

524  
1973



საქართველოს სსრ  
მეცნიერებათა აკადემიის

**მოაზება**

**СООБЩЕНИЯ**

АКАДЕМИИ НАУК  
ГРУЗИНСКОЙ ССР

**BULLETIN**

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE GEORGIAN SSR

ტომი 70 ტომ

№ 3

ივნისი 1973 იЮНЬ

თბილისი \* ТБИЛИСИ \* TBILISI





საქართველოს სსრ  
მეცნიერებათა აკადემიის

გზაგზა

СООБЩЕНИЯ

АКАДЕМИИ НАУК  
ГРУЗИНСКОЙ ССР

BULLETIN

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE GEORGIAN SSR

12.176

ტომი 70 TOM

№ 3

ივნისი 1973 ИЮНЬ

თბილისი \* TBILISI \* TBILISI

კ. შარტავის სსრ. ს. ქ. სსრ  
სახელმწიფო რ. სსრ  
განმარტავს



ს ა რ ე დ ა კ ტ ო რ კ ო ლ ე გ ი ა

- ა. ბოჭორიშვილი, პ. გამყრელიძე, დ. გედევანიშვილი, ი. გიგინეიშვილი (მთ. რედაქტორის  
მოადგილე), თ. დავითაია, რ. დვალი, ს. ღურმიშიძე, ი. ვეკუა, ნ. კეცხოველი,  
ვ. კუპრაძე, ნ. ლანდია (მთ. რედაქტორის მოადგილე), ვ. მახალდანი,  
გ. მელიქიშვილი, ნ. მუსხელიშვილი, მ. საბაშვილი, გ. ციციშვილი,  
გ. წერეთელი, ე. ხარაძე (მთავარი რედაქტორი), ა. ჯანელიძე

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

- А. Т. Бочоришвили, И. Н. Векуа, П. Д. Гамкрелидзе, Д. М. Гедеванишвили,  
И. М. Гигинейшвили (зам. главного редактора), Ф. Ф. Давитая, Р. Р. Двали,  
А. И. Джanelидзе, С. В. Дурмишидзе, Н. Н. Кецохели, В. Д. Купрадзе,  
Н. А. Ландиа (зам. главного редактора), В. В. Махалдани,  
Г. А. Меликишвили, Н. И. Мухелишвили, М. Н. Сабашвили,  
Е. К. Харадзе (главный редактор), Г. В. Церетели,  
Г. В. Цицишвили

პასუხისმგებელი მდივანი გ. მახარაძე  
Ответственный секретарь Г. Е. Махарадзе

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 22.6.1973; შეკვ. № 1296; ანაწყოების ზომა 7×12;  
ქალაქის ზომა 70×108; ფიზიკური ფურცელი 16; სააღრიცხვო-საგამომცემლო  
ფურცელი 18,5; ნაბეჭდი ფურცელი 22,5; უე 01064; ტირაჟი 1800

\* \* \*

Подписано к печати 22.6.1973; зак. № 1296; размер набора 7×12; размер  
бумаги 70×108; физический лист 16; уч.-издательский лист 18,5; печатный  
лист 22,5; УЭ 01064; тираж 1800

\* \* \*

გამომცემლობა „მეცნიერება“, თბილისი, 380060, კუტუზოვის ქ., 19  
Издательство «Мецниереба», Тбилиси 380060, Кутузова, 19

\* \* \*

საქ. სსრ მეცნ. აკად. სტამბა, თბილისი, 380060, კუტუზოვის ქ., 19  
Типография АН Груз. ССР, Тбилиси, 380060, ул. Кутузова, 19



## შინაარსი

### მათემატიკა

- \*გ. სულხანიშვილი. სამარსკი—ნიკოლაევის მაღალი რიგის სიზუსტის სხვაობა—  
ნი სქემის ზუსტი ამოხსნის აგების შესახებ 532
- \*ტ. კალმენოვი. კოსმის სახასიათო ამოცანის შესახებ გადაგვარებული ჰიპერბო-  
ლური განტოლების ერთი კლასისათვის 536
- \*ა. ებრალიძე. ჰაარის ჯერადი მწკრივების ერთადერთობის შესახებ 539
- \*მ. თეთრუაშვილი. მაგნუსის ალგორითმის რეალიზაცია ტიურინგის მანქანაზე  
და გამოთვლების სირთულის ზედა შეფასება 544
- \*დ. შულაია. გადატანის მრავალსიჩქარიანი განტოლების ელემენტარულ ამოხს-  
ნათა მოძებნისათვის 548
- \*მ. კაკაბაძე. ერთი სინგულარული სასაზღვრო ამოცანის შესახებ ჩვეულებრივ  
დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემებისათვის 552

### მექანიკა

- \*ა. სეფიაშვილი. საზღვრებზე კომპლექსური დატვირთვის მქონე მექანიკის  
ტალღური სისტემების სასრულო თავისუფლების ხარისხიან სისტემებზე დაყ-  
ვანის შესახებ 556

### დრეკადობის თეორია

- \*გ. ჯაიანი. ერთი ამოცანა დრეკადი სოლისებური ფორმის სხეულისათვის 560

### კიბერნეტიკა

- \*ე. ბარაბანოვი, ი. ბოკუჩავა, ო. მაკარევიჩი, ვ. მიშლიაევი.  
რიცხობრივი ინტეგრირების და ქვანტირების მეთოდის ფორმულების შერჩევა  
ციფრული ინტეგრატორისათვის 564
- \*ზ. ქოჩლაძე, ვ. ჭავჭავანიძე (საქართველოს სსრ მეცნ. აკად. წევრ-კორეს-  
პონდენტი). სახეთა გამოცნობა ცნებათა ფორმირების საფუძველზე 567
- \*წ. მელიქაძე. მაკლასიფიცირებელი ავტომატის შესასვლელი გამოზომი სისტემის  
ობტიმიზაცია 571
- \*ი. ჭელიძე. ტვინის ქვანტური დუალობის ჰიპოთეზის გამოყენების ცდა პირობი-  
თი რეფლექსის ერთ-ერთ მარტივ მოდელზე 575

### ფიზიკა

- \*ნ. ზოსიმოვი, ი. კრილაშვილი, მ. მატინოვა, მ. მინჯია,  
თ. მხეიძე, რ. ჩიქოვანი.  $pGaAs-pAl_{x_1}Ga_{1-x_1}As-nAl_{x_2}Ga_{1-x_2}As(X_1=$   
 $=0,33\div 0,35; X_2=0,42\div 0,45)$  ჰეტეროსტრუქტურის ბაზაზე დამზადებული  
ელექტროლუმინესცენტური დიოდების მახასიათებლების ზოგიერთი თავისებურება 580
- \*ი. ბაუმბერგი, ლ. ბუიშვილი, დ. დარასელია, მ. ზვიადაძე,  
თ. სანაძე. 6H SiC-ში აზოტის მინარევის სპინ-მესერული რელაქსაცია 584

### ასტრონომია

- \*ნ. მისკინი. ვარსკლავთ სინათლის კოსმოსური შთანთქმის შესახებ კაპტინის  
21-ე არის მიდამოებში 586

\* ვარსკლავით აღნიშნული სათაური ეკუთვნის წერილის რეზიუმეს.





\*ვ. ივანოვი, შ. საბაშვილი. ნახევრად უსასრულო გარემოში სინათლის მრავალჯერადი გაბნევის ასიმპტოტური თეორიისათვის 591

გეოფიზიკა

\*გ. სულაქველიძე, ნ. ხიდაშელი. სხვადასხვა ორიენტაციის დახრილ ზედაპირებზე მოსული მზის რადიაცია 595

\*გ. ბერიშვილი. გეომაგნიტური ქარიშხლების 27-დღიანი განმეორებადობის შესახებ 600

\*გ. არაშვიდი, დ. ყვავაძე, ზ. ლიაძე, ზ. შარაძე. განცალკევებულ წერტილებში რადიოსიგნალების მიღების მეთოდით გაზომილი დრეიფის ინტერპრეტაცია 604

ანალიზური ქიმიის

\*ვ. ერისთავი, ვ. გოლუბევი, კ. ოლშანოვა, მ. მგალობლიშვილი. ანიონიტებზე ქრომის დალექვითი სორბციის კინეტიკის შესწავლა დინამური მეთოდით 608

\*ც. ლუღუშაური, ფ. ბროუჩეკი. ნიობიუმის ქრომატოგრაფიული დაცილება ტიტანის, ვოლფრამის, მოლიბდენისა და ვანადიუმისაგან ანიონიტ AB-16-ის ფტორ-ფორმაზე 612

ზოგადი და არაორგანული ქიმიის

\*გ. ცინცაძე, მ. მათიაშვილი, მ. უგულავა. ზოგიერთი მეტალის კოორდინაციული ნაერთები შარდოვანასთან 615

ორგანული ქიმიის

\*ი. ედილაშვილი, ლ. მელიქაძე (საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), კ. იოსელიანი. არომატული რიგის ნახშირწყალბადებით ფოტოსენსიბილიზებული ნაფტენური ნახშირწყალბადების ქანკვის რეაქციების შესწავლა 619

\*აკად. კ. ანდრიანოვა, ა. ნოლაიდელი, რ. ტყეშელაშვილი, გ. ნოლაიდელი, თ. ჩოგოვაძე, დიციკლოპენტენილმეთილისილანდიოლის კონდენსაცია პოლიფენილბუტოქსისილოქსანებთან 624

ფიზიკური ქიმიის

\*შ. საბელაშვილი, თ. ანდრონიკაშვილი, ს. უროტაძე. ცეზიუმ-შემცველი ცეოლითის გამოყენება ნახშირჟანგის ქრომატოგრაფიული განსაზღვრისათვის 626

ქიმიური ტექნოლოგიის

\*ვ. კორშაკი (სსრკ მეცნ. აკად. წევრ-კორ.), გ. პაპავა, ბ. მგელაძე, ი. გრიბოვა, ა. ჩუმაევსკაია, ნ. მაისურაძე. პოლიციკლური პოლიარიატების საფუძველზე მიღებული შემავსებლიანი მასალების გამოკვლევა 632

\*კ. ქუთათელიაძე (საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), რ. ვერულაშვილი, დ. თაქთაქიშვილი. I, II, III ჯგუფის ქანგეულების დანამატა გავლენა  $SiO_2-CaO$  სისტემის მინების კრისტალიზაციის უნარზე 636

ფარმაცოქიმიის

\*ტ. კუსტოვა, პ. იავიჩი, ი. მურავიოვი, პ. ბერიძე. მცენარე ეფედრას გასუფთავებული სამრეწველო ექსტრაქტის ალკალიდების სორბციის შესწავლა 639

გეოლოგიის

\*გ. ჩიჩუა, ლ. თათარიშვილი, გ. ხატისკაცი, ვ. ხახანაშვილი. ალაზნის დერესისა და ცივ-გომბორის ქედის დასავლეთი ნაწილის გეოლოგიური აგებულების შესახებ 644



პატროლოგია

\*ს. სარქიანი. მცირე კავასიონის შუა ეოცენური ბაზალტების რეგიონალური სპეციფიკის შესახებ 648

ბეოქიმი

\*ი. დოლიძე. ლუხუნის საბადოს ფორმირების თერმობარული პირობები 651

სამშენებლო მქანა

\*ა. კაკუშაძე, ნ. მუხაძე. ფირფიტის ლუნვის სიმტკიცის სასაზღვრო თეორიის და სასაზღვრო ამოცანის არაწრფივი პროგრამირების შესახებ 656

საბადოთა დაშუაგება და გამდიდრება

\*ი. ჯანჯღავა. ქანების მასივში გვერდითი გაბრჯენის კოეფიციენტის განსაზღვრა საშახტო ინსტრუმენტული დაკვირვების მონაცემების მიხედვით 660

\*ა. ძიძიგური (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი), ნ. ნიკოლაიშვილი, ნ. სეფიაშვილი. ვენტილატორი — საშახტო ქსელის სისტემის მდგრადობაზე სავენტილაციო არხის პარამეტრების გავლენის შესახებ 664

მანქანათმშენებლობა

\*ქ. ილურიძე, შ. თოფური. მუშტას რაციონალური პროფილის განსაზღვრა 668

ელექტროტექნიკა

\*თ. ლეკიშვილი. ამპლიტუდებით მოდულირებული დენის გავლის თავისებურებანი ქსელში 672

\*გ. თავაძე, გ. ჩადუნელი, შ. ნაკაიძე. ლითონური ფირფიტების მისაღები მოწყობილობის მაღალსტაბილური დროის რეულე 675

ავტომატური მართვა და ბამომთვლითი ტექნიკა

\*ნ. გაბაშვილი (საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), გ. ცირამუა, ი. აგლაძე. მცზმ-ის ზოგიერთი კვანძის მოდელის გამოკვლევა მცზმ-ის საშუალებით 680

მასალათა ტექნოლოგია

\*ვ. ბალავაძე. ბეტონის ცოცვადობის აღსორბციული თეორიის ექსპერიმენტული საფუძვლები 683

ბოტანიკა

რ. რამიშვილი. *V. Vinifera L.* -ს ველურად მოზარდი პოპულაციები არაგვის ხეობაში 685

გ. ზამთარაძე. მცენარეულობის ზონალობისა და სივრცობრივი განაწილების შესწავლისათვის საქართველოს სამხრეთ მთიანეთში 689

მცენარეთა ფიზიოლოგია

\*დ. კოტაევა. ზოგიერთი ორსახლიანი ფოთოლცვენია მცენარის ფოთლებში ნუკლეინის მჟავების შემცველობის სქესობრივი განსხვავების შესახებ 695

ბენეტიკა და სელექცია

მ. კვაჭაძე. წიწყის (*Capsicum annum L.*) ზოგიერთი თვისების გენეტიკისათვის 697

აღამიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

\*თ. იოსელიანი, ლ. ბედელაძე. დორსალური ჰიპოკამპის გავლენა ზურგის ტვანის შუამდებარე ნეირონების გამოწვეულ და სპონტანურ აქტივობაზე 704

\*ზ. სამადაშვილი. ქერქის გამოწვეული ბოტენციალების შესწავლა კორპორაციის სხეულის სპლენიალური ნაწილის გალიზიანებით 708

\*რ. კობალაძე, თ. კოლსი, ა. სემიონინა, ი. კოზლოვი, აუდიოგენური ებოლეფისის ზოგიერთი ფიზიკურ-ქიმიური და ნეიროფიზიოლოგიური მექანიზმი 712

#### ბიოფიზიკა

\*გ. სტეფანენკო, ვ. ფურმანი, მ. ზაალიშვილი. α-აქტინინის მოლეკულური მახასიათებლები 716

#### ბიოქიმია

\*დ. ჯოხაძე, რ. პაპელიშვილი. მარტივი ფენოლების გავლენის მექანიზმის საკითხისათვის ტრანსკრიპციაზე 719

#### ენტომოლოგია

\*ჯ. ხავთასი. *Macrotoma scutellaris* Cerm. მოზოვების შესახებ საქართველოში 722

#### ზოოლოგია

\*მ. ნაცვლიშვილი. ტრემატოდების ლარვებით ინვაზირებულ მოლუსკთა სეზონური დინამიკა თბილისის მიდამოების პირობებში 727

#### ექსპერიმენტული მორფოლოგია

\*მ. მშვიდლობაძე. ტენობლასტების ლიზოსომური აპარატის ფუნქციონალური მორფოლოგია ტენობლასტიკის პირობებში 732

#### ექსპერიმენტული მედიცინა

\*თ. ჩხატარაშვილი, მ. ზურაბაშვილი. თიამინის გავლენა ნივთიერებათა ცვლის ზოგიერთ მაჩვენებელზე, ფარისებრი ჯირკვლის აწეული ფუნქციის დროს კარიესთან დაკავშირებით 735

\*ე. ფიფია, გ. გაბისონია. პანკრეასის რეზექციის გავლენა ზოგიერთი შინაგანი ორგანოს ფუნქციასა და მორფოლოგიაზე 739

#### პალეობიოლოგია

\*ა. ვეკუა, ნ. მამაცაშვილი, დ. თუშაბრაშიშვილი. ცუცხვათის მღვიმური სისტემის პალეოლითური ფაუნა 744

#### ენათმეცნიერება

\*ალ. მაკომეტოვი. დადესტურ ენათა ლაქურ-დარგული ჯგუფის გრამატიკულ კლასთა ხმარების ერთი თავისებურების შესახებ 747

