირველთან შედარებით უფრო ჩამორჩენილი ტერიტორია როგორც ამიერ, ისე იმერ კავკასიაში, სადაც ჯერ კიდევ მიმოვისებულური მეურნეობის პერიოდი ბატონობს. რაც შეეხება აღმ. საქართველოს, მის ტერიტორიაზე ნეოლითი თითქმის არ ჩანს, ხოლო ეპიპალეოლითი ძრიალეთის ნახევრად მღვიმური სადგომებითაა წარმოდგენილი [4]. ჩვენ ვიზიარებთ იმ მკვლევართა მოსაზრებას, რომლებიც თვლიან, რომ ამ ეპოქაში, აღნიშნულ ტერიტორიაზე საზოგადოებრივი პროგრესის ხელშემწყობი ბუნებრივი პირობები არ არსებობდა და მისი ათვისება მხოლოდ ნეოლითის დასასრულსა და ენეოლითის ადრეულ ეტაპზე ხდებოდა. ამასვე უჭერს მხარს ის გარემოებაც, რომ მიუხედავად მოსახლეობის საკმაოდ მაღალი სიმჭიდროვისა, დას. ამიერკავკასიური ნეოლითი ვერ სცილდება შიდა ქართლის მთიანი ზონის საზღვარს და არ ჩანს აღმ. საქართველოს ბარის რეგიონებში [5].

დას. საქართველოს ნეოლითი (ძვ. წთ. VIII—VI ათ.) ამიერკავკასიური მეზოლითური კულტურის ბაზაზეა აღმოცენებული, კერძოდ, მას საფუძვლად უნდა დასდებოდა დას. ქართული მეზოლითური ტრადიციები, ამავე დროს არაა გამორიცხული, რომ ამ პროცესში მონაწილეობა აღმ. საქართველოს, ე. წ. ქვემო ქართლის მეზოლითურ ლოკალური ვარიანტის მოსახლეობასაც მიეღო.

აღნიშნულ კულტურაში, უპირველეს ყოვლისა, ჩვენს ყურადღებას დას. ამიერკავკასიის მთიან და მდინარეთა შორის რაიონებში გამოვლენილი ე. წ. პალურის, მთის ნეოლითური ტიპის ძეგლები იბეჭობენ. დღეისათვის არ არის ნათელი, თუ რას წარმოადგენდა ეს კულტურა, იგი ცალკე ლოკალური ვარიან-

ტის არსებობის მაჩვენებელია, თუ საერთოდ დამოუკიდებელ კულტურას ქმნის. მკვლევართა ნაწილი არ გამოირჩეხავს, რომ ეს ჯგუფი უბრალოდ მესაქონლეობის განვითარების შედეგად წარმოშობილ, მთიელი მწყემსების სახამართო სადგომებს წარმოადგენდა. თვით ამ ტიპის ძეგლთა არქაულობა და მეზოლითური ტრადიციების ძლიერი გავლენა საშუალებას იძლევა ისინი მეზოლითიდან ნეოლითზე გარდამავალი ეტაპის სამოსახლოებად მივიჩნიოთ, მით უმეტეს, რომ მთის ნეოლითის ძეგლთა გავრცელების ზონა ძირითადად ფარავს ამიერკავკასიური მეზოლითის სამოსახლოების კონცენტრაციის რაიონს [6].

შემდგომ, ადრენეოლითურ ეტაპად აფხაზეთ-სამეგრელოს ზოლისწინა ზოლის ძეგლები უნდა იქნეს მიჩნეული, სადაც უკვე ჩანს ადრეული კერამიკა წნევითი რეტუშით, ამავე პერიოდს უნდა მიეკუთვნებოდეს სამხ.-დას. საქართველოს ძეგლებიც (ჩოლოჭი, ანასეული 1, ქობულეთი, ხუცუბანი, კვირიცი), რადგან აქაც ძლიერია მეზოლითური ტრადიციები. ამასთან არ ჩანს განვითარებული ნეოლითისათვის დამახასიათებელი მოხატული კერამიკის ნიშნები [7, 8]:

გვიანნეოლითურ ხანაში დას. საქართველოს ტერიტორია უკვე საკმაოდ ათვისებული. მოსახლეობა ჩანს ტუაფსეს ზონიდან მოყოლებული მთელ სანაპირო ზოლში და მიმდებარე ტერიტორიაზე (ქვედა შილოვჯა, კისტრიკი, ოდიში, ურთა, გურიანთა, ანასეული II, მახვილაური და სხვ.). მკვლევართა ნაწილი ამ ეტაპს მიაკუთვნებს ცოტა უფრო მოგვიანო, თეთრამიწისა და საგვარჯილეს სამოსახლოებასაც, რომლებიც დას. საქართველოს ნეოლითურ კულტურას ენეოლითის ხანასთან ავაგშირებენ.

ამრიგად, შეიძლება დაბეჯითებით ითქვას, რომ ნეოლითის მთელ მანძილზე მიმდინარეობს მოსახლეობის მთიანი რაიონებიდან ბარსაკენ თანდათანობითი დაშვების პროცესი, რაც, საფიქრებელია, ბუნებრივი პირობების ცვლით იყო განპირობებული.

გვიანნეოლითში დას. ქართულ კულტურაში უკვე ჩანს, სულ მცირე, ორი ლოკალური ჯგუფი, პირველი გურია-სამეგრელოს ტერიტორიას მოიცავს, მეორე კი აფხაზეთსა და ჯიქეთს, სამხრ. ჯგუფში გავრცელებულ ძეგლებში ჩანს მოხატული ორნამენტირებული კერამიკა, ხოლო ჩრდ. რეგიონის მასალა თავისი უხეში ფორმებითა და ორნამენტთა არარსებობით უფრო ჩრდ. კავკასიურ და აღმ. ევროპის სამხრ. რეგიონების სინქრონული კულტურების კერამიკას უახლოვდება.

დას. საქართველოს ნეოლითური კულტურის ლოკალურ ვარიანტებში შეიძლება სხვადასხვა ეთნიკურ ელემენტთა არსებობის კვალი დაინახოთ. ამავე დროს უორნამენტო კერამიკის კვალი აღმოჩენილია გურია-სამეგრელოს რეგიონშიც, ხოლო მის გვერდით არსებულ მოხატულ კერამიკას ამკარად სამხრეთელი, წინააზიური წარმოშობის დალი აზის, რაც დას. საქართველოს ნეოლითის ნატუფისა და სხვ. უძველეს კულტურებთან აახლოებს [9, 2].

ამ დროისათვის, გვიანნეოლითურ ხანაში, მცირე აზიაში დიდი ძვრები ხდება, ჩათალ-ჰუიუქისა და ალიშარის სამოსახლოებაზე მოსახლეობის ცვლას აქვს ადგილი, შესაძლოა უცნობი ხალხების დარტყმის შედეგად შევიწროებული ჩათალ-ჰუიუქის კულტურის მატარებელი მოსახლეობა თავს მეზობელ რეგიონებს, და მათ შორის კავკასიასაც აფარებს. ჩვენ არ შეგვიძლია დარწმუნებით ვთქვათ, სამხრ. გავლენა დას. საქართველოს ნეოლითსა და თუ აღმ. საქართველოს ენეოლითში ეთნიკური მასების შემოსვლის შედეგია თუ უბრალოდ კულტურული ურთიერთობისა, მაგრამ თვით ამ გავლენის არსებობა ეჭვს არ უნდა იწვევდეს.

დას. ამიერკავკასიურ ნეოლითს, განსაკუთრებით მის ჩრდ. ვარიანტს, უმკიდროესი კავშირი გააჩნია ჩრდ.-დას. კავკასიასთან, რასაც ვერ ვიტყვივით ჩრდ.-



აღმ. კავკასიის (დაღესტანი) შესახებ, სადაც ოცზე მეტი ნეოლითური ძეგლია აღმოჩენილი. დას. საქართველოსთან არც ერთი არ ამჟღავნებს მსგავსებას, მაშინ როცა ჩრდ. დას. კავკასიის ძეგლები (კამენომოსტსკაიას შუაფენა, ოჩჩეკა, სოსრუკო, შავი მღვიმე ფიაგდონის ხეობაში და სხვ.) დას. საქართველოს ადრენეოლითური ეტაპის ძეგლებთან, კერძოდ პალუსთან ავლენენ დიდ სიახლოვეს.