გ. სინარულიძე. განკერძოებული განსაზღვრებითი ზედსართავი სახელების მორფოლოგიური ფორმები თანამედროვე გერმანულ ენაში 749

#### მეცნიერების ისტორია

\*მ. ინაშვილი. კბილის კარიესული დავადების ეპოქალური დინამიკა საქართველოს პალეანთროპოლოგიური და კრანოლოგიური მასალების მიხედვით 756



## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИКА

- Г. И. Сулханишвили. О построении точного решения разностной схемы повышенного порядка точности Самарского—Николаева 529
- Т. Ш. Кальменов. О характеристической задаче Коши для одного класса вырождающихся гиперболических уравнений 533
- А. Д. Эбралидзе. О единственности кратных рядов по системе Хаара 537
- М. Р. Тетрашвили. Реализация алгоритма Магнуса на машине Тьюринга и верхняя оценка сложности вычислений 541
- Д. А. Шулая. К нахождению элементарных решений многоскоростного уравнения переноса 545
- М. А. Какабадзе. Об одной сингулярной краевой задаче для системы обыкновенных дифференциальных уравнений 549

### МЕХАНИКА

- А. Д. Сепиашвили. О сведении волновых систем механики с комплексной нагрузкой на концах к системам с конечным числом степеней свободы 553

### ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

- Г. В. Джаиани. Об одной задаче для упругого клинообразного тела 557

### КИБЕРНЕТИКА

- В. Н. Барабанов, И. Т. Бокучава, О. Б. Макаревич, В. Н. Мышляев. Выбор формул численного интегрирования и способа квантования для цифрового интегратора 561
- З. Ю. Кочладзе, В. В. Чавчанидзе (чл.-кор. АН ГССР). Распознавание зрительных образов на основе аналитического метода формирования понятий 565
- Н. Л. Меликадзе. Оптимизация системы входных измерений классифицирующего автомата 569
- И. Ш. Челидзе. Попытка применения гипотезы о квантовой дуальности мозга к одной несложной модели условного рефлекса 573

### ФИЗИКА

- Н. К. Зосимов, И. В. Криалашвили, М. С. Матинова, М. Л. Минджия, Т. Д. Мхеидзе, Р. И. Чиковани. Некоторые особенности характеристик электролюминесцентных диодов на основе гетероструктуры  $pGaAs-pAl_{x_1}Ga_{1-x_1}As-nAl_{x_2}Ga_{1-x_2}As$  ( $X_1=0,33\div 0,35$ ;  $X_2=0,42\div 0,45$ ) 577
- И. Б. Баумберг, Л. Л. Буишвили, Д. М. Дараселия, М. Д. Звиаддзе, Т. И. Санадзе. Спин-решеточная релаксация азота в 6H SiC 581

### АСТРОНОМИЯ

- Н. А. Миськин. О межзвездном поглощении света звезд в окрестностях площадки Каптейна 21 585

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

- В. В. Иванов, Ш. А. Сабашвили. К асимптотической теории многократного рассеяния света в полубесконечных средах

## ГЕОФИЗИКА

- Г. К. Сулаквелидзе, Н. Ш. Хидашели. Приход солнечной радиации на различно ориентированные наклонные поверхности 593
- Г. П. Беришвили. О 27-дневной повторяемости геомагнитных бурь 597
- Г. М. Арошидзе, Д. К. Квавадзе, З. Л. Лиадзе, З. С. Шарадзе. Интерпретация результатов измерения дрейфа методом пространственно-разнесенного приема 601

## АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- В. Д. Эристави, В. С. Голубев, К. М. Ольшанова, М. Г. Мгалоблишвили. Исследование кинетики осадочной сорбции хрома на анионитах динамическим методом 605
- Ц. Н. Гудушаури, Ф. И. Броучек. Хроматографическое отделение ниобия от титана, вольфрама, молибдена и ванадия на фтор-форме анионита АВ-16 609

## ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Г. В. Цинцадзе, М. Г. Матиашвили, М. М. Угулава. Координационные соединения некоторых металлов с мочевиной 613

## ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- И. Л. Эдилашвили, Л. Д. Меликадзе (чл.-кор. АН ГССР), К. Б. Иоселиани. Изучение фотосенсибилизированных ароматическими углеводородами реакций окисления нафтеновых углеводородов нефти 617
- Академик К. А. Андрианов, А. И. Ногайдели, Р. Ш. Ткешелашвили, Г. А. Ногайдели, Т. В. Чоговадзе. Конденсация дициклопентенилметилснландиола с полифенилбутоксисилоксанами 621

## ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Ш. Д. Сабелашвили, Т. Г. Андроникашвили, С. Л. Уротадзе. Использование цезийсодержащего цеолита для хроматографического определения окиси углерода 625

## ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

- В. В. Коршак (чл.-кор. АН СССР), Г. Ш. Папава, Б. М. Мгеладзе, И. А. Грибова, А. Н. Чумаевская, Н. А. Майсурадзе. Исследование наполненных материалов на основе полициклических полиарилатов 629
- К. С. Кутателадзе (чл.-кор. АН ГССР), Р. Д. Верулашвили, Д. С. Тактакишвили. Исследование влияния добавок окислов I, II, III групп на кристаллизационную способность стекол системы  $\text{SiO}_2\text{—CaO}$  633

## ФАРМАКОХИМИЯ

- Т. Л. Кустова, П. А. Явич, И. А. Муравьев, П. З. Беридзе. Изучение сорбции алкалоидов из очищенного производственного экстракта травы эфедры 637

## ГЕОЛОГИЯ

- Г. К. Чичуа, Л. И. Татаришвили, Г. Н. Хатискаци, В. С. Хананашвили. О геологическом строении западной части Алазанской депрессии и Цив-Гомборского хребта 641



## ПЕТРОЛОГИЯ

- С. Ш. Саркисян. О региональной специфике базальтов среднего эоцена Малого Кавказа 645

## ГЕОХИМИЯ

- И. Д. Долидзе. Термобарические условия формирования Лухунского месторождения 649

## СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

- А. М. Какушадзе, М. Г. Мухадзе. О граничной теории прочности и нелинейном программировании граничных задач изгиба пластины 653

## РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ОБОГАЩЕНИЕ

- И. Д. Джанджгава. Определение коэффициента бокового распора в массиве пород по данным шахтных инструментальных наблюдений 657  
А. А. Дзидзигури (академик АН ГССР), Н. Е. Николаишвили, Н. Д. Сепиашвили. О влиянии параметров вентиляционного канала на устойчивость системы вентилятор—шахтная сеть 661

## МАШИНОВЕДЕНИЕ

- К. Г. Илуридзе, Ш. Д. Топурия. Определение рационального профиля кулачка 665

## ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

- Т. Г. Лекишвили. Особенности протекания амплитудно-модулированного тока по сети 669  
Г. Ф. Тавадзе, Г. А. Чадунели, Ш. Г. Накаидзе. Высокостабильное реле задержки времени в устройстве для получения металлических пленок 673

## АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ВЫЧИСЛИТ. ТЕХНИКА

- Н. В. Габашвили (чл.-кор. АН ГССР), Г. С. Цирамуа, И. Н. Агладзе. Исследование моделей некоторых узлов ЭЦВМ при помощи ЭЦВМ 677

## ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ

- В. К. Балавадзе. Экспериментальные основы адсорбционной теории ползучести бетона 681

## БОТАНИКА

- \* Р. М. Рамишвили. Дикорастущие популяции *V. Vinifera* L. в Арагвском ущелье 687  
\* Г. К. Замтарадзе. К изучению пространственного распределения и зональности растительности Южного нагорья Грузии 691

## ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

- Д. В. Котаева. О половом различии в содержании нуклеиновых кислот в листьях некоторых двудомных листопадных растений 693

## ГЕНЕТИКА И СЕЛЕКЦИЯ

- \* М. Б. Квачадзе. К генетике некоторых признаков перца (*Capsicum annuum* L.) 700

## ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

- Т. К. Иоселиани, Л. А. Бегеладзе. Влияние раздражения дорсального гиппокампа на вызванную и спонтанную активность спинальных нейронов 701

- З. В. Самадашвили. Изучение вызванных ответов коры при раздражении сплениальной части мозолистого тела 705
- Р. А. Копаладзе, О. Р. Кольс, А. Ф. Семиохина, Ю. П. Козлов. Некоторые физико-химические и нейрофизиологические механизмы аудиогенной эпилепсии 709

#### БИОФИЗИКА

- Г. А. Стефаненко, В. Я. Фурман, М. М. Заалишвили. Молекулярная характеристика  $\alpha$ -актинаина 713

#### БИОХИМИЯ

- Д. И. Джохадзе, Р. Қ. Папелишвили. К механизму влияния простых фенолов на транскрипцию 717

#### ЭНТОМОЛОГИЯ

- Д. Д. Хавтаси. О нахождении в Грузии дровосека *Macrotoma scutellaris* Germ. 721

#### ЗООЛОГИЯ

- М. Г. Нацвлишвили. Сезонная динамика инвазии моллюсков личинками трематод в условиях окрестностей г. Тбилиси 725

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ

- М. В. Мшвидобадзе. Функциональная морфология лизосомного аппарата тенобластов в условиях тенопластики 729

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

- Т. И. Чхатарашвили, М. И. Зурабашвили. Влияние тиамин на некоторые показатели обмена веществ при повышенной функции щитовидной железы в связи с кариесом зубов 733
- И. К. Пипия (академик АН ГССР), Г. Т. Габисониа. Влияние резекции поджелудочной железы на функции и морфологию некоторых внутренних органов 737

#### ПАЛЕОБИОЛОГИЯ

- А. К. Векуа, Н. С. Мамацашвили, Д. М. Тушабрамишвили. Палеолитическая фауна цуцхватской пещерной системы 741

#### ЯЗЫКОЗНАНИЕ

- А. А. Магомедов. Об одной особенности употребления грамматических классов в лакско-даргинской группе дагестанских языков 745
- \* Г. Б. Сихарулидзе. Морфологические формы обособленных определенных прилагательных в современном немецком языке 751

#### ИСТОРИЯ НАУКИ

- М. З. Инашвили. Эпохальная динамика кариесного заболевания зубов на палеоантропологических и краниологических материалах с территории Грузии 753



## CONTENTS\*

### MATHEMATICS

- G. I. Sulkhaniashvili. On the construction of the exact solution for the Samarski-Nikolaev high order accuracy difference scheme 532
- T. Sh. Kalmenov. On the characteristic Cauchy problem for a class of degenerative hyperbolic equations 536
- A. D. Ebralidze. On the uniqueness of multiple Haar series 539
- M. R. Tetrushvili. The realization of the Magnus algorithm on Turing's machine and the upper estimate of complexity of computations 544
- D. A. Shulaiia. On the finding of the elementary solutions of a multivelocitv transport equation 548
- M. A. Kakabadze. On one singular boundary-value problem for the system of ordinary differential equations 552

### MECHANICS

- A. D. Sepiashvili. On the reduction of urdular systems of mechanics with end complex loads to systems of finite mobility 556

### THEORY OF ELASTICITY

- G. V. Jaiani. On one problem of an elastic wedge-shaped body 560

### CYBERNETICS

- V. N. Barabanov, I. T. Bokuchava, O. B. Makarevich, V. N. Myshlyayev. The choice of formulas for numerical integration and of the technique of quantization for a digital integrator 564
- Z. Yu. Kochladze, V. V. Chavchanidze. Visual image recognition on the basis of the analytical method of concept formation 567
- N. L. Melikadze. Optimization of the input measurement system of the classifying automaton 572
- <sup>1</sup> Sh. Chelidze. An attempt at applying the hypothesis about the quantum duality of the brain to one simple model of a conditioned reflex 575

### PHYSICS

- N. K. Zosimov, I. V. Krialashvili, M. S. Matinova, M. L. Minjia, T. D. Mkheidze, R. I. Chikovani. On some peculiarities of characteristics of electroluminescent diodes on the basis of  $pGaAs-pAl_{x_1}Ga_{1-x_1}As-nAl_{x_2}Ga_{1-x_2}As$  ( $X_1 = 0.33 \div 0.35$ ;  $X_2 = 0.42 \div 0.45$ ) heterostructures 580

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



- I. B. Baumberg, L. L. Buishvili, D. M. Daraselia, M. D. Zviadze, T. I. Sanadze. Spin-lattice relaxation of nitrogen in 6H SiC 584

### ASTRONOMY

- N. A. Miskin. On interstellar absorption of light in the vicinity of the Kapteyn area 21 586
- V. V. Ivanov, Sh. A. Sabashvili. On the asymptotic theory of multiple light scattering in semi-infinite media 591

### GEOPHYSICS

- G. K. Sulakvelidze, N. Sh. Khidasheli. The quantity of solar radiation received on differently oriented inclined planes 595
- G. P. Berishvili. On the 27-day recurrence of geomagnetic storms 600
- G. M. Aroshidze, D. K. Kvavadze, Z. L. Liadze, Z. S. Sharadze. Interpretation of the results of ionospheric drift measured by the space diversity reception method 604

### ANALYTICAL CHEMISTRY

- V. D. Eristavi, V. S. Golubev, K. M. Olshanova, M. G. Mgaloblishvili. Investigation of the kinetics of sedimentary sorption of chromium on anion exchangers by the dynamic method 608
- Ts. N. Gudushauri, F. I. Brouchek. Chromatographic separation of niobium from titanium, tungsten, molybdenum and vanadium on the fluoroform of the AB-16 anion exchanger 612

### GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

- G. V. Tsintsadze, M. G. Matiashvili, M. M. Ugulava. Coordination compounds of some metals with urea 615

### ORGANIC CHEMISTRY

- L. Edilashvili, L. D. Melikadze, K. B. Ioseliani. On the oxidation reactions of naphthene hydrocarbons of oil photosensitized by aromatic hydrocarbons 620
- K. A. Andrianov, A. I. Nogaideli, R. Sh. Tkeshelashvili, G. A. Nogaideli, T. V. Chogovadze. Condensation of dicyclopentenyl methyl silandiol with polyphenylbutoxysiloxanes 624

### PHYSICAL CHEMISTRY

- Sh. D. Sabelashvili, T. G. Andronikashvili, S. L. Urotadze. Use of cesium-containing zeolite for chromatographic determination of carbon monoxide 627

### CHEMICAL TECHNOLOGY

- V. V. Korshak, G. Sh. Papava, B. M. Mgeladze, I. A. Gribova, A. N. Chumaevskaya, N. A. Maisuradze. Study of filled materials on the basis of polycyclic polyarylates 632



- K. S. Kutateladze, R. D. Verulashvili, D. S. Taktakishvili. Study of the effect of addition of the I, II, III group oxides on the crystallization capacity of glasses of the  $\text{SiO}_2\text{-CaO}$  system 636

#### PHARMACEUTICAL CHEMISTRY

- T. L. Kustova, P. A. Yavich, I. A. Muravyev, P. Z. Beridze. Study of the sorption of alkaloids from the purified industrial extract of ephedra 640

#### GEOLOGY

- G. K. Chichua, L. I. Tatarishvili, G. N. Khatiskatsi, V. S. Khanashvili. On the geological structure of the western part of the Tsiv-Gombori range 644

#### PETROLOGY

- S. Sh. Sarkisyan. On the regional specificity of basalts of the Middle Eocene of the Minor Caucasus 648

#### GEOCHEMISTRY

- I. D. Dolidze. Thermobaric conditions of the formation of the Lukhuni deposit 652

#### STRUCTURAL MECHANICS

- A. M. Kakushadze, M. G. Mukhadze. On the boundary theory of strength and nonlinear programming of the boundary value problems of plate bending 656

#### EXPLOITATION OF DEPOSITS AND CONCENTRATION

- I. D. Janjgava. Determination of the lateral thrust coefficient in rocks *in situ* according to mine instrumental observation data 660
- A. A. Dzidziguri, N. E. Nikolaishvili, N. D. Sepiashvili. On the influence of the air channel parameters on the stability of the ventilation-mine network system 664

#### MACHINE BUILDING SCIENCE

- K. G. Iluridze, Sh. D. Topuria. Determination of the rational profile of a cam 668

#### ELECTROTECHNICS

- T. G. Lekishvili. Flow peculiarities of amplitude-modulated current along the electrical network 672
- G. F. Tavadze, G. A. Chaduneli, Sh. G. Nakaidze. High-stability timing relay in an installation for the production of metal films 675

#### AUTOMATIC CONTROL AND COMPUTER ENGINEERING

- N. V. Gabashvili, G. S. Tsiramua, I. N. Agladze. A study of the models of some blocks of an electronic digital computer by means of an electronic computer 680

- V. K. Balavadze. Experimental bases of concrete creep adsorption theory 684

## BOTANY

- R. M. Ramishvili. Wild-growing populations of grape, *V. vinifera* L. in the Aragvi valley 687
- G. K. Zamtaradze. Towards the study of the spatial distribution and vegetation zones of the southern highlands of Georgia 692

## PLANT PHYSIOLOGY

- D. V. Kotaeva. On the sex difference in the content of nucleic acids in leaves of some dioecious deciduous plants 695

## GENETICS AND SELECTION

- M. B. Kvachadze. Toward the genetics of some traits of the cayenne pepper *Capsicum annum* L. 700

## HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

- T. K. Ioseliani, L. A. Begeladze. The influence of stimulation of the dorsal hippocampus on the spontaneous and evoked activity of spinal interneurons 704
- Z. V. Samadashvili. A study of cortical responses evoked by direct electrical stimulation of the splenial part of the corpus callosum 708
- R. A. Kopaladze, O. R. Kols, A. F. Semyokhina, Yu. P. Kozlov. Some physicochemical and neurophysiological mechanisms of audiogenic epilepsy 712

## BIOPHYSICS

- G. A. Stefanenko, V. Ya. Furman, M. M. Zaalishvili. Molecular characteristics of  $\alpha$ -actinin 716

## BIOCHEMISTRY

- D. I. Jokhadze, R. K. Papelishvili. The mechanism of influence of simple phenols on transcription 720

## ENTOMOLOGY

- D. D. Khavtasi. On the existence of the borer, *Macrotoma scutellaris* Germ. in Georgia 723

## ZOOLOGY

- M. G. Natsvlshvili. Seasonal dynamics of infestation of mollusks with larvae of trematodes in the vicinity of Tbilisi 727



## EXPERIMENTAL MORPHOLOGY

- M. V. Mshvidobadze. Functional morphology of the lysosome system of tenoblasts under conditions of tenoplasty 732

## EXPERIMENTAL MEDICINE

- T. I. Chkhatarashvili, M. I. Zurabashvili. The effect of thiamin on some indices of metabolism due to dental caries [during an increased function of the thyroid gland 736
- E. K. Pipia, G. T. Gabisonia. The influence of pancreas resection on the function and morphology of some internal organs 740

## PALAEOBIOLOGY

- A. K. Vekua, N. S. Mamatsashvili, D. M. Tushabramishvili. Paleolithic fauna of the cave system of Tsutskhvati 744

## LINGUISTICS

- A. A. Magometov. On the peculiarity in the use of grammatical classes in the Lak-Dargwa group of Dagestania languages 748
- G. B. Sikharulidze. Morphological forms of detached attributive adjectives in Modern German 752

## HISTORY OF SCIENCE

- M. Z. Inashvili. Millennial dynamics of dental caries as exemplified by paleo-anthropological and craniological materials from Georgia 756



УДК 518:517

МАТЕМАТИКА

Г. И. СУЛХАНИШВИЛИ

О ПОСТРОЕНИИ ТОЧНОГО РЕШЕНИЯ РАЗНОСТНОЙ СХЕМЫ  
 ПОВЫШЕННОГО ПОРЯДКА ТОЧНОСТИ САМАРСКОГО—  
 НИКОЛАЕВА

(Представлено академиком Ш. Е. Микеладзе 19.1.1973)

В работе [1] А. А. Самарским и Е. С. Николаевым предлагается новая разностная схема четвертого порядка точности для численного решения задачи Дирихле уравнения Пуассона в параллелепипедной области. В отличие от существующих разностных схем повышенных порядков точности, предлагаемая разностная схема обладает свойством сильной эллиптичности при любом числе независимых переменных и любом соотношении между шагами сетки. В работе [1] строятся и исследуются разные итерационные методы приближенного решения рассматриваемой разностной схемы.

В настоящей заметке даются точное решение разностной схемы Самарского—Николаева и оценка спектральной нормы обратного разностного оператора.

Пусть в прямоугольной параллелепипедной области  $G = \{x = (x_1, \dots, x_p): 0 < x_\alpha < l_\alpha; \alpha = \overline{1, p}\}$  с границей  $\Gamma$  ищется решение задачи

$$\sum_{\alpha=1}^p L_\alpha u = f(x), \quad x \in G; \quad u|_\Gamma = g(x), \quad x \in \Gamma, \quad (1)$$

где  $L_\alpha u = -\partial^2 u / \partial x_\alpha^2$  ( $\alpha = \overline{1, p}$ );  $f(x)$  и  $g(x)$ —заданные непрерывные функции в  $G$  и на  $\Gamma$  соответственно.

По каждой переменной  $x_\alpha$  ( $\alpha = \overline{1, p}$ ) рассмотрим одномерные сетки

$$\overline{G}_{h_\alpha} = \{k_\alpha h_\alpha: k_\alpha = \overline{0, n_\alpha + 1}, n_\alpha = (l_\alpha/h_\alpha) - 1\} \quad (\alpha = \overline{1, p}) \quad \text{и}$$

$$G_{h_\alpha} = \{k_\alpha h_\alpha: k_\alpha = \overline{1, n_\alpha}, n_\alpha = (l_\alpha/h_\alpha) - 1\} \quad (\alpha = \overline{1, p}).$$

Пусть

$$\overline{G}_h = \overline{G}_{h_1} \times \dots \times \overline{G}_{h_p}, \quad G_h = G_{h_1} \times \dots \times G_{h_p}, \quad \Gamma_h = \overline{G}_h / G_h.$$

Следуя [1], численное решение задачи (1) ищем по разностной схеме

$$\sum_{\alpha=1}^p \prod_{\beta \neq \alpha}^{1 \div p} (E - \theta x_\beta A_\beta) A_\alpha y = \varphi_\theta(x), \quad x \in G_h; \quad y|_{\Gamma_h} = g(x), \quad x \in \Gamma_h, \quad (2)$$

где  $\theta = 0; 1$ ;

$$A_\alpha y = -y_{x_\alpha x_\alpha} \quad (\alpha = \overline{1, p}); \quad \varphi_\theta = f - \theta \sum_{\alpha=1}^p x_\alpha A_\alpha f; \quad x_\alpha = h_\alpha^2 / 12 \quad (\alpha = \overline{1, p}).$$

12.176

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ბიბლიოთეკა



Разностная схема (2) аппроксимирует задачу (1) порядком  $O((1-\theta)|h|^2 + \theta|h|^4)$  ( $|h|^2 = h_1^2 + \dots + h_p^2$ ) в классе решений задачи (1)  $u(x) \in C_{2\theta(p+[2/p]-2)+4}(\bar{G})$ ,  $p \geq 2$ .

Схему (2) запишем в матрично-векторной форме ( $n = n_1 \dots n_p$ )<sup>(1)</sup>

$$Q_\theta(H)Y \equiv \sum_{\alpha=1}^p \left[ \prod_{\beta \neq \alpha}^{1 \div p} (I_n - \theta \chi_\beta B_\beta) \right] B_\alpha Y = \Phi_0, \quad (3)$$

$$B_\alpha = I_{n_1} \otimes \dots \otimes I_{n_{\alpha-1}} \otimes H_\alpha \otimes I_{n_{\alpha+1}} \otimes \dots \otimes I_{n_p} \quad (\alpha = \overline{1, p}),$$

где  $I$  — единичная матрица порядка своего индекса;  $\otimes$  — символ левого прямого (тензорного, кронекеровского) произведения матриц;  $H_\alpha$  — матрица разностного оператора  $A_\alpha y \equiv -y_{x_\alpha x_\alpha}$ ,  $y_0 = y_{n_\alpha+1} = 0$ ;  $Y(\Phi_0)$  — неизвестный (известный) вектор, элементами которого служат последовательные значения сеточной функции  $y_{\alpha_1, \dots, \alpha_p}$  ( $\varphi_{\alpha_1, \dots, \alpha_p}$ ) в точках сетки  $G_n$ , перенумерованных в обратном лексикографическом порядке, т. е. как результат прямого произведения

$$(1, 2, \dots, n_1) \times (1, 2, \dots, n_2) \times \dots \times (1, 2, \dots, n_p).$$

В силу теоремы работы [2] справедлива

Теорема 1. Спектр матрицы

$$Q_\theta(H) = \sum_{\alpha=1}^p B_\alpha \prod_{\beta \neq \alpha}^{1 \div p} (I_n - \theta \chi_\beta B_\beta) \quad (4)$$

совершенно исчерпывается значениями многочлена

$$Q_\theta(\xi) = \sum_{\alpha=1}^p \xi_\alpha \prod_{\beta \neq \alpha}^{1 \div p} (1 - \theta \chi_\beta \xi_\beta), \quad (5)$$

когда  $\xi_1, \dots, \xi_p$  пробегает спектр матриц  $H_1, \dots, H_p$  соответственно.

Так как собственные числа матрицы  $H_\alpha$  ( $\alpha = \overline{1, p}$ ) имеют вид (см., например, [3])

$$\xi_\alpha^{(k_\alpha)} = \frac{4}{h_\alpha^2} \sin^2 \frac{k_\alpha \pi h_\alpha}{2 l_\alpha}, \quad k_\alpha = \overline{1, n_\alpha} \quad (\alpha = \overline{1, p}), \quad (6)$$

то в силу теоремы 1 собственные числа матрицы  $Q_\theta(H)$  будут положительными:

$$\sum_{\alpha=1}^p \xi_\alpha^{(k_\alpha)} \prod_{\beta \neq \alpha}^{1 \div p} \left( 1 - \frac{\theta}{3} t_{\beta}^{(k_\beta)} \right) \quad (k_i = \overline{1, n_i}; i = \overline{1, p}),$$

где  $t_{\beta}^{(k_\beta)} = \sin^2(k_\beta \pi h_\beta / 2 l_\beta)$ . Отсюда следует

Теорема 2. Для спектральной нормы матрицы  $Q_\theta^{-1}(H)$ , обратной симметричной матрице (4), имеет место оценка

$$\|Q_\theta^{-1}(H)\| \leq (1 - \theta/3)^{1-p} / (\delta_1 + \dots + \delta_p),$$

где  $\delta_\alpha = 8/l_\alpha^2$  ( $\alpha = \overline{1, p}$ ) — нижние границы спектров  $R_\alpha$  ( $\alpha = \overline{1, p}$ ) матриц  $H_\alpha$  ( $\alpha = \overline{1, p}$ ) [3].

<sup>(1)</sup> Для простоты изложения в (1) будем предполагать, что  $g(x) \equiv 0$ ,  $x \in G$ .



Для построения точного решения задачи (2) преобразуем матрицу  $Q_\theta(H)$  к диагональному виду. Как известно (см., например, [4]),

$$H_\alpha = T_\alpha \langle D_\alpha \rangle T_\alpha, \quad T_\alpha = T'_\alpha, \quad T_\alpha T'_\alpha = I_{n_\alpha} \quad (\alpha = \overline{1, p}), \quad (7)$$

где  $\langle D_\alpha \rangle \equiv [\xi_\alpha^{(1)}, \xi_\alpha^{(2)}, \dots, \xi_\alpha^{(n_\alpha)}]$  ( $\alpha = \overline{1, p}$ ) — диагональные матрицы с диагональными элементами (6);

$$T_\alpha = \sqrt{\frac{2}{n_\alpha + 1}} \left\| \sin \frac{kj\pi}{n_\alpha + 1} \right\|_{k, j=1}^{n_\alpha} \quad (\alpha = \overline{1, p}).$$

В силу (7) из (4) находим

$$Q_\theta(H) = (T_1 \otimes \dots \otimes T_p) \langle Q_\theta(\xi) \rangle (T_1 \otimes \dots \otimes T_p), \quad (8)$$

где  $\langle Q_\theta(\xi) \rangle$  — диагональная матрица, диагональными элементами которой служат значения многочлена (5) при  $(\xi_1, \dots, \xi_p) \in R_1 \times \dots \times R_p$ .

Из равенства (8) следует, что

$$Q_\theta^{-1}(H) = (T_1 \otimes \dots \otimes T_p) \langle Q_\theta^{-1}(\xi) \rangle (T_1 \otimes \dots \otimes T_p). \quad (9)$$

С помощью (9) решение задачи (2) (или (3)) можно представить в виде (см. [5])

$$\begin{aligned} & y_{\alpha_1, \dots, \alpha_p} = \\ &= \sum_{k_1=1}^{n_1} \dots \sum_{k_p=1}^{n_p} (U_{\alpha_1 k_1}^{(n_1)} \dots U_{\alpha_p k_p}^{(n_p)}) Q_\theta^{-1}(\xi_1^{(k_1)}, \dots, \xi_p^{(k_p)}) \times \\ & \times \sum_{\nu_1=1}^{n_1} \dots \sum_{\nu_p=1}^{n_p} (U_{\nu_1 k_1}^{(n_1)} \dots U_{\nu_p k_p}^{(n_p)}) \varphi_{\theta \nu_1, \dots, \nu_p}, \end{aligned} \quad (10)$$

где  $\xi_\alpha^{(k_\alpha)}$  ( $\alpha = \overline{1, p}$ ) — величины (6);

$$Q_\theta(\xi_1^{(k_1)}, \dots, \xi_p^{(k_p)}) = \sum_{\alpha=1}^p \xi_\alpha^{(k_\alpha)} \prod_{\beta \neq \alpha}^{1 \div p} (1 - \theta x_\beta \xi_\beta^{(k_\beta)});$$

$$U_{\alpha_i k_i}^{(n_i)} = \sqrt{\frac{2}{n_i + 1}} \sin \frac{\alpha_i k_i \pi}{n_i + 1} \quad (\alpha_i, k_i = \overline{1, n_i}; i = \overline{1, p}).$$

В терминах функции Грина равенства (10) можно переписать в виде

$$y_{\alpha_1, \dots, \alpha_p} = \sum_{\nu_1=1}^{n_1} \dots \sum_{\nu_p=1}^{n_p} G_{\theta \alpha_1, \dots, \alpha_p}^{\nu_1, \dots, \nu_p} \varphi_{\theta \nu_1, \dots, \nu_p},$$

где

$$G_{\theta \alpha_1, \dots, \alpha_p}^{\nu_1, \dots, \nu_p} = \sum_{k_1=1}^{n_1} \dots \sum_{k_p=1}^{n_p} \frac{(U_{\alpha_1 k_1}^{(n_1)} \dots U_{\alpha_p k_p}^{(n_p)}) (U_{\nu_1 k_1}^{(n_1)} \dots U_{\nu_p k_p}^{(n_p)})}{Q_\theta(\xi_1^{(k_1)}, \dots, \xi_p^{(k_p)})}$$

— функция Грина или же элементы матрицы  $Q_\theta^{-1}(H)$ .

Академия наук Грузинской ССР  
 Тбилисский математический институт  
 им. А. М. Размадзе

## გ. სულხანიშვილი

სამარსკი—ნიკოლაევის მაღალი რიგის სიზუსტის სხვაობიანი  
 სქემის ზუსტი ამოხსნის აგების შესახებ

რეზიუმე

მატრიცთა ტენზორული ნამრავლის თეორიის გამოყენებით აგებულია (1) ამოცანისათვის სამარსკი—ნიკოლაევის მაღალი რიგის სიზუსტის (2) სხვაობიანი სქემის ზუსტი ამოხსნა და შეფასებულია შებრუნებული სხვაობიანი ოპერატორის სპექტრალური ნორმა.

MATHEMATICS

G. I. SULKHANISHVILI

ON THE CONSTRUCTION OF THE EXACT SOLUTION FOR THE  
 SAMARSKI-NIKOLAYEV HIGH ORDER ACCURACY DIFFERENCE  
 SCHEME

## Summary

Using the tensor product theory of matrices the exact solution of the Samarski-Nikolayev high order accuracy difference scheme (2) is constructed for the problem (1) and the spectral norm of the inverse difference operator is estimated.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Е. С. Николаев, А. А. Самарский. ДАН СССР, 206, № 4, 1972.
2. Г. И. Сулханишвили. Сообщения АН ГССР, 62, № 3, 1971.
3. А. А. Самарский. Введение в теорию разностных схем. М., 1971.
4. E. Egervary. Acta Math. Acad. Sci. Hung., 11, № 3—4, 1960.
5. R. E. Lynch, J. R. Rice and D. H. Thomas. Bull. Am. Math. Soc., 70, № 3, 1964.