ყოველივე ზემოთქმულთან დაკავშირებით ყურადღებას იპყრობს დას. კავკასიის ნეოლითური კულტურის მატარებელ ტომთა ეთნიკური ენობის პრობლემა. ო. ჯაფარიძეს დას. კავკასიური ნეოლითი საერთო კავკასიური ეთნიკური ერთობის კუთვნილებად მიაჩნია და გვიანნეოლითიდან ვარაუდობს ამ ერთობის დაშლის დასაწყისს, რამაც დას. კავკასიური კულტურის იმ ლოკალური ვარიანტების წარმოქმნაში პპოვა გამოხატულება, რომლებიც მოგვიანებით, ენეოლითის ხანაში ჩნდებიან კოლხეთისა და რიონ-ყვირილის ზონებში. რიონ-ყვირილის აუზსა და შომუთეთფე-შულავერის კულტურის გავრცელების ჩრდ. რეგიონში არსებული ძეგლების მებატრონეებად მკვლევარი ქართველურ მასივს თვლის, ხოლო კოლხეთის დაბლობზე არსებული კულტურა კი აფხაზურ-ადიღური ტომების კუთვნილებად მიაჩნია [5].

გ. მეღვიშვილი არ იზიარებს ო. ჯაფარიძის მოსაზრებას საერთო ქართველური ელემენტის ტომთა დაახლოების გზით ჩამოყალიბების შესახებ და თვლის, რომ საერთო ქართველური უფრო დიდი ენობრივი ერთობის დაშლის შედეგად ჩამოყალიბდა [10].

როგორც ვხედავთ, საერთოკავკასიურ ერთობას ზოგი მკვლევარი ზედა პალეოლითის კავკასიურ კულტურაში, ზოგი — კავკასიურ მეზოლითში, ზოგიც — დას. ქართულ ნეოლითში ათავსებს, ჩვენი აზრით, ასეთი ერთობა, თუკი ის მართლაც არსებობდა, ვერც პალეოლითში მოათავსდება და ვერც ნეოლითში, პირველ შემთხვევაში კავკასიური ენების მეტისმეტად ადრეული, ხოლო მეორე შემთხვევაში — მეტისმეტად გვიანი დაშლის პრობლემის წინაშე აღმოვჩნდებით, ამიტომ სავარაუდოა, რომ ასეთი ერთობის ხანა მეზოლითის ეპოქას მიეკუთვნოთ, თუმცა ეს, თავის მხრივ, წარმოშობს ახალ პრობლემებს, კერძოდ, გასარკვევია თუ რომელი კულტურები შეესაბამებიან კავკასიური ენების სამ ძირითად ჯგუფს, კავკასიის მეზოლითის სამი კულტურული წრე, თუ ამიერკავკასიაში არსებული უნი ლოკალური ვარიანტი. საქმეს აქ ლინგვისტური მასალების მოშველიებამ უნდა უშველოს, ერთი რამ კი ცხადია, კავკასიურ ოჯახს კლასიკური ფორმით არ უნდა ეარსება, კერძოდ, ქართველური და აფხაზურ-ადიღური მასივები ბევრად უფრო მჭიდრო კონტაქტში იმყოფებოდნენ ერთმანეთთან, ვიდრე ნახურ-დაღესტნური, რომელიც ფაქტიურად მეზობელი, კერძოდ, სამხრეთული კულტურების ძლიერი გავლენის ქვეშ ექცევა მოგვიანო, ენეოლითურ ეტაპზე.

საბოლოოდ შეიძლება ითქვას შემდეგი: მეზოლითური კულტურის მეშვეობით, დას. კავკასიური ნეოლითური კულტურის გავრცელების ტერიტორიაზე განსახლებულნი უნდა ყოფილიყვნენ ქართველური და აფხაზურ-ადიღური ტომები. ნეოლითის ხანაში ხდება მოსახლეობის სწრაფი შატება, მათი ჩამოსვლა მთიანი რაიონებიდან, სადაც ისინი მეზოლითისა და ადრენეოლითის ხანაში იყვნენ დასახლებულნი, და ფართო განსახლება დაბლობ და მეზობელ რეგიონებში. ამ დროს უნდა დაეკავებინათ ქართველურ ტომებს კოლხეთის დაბლობი, ხოლო აფხაზურ-ადიღური მასივი ამავე ეპოქაში უნდა განსახლებულიყო ჩრდ.-დას. კავკასიის საქმაოდ ფართო ტერიტორიაზე. ქართველური და აფხაზურ-ადიღური ენების მატარებელთა დამორიშორებაში მნიშვნელოვანი როლი უნდა ეთამაშა როგორც სამხრეთულ, მცირე აზიურ ნაკადს, რომელმაც ქართველურ ტომებზე მოახდინა გავლენა, ისე ჩრდ.-დას. კავკასიის მოსახ-

ღობასაც, რომელიც შევიდა აფხაზურ-ადიღეური ტომების შემადგენლობაში, ჩვენი აზრით, სწორედ ამით უნდა აიხსნას გვიანნეოლითურ ხანაში დას. საქართველოს ტერიტორიაზე წარმოშობილი ლოკალური ვარიანტების გაჩენის ფაქტიც.

ფ. ჯავახიშვილის სახელმწიფო  
თბილისის უნივერსიტეტი  
საქართველოს ისტორიის კათედრა

(შემოვიდა 19.5.1992)

ИСТОРИЯ

Д. Г. ЛОСАБЕРИДЗЕ

ПРОБЛЕМА РАССЕЛЕНИЯ ПЛЕМЕН, ЖИВШИХ НА  
ТЕРРИТОРИИ ГРУЗИИ В КАМЕННОМ ВЕКЕ

Резюме

В статье на основании археологических данных рассматривается ситуация, сложившаяся на Кавказе с конца мезолита до конца неолита. Высказано предположение, что культура неолита Западной Грузии является собственной для картвельских и, возможно, абхазско-адыгейских племен и в последующие эпохи именно отсюда начинается расселение в направлении соседних регионов (Северо-Западный Кавказ, Центральное Закавказье, Юго-Восточное Причерноморье).

HISTORY

D. LOSABERIDZE

THE PROBLEM OF SETTLING THE TRIBES INHABITTING  
GEORGIAN TERRITORY DURING STONE AGE

Summary

Basing on archaeological data the paper considers the situation that had existed in the Caucasus Since the end of Mesolith till the end of Neolith, and suggests that neolithic culture of Western Georgia seems to be aboriginal to Kartvelian and perhaps to Abkhazian-Adyghian tribes, and this area is the precise spot from where settling towards neighbouring regions (North-Western Caucasus, Central Transcaucasia, South-Eastern Black Sea coast) starts during subsequent epochs.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. А. Формозов. СА, 4, 1957.
2. თ. ჯავახიშვილი. ქართველ ტომთა ეთნიკური ისტორიის საკითხისათვის, არქეოლოგიური მონაცემების მიხედვით, თბილისი, 1976.
3. О. Д. Лордкипанидзе. Население древней Грузии, Тбилиси, 1989.
4. Б. А. Куфтин. Археологические раскопки в Триалети, I. Опыт периодизации памятников, Тбилиси, 1941.
5. О. М. Джапаридзе. На заре этнокультурной истории Кавказа. Тбилиси, 1989.

6. გ. გრიგოლია. ცენტრალური კოლხეთის ნეოლითი-პალეოლითი, თბილისი, 1971.
7. ს. გოგიტიძე. სამხრეთ-აღმოსავლეთ შავიზღვისპირეთის ნეოლითური კულტურა, თბილისი, 1977.
8. ვ. კალანდიაძე. დასავლეთ საქართველოს ნეოლითური კულტურა ახალი არქეოლოგიური აღმოჩენების შუქზე, თბილისი, 1986.
9. ლ. ნეზიერიძე. დასავლეთ ამიერკავკასიის ნეოლითი, თბილისი, 1972.
10. გ. მელიქიშვილი. ძბბ. II, თბილისი, 1962.