Т. Ш. КАЛЬМЕНОВ

О ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧЕ КОШИ ДЛЯ ОДНОГО  
 КЛАССА ВЫРОЖДАЮЩИХСЯ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ  
 УРАВНЕНИЙ

(Представлено академиком А. В. Бицадзе 25.8.1972)

Рассмотрим уравнение

$$k(y)u_{xx} - u_{yy} + a(x, y)u_x + b(x, y)u_y + c(x, y)u(x, y) = f(x, y), \quad (1)$$

где  $k(y) > 0$  при  $y > 0$  и  $k(0) = 0$ , в конечной области  $D$  плоскости независимых переменных  $x, y$ , ограниченной отрезком  $AB: 0 \leq x \leq 1$  прямой  $y = 0$  и характеристиками

$$AC: x - \int_0^y \sqrt{k(t)} dt = 0, \quad BC: x + \int_0^y \sqrt{k(t)} dt = 1$$

уравнения (1), выходящими из точки  $C(1/2, y_c)$ , где  $y_c > 0$ .

Примем следующие обозначения:  $G_x(\Omega)$  — множество функций, у которых  $\frac{\partial^k}{\partial x^k} g(x, y) \in C(\Omega)$ , для всех  $k = 0, 1, 2, 3, \dots$ ,  $A(\Omega)$  — множество функций, аналитических по переменным  $x$  и  $y$  в  $\Omega$ , а  $A_x(\Omega)$  — множество функций, аналитических в  $\Omega$  по переменной  $x$ .

Характеристическая задача Коши. *Найти решение*

$$u(x, y) \in C^2(\bar{D}) \cap G_x(\bar{D}_r) \cap A_x(\bar{D}_r)$$

уравнения (1), удовлетворяющее условию

$$u|_{AC} = \varphi(y), \quad 0 \leq y \leq y_c, \quad (2)$$

где  $D_r = D \cap \{0 < y < r\}$  — подобласть области  $D$ , лежащая ниже прямой  $y = r \leq y_c$ , а  $\bar{D}$  и  $\bar{D}_r$  — замыкания  $D$  и  $D_r$ .

Теорема 1. Пусть выполнены условия:

- 1)  $a(x, y), c(x, y) \in C(\bar{D}) \cap G_x(\bar{D}_r)$  и  $b(x, y) \in C^2(\bar{D}) \cap A(\bar{D}_r)$ ,
- 2)  $k(y), k'(y) [k(y)]^{-1/2} \in C[0, y_c]$ ,

3) либо  $\dot{a}(\omega(y), y) [k(y)]^{-1/2} \in C[0, y_c]$ ,  $\left( \omega(y) = \int_0^y k(t) dt \right)$ , либо су-

ществует  $\varepsilon > 0$ , такое, что  $a(\omega(y), y) \geq 0$  при  $0 \leq y \leq \varepsilon$ . Тогда любое решение  $u(x, y)$  однородной задачи

$$k(y)u_{xx} - u_{yy} + a(x, y)u_x + b(x, y)u_y + c(x, y)u = 0, \quad (3)$$

$$u|_{AC} = 0 \quad (4)$$

соответствующей (1)–(2), тождественно равно нулю.





Доказательство. Пользуясь, если необходимо, подстановкой

$$u(x, y) = v(x, y) \exp \left\{ \frac{1}{2} \int_0^y b(x, t) dt \right\},$$

без ограничения общности можно считать  $b(x, y) \equiv 0$  в области  $D$ .

Так как  $u(x, y) \in C^2(\bar{D}) \cap G_x(D_r)$ , то из представления

$$u(x, y) = u(x, 0) + y u_y(x, 0) + \int_0^y dt \int_0^t u_{\tau\tau}(x, \tau) d\tau$$

и из (3) вытекает, что в замкнутой области  $D_r$

$$\frac{\partial^{k+i}}{\partial x^k \partial y^i} u = \frac{\partial^{k+i}}{\partial y^i \partial x^k} u, \quad i = 0, 1, 2, \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots, \quad (5)$$

Заменой  $\xi = x - \omega(y)$ ,  $y = y$  уравнение (3) приводится к уравнению

$$2\sqrt{k(y)} u_{\xi y} - u_{yy} + d(\xi, y) u_\xi + c(\xi, y) u = 0, \quad (6)$$

где

$$u(\xi, y) = u(\xi + \omega(y), y),$$

$$d(\xi, y) = \frac{1}{2} k'(y) [k(y)]^{-1/2} + a(\xi + \omega(y), y),$$

$$c(\xi, y) = c(\xi + \omega(y), y), \quad f(\xi, y) = f(\xi + \omega(y), y).$$

При этом область  $D$  переходит в область  $\Delta$ , ограниченную отрезком  $AB$  прямой  $y = 0$  и характеристиками  $AC$ :  $\xi = 0$ ,  $BC$ :  $\xi + 2\omega(y) = 1$  уравнения (6), а область  $D_r$  — в область  $\Delta_r = \Delta \cap \{0 < y < r\}$ .

Уравнение (6) при  $\xi = 0$  будет обыкновенным дифференциальным уравнением относительно  $\frac{\partial}{\partial \xi} u(0, y)$ , общее решение которого имеет вид

$$\frac{\partial}{\partial \xi} u(0, y) = N [k(y)]^{-1/4} \exp \left\{ \int_y^\varepsilon \frac{a(\omega(t), t)}{2\sqrt{k(t)}} dt \right\},$$

где  $N$  — произвольная постоянная и  $0 < \varepsilon \leq r$ .

В силу условия 3 теоремы 1  $\frac{\partial}{\partial \xi} u(0, y) \in C[0, r]$  только при  $N = 0$ ,

так что  $\frac{\partial}{\partial \xi} u(0, y) \equiv 0$  на отрезке  $y \in [0, r]$ .

Дифференцируя (6) по  $\xi$  и пользуясь тождеством (5), аналогично получаем

$$\frac{\partial^k}{\partial \xi^k} u(0, y) \equiv 0 \quad \text{при } y \in [0, r], \quad k = 1, 2, 3, \dots,$$

что равносильно

$$\frac{\partial^k}{\partial x^k} u(\omega(y), y) \equiv 0, \quad y \in [0, r], \quad k = 1, 2, 3, \dots,$$

Так как  $u \in A_x(\bar{D}_r)$ , отсюда следует, что  $u \equiv 0$  в  $\bar{D}_r$ .



На основании единственности гладкого решения задачи Дарбу для строго гиперболического уравнения (см. [1]) доказательство теоремы 1 можно считать законченным.

Следует отметить, что если рассматриваемое уравнение строго гиперболично, т. е.  $k(0) > 0$ , и коэффициенты его принадлежат  $A(\bar{D})$ , то в силу безусловной разрешимости задачи Гурса в классе  $A(\bar{D})$  (см. [2]) однородная задача (1)–(2) допускает нетривиальные решения.

Условие 3 теоремы 1 также является существенным, и нарушение его может привести к неединственности решения характеристической задачи Коши.

Пример. Пусть  $\tau(x)$  — произвольная аналитическая функция,  $\tau(0) = 0$  и  $\tau(x) \neq 0$ , тогда функция

$$u(x, y) = \tau\left(x - \frac{y^2}{2}\right) \in A(\bar{D})$$

является решением уравнения (см. [2, 3])

$$y^2 u_{xx} - u_{yy} - u_x = 0$$

удовлетворяющим условию  $u|_{AC} = 0$ .

Рассмотрим частный случай уравнения (1):

$$y^{2m} u_{xx} - u_{yy} + a(y) u_x + b(y) u_y + c(y) u = f(y), \tag{7}$$

где  $m$  — целое положительное число.

Пусть коэффициенты уравнения (7) и функции  $f(y)$ ,  $u|_{RC} = \varphi(y)$  аналитичны в  $\bar{D}$ .

Положим  $D^\rho = \{(x, y) \in D \mid x + y^{m+1}/(m+1) < \rho\}$ , где  $0 < \rho \leq 1$ . Эта область ограничена характеристиками

$$AC_\rho: x - y^{m+1}/(m+1) = 0, \quad B_\rho C_\rho: x + y^{m+1}/(m+1) = \rho$$

уравнения (7) и прямой  $y = 0$ .

Теорема 2. Пусть  $y^{-m} a(y) \in C[0, y_c]$ , тогда для достаточно малых  $\rho > 0$  характеристическая задача Коши в области  $D^\rho$  в классе  $A(\bar{D}^\rho)$  безусловно разрешима. Для  $m > 1$  необходимым и достаточным условием ее разрешимости является ограниченность в окрестности нуля функций

$$\begin{aligned} v_n(y) = & y^{-m/2} \int_0^y t_1^{-m/2} R_{t_1} t_1^{-m/2} dt_1 \int_0^{t_1} t_2^{-m/2} R_{t_2} t_2^{-m/2} dt_2 \dots \times \\ & \times \int_0^{t_{n-2}} t_{n-1}^{-m/2} R_{t_{n-1}} t_{n-1}^{-m/2} dt_{n-1} \times \\ & \times \int_0^{t_{n-1}} t_n^{-m/2} (R_{t_n} \varphi(t_n) + g(t_n)) dt_n, \quad n = 1, 2, 3, \dots, (*) \end{aligned}$$

где

$$R_y = \frac{d^2}{dy^2} - \beta(y) \frac{d}{dy} - \gamma(y), \quad \beta(y) = \frac{a(y)}{y^m},$$



$$\gamma(y) = c(y) + \frac{1}{4} \left( b^2(y) - \frac{a^2(y)}{y^{2m}} \right) - \frac{1}{2} \frac{d}{dy} \left( b(y) - \frac{a(y)}{y^m} \right),$$

$$g(y) = f(y) \exp \left\{ \frac{1}{2} \int_0^y \left( \frac{a(t)}{t^m} - b(t) \right) dt \right\}.$$

Отметим, что в частном случае  $a \equiv b \equiv c \equiv f \equiv 0$  условие (\*) справедливо тогда и только тогда, когда

$$\varphi(y) = \Psi(y^{m+1}) + y\Phi(y^{m+1}),$$

где  $\Psi$  и  $\Phi$  аналитичны в окрестности нуля.

Условие  $y^{-m}a(y) \in C[0, y_c]$  теоремы 2 является существенным. В самом деле, для уравнения

$$y^4 u_{xx} - u_{yy} + \alpha u_x = y^{m_0},$$

где  $\alpha \equiv \text{const} > 0$  и  $m_0$  — неотрицательное целое число, можно доказать, что для любого  $\rho > 0$  не найдется решения из класса  $A(\overline{D}^\rho)$ , удовлетворяющего условию  $u|_{AC\rho} = 0$ .

Институт математики СО АН СССР

(Поступило 15.9.1972)

მათემატიკა

ბ. კალმენოვი

კომის სახასიათო ამოცანის შესახებ გადაგვარებული ჰიპერბოლური განტოლების ერთი კლასისათვის

რეზიუმე

დადგენილია ცალსახა ამოხსნადობა კომის სახასიათო ამოცანის განტოლებისათვის

$$k(y)u_{xx} - u_{yy} + a(x, y)u_x + b(x, y)u_y + c(x, y)u = f(x, y),$$

სადაც  $k(y) > 0$ , როცა  $y > 0$  და  $k(0) = 0$  ზოგიერთ შეზღუდვაში, რომლებიც ედება განტოლების კოეფიციენტებს და მარჯვენა მხარეს.

MATHEMATICS

T. Sh. KALMENOV

## ON THE CHARACTERISTIC CAUCHY PROBLEM FOR A CLASS OF DEGENERATIVE HYPERBOLIC EQUATIONS

Summary

For the equation

$$k(y)u_{xx} - u_{yy} + a(x, y)u_x + b(x, y)u_y + c(x, y)u = f(x, y),$$

where  $k(y) > 0$  and  $y > 0$ ,  $k(0) = 0$ , a single-valued solution of the characteristic Cauchy problem is proved and certain restrictions are imposed on the coefficients.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. М. Нахушев. Дифференциальные уравнения, т. 7, № 1, 1971.
2. А. В. Бицадзе. Уравнения смешанного типа. М., 1959.
3. Т. Ш. Кальменов. Дифференциальные уравнения, т. 7, № 1, 1971.





А. Д. ЭБРАЛИДЗЕ

## О ЕДИНСТВЕННОСТИ КРАТНЫХ РЯДОВ ПО СИСТЕМЕ ХААРА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. П. Гокиели 25.1.1973)

В теории единственности тригонометрических рядов первым и основополагающим результатом является доказанная в 1872 г. теорема Кантора [1]. В настоящее время вопросы единственности простых тригонометрических рядов достаточно хорошо изучены разными авторами (см., например, [2], гл. IX; [3], гл. XIV).

За последние годы получены существенные результаты в направлении установления теорем типа теоремы единственности Кантора для различных ортогональных систем (Хаара, Уолша и т. д.). Для системы Хаара в этом направлении достаточно общий результат получен Ф. Г. Арутюняном и А. А. Талаляном [4].

Что касается кратных тригонометрических рядов, то следует отметить работу [5], в которой для двойных тригонометрических рядов доказана теорема, аналогичная известной теореме Валле-Пуассена [6].

Вопросы, связанные с единственностью кратных рядов по системе Хаара, Уолша и др., до сих пор не исследованы.

В данной статье приводится результат, который является обобщением соответствующей теоремы Ф. Г. Арутюняна и А. А. Талаляна [4] на случай  $n$ -кратных ( $n \geq 2$ ) рядов по системе Хаара.

Для формулировки основного результата нам понадобятся некоторые обозначения и определения.

Пусть  $R^n$  ( $n \geq 2$ ) — евклидово  $n$ -мерное пространство. Будем обозначать точки этого пространства  $(x_1, \dots, x_n)$ ,  $(y_1, \dots, y_n)$ , ..., соответствующими жирными буквами  $\mathbf{x}$ ,  $\mathbf{y}$ , ...

Пусть  $\mathbf{a} = (a_1, \dots, a_n)$  и  $\mathbf{b} = (b_1, \dots, b_n)$ .  $\mathbf{a} \leq \mathbf{b}$  ( $\mathbf{a} < \mathbf{b}$ ) означает, что  $a_j \leq b_j$  ( $a_j < b_j$ )  $j = 1, 2, \dots, n$ . Далее, будем предполагать, что  $\mathbf{0} = (0, \dots, 0)$ ,  $\mathbf{1} = (1, \dots, 1)$ ,  $J^n = \{\mathbf{t} : \mathbf{0} \leq \mathbf{t} \leq \mathbf{1}; \mathbf{t} \in R^n\}$ ,  $\bar{N}^n$  — множество всех точек  $R^n$  с целыми неотрицательными координатами.

Пусть теперь  $\chi_m(t)$  ( $m = 0, 1, \dots$ ) — ортонормированная на  $[0, 1]$ , полная в  $L[0, 1]$  система Хаара. Тогда функции Хаара на  $n$ -мерном единичном квадрате  $J^n$  определяются равенствами

$$\chi_i(\mathbf{t}) = \prod_{j=1}^n \chi_{i_j}(t_j) \quad (0 \leq \mathbf{t} \leq \mathbf{1}, \mathbf{i} \in \bar{N}^n).$$

СИМВОЛ

$$\sum_{i=0}^{\infty} c_i \chi_i(t), \quad (1)$$

где  $\{c_i\}$  ( $i \in \bar{N}^n$ ) — некоторая последовательность действительных чисел, называется кратным рядом по системе Хаара. Если для некоторой функции  $f \in L(J^n)$

$$c_i = \int_{J^n} f(t) \chi_i(t) dt, \quad i \in \bar{N}^n,$$

( $dt$  — элемент  $n$ -мерного объема), то ряд (1) называется кратным рядом Фурье—Хаара функции  $f$ .

Обозначим через  $T_j^\alpha$  ( $\alpha$  — действительное число,  $j = 1, 2, \dots, n$ ) оператор, отображающий  $R^n$  в  $R^n$  следующим образом: если  $x = (x_1, \dots, x_n)$ , то  $T_j^\alpha x = y$ , где  $y = (x_1, \dots, x_{j-1}, \alpha, x_{j+1}, \dots, x_n)$ .