## ა მ ტ ო რ ტ ი ა ს ა ქ უ რ ა ლ ე მ ბ ო ლ

1. ჟურნალ „საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მოამბეში“ ქვეყნდება აკადემიკოსთა და წევრ-კორესპონდენტთა, აკადემიის სისტემაში მომუშავე და სხვა მეცნიერთა მოკლე წერილები, რომლებიც შეიცავს ახალ მნიშვნელოვან გამოკვლევათა ჯერ გამოუქვეყნებელ შედეგებს. წერილები ქვეყნდება მხოლოდ იმ სამეცნიერო დარგებიდან, რომელთა ნომენკლატურული სია დამტკიცებულია აკადემიის პრეზიდიუმის მიერ.

2. „მოამბეში“ არ შეიძლება გამოქვეყნდეს პოლემიკური წერილი, აგრეთვე მიმოხილვითი ან აღწერითი ხასიათის წერილი ცხველთა, მცენარეთა ან სხვათა სისტემატიკაზე, თუ მასში მოცემული არაა მეცნიერებისათვის განსაკუთრებით საინტერესო შედეგები.

3. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსთა და წევრ-კორესპონდენტთა წერილები უშუალოდ გადაეცემა გამოსაქვეყნებლად „მოამბის“ რედაქციას, ხოლო სხვა ავტორთა წერილები ქვეყნდება აკადემიკოსთა ან წევრ-კორესპონდენტთა წარდგინებით. როგორც წესი, აკადემიკოსს ან წევრ-კორესპონდენტს „მოამბეში“ დასაბეჭდად წელიწადში შეუძლია წარმოადგინოს სხვა ავტორთა არა უმეტეს 12 წერილისა (მხოლოდ თავისი სპეციალობის მიხედვით), ე. ი. თითოეულ ნომერში თითო წერილი. საკუთარი წერილი — რამდენიც სურს, ხოლო თანაავტორებთან ერთად — არა უმეტეს სამი წერილისა. გამონაკის შემთხვევაში როცა აკადემიკოსი ან წევრ-კორესპონდენტი მოითხოვს 12-ზე მეტი წერილის წარდგენას, საკითხს წყვეტს მთავარი რედაქტორი. წარდგინების გარეშე შემოსულ წერილს „მოამბის“ რედაქცია წარმოსადგენად ვალდებულია აკადემიკოსს ან წევრ-კორესპონდენტს, ერთსა და იმავე ავტორს (გარდა აკადემიკოსისა და წევრ-კორესპონდენტისა) წელიწადში შეუძლია „მოამბეში“ გამოაქვეყნოს არა უმეტეს სამი წერილისა (სულ ერთთა, თანაავტორებთან იქნება იგი, თუ ცალკე).

4. წერილს აუცილებლად უნდა ახლდეს ჟურნალ „მოამბის“ რედაქციის სახელზე იმ სამეცნიერო დაწესებულებების მომართვა, სადაც შესრულებულია ავტორის სამუშაო.

5. წერილი წარმოდგენილი უნდა იყოს ორ ცალად, დასაბეჭდად საეცემით მზა სახით, ავტორის სურვილისამებრ ქართულ რუსულ ან ინგლისურ ენაზე. ქართულ ტექსტს თან უნდა ახლდეს რუსული და მოკლე ინგლისური რეზიუმე, რუსულ ტექსტს — ქართული და მოკლე ინგლისური რეზიუმე. ხოლო ინგლისურ ტექსტს — ქართული და მოკლე რუსული რეზიუმე. წერილის ძოკვლბა ილუსტრაციებითურთ, რეზიუმეებითა და დამოწმებული ლიტერატურის ხუსხითურთ, რომელიც მას ბოლოში ერთვის, არ უნდა აღემატებოდეს ჟურნალის 8 გვერდს (16 000 სასტამბო ნიშანი), ანუ საწერ მანქანაზე ორი ინტერვალით გადაწერილ 12 სტანდარტულ გვერდს (ფორმულებიანი წერილი კი 11 გვერდს) არ შეიძლება წერილებს ნაწილებად დაყოფა სხვადასხვა ნომერში გამოსაქვეყნებლად. ავტორისგან რედაქციაღებულობს თვეში მხოლოდ ერთ წერილს.

6. აკადემიკოსთა ან აკადემიის წევრ-კორესპონდენტთა წარდგინება რედაქციის სახელზე დაწერილი უნდა იყოს ცალკე ფურცელზე წარდგინების თარიღის აღნიშვნით. მასში აუცილებლად უნდა აღინიშნოს, თუ რა არის ახალი წერილში, რა მეცნიერული ღირებულება აქვს მას და რამდენად უპასუხებს ამ წერილს 1 მუხლის მოთხოვნას.

7. წერილი არ უნდა იყოს გადატვირთული შესავლით, მიმოხილვით, ცხრილებით, ილუსტრაციებითა და დამოწმებული ლიტერატურით. მასში მთავარი ადგილი უნდა ჰქონდეს დამომბილი საკუთარი გამოკვლევის შედეგებს. თუ წერილში გზადაგზა, ქვეთაებებს მიხედვით გადმოცემულია დასკვნები, მასში საჭირო არაა მათი გამოვრება წერილის ბოლოს.

8. წერილი ასე ფორმდება: თავში ზემოთ უნდა დაიწყოწერილი ავტორის ინიციალები და გვარი, ქვემოთ — წერილის სათაური. სათაურის ქვემოთ წარმოდგენის ინიციალები, გვარი და წარმოდგენის თარიღი არაბული ციფრებით. ზემოთ მარჯვენა მხარეს, წარმოდგენმა უნდა წააწეროს, თუ მეცნიერების რომელ დარგს განეკუთვნება წერილი. წერილის ძირითადი ტექსტის ბოლოს, მარცხენა მხარეს, ავტორმა უნდა აღნიშნოს იმ დაწესებულების სრული სახელწოდება და ადგილმდებარეობა, სადაც შესრულებულია შრომა.

9. ილუსტრაციები და ნახაზები წარმოდგენილ უნდა იქნეს ორ ცალად კონიერტით. ამასთან, ნახაზები შესრულებული უნდა იყოს კალკაზე შავი ტუშით. წარწერები ნახაზებს უნდა გაუკეთდეს კალიგრაფიულად და ისეთი ზომისა, რომ შემცირების შემთხვევაშიც კარგად იკითხებოდეს. ილუსტრაციების ქვემო წარწერების ტექსტი წერილის ძირითადი ტექს-



ტის ენაზე წარმოდგენილ უნდა იქნეს ცალკე ფურცელზე. არ შეიძლება ფოტოების დასახლების დაწებება დედნის გვერდებზე. ავტორმა დედნის კიდზე ფანქრით უნდა აღნიშნოს ადგილას მოთავსდეს ესა თუ ის ილუსტრაცია. არ შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს ისეთი ცხრილი, რომელიც ყურნალის ერთ გვერდზე ვერ მოთავსდება. ფორმულები შევსებით მკაფიოდ უნდა იყოს ჩაწერილი ტექსტის ორივე ეგზემპლარში, ბერძნულ ასოებს ქვემოთ ყველგან უნდა გავსდეს თითო ხაზი წითელი ფანქრით, მთავრულ ასოებს — ქვემოთ ორ-ორი პატარა ხაზი შავი ფანქრით, ხოლო არამთავრულ ასოებს — ზემოთ ორ-ორი პატარა ხაზი შავი ფანქრით. ფანქრითვე უნდა შემოიფარგლოს ნახევარწრით ნიშნავებიც (ინდექსები და ხარისხის მაჩვენებლები). რეზიუმეები წარმოდგენილ უნდა იქნეს ცალ-ცალკე ფურცლებზე. წერილში არ უნდა იყოს ჩასწორებები და ჩამატებები ფანქრით ან მელნით.