Определение. Скажем, что ряд (1) обладает свойством  $G^n$ , если для любых фиксированных  $m_0 = (m_1^{(0)}, \dots, m_n^{(0)}) \in \bar{N}^n$  и  $x_0 = (x_1^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}) \in J^n$  выполняются соотношения

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \frac{c T_j^\alpha m_0}{\chi_{i_k}(x_0^{(j)})} = 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n),$$

где для фиксированных  $x_0$  и  $j$  последовательность  $i_k$  ( $k = 1, 2, \dots$ ) определяется условием

$$\chi_{i_k}(x_0^{(j)}) \neq 0.$$

Теорема. Пусть ряд (1) обладает свойством  $G^n$ . Предположим, что последовательность точек  $M_k$ , ( $k = 1, 2, \dots$ ) из  $\bar{N}^n$  удовлетворяет условиям

$$M_1 < M_2 < \dots,$$

$$\lim_{k \rightarrow \infty} M_j^{(k)} = +\infty \quad (j = 1, 2, \dots, n),$$

$$\frac{1}{\lambda} \leq \frac{M_i^{(k)}}{M_i^{(k)}} \leq \lambda \quad (i, j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots),$$

где  $\lambda \geq 1$ . Если последовательность прямоугольных частных сумм

$$S_{M_k}(t) \equiv \sum_{0 \leq i \leq M_k} c_i \chi_i(t)$$

ряда (1) сходится к некоторой функции  $f \in L(J^n)$  всюду на  $J^n$ , кроме, быть может, точек счетного объединения множеств, являющихся пересечением гиперплоскостей пространства  $R^n$  с  $J^n$ , то ряд (1) является рядом Фурье—Хаара функции  $f$ .

На примерах показано, что условия теоремы в определенном смысле являются окончательными.

Академия наук Грузинской ССР  
 Вычислительный центр

(Поступило 26.1.1973)

მათემატიკა

ა. ებრალიძე

ჰაარის ჯერადი მჭკრივების ერთადერთობის უმსახებ

რეზიუმე

მოყვანილია დებულება, რომელიც ეხება ჰაარის ჯერადი მჭკრივების ერთადერთობის საკითხს. კერძოდ, განზოგადოებულია ფ. არუთინიანისა და ა. ტალაღიანის [4] ერთი თეორემა.

MATHEMATICS

A. D. EBRALIDZE

## ON THE UNIQUENESS OF MULTIPLE HAAR SERIES

Summary

The result concerning the uniqueness of multiple Haar series is given. In particular a theorem of F. G. Arutjunjan and A. A. Talaljan [4] is generalized.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. G. Cantor. Math. Ann., 1872, 5, 123—132.
2. А. Зигмунд. Тригонометрические ряды, т. I. М., 1965.
3. Н. К. Бари. Тригонометрические ряды. М., 1961.
4. Ф. Г. Арутюнян, А. А. Талалаян. Изв. АН СССР, сер. мат., 28, № 6, 1964, 1391—1408.
5. J. M. Ash, G. V. Welland. Trans. Am. Math. Soc., vol. 63, 1972, 401—436.
6. Ch.—J. Vallée-Poussin. Bull. de l'Acad. Royale de Belgique, 1912, 702—718.



М. Р. ТЕТРУАШВИЛИ

## РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА МАГНУСА НА МАШИНЕ ТЬЮРИНГА И ВЕРХНЯЯ ОЦЕНКА СЛОЖНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЙ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. П. Гокнели 26.1.1973)

Для класса  $K'$  всех к.о. групп с одним определяющим соотношением В. Магнус [1, 2] положительно решил проблему тождества слов. Магнус решил и обобщенную проблему: дано собственное (возможно пустое) подмножество  $\{a_{i_1}, \dots, a_{i_r}\}$  множества образующих группы  $G \in K'$ ; найти алгоритм, устанавливающий, равно ли данное слово  $W \in G$  некоторому слову  $W'$  в алфавите  $\{a_{i_1}, \dots, a_{i_r}, a_{i_r}^{-1}, \dots, a_{i_1}^{-1}\}$ .

Проблема тождества слов для к.о. групп имеет прежде всего значение непосредственно для топологии. Кроме того, она вообще важна для изучения бесконечных групп. Известно [3], что проблема тождества слов и другие алгоритмические проблемы для ряда классов к.о. групп и к.о. полугрупп сводятся к проблеме тождества слов для класса  $K'$ . Поэтому представляют большой интерес реализация алгоритма Магнуса на машине Тьюринга и некоторая оценка сложности вычислений на этой машине.

1. Укажем на символы внешнего алфавита одноленточной машины с одной головкой, реализующей алгоритм Магнуса:  $a, a^{-1}, 0, 1, \dots, 9, \bar{0}, \bar{1}, \dots, \bar{9}, \circ, \circ, \neq, \Delta, =, \sim$  и те же символы с метками нескольких видов. Пусть  $G = \langle a_1, \dots, a_n; R = 1 \rangle \in K'$ . В начальный момент на ленте машины записано условие задачи: слово  $W$ , буква  $a_{i_1}$ , которая входит в  $R$  „по-настоящему“ [2] и которую нужно удалить из слова  $W$ , определяющее слово  $R$ . При этом каждое выражение  $a_i^\varepsilon$  ( $\varepsilon = \pm 1$ ) записывается на ленте как слово во внешнем алфавите машины  $\mathcal{M}$ :  $a_i^\varepsilon \widehat{i}$  (код  $(a_i^\varepsilon)$ ), где  $\widehat{i}$  — десятичная запись числа  $i$ . Массивы ячеек ленты, занятые записью слова  $W$ , буквы  $a_{i_1}$  и слова  $R$  отделяются друг от друга символами  $\neq$  и  $\circ$  соответственно. Говоря об образующих, мы будем иметь в виду их код.

Опишем основные этапы работы машины  $\mathcal{M}$ . Машина производит сокращение слова  $W$  и циклическое сокращение слова  $R$ .

а) Задача машины — удалить из слова  $W$  букву  $a_{i_1}$ . Пусть это удалось и получилось слово  $W'$ , равное  $W$  в  $G$  и не содержащее букву  $a_{i_1}$ . Тогда в силу „теоремы о свободе“ [2] слово  $W$  принадлежит свободной группе. Машина  $\mathcal{M}$  производит сокращения в  $W'$ . Слово  $W$  равно единице тогда и только тогда, когда в результате сокращений в  $W'$  получится пустое слово.



b) Машина  $\mathfrak{M}$  метит букву  $a_{i_1}$ , записанную между  $\#$  и  $\circ$ , того же вида выделяет в  $W$  первое подслово  $W_1$ , состоящее лишь из букв, входящих в слово  $R$ , и проверяет, удаляется ли из  $W_1$  буква  $a_{i_1}$ . Закончив проверку при любом результате, машина метит следующее подслово в слове  $W$ , состоящее лишь из букв, которые входят в  $R$ , и т. д.

Обработав все такие подслова в  $W$  и сделав сокращения, машина дает ответ, удаляется  $a_{i_1}$  из  $W$  или нет.

с) Пусть слово  $W$  целиком состоит из букв слова  $R$ . Если  $R$  — степень некоторой буквы, то для получения ответа машина удаляет из  $W$  вхождения слова  $R$ . Если же  $R$  не является степенью некоторой буквы, то первоначальная задача сводится к серии задач с более короткими определяющими словами. Возможны два случая:

Случай 1. Машина  $\mathfrak{M}$  обнаруживает в слове  $R$  букву  $a_{i_2}$  с суммой показателей нуль в  $R$  и записывает ее на ленте между записями слова  $R$  и буквы  $a_{i_1}$ , отделяя эти три записи символом  $\circ$ . Затем  $\mathfrak{M}$  элиминирует букву  $a_{i_2}$  в словах  $R$  и  $W$ . Для этого головка машины идет от начала слова  $R$  вправо и на ленте хранит число, равное сумме показателей буквы  $a_{i_2}$ , которые она прошла и стерла; встретив букву, отличную от  $a_{i_2}$ , переписывает ее, приписывает далее символ, и десятичную запись хранящегося числа. Последнее будем называть индексом буквы, к которой оно приписано через символ  $\circ$ ; при этом если это число отрицательное, то оно записывается в алфавите  $\{\bar{0}, \bar{1}, \dots, \bar{9}\}$ . Получается слово  $\bar{R}$ . Машина элиминирует букву  $a_{i_2}$  в слове  $W$  так же, как и выше, с той лишь разницей, что вышеуказанного рода запись непосредственно продолжается записью слова  $a_{i_2}^{\omega a_{i_2}}$ , где  $\omega a_{i_2}$  — сумма показателей буквы  $a_{i_2}$  в  $W$ .

Следующий этап работы машины  $\mathfrak{M}$  — подсчет разброса в  $\bar{R}$  и  $\bar{W}$  индексов буквы  $a_{i_3}$ , входящей в  $R$ , где  $\bar{\lrcorner}(a_{i_3} \bar{\circ} a_{i_1})$ , если  $a_{i_1} \bar{\circ} a_{i_3}$ , и  $a_{i_3} \bar{\circ} a_{i_1}$ , если  $\bar{\lrcorner}(a_{i_1} \bar{\circ} a_{i_3})$  ( $\bar{\circ}$  — графическое равенство). Пусть  $m_0$  и  $m_1$ , соответственно  $\mu'_0$  и  $\mu'_1$  — наименьший и наибольший индексы, с которыми буква  $a_{i_3}$  входит в  $\bar{R}$  и соответственно в  $\bar{W}$ .

Первоначальная задача сводится к задаче удаления из слова  $\bar{W}$  всех букв  $a_{i_3}$  с индексом от  $\mu'_0$  до  $\mu'_1$  в случае  $a_{i_3} \bar{\circ} a_{i_1}$  или же всех букв, входящих в  $\bar{W}$ , кроме букв  $a_i$  с индексом нуль в случае  $\bar{\lrcorner}(a_{i_3} \bar{\circ} a_{i_1})$ .

Если  $\mu'_1 - \mu'_0 < m_1 - m_0$ , то слово  $\bar{W}$  не преобразуемо и, пересматривая сокращенное слово  $W$ , машина  $\mathfrak{M}$  выдает ответ. Пусть  $\mu'_1 - \mu'_0 \geq m_1 - m_0$ . Обозначим  $\mu_0 = \min(0, \mu'_0)$ ,  $\mu_1 = \max(m_1 - m_0, \mu'_1)$ . Из слова  $\bar{W}$  удаляем, если возможно, букву  $a_{i_3}$  с индексами от  $\mu_0$  до  $\mu_1$ , пользуясь серией определяющих соотношений:

$$\bar{R}_{\mu_0 - m_0} = 1, \bar{R}_{\mu_0 - m_0 + 1} = 1, \dots, \bar{R}_{-m_0} = 1, \dots, \bar{R}_{\mu_1 - m_1} = 1, \quad (*)$$

где  $\bar{R}_j$  получается из  $\bar{R}$  так: в слове  $\bar{R}$  индекс каждой буквы увеличивается на число  $j$  ( $j$  — целое число); при этом соотношением  $\bar{R}_j = 1$  при



$-m_0 \leq j \leq \mu_1 - m_1$  удаляется буква  $a_{i_3}$  с индексом  $j + m_1$ , а при  $\mu_0 - m_0 \leq j < -m_0$  — буква  $a_{i_3}$  с индексом  $j + m_0$ .

Машина  $\mathfrak{M}$  по следующему определяющему слову из серии (\*) может выписать предыдущее, поэтому вместо слова  $\bar{R}$  на ленте записываются слова  $\bar{R}_{\mu_0 - m_0}$ ,  $\bar{R}_{-m_0}$  и  $\bar{R}_{\mu_1 - m_1}$  вместе с той буквой, которая будет удаляться соответствующим соотношением, разумеется с нужными разделяющими символами. Очевидно, что длина каждого слова  $\bar{R}_j$  из серии (\*) меньше, чем длина слова  $R$ . Машина метит в слове  $\bar{W}$  подслово, состоящее лишь из букв, входящих в  $\bar{R}_{\mu_1 - m_1}$ , и проверяет, удаляется ли из этого слова буква  $a_{i_3}$  с индексом  $m_1 + (\mu_1 - m_1) = \mu_1$ .

Случай 2. Машина  $\mathfrak{M}$  обнаружила, что ни одна буква, входящая в определяющее слово, не имеет сумму показателей нуль (это может случиться уже со словом  $\bar{R}_{\mu_1 - m_1}$ ). Сведем этот случай к случаю 1. Пусть суммы показателей букв  $a_{i_1}$  и  $a_{i_2}$  в слове  $R$  суть  $r_{a_1}$  и  $r_{a_2}$  соответственно. Вводим новые буквы согласно формулам

$$a_{i_2} = \tilde{a}_{i_2}^{r_{a_1}}, \quad a_{i_1} = \tilde{a}_{i_1} \tilde{a}_{i_2}^{-r_{a_2}}. \quad (**)$$

Равенства (\*\*) записываются на ленте машины  $\mathfrak{M}$ , причем код  $(\tilde{a}_{i_2}) \stackrel{\ominus}{\sim}$  код  $(a_{i_2}) \sim$ , код  $(\tilde{a}_{i_2}^{-1}) \stackrel{\ominus}{\sim}$  код  $(a_{i_2}^{-1}) \sim$ .  $\mathfrak{M}$  производит подстановку в словах  $R$  и  $W$  согласно (\*\*). Получаем слова  $\tilde{R}$  и  $\tilde{W}$ . Сумма показателей буквы  $\tilde{a}_{i_2}$  в  $\tilde{R}$  равна нулю. Дальнейшие операции аналогичны случаю 1: из слова  $\tilde{W}$  удаляется буква  $\tilde{a}_{i_1}$  (если из  $W$  требовалось удалить букву  $a_{i_1}$ ) с помощью определяющего соотношения  $\tilde{R} = 1$ . Если машина установила, что  $\tilde{a}_{i_1}$  удаляется из  $\tilde{W}$ , то она переписывает полученное после удаления  $\tilde{a}_{i_1}$  слово в прежних обозначениях согласно (\*\*). Если же установлено, что  $\tilde{a}_{i_1}$  не удаляется из  $\tilde{W}$ , то (переписывать переработанное слово в прежних обозначениях, вообще говоря, невозможно) из слова  $W$  буква  $a_{i_1}$  не удаляется.

Нетрудно видеть, что число случаев 1 и число случаев 2, необходимых для выдачи окончательного ответа машиной  $\mathfrak{M}$ ,  $\leq n/2$  и  $\leq n/3$  соответственно, где  $n$  — длина слова  $R$ :  $n = d(R)$ .

2. В качестве критерия сложности вычислений на машине  $\mathfrak{M}$  будет употребляться сигнализирующая емкости [4].

Определение. Сигнализирующей емкости машины Тьюринга  $\mathfrak{M}$  будем называть функцию  $s = s_{\mathfrak{M}}(W)$ , значение которой для слова  $W$  равно числу ячеек ленты машины  $\mathfrak{M}$ , используемых машиной  $\mathfrak{M}$  при переработке слова  $W$ , если машина останавливается, и не определено в противном случае.

Обозначим  $s_{\mathfrak{M}}(x) = \max_{d(W) \leq x} s_{\mathfrak{M}}(W)$ , где  $x$  — натуральное число.



Теорема.

$$s_{\mathfrak{M}}(W) \leq s_{\mathfrak{M}}(x) \leq \left. \begin{matrix} n!x \\ n \\ \cdot \\ \cdot \\ n \\ n \end{matrix} \right\} n,$$

где  $x = \partial(W)$ ,  $n = \partial(R)$ . Следовательно, при фиксированном  $n$  функции  $s = s_{\mathfrak{M}}(x)$  ограничена элементарной по Кальмару функцией.

Тбилисский государственный университет  
Институт прикладной математики

(Поступило 1.2.1973)

მათემატიკა

ა. თეთრაშვილი

მაგნუსის ალგორითმის რეალიზაცია ტიურინგის მანქანაზე და  
ბამოთვლების სირთულის ზედა შეფასება

რ ე ი მ ე

მაგნუსის ალგორითმი, რომელიც სიტყვათა იგივეობის პრობლემას წყვეტს ერთ განმსაზღვრელთანა ფარდობიან  $G$  ჯგუფთა კლასისათვის, რეალიზებულია ერთფირიან და ერთთავაკიან ტიურინგის  $\mathfrak{M}$  მანქანაზე. მიღებულია  $\mathfrak{M}$  მანქანის მიერ  $W = 1?$  კითხვაზე პასუხის გასაცემად გამოყენებულ უკრედა რაოდენობის ზედა შეფასება.