10. დამოწმებული ლიტერატურა უნდა დაიბეჭდოს ცალკე ფურცელზე. საჭიროა დაეკუთვნოს ასეთი თანმიმდევრობა: ავტორის ინიციალები, გვარი. თუ დამოწმებულია საყურნალო შრომა, ვუჩვენოთ ყურნალის შემოკლებული სახელწოდება, ტომი, ნომერი, გამოცემის წელი. თუ დამოწმებულია წიგნი, აუცილებელია ვუჩვენოთ მისი სრული სახელწოდება, გამოცემის ადგილი და წელი. თუ ავტორი საჭიროდ მიჩნევის, ბოლოს შეუძლია გვერდების ნუმერაციაც უჩვენოს. დამოწმებული ლიტერატურის მისათიებლად ტექსტსა თუ შენიშვნებში კვადრატულ ფრჩხილებში ნაჩვენები უნდა იყოს შესაბამისი ნომერი დამოწმებული შრომისა. არ შეიძლება დამოწმებული ლიტერატურის ნუსხაში შევიტანოთ ისეთი შრომა, რომელიც ტექსტში მითითებული არ არის. ასევე არ შეიძლება გამოუქვეყნებელი შრომის დამოწმება. დამოწმებული ლიტერატურის ბოლოს ავტორმა უნდა მოაწეროს ხელი, აღნიშნოს სად მუშაობს და რა თანამდებობაზე, უჩვენოს თავისი ზუსტი მისამართი და ტელეფონის ნომერი.

11. „შოამეში“ გამოქვეყნებული ყველა წერილის მოკლე შინაარსი იბეჭდება რეფერატულ ყურნალში. ამიტომ ავტორმა წერილთან ერთად აუცილებლად უნდა წარმოადგინოს მისი რეფერატი რუსულ ენაზე (ორ ცალად).

12. ავტორს წასაკითხად ეძლევა თავისი წერილის გვერდებად შეკრული კორექტურა მკაცრად განსაზღვრული ვადით (არაუმეტეს ორი დღისა). თუ დადგენილი ვადისათვის კორექტურა არ იქნა დაბრუნებული, რედაქციას უფლება აქვს შეაჩეროს წერილის დაბეჭდვა ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.

13. ავტორს უფასოდ ეძლევა თავისი წერილის 10 ამონაბეჭდი.

(დამტკიცებულია საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის პრეზიდიუმის მიერ 6.2.1969 შეტანილია ცვლილებები 10.2.1992)

რედაქციის მისამართი: თბილისი 60, კუტუხოვის ქ. № 19; ტელ. 37-22-16, 37-86-42, 37-85-61

საფოსტო ინდექსი 380060



## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

1. В журнале «Сообщения АН Грузии» публикуются статьи академиков, членов-корреспондентов, научных работников системы Академии и других ученых, содержащие еще не опубликованные новые значительные результаты исследований. Печатаются статьи лишь из тех областей науки, номенклатурный список которых утвержден Президиумом АН Грузии.

2. В «Сообщениях» не могут публиковаться полемические статьи, а также статьи обзорного или описательного характера по систематике животных, растений и т. п., если в них не представлены особенно интересные научные результаты.

3. Статьи академиков и членов-корреспондентов АН Грузии принимаются непосредственно в редакции «Сообщений», статьи же других авторов представляются академиком или членом-корреспондентом АН Грузии. Как правило, академик или член-корреспондент может представить для опубликования в «Сообщениях» не более 12 статей разных авторов (только по своей специальности) в течение года, т. е. по одной статье в каждый номер, собственные статьи—без ограничения, а с соавторами—не более трех. В исключительных случаях, когда академик или член-корреспондент требует представления более 12 статей, вопрос решает главный редактор. Статьи, поступившие без представления, передаются редакцией академику или члену-корреспонденту для представления. Один и тот же автор (за исключением академиков и членов-корреспондентов) может опубликовать в «Сообщениях» не более трех статей (независимо от того, с соавторами она или нет) в течение года.

4. Статья обязательно должна иметь направление из научного учреждения, где проведена работа автора, на имя редакции «Сообщений АН Грузии».