MATHEMATICS

M. R. TETRASHVILI

THE REALIZATION OF THE MAGNUS ALGORITHM ON TURING'S  
MACHINE AND THE UPPER ESTIMATE OF COMPLEXITY OF  
COMPUTATIONS

Summary

The Magnus algorithm which solves the word identity problem for a class of all finitely defined groups  $G$  with one defining relation has been realized on Turing's machine  $\mathfrak{M}$  with a single tape. The upper estimate has been obtained for the number of tape squares used by the machine  $\mathfrak{M}$  for answering the question  $W = 1?$

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. Магнус. УМН, вып. 8, 365—376.
2. W. Magnus, A. Karrass, D. Solitar. Combinatorial Group Theory, New York—London—Sydney, 1966.
3. С. И. А д я н. Труды Матем. ин-та им. В. А. Стеклова, 85, 1966.
4. Б. А. Трахтенброт. Сложность алгоритмов и вычислений. Новосибирск, 1967.



Д. А. ШУЛЯЯ

К НАХОЖДЕНИЮ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ РЕШЕНИЙ  
 МНОГОСКОРОСТНОГО УРАВНЕНИЯ ПЕРЕНОСА

(Представлено академиком И. Н. Векуа 27.12.1972)

Предлагается обобщение метода Кейса [1] на плоские многолин. скоростные задачи переноса в предположении постоянства полного сечения взаимодействия. Дан метод нахождения элементарных решений однородного уравнения.

В области  $x \in (-\infty, +\infty)$ ,  $\mu \in [-1, +1]$ ,  $\lambda \in [a, b]$  рассмотрим уравнение

$$\mu \frac{\partial \Psi}{\partial x} + \Psi(x, \mu, \lambda) = \int_a^\lambda d\lambda' \int_{-1}^{+1} d\mu' K(\mu, \lambda; \mu', \lambda') \Psi(x, \mu', \lambda'), \quad (1)$$

где  $K(\mu, \lambda; \mu', \lambda')$  — непрерывная функция своих аргументов при  $-1 \leq \mu, \mu' \leq 1$ ,  $a \leq \lambda, \lambda' \leq b$ , удовлетворяющая условиям  $H^*$  относительно  $\mu$  и  $\mu'$  [2].

Будем искать решения уравнения (1) в виде

$$\Psi(x, \mu, \lambda) = e^{-x/\nu} \Phi_\nu(\mu, \lambda), \quad (2)$$

где  $\nu$  — произвольное комплексное число. В дальнейшем решения вида (2) будем называть элементарными решениями уравнения (1).

Подставляя выражение (2) в (1), для функции  $\Phi_\nu(\mu, \lambda)$  получаем линейное однородное уравнение

$$\left(1 - \frac{\mu}{\nu}\right) \Phi_\nu(\mu, \lambda) = \int_a^\lambda d\lambda' \int_{-1}^{+1} d\mu' K(\mu, \lambda; \mu', \lambda') \Phi_\nu(\mu', \lambda'). \quad (3)$$

Можно показать, что при  $\nu \in [-1; +1]$  уравнение (3) имеет лишь тривиальное решение; при  $\nu \in [-1, +1]$  оно не имеет решений в обычном смысле, но допускает обобщенные решения в смысле Соболева в виде

$$\Phi_\nu(\mu, \lambda) = \frac{\nu A(\nu, \mu, \lambda)}{\nu - \mu} + \Lambda(\nu, \lambda) \delta(\nu - \mu), \quad (4)$$

где  $\delta(x)$  — функция Дирака, а функции  $A(\nu, \mu, \lambda)$  и  $\Lambda(\nu, \lambda)$  связаны уравнением

$$A(\nu, \mu, \lambda) = \int_a^\lambda d\lambda' \int_{-1}^{+1} d\mu' K(\mu, \lambda; \mu', \lambda') \frac{\nu A(\nu, \mu', \lambda')}{\nu - \mu'} +$$

$$+ \int_a^\lambda K(\mu, \lambda; \mu', \lambda') \Lambda(\nu, \lambda') d\lambda'. \quad (5)$$

В дальнейших наших рассуждениях основную роль играет Теорема 1. *Функции  $A(\nu, \mu, \lambda)$  и  $\Lambda(\nu, \lambda)$ , удовлетворяющие уравнению (5), допускают представления*

$$A(\nu, \mu, \lambda) = \int_a^\lambda A_1(\nu, \zeta; \mu, \lambda) R(\nu, \zeta) d\zeta, \quad (6)$$

$$\Lambda(\nu, \lambda) = R(\nu, \lambda) + \int_a^\lambda B(\nu, \zeta, \lambda) R(\nu, \zeta) d\zeta. \quad (7)$$

где  $R(\nu, \lambda)$  — произвольная функция, непрерывная по  $\lambda$  и удовлетворяющая условию  $H^*$  относительно  $\nu$ ;  $A_1(\nu, \zeta; \mu, \lambda)$  — решение интегрального уравнения с ядром, имеющим слабую особенность:

$$A_1(\nu, \zeta; \mu, \lambda) = \int_a^\lambda d\lambda' \int_{-1}^{+1} d\mu' \frac{K(\mu, \lambda; \mu', \lambda') - K(\mu, \lambda; \nu, \lambda')}{\nu - \mu'} \nu A_1(\nu, \zeta; \mu', \lambda') + K(\mu, \lambda; \nu, \zeta),$$

а  $B(\nu, \zeta, \lambda)$  выражается через  $A_1(\nu, \zeta; \mu, \nu)$ :

$$B(\nu, \zeta, \lambda) = - \int_{-1}^{+1} \frac{\nu A_1(\nu, \zeta; \mu, \lambda)}{\nu - \mu} d\mu.$$

Таким образом, решения  $\Phi_\nu(\mu, \lambda)$  однородного уравнения (3) при  $\nu \in ]-1; +1[$  образуют множество, каждый элемент которого определяется однозначно заданием функции  $R(\nu, \zeta)$ . Важное свойство множества  $\Phi_\nu(\mu, \lambda)$  состоит в том, что произвольную функцию  $\psi(\mu, \lambda)$ , непрерывную по  $\lambda$  и удовлетворяющую условию  $H^*$  по  $\mu$  из области  $D: \{-1 \leq \mu \leq 1, a \leq \lambda \leq b\}$ , можно представить в виде интеграла

$$\psi(\mu, \lambda) = \int_{-1}^{+1} \Phi_\nu(\mu, \lambda) d\nu, \quad (8)$$

и это представление (8) единственно. Чтобы убедиться в этом, подставим в интеграл (8) вместо  $\Phi_\nu(\mu, \lambda)$  выражение (4), тогда будем иметь

$$\begin{aligned} \psi(\mu, \lambda) = & R(\mu, \lambda) + \int_a^\lambda d\zeta \int_{-1}^{+1} d\mu' \frac{\mu A_1(\mu, \zeta; \mu', \lambda)}{\mu' - \mu} R(\mu, \zeta) + \\ & + \int_a^\lambda d\zeta \int_{-1}^{+1} d\nu \frac{\nu A_1(\nu, \zeta; \mu, \lambda)}{\nu - \mu} R(\nu, \zeta). \end{aligned} \quad (9)$$





На основе теории сингулярных интегральных уравнений [3] доказывается

**Теорема 2.** *Интегральное уравнение (9) относительно  $R(\mu, \lambda)$  имеет единственное решение, удовлетворяющее по  $\mu$  условию  $H^*$  и непрерывное по  $\lambda$  в области  $D$ .*

Из этой теоремы вытекает справедливость нашего утверждения о существовании и единственности представления (8).

Наряду с уравнением (1), рассмотрим сопряженное с ним уравнение

$$-\mu \frac{\partial \Psi^*}{\partial x} + \Psi^*(x, \mu, \lambda) = \int_{\lambda}^b d\lambda' \int_{-1}^{+1} d\mu' K(\mu', \lambda'; \mu, \lambda) \Psi^*(x, \mu', \lambda').$$

Как и выше, построим для него элементарные решения

$$\Psi^*(x, \mu, \lambda) = e^{x/\nu} \Phi_v^*(\mu, \lambda).$$

Функции  $\Phi_v^*(\mu, \lambda)$  являются решениями однородного уравнения

$$\left(1 - \frac{\mu}{\nu}\right) \Phi_v^*(\mu, \lambda) = \int_{\lambda}^b d\lambda' \int_{-1}^{+1} d\mu' K(\mu', \lambda', \mu, \lambda) \Phi_v^*(\mu', \lambda'), \quad (10)$$

сопряженного с уравнением (4). Решения уравнения (10) образуют класс  $\Phi_v^*(\mu, \lambda)$ , обладающий свойствами, аналогичными свойствам функций  $\Phi_v(\mu, \lambda)$ . При этом решения уравнений (4) и (10) связаны соотношением ортогональности

$$\int_a^b \int_{-1}^{+1} \mu \Phi_v(\mu, \lambda) \Phi_{v'}^*(\mu, \lambda) d\mu d\lambda = 0 \quad \text{при } v \neq v'. \quad (11)$$

Исходя из теоремы 2 и используя соотношение ортогональности, уравнение (9) можно привести к интегральному уравнению Вольтерра с непрерывным ядром:

$$R(\mu, \lambda) + \int_a^{\lambda} \bar{K}(\mu, \lambda, \zeta) R(\mu, \zeta) d\zeta = \bar{\psi}(\mu, \lambda),$$

где  $\bar{K}(\mu, \lambda, \zeta)$  и  $\bar{\psi}(\mu, \lambda)$  — известные функции.

Применения полученных элементарных решений к краевым задачам переноса будут рассмотрены отдельно.

Тбилисский государственный университет  
Институт прикладной математики

(Поступило 2.2.1973)

დ. შულაია

გადატანის მრავალსიჩქარიანი განტოლების ელემენტარულ  
 ამოხსნათა მოძიებისათვის

**რეზიუმე**

სტატია ეძღვნება  $\gamma$ -ქვანტების გადატანის ამოხსნის მეთოდს ბრტყელ გეომეტრიაში ანიზოტროპული დაბნევისა და ენერგეტიკული დამოკიდებულების დროს.

MATHEMATICS

D. A. SHULAIA

ON THE FINDING OF THE ELEMENTARY SOLUTIONS OF A  
 MULTIVELOCITY TRANSPORT EQUATION

Summary

The paper is devoted to the method of solving the  $\gamma$ -ray equation in plane geometry in the case of anisotropic scattering and energy dependence.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. K. M. Case. Ann. Phys. (N. Y.) 9, 1 (1960).
2. R. J. Bednarz and J. R. Mika. J. Math. Phys., v. 4 № 9 (1963).
3. Н. И. Мухелишвили. Сингулярные интегральные уравнения. М., 1968.



М. А. КАКАБАДЗЕ

ОБ ОДНОЙ СИНГУЛЯРНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧЕ ДЛЯ СИСТЕМЫ  
 ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

(Представлено академиком В. Д. Купрадзе 30.1.1973)

Рассматривается краевая задача

$$\frac{dx_i}{dt} = f_i(t, x_1, \dots, x_n) \quad (i = 1, \dots, n), \quad (1)$$

$$\int_{a_i}^{b_i} x_i(t) d\varphi_i(t) = 0 \quad (i = 1, \dots, n), \quad (2)$$

где  $-\infty < a \leq a_i < b_i \leq b < +\infty$  ( $i = 1, \dots, n$ ), каждая функция  $\varphi_i(t)$  не убывает на  $[a_i, b_i]$  и  $\varphi_i(b_i) - \varphi_i(a_i) > 0$  ( $i = 1, \dots, n$ ). Частным случаем задачи (1), (2) является, например, задача Коши—Николетти

$$x_i(t_i) = 0 \quad (i = 1, \dots, n). \quad (3)$$

В регулярном случае, когда функции  $f_i(t, x_1, \dots, x_n)$  ( $i = 1, \dots, n$ ) либо непрерывны, либо удовлетворяют условиям Каратеодори, задача (1), (2) исследована в [1], а задача (1), (3)—в [2—4]. В сингулярном случае, когда функции  $f_i(t, x_1, \dots, x_n)$  ( $i = 1, \dots, n$ ), вообще говоря, не являются суммируемыми по  $t$  на отрезке  $[a, b]$ , задача (1), (3) исследована в [5]. Здесь мы приведем некоторые новые результаты разрешимости задачи (1), (2) в сингулярном случае.

Через  $D_{ab}^n$  обозначим область

$$D_{ab}^n = \{(t, x_1, \dots, x_n) : a < t < b, -\infty < x_1, \dots, x_n < +\infty\}.$$

Запись  $f(t, x_1, \dots, x_n) \in K(a, b)$  означает, что функция  $f(t, x_1, \dots, x_n)$  определена в области  $D_{ab}^n$  и удовлетворяет локальным условиям Каратеодори, т. е. почти при всех  $t \in [a, b]$   $f(t, x_1, \dots, x_n)$  непрерывна по  $x_1, \dots, x_n$  во всем  $n$ -мерном евклидовом пространстве  $E^n$ , измерима по  $t$  на отрезке  $[a, b]$  при любом  $(x_1, \dots, x_n) \in E^n$  и для каждого  $r \in (0, +\infty)$ :

$$f^*(t, r) = \sup \{|f(t, x_1, \dots, x_n)| : |x_k| \leq r \ (k = 1, \dots, n)\} \in L(a, b).$$

Под  $L(a, b; t_1, \dots, t_m)$  и  $K(a, b; t_1, \dots, t_m)$  будем понимать множество всех функций, принадлежащих соответственно  $L(\alpha, \beta)$  и  $K(\alpha, \beta)$  для любого промежутка  $[\alpha, \beta] \subset [a, b]$ , который не содержит точек  $t_i$  ( $i = 1, \dots, m$ ).

Скажем, что нестратегическая матрица  $A(t) = (a_{ij}(t))_{ij=1}^n$  принадлежит множеству  $N_0(a, b)$ , если  $a_{ij}(t) \in L(a, b)$  ( $i, j = 1, \dots, n$ ) и система дифференциальных неравенств



$$|x'_i(t)| \leq \sum_{j=1}^n a_{ij}(t) |x_j(t)| \quad \text{при } a < t < b \quad (i = 1, \dots, n)$$

не имеет абсолютно непрерывного на  $[a, b]$  нетривиального решения  $x_1(t), \dots, x_n(t)$ , удовлетворяющего условиям

$$\min \{|x_i(t)| : a \leq t \leq b\} = 0 \quad (i = 1, \dots, n).$$

Под решением задачи (1), (2) понимаются абсолютно непрерывные на  $[a, b]$  функции  $x_i(t)$  ( $i = 1, \dots, n$ ), почти всюду на  $[a, b]$  удовлетворяющие системе (1) и условиям (2).

Всюду ниже мы будем предполагать, что

$$f_i(t, x_1, \dots, x_n) \in K(a, b; \tau_{i1}, \dots, \tau_{imi}) \quad (i = 1, \dots, n),$$

где  $\tau_{ij} \in [a_i, b_i]$ .

Справедливы следующие теоремы:

**Теорема 1.** Пусть в области  $D_{ab}^n$  соблюдаются неравенства

$$f_i(t, x_1, \dots, x_n) \operatorname{sign}(x_i - c_{i1}) \leq -a_i(t) |x_i - c_{i1}| + \sum_{j=1}^n a_{ij}(t) |x_j| + h_i \left( t, \sum_{j=1}^n |x_j| \right) \quad \text{при } a_i \leq t \leq b \quad (i = 1, \dots, n) \quad (4)$$

и

$$f_i(t, x_1, \dots, x_n) \operatorname{sign}(x_i - c_{i2}) \geq a_i(t) |x_i - c_{i2}| - \sum_{j=1}^n a_{ij}(t) |x_j| - h_i \left( t, \sum_{j=1}^n |x_j| \right) \quad \text{при } a \leq t \leq b_i \quad (i = 1, \dots, n), \quad (5)$$

где  $c_{i1}$  и  $c_{i2}$  ( $i = 1, \dots, n$ ) — постоянные,  $A(t) = (a_{ij}(t))_{i,j=1}^n \in N_0(a, b)$ , а функции  $a_i(t)$  ( $i = 1, \dots, n$ ) неотрицательны,  $a_i(t) \in L(a, b; \tau_{i1}, \dots, \tau_{imi})$  и для любого сколь угодно малого  $\delta > 0$

$$\left| \int_{\tau_{ij} - \delta}^{\tau_{ij}} a_i(s) ds \right| = +\infty \quad (j = 1, \dots, m_i; i = 1, \dots, n).$$

Пусть, кроме того, функции  $h_i(t, \rho) \in K(a, b)$  ( $i = 1, \dots, n$ ) неотрицательны, не убывают по  $\rho$  в промежутке  $[0, +\infty)$  и

$$\lim_{\rho \rightarrow +\infty} \frac{1}{\rho} \int_a^b h_i(t, \rho) dt = 0 \quad (i = 1, \dots, n).$$

Тогда задача (1), (2) разрешима.