5. Статья должна быть представлена автором в двух экземплярах, в готовом для печати виде, на грузинском, на русском или на английском языке, по желанию автора. К грузинскому тексту должны быть приложены русское и краткое английское резюме, к русскому тексту—грузинское и краткое английское резюме, а к английскому тексту—грузинское и краткое русское резюме. Объем статьи, включая иллюстрации, резюме и список цитированной литературы, приводимый в конце статьи, не должен превышать 8 страниц журнала (16 000 типографских знаков), или двенадцати стандартных страниц машинописного текста, отпечатанного через два интервала (статья же с формулами—одиннадцать страниц). Представленные статьи по частям (для опубликования в разных номерах) не допускаются. Редакция принимает от автора в месяц только одну статью.

6. Представление академика или члена-корреспондента на имя редакции должно быть написано на отдельном листе с указанием даты представления. В нем необходимо указать: новое, что содержится в статье, научную ценность результатов, насколько статья отвечает требованиям пункта 1 настоящего положения.

7. Статья не должна быть перегружена введением, обзором, таблицами, иллюстрациями и цитированной литературой. Основное место в ней должно быть отведено результатам собственных исследований. Если по ходу изложения в статье сформулированы выводы, не следует повторять их в конце статьи.

8. Статья оформляется следующим образом: сверху страницы в середине пишутся инициалы и фамилия автора, затем—название статьи, а под названием—инициалы и фамилия представляющего статью и дата представления арабскими цифрами. Справа сверху представляющий статью указывает, к какой области науки относится она. В конце основного текста статьи с левой стороны автор указывает полное название и местонахождение учреждения, где выполнена данная работа.

9. Иллюстрации и чертежи должны быть представлены в двух экземплярах в конверте; чертежи должны быть выполнены черной тушью на кальке. Надписи на чертежах должны быть исполнены каллиграфически в таких размерах, чтобы даже в случае уменьшения они оставались отчетливыми. Подписные подписи, сделанные на языке основного текста, должны быть представлены на отдельном листе. Не следует приклеивать фото и чертежи к листам оригинала. На полях ори-



иннала автор отмечает карандашом, в каком месте должна быть помещена та или иная иллюстрация. Не должны представляться таблицы, которые не могут поместиться на одной странице журнала. Формулы должны быть четко вписаны чернилами в оба экземпляра текста; под греческими буквами проводится одна черта красным карандашом, под прописными — две черты черным карандашом снизу, над строчными — также две черты черным карандашом сверху. Карандашом должны быть обведены полукругом индексы и показатели степени. Резюме представляются на отдельных листах. В статье не должно быть исправлений и дополнений карандашом или чернилами.

10. Список цитированной литературы должен быть отпечатан на отдельном листе в следующем порядке. Вначале пишутся инициалы, а затем — фамилии автора. Если цитирована журнальная работа, указываются сокращенное название журнала, том, номер, год издания. Если автор считает необходимым, он может в конце указать и соответствующие страницы. Список цитированной литературы приводится не по алфавиту, а в порядке цитирования в статье. При ссылке на литературу в тексте или в сноске номер цитируемой работы помещается в квадратные скобки. Не допускается вносить в список цитированной литературы работы, не упомянутые в тексте. Не допускается также цитирование неопубликованных работ. В конце статьи, после списка цитированной литературы, автор должен подписаться и указать место работы, занимаемую должность, точный домашний адрес и номер телефона.

11. Краткое содержание всех опубликованных в «Сообщениях» статей печатается в реферативных журналах. Поэтому автор обязан представить вместе со статьей ее реферат на русском языке (в двух экземплярах).

12. Автору направляется корректура статьи в сверстанном виде на строго ограниченный срок (не более двух дней). В случае невозвращения корректуры к сроку редакция вправе приостановить печатание статьи или печатать ее без визы автора.

13. Автору выдается бесплатно 10 оттисков статьи.

(Утверждено Президиумом Академии наук Грузии  
6.2.1969; внесены изменения 10.2.1992)

Адрес редакции: Тбилиси 60, ул. Кутузова, 19, телефоны: 37-22-16, 37-86-42,  
37-85-61

Почтовый индекс 380060

б 154/64



№ 01 205. 90 608.  
ЦЕНА 1 РУБ. 90 КОП.

ИНДЕКС 76181