**Следствие.** Пусть в области  $D_{ab}^n$  соблюдаются неравенства (4) и (5), где  $c_{i1}$  и  $c_{i2}$  ( $i = 1, \dots, n$ ) — постоянные, функции  $a_i(t)$  и  $h_i(t, \rho)$  ( $i = 1, \dots, n$ ) удовлетворяют условиям теоремы 1. Пусть, кроме того, неотрицательная матрица  $A(t) = (a_{ij}(t))_{i,j=1}^n$  удовлетворяет одному из следующих двух условий:

1)  $a_{ij}(t) \in L(a, b)$  ( $i, j = 1, \dots, n$ ) и

$$\int_a^b \left\{ \sum_{i=1}^n \left[ \sum_{j=1}^n a_{ij}^q(t) \right]^{p/q} \right\}^{1/p} dt \leq (p-1)^{1/p} \left( \frac{p}{\pi} \sin \frac{\pi}{p} \right)^{-1},$$

где  $p \in (1, +\infty)$  и  $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1$ ;

2)  $A(t) \equiv A$  — постоянная матрица и все ее собственные числа по модулю меньше, чем  $\frac{\pi}{2(b-a)}$ .

Тогда задача (1), (2) разрешима.

**Теорема 2.** Пусть в области  $D_{ab}^n$  соблюдаются неравенства

$$f_1(t, x_1, \dots, x_n) \operatorname{sign}(x_1 - c_{11}) \leq -a_1(t) |x_1 - c_{11}| + h_1(t) \omega_1(|x_1 - c_{11}|)$$

и при  $a_1 \leq t \leq b$ ,

$$f_i(t, x_1, \dots, x_n) \operatorname{sign}(x_i - c_{i1}) \leq -a_i(t) |x_i - c_{i1}| + h_i(t, |x_1|, \dots, |x_{i-1}|) \omega_i(|x_i - c_{i1}|)$$

и при  $a_i \leq t \leq b$  ( $i = 2, \dots, n$ )

и

$$f_1(t, x_1, \dots, x_n) \operatorname{sign}(x_1 - c_{12}) \geq a_1(t) |x_1 - c_{12}| - h_1(t) \omega_1(|x_1 - c_{12}|)$$

и при  $a \leq t \leq b_1$ ,

$$f_i(t, x_1, \dots, x_n) \operatorname{sign}(x_i - c_{i2}) \geq a_i(t) |x_i - c_{i2}| - h_i(t, |x_1|, \dots, |x_{i-1}|) \omega_i(|x_i - c_{i2}|)$$

и при  $a \leq t \leq b_i$  ( $i = 2, \dots, n$ ),

где  $c_{i1}$  и  $c_{i2}$  ( $i = 1, \dots, n$ ) — постоянные, функции  $a_i(t)$  ( $i = 1, \dots, n$ ) удовлетворяют условиям теоремы 1. Пусть, далее, функции  $h_1(t) \in L(a, b)$  и  $h_i(t, x_1, \dots, x_{i-1}) \in K(a, b)$  ( $i = 2, \dots, n$ ) неотрицательны, а  $\omega_i(t)$  ( $i = 1, \dots, n$ ) — такие непрерывные и положительные в промежутке  $[0, +\infty)$  функции, что

$$\int_0^{+\infty} \frac{dt}{\omega_i(t)} = +\infty \quad (i = 1, \dots, n).$$

Тогда задача (1), (2) разрешима.

**Теорема 3.** Если в области  $D_{ab}^n$  соблюдаются неравенства

$$[f_i(t, x_{11}, \dots, x_{1n}) - f_i(t, x_{21}, \dots, x_{2n})] \operatorname{sign}(x_{1i} - x_{2i}) \leq$$

$$\leq \sum_{j=1}^n a_{ij}(t) |x_{1j} - x_{2j}| \quad \text{и при } a_i \leq t \leq b \quad (i = 1, \dots, n) \quad (6)$$

и

$$[f_i(t, x_{11}, \dots, x_{1n}) - f_i(t, x_{21}, \dots, x_{2n})] \operatorname{sign}(x_{1i} - x_{2i}) \geq$$

$$\geq - \sum_{j=1}^n a_{ij}(t) |x_{1j} - x_{2j}| \quad \text{и при } a \leq t \leq b_i \quad (i = 1, \dots, n) \quad (7)$$

где  $A(t) = (a_{ij}(t))_{i,j=1}^n \in \mathcal{N}_0(a, b)$ , то задача (1), (2) имеет не более одного решения.



Следствие. Если в области  $D_{ab}^n$  соблюдаются неравенства (6) (7), где матрица  $A(t) = (a_{ij}(t))_{i,j=1}^n$  удовлетворяет либо условию 1), либо условию 2) следствия теоремы 1, то задача (1), (2) имеет не более одного решения.

Тбилисский государственный университет  
 Институт прикладной математики

(Поступило 2.2.1973)

მათემატიკა

მ. კაკაბაძე

ერთი სინგულარული სასაზღვრო ამოცანის შესახებ ჩვეულებრივ  
 დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემებისათვის

რეზიუმე

დადგენილია (1), (2) ამოცანის ამოხსნის არსებობისა და ერთადერთობის საკმარისი პირობები იმ შემთხვევაში, როცა  $f_i(t, x_1, \dots, x_n)$  ( $i = 1, \dots, n$ ) ფუნქციები საზოგადოდ არ არიან ჯამებადი  $t$ -ს მიმართ  $[a, b]$  სეგმენტზე.

MATHEMATICS

M. A. KAKABADZE

ON ONE SINGULAR BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR THE  
 SYSTEM OF ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATIONS

Summary

The boundary value problem (1), (2) is considered, where the functions  $f_i(t, x_1, \dots, x_n)$  ( $i = 1, \dots, n$ ) are in general nonsummable on the segment  $[a, b]$ .

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Б. В. Кведарас, А. В. Кибенко, А. И. Перов. Литовский матем. сб., т. V, № 1, 1965, 69.
2. O. Nicoletti. Atti. della R. Acad. Sci. Torino, v. 33, 1897, 746.
3. A. Lasota. Zeszyty Nauk, UI. Prace Math., v. 11, 1966, 41.
4. А. И. Перов, А. В. Кибенко. Изв. АН СССР, сер. матем., т. 30, № 2, 1966, 249.
5. И. Т. Кигурадзе. ДАН СССР, т. 186, № 4, 1969, 769.





А. Д. СЕПИАШВИЛИ

О СВЕДЕНИИ ВОЛНОВЫХ СИСТЕМ МЕХАНИКИ  
 С КОМПЛЕКСНОЙ НАГРУЗКОЙ НА КОНЦАХ К СИСТЕМАМ  
 С КОНЕЧНЫМ ЧИСЛОМ СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ

(Представлено академиком А. А. Дзидзигури 8.12.1972)

Аналитическое исследование волновых систем при сложных граничных условиях затруднено. Этим обусловлена актуальность их сведения к системам с конечным числом степеней свободы.

В работе [1] предложен способ приближенного представления описывающих волновые системы операторных трансцендентных полиномов вида

$$Z_{\text{вх}} = Z \frac{Z_l + Z \operatorname{th} \gamma l}{Z + Z_l \operatorname{th} \gamma l} \quad (1)$$

суммой дробных рациональных функций

$$W = k \sum_{n=0}^m \frac{i\omega RC + (2n + 1)}{(i\omega)^2 RLC + i\omega L + (2n + 1)^2 R} \quad (2)$$

при активных нагрузках  $Z_l, Z_0$  на концах.

В случае комплексных  $Z_l, Z_0$  подход, принятый в [1], к решению задачи непригоден.

Представляя  $\gamma l$  приближенной формулой

$$\gamma l \approx \sqrt{R_n G_n} l + i\omega \sqrt{L_n C_n} l = \beta + i\omega\alpha,$$

будем трактовать (2) как разложение функции

$$\operatorname{th}(\beta + i\omega\alpha) = \frac{\operatorname{th} \beta + i \operatorname{tg} \omega\alpha}{1 + i \operatorname{th} \beta \operatorname{tg} \omega\alpha} \quad (3)$$

В отличие от (1), вместо  $\frac{Z_l}{Z}$  в выражении (3) имеем  $\operatorname{th} \beta$ . Следует отметить, что если величина  $\frac{Z_l}{Z}$  могла изменяться в пределах  $0 < \frac{Z_l}{Z} < 1$ , то тангенс угла потерь  $\operatorname{th} \beta$  в реальных системах представляет обычно малую величину. Это позволяет значительно упростить методику расчета коэффициентов  $L, C$ , изложенную в [1].

Из условия равенства амплитуд  $\operatorname{th} \gamma l$  и  $W$  при  $\omega=0$  имеем

$$R = c \operatorname{th} \beta. \quad (4)$$



Потребуем равенства модулей и фаз  $th\gamma l$  и первого слагаемого  $W$  при  $\omega = \omega_p$ . При этом предполагается, что соответствующие модули при  $\omega = \omega_p$  равны, но максимум амплитудно-частотной характеристики первого слагаемого  $W$  может не достигаться на этой частоте.

Из условия равенства фаз имеем

$$L = \frac{R^2 C}{R^2 C^2 \left( \frac{\pi}{2\alpha} \right)^2 + 1} \cdot \quad (5)$$

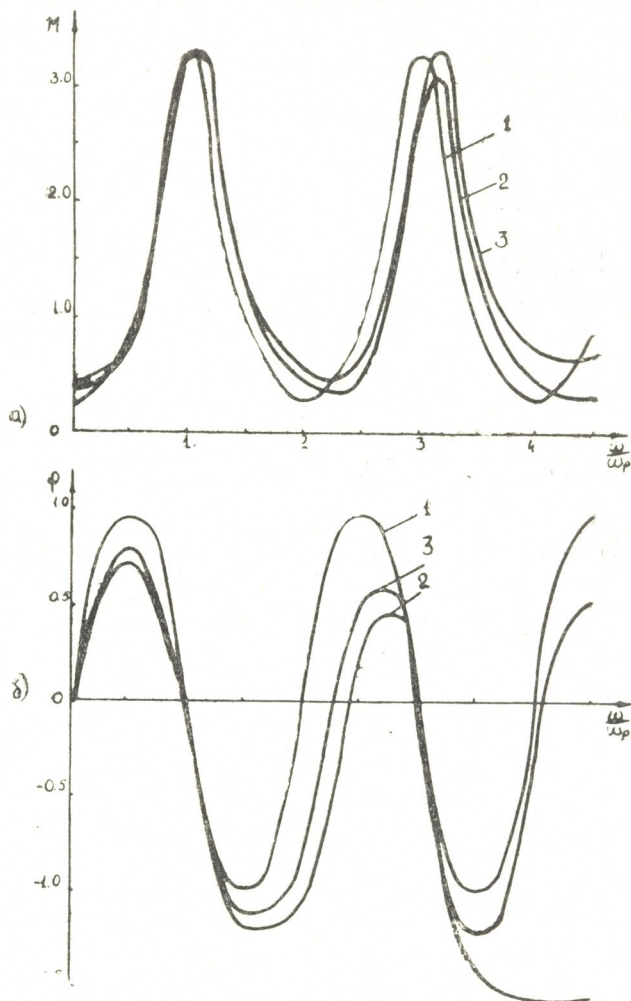


Рис. 1

Приравнявая модуль первого слагаемого  $W$  при  $\omega = \omega_p$  максимальному модулю  $th\gamma l$ , равному  $cth\beta$ , и решая полученное уравнение совместно с (5), получаем

$$L = C = \frac{2\alpha}{\pi} \sqrt{1 - th^2 \beta} \cdot \quad (6)$$



Изложенная методика дает возможность отобразить приближенно  $m + 1$  гармоник функции (3) при  $0 < th\beta \leq 0,5$ . С уменьшением  $th\beta$  точность приближения повышается.

Поправочный коэффициент  $k = 1$  при  $0 < th\beta \leq 0,1$ ;  $k = 1,04 - 0,4 th\beta$  при  $0,1 < th\beta \leq 0,5$ .

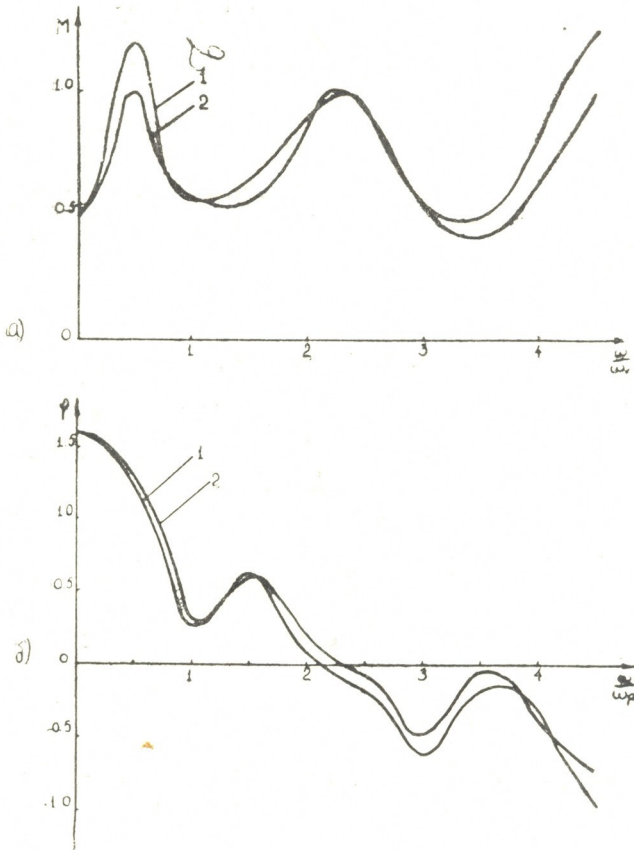


Рис. 2

В качестве иллюстрации точности предполагаемого способа на рис. 1, а, б для  $th\beta = 0,3$  приведены модуль и фаза  $th\gamma l$  (кривая 1) и аппроксимирующего полинома при  $m=1$  (кривая 2) и  $m=2$  (кривая 3).

На рис. 2, а, б представлены модуль и фаза

$$\frac{u(0, i\omega)}{f(i\omega)} = \frac{Z_{вх}}{Z_0 + Z_{вх}}$$

$$\text{при } Z_l = i\omega L_l + R_l, \quad Z_0 = i\omega L_0 + R_0 + \frac{1}{i\omega C_0} \cdot$$

Результаты настоящей работы могут найти применение при аналоговом моделировании волновых систем с комплексной нагрузкой на концах.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт горной механики  
им. Г. А. Цулукидзе

(Поступило 26.1.1973)



## ბ. სეზიანობილი

საზღვრებზე კომპლექსური დატვირთვის მქონე მძვანძვის  
 ტალღური სისტემების სასრულო თავისუფლების ხარისხთან  
 სისტემებზე დაყვანის შესახებ

## რეზიუმე

მოცემულია ტალღური სისტემების ტრანსცენდენტური პოლინომების  
 აპროქსიმაციისათვის გამოყენებული წილადური რაციონალური ფუნქციის  
 კოეფიციენტების განსაზღვრის გამარტივებული მეთოდიცა. განხილულია  
 მისი გამოყენება საზღვრებზე კომპლექსური დატვირთვის მქონე სისტემები-  
 სათვის.

MECHANICS

A. D. SEPIASHVILI

ON THE REDUCTION OF UNDULAR SYSTEMS OF MECHANICS  
 WITH END COMPLEX LOADS TO SYSTEMS OF FINITE  
 MOBILITY

## Summary

A simplified method of determining rational function coefficients approxi-  
 mating the transcendental polynomials of undular systems is given. Its  
 application to systems with end complex loads (on the bounds) is dis-  
 cussed.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. A. A. Дзидзигури, А. Д. Сепиашვიли, Д. И. Омиадзе, А. М. Джвар-  
 шейшвили. Сообщения АН ГССР, 66, 1, 1972.

Г. В. ДЖАИАНИ

ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ ДЛЯ УПРУГОГО КЛИНООБРАЗНОГО ТЕЛА

(Представлено академиком И. Н. Векуа 24.1.1973)

Рассматривается упругое равновесие некоторого клинообразного тела, нормально нагруженного вдоль острия. За основу принимается теория тонких оболочек И. Н. Векуа [1, 2] в случае приближения порядка  $N = 0$ .

Пусть  $Oxyz$  — декартова система координат. Предположим, что полуплоскость  $y > 0$  — план призматического тела [1]. Пусть, далее, лицевые поверхности заданы уравнениями

$$z = h^+(x, y) \equiv h_1 y^\alpha \quad \text{и} \quad z = h^-(x, y) \equiv -h_2 y^\alpha, \quad y \geq 0,$$

где  $h_1$  и  $h_2$  суть неотрицательные константы ( $h_1^2 + h_2^2 \neq 0$ ). Величина  $h_0 = h_1 + h_2$  настолько мала, что тонкая часть тела имеет большие размеры.

Выделим из тела часть, заключенную между двумя отстоящими друг от друга на расстоянии  $dx$  плоскостями, нормальными к оси  $Ox$ . Если  $\vec{Y}(x, y, z)$  — напряжение, действующее на площадку, нормальную к оси  $Oy$ , то главный вектор  $\vec{F}(x, y) dx$  сил, приложенных к площадке, получаемой сечением вышеуказанной части тела плоскостью  $y = \text{const}$ , дается интегралом

$$\vec{F}(x, y) dx = \int_{h^-}^{h^+} \vec{Y}(x, y, z) dz \cdot dx.$$

Предел  $-\lim_{y \rightarrow 0} \vec{F}(x, y) dx = \vec{P}(x) dx, \quad \vec{P}(x) = -\lim_{y \rightarrow 0} \int_{h^-}^{h^+} \vec{Y}(x, y, z) dz$

будем называть нагрузкой, сосредоточенной на элементе  $dx$  оси  $Ox$ , а вектор  $\vec{P}(x)$  — интенсивностью сосредоточенной нагрузки.

Рассмотрим клинообразное тело с порядком уточнения  $\alpha = \frac{1-\sigma}{\sigma}$ , где  $\sigma$  — коэффициент Пуассона данного тела. В этом случае решение имеет особенно простой вид.

Пусть заданы проекции вектора интенсивности  $\vec{P}(x) = (P_x(x), P_y(x), P_z(x))$  на осях  $Ox$  и  $Oy$ :

$$P_x(x) = 0, \quad P_y(x) = -f(x).$$

Будем считать, что поверхностные силы, приложенные к лицевым поверхностям, и массовые силы равны нулю. В приближении порядка  $N = 0$  задача состоит:



1) в интегрировании системы уравнений для усилий  $\overset{\circ}{X}_x(x, y)$ ,  $\overset{\circ}{X}_y(x, y)$ ,  $\overset{\circ}{Y}_y(x, y) \in C^2(y > 0)$ , состоящей из уравнений равновесия

$$\frac{\partial \overset{\circ}{X}_x}{\partial x} + \frac{\partial \overset{\circ}{X}_y}{\partial y} = 0, \quad \frac{\partial \overset{\circ}{Y}_x}{\partial x} + \frac{\partial \overset{\circ}{Y}_y}{\partial y} = 0 \quad (y > 0) \quad (1)$$

и условия неразрывности

$$y^2 \Delta (\overset{\circ}{X}_x + \overset{\circ}{Y}_y) - 2\alpha y \frac{\partial (\overset{\circ}{X}_x + \overset{\circ}{Y}_y)}{\partial y} - (\alpha + 1) \overset{\circ}{Y}_y + \alpha(\alpha + 1) \overset{\circ}{X}_x = 0 \quad (y > 0) \quad (2)$$

при граничных условиях

$$\overset{\circ}{Y}_x(x, 0) = 0, \quad \overset{\circ}{Y}_y(x, 0) = f(x); \quad (3)$$

2) в интегрировании уравнения для прогибов  $\omega(x, y) \in C^2(y > 0)$ ,

$$y \Delta \omega(x, y) + \alpha \frac{\partial \omega}{\partial y} = 0 \quad (4)$$

без граничного условия, ибо  $0 < \sigma < \frac{1}{2}$ , и, следовательно,  $\alpha > 1$  (см. [3]).

Если прогиб  $\omega(x, y)$  обращается в нуль на бесконечности, можно доказать, что уравнение (4) в полуплоскости  $y > 0$ , в классе ограниченных функций, имеет только тривиальное решение. Следовательно,  $\omega(x, y) \equiv \overset{\circ}{X}_z(x, y) \equiv \overset{\circ}{Y}_z(x, y) \equiv 0$  и  $P_z(x) = 0$ . Таким образом, тело нагружено нормально.

Пусть  $\overset{\circ}{u}$  и  $\overset{\circ}{v}$  суть нулевые моменты компонент перемещений,  $E$  — модуль упругости,  $\delta$ ,  $\beta$ ,  $\varepsilon$  — произвольные постоянные,  $k = \pi^{-1/2} \Gamma\left(\frac{\alpha+3}{2}\right) \times \Gamma^{-1}\left(\frac{\alpha+2}{2}\right)$ . Тогда, используя результаты работ [4–7], можно показать, что выражения

$$\begin{aligned} \overset{\circ}{X}_x(x, y) &= ky^\alpha \int_{-\infty}^{+\infty} f(\xi) (x - \xi)^2 [(x - \xi)^2 + y^2]^{-(\alpha+3)/2} d\xi, \\ \overset{\circ}{X}_y(x, y) &= ky^{\alpha+1} \int_{-\infty}^{+\infty} f(\xi) (x - \xi) [(x - \xi)^2 + y^2]^{-(\alpha+3)/2} d\xi, \\ \overset{\circ}{Y}_y(x, y) &= ky^{\alpha+2} \int_{-\infty}^{+\infty} f(\xi) [(x - \xi)^2 + y^2]^{-(\alpha+3)/2} d\xi, \end{aligned} \quad (5)$$

$$\frac{\overset{\circ}{u}(x, y)}{h_0 y^\alpha} = -\frac{(1 + \sigma) \sigma k}{h_0 E} \int_{-\infty}^{+\infty} f(\xi) (x - \xi) [(x - \xi)^2 + y^2]^{-(\alpha+1)/2} d\xi - \varepsilon y + \beta,$$



$$\frac{\overset{\circ}{v}(x, y)}{h_0 y^\alpha} = - \frac{(1 + \sigma) \sigma k}{h_0 E} y \int_{-\infty}^{+\infty} f(\xi) [(x - \xi)^2 + y^2]^{-(\alpha+3)/2} d\xi + \varepsilon x + \delta \quad (6)$$

дают решение поставленной задачи при кусочно-непрерывной и ограниченной на оси функции  $f(x)$ .

Ясно, что

$$\overset{\circ}{X}_x(x, y) = O(1), \quad \overset{\circ}{X}_y(x, y) = O(1), \quad \overset{\circ}{Y}_y(x, y) = O(1) \quad (y \geq 0), \quad (7)$$

$$\overset{\circ}{u}(x, y) = O(y), \quad \overset{\circ}{v}(x, y) = O(y), \quad (\varepsilon = \delta = \beta = 0, y \geq 0).$$

В точках непрерывности функции  $f(x)$  имеем

$$\lim_{y \rightarrow 0} \overset{\circ}{X}_y(x, y) = 0, \quad \lim_{y \rightarrow 0} \overset{\circ}{Y}_y(x, y) = f(x), \quad \lim_{y \rightarrow 0} \overset{\circ}{X}_x(x, y) = \frac{f(x)}{\alpha}.$$

Если нагружена только конечная часть границы, то при условии

$$\overset{\circ}{X}_x = O\left(\frac{1}{r}\right), \quad \overset{\circ}{X}_y = O\left(\frac{1}{r}\right), \quad \overset{\circ}{Y}_y = O\left(\frac{1}{r}\right), \quad \overset{\circ}{u} = O\left(\frac{y^\alpha}{r^\alpha}\right), \quad (8)$$

$$\overset{\circ}{v} = O\left(\frac{y^\alpha}{r^\alpha}\right) \quad (r^2 = x^2 + y^2 \rightarrow \infty)$$

на основании принципа Сен-Венана формулы (5), (6), где  $\varepsilon = \beta = \delta = 0$ , дают единственное решение задачи.

Пример 1. Пусть план рассматриваемого тела — угол  $-\beta \leq \theta \leq +\beta$  ( $0 < \beta \leq \frac{\pi}{2}$ ) и к его вершине приложена сила  $P$ , направленная вдоль луча  $\theta = 0$ . Единственное решение этой задачи, удовлетворяющее условиям (8), после перехода к полярным компонентам усилий и перемещений имеет вид

ет вид

$$\overset{\circ}{\sigma}_r = -\kappa P \frac{\cos^\alpha \theta}{r}, \quad \overset{\circ}{\sigma}_\theta = 0, \quad \overset{\circ}{\sigma}_{r\theta} = 0,$$

$$\overset{\circ}{u}_r = \frac{(1 + \sigma) \sigma \kappa P}{E} \cdot \frac{y^\alpha}{r^\alpha}, \quad \overset{\circ}{u}_\theta = 0,$$

где

$$\kappa = \frac{1}{\int_{-\beta}^{\beta} \cos^{\alpha+1} \theta d\theta}.$$

Если  $\beta = \frac{\pi}{2}$ , то  $\kappa = k$ .

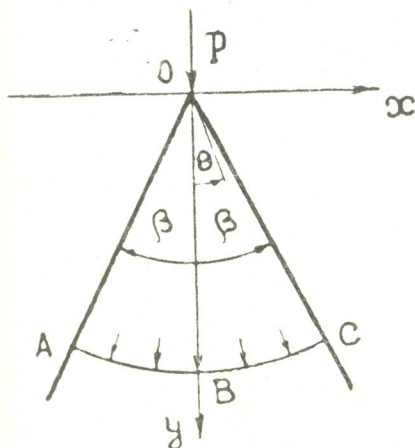


Рис. 1

Нетрудно видеть, что усилия  $-\overset{\circ}{\sigma}_r r \cdot d\theta$ , распределенные на поверхности выкружки  $ABC$  любого радиуса  $r$  (см. рис. 1), приводятся к равнодействующей, равной приложенной на границе силе  $P$ .

Очевидно, что в точках замкнутой кривой

$$r = d \cdot \cos^\alpha \theta, \quad d = \text{const},$$



принадлежащих плану тела, за исключением точки приложения сосредоточенной силы, усилие  $\sigma_r$  принимает постоянное значение  $\sigma_r = -\frac{\alpha P}{d}$ .

Пример 2. Клинообразное тело, план которого — полуклоаса  $0 \leq x \leq l$ ,  $0 < y < +\infty$ , вдоль острия нагружено нормально с интенсивностью  $-f(x)$ . Функция  $f(x)$  на отрезке  $[0, l]$  удовлетворяет условиям Дирихле. Кроме того,

$$\begin{aligned} v(0, y, z) \equiv v(l, y, z) \equiv 0, \quad X_x(0, y, z) \equiv X_x(l, y, z) \equiv 0, \\ X_z(0, y, z) \equiv X_z(l, y, z) \equiv 0. \end{aligned} \quad (9)$$

Единственное решение этой задачи, удовлетворяющее условиям (7), дается формулами (5), (6) ( $f(x)$  продолжаем нечетно), где  $\varepsilon = \beta = \delta = 0$ .

Пример 3. Если в предположениях примера 2 условия (9) заменить следующими:

$$\begin{aligned} u(0, y, z) \equiv u(l, y, z) \equiv 0, \quad X_y(0, y, z) \equiv X_y(l, y, z) \equiv 0, \\ X_z(0, y, z) \equiv X_z(l, y, z) \equiv 0, \end{aligned}$$

то единственное решение полученной задачи, удовлетворяющее условиям (7), дается формулами (5), (6) ( $f(x)$  продолжаем четно), где  $\varepsilon = \beta = \delta = 0$ .

В заключение автор выражает глубокую благодарность академику И. Н. Векуа за постановку задачи и руководство работой.

Тбилисский государственный университет  
Институт прикладной математики

(Поступило 2.2.1973)

დრეკადობის თეორია

ბ. ჯაიანი

ერთი ამოცანა დრეკადი სოლიდებში ფორმის სხეულისათვის  
რეზიუმე

განხილულია პირის გასწვრივ ნორმალურად დატვირთული გარკვეული სოლისებური ფორმის სხეულის დრეკადი წონასწორობა.

THEORY OF ELASTICITY

G. V. JAIANI

ON ONE PROBLEM OF AN ELASTIC WEDGE-SHAPED BODY

Summary

The elastic equilibrium of a certain wedge-shaped body, loaded along the edge, is considered.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. И. Н. Векуа. Труды Тбилисского матем. ин-та им. А. М. Размадзе АН ГССР, т. 21, 1955.
2. И. Н. Векуа. Труды Тбилисского матем. ин-та им. А. М. Размадзе АН ГССР, т. 30, 1965.
3. Г. В. Джаиани. Сообщения АН ГССР, 65, 3, 1972.
4. А. Р. Хволес. Аннотации докладов семинара Института прикладной математики ТГУ, № 5, 1971.
5. И. Н. Векуа. ДАН СССР, LVI, № 3, 1947.
6. S. Gellerstedt. Arkiv Math., Ast. och. Fysik, 1935.
7. A. Weinstein. Bull. Am. Math. Soc., 59, № 1, 1953.



В. Н. БАРАБАНОВ, И. Т. БОКУЧАВА, О. Б. МАКАРЕВИЧ,  
В. Н. МЫШЛЯЕВ

## ВЫБОР ФОРМУЛ ЧИСЛЕННОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ И СПОСОБА КВАНТОВАНИЯ ДЛЯ ЦИФРОВОГО ИНТЕГРАТОРА

(Представлено членом-корреспондентом Академии В. В. Чавчанидзе 19.1.1973)

В данной статье приводятся результаты исследования различных формул численного интегрирования и способов квантования приращений, проведенного с целью определения оптимальной структуры цифрового интегратора с одноразрядными приращениями. Эти результаты были использованы при разработке комплекта больших интегральных схем [1] на МДП-транзисторах, предназначенного для построения основных решающих блоков параллельно-последовательных цифровых дифференциальных анализаторов (ЦДА).

Любой из алгоритмов численного интегрирования, используемый в цифровых интеграторах, можно условно разбить на три части. В первой части, общей для всех алгоритмов, вычисляется подынтегральная функция:

$$\nabla \bar{y}_{p(i+1)} = 2^{-n} \sum_j \frac{\Delta \bar{y}_{rj(i+1)}}{\Delta y},$$
$$\bar{y}_{p(i+1)} = \bar{y}_{pi} + \Delta \bar{y}_{p(i+1)},$$

где  $\Delta \bar{y}_{p(i+1)}$  — квантованное значение приращения подынтегральной функции на  $(i+1)$ -м шаге интегрирования;  $\Delta \bar{y}_{pj(i+1)}$  — квантованное значение приращения, поступающего по  $j$ -тому входу;  $\Delta y$  — квант подынтегральной функции;  $n$  — число разрядов подынтегральной функции;  $\bar{y}_{pi}$  — квантованное значение подынтегральной функции на  $i$ -том шаге интегрирования.

Вторая часть алгоритма содержит формулу численного интегрирования, по которой определяется приращение интеграла. Можно выделить семь основных формул численного интегрирования.

Формула прямоугольников при интегрировании с недостатком [2]:

$$\frac{\Delta z_{i+1}}{\Delta y} = \bar{y}_{pi} \frac{\Delta \bar{y}_{q(i+1)}}{\Delta y}, \quad (1)$$

где  $\Delta z_{i+1}$  — приращение интеграла на  $(i+1)$ -м шаге интегрирования;  $\Delta \bar{y}_{q(i+1)}$  — квантованное приращение переменной интегрирования.

Формула прямоугольников при интегрировании с избытком [2]:

$$\frac{\Delta z_{i+1}}{\Delta y} = \bar{y}_{p(i+1)} \frac{\Delta \bar{y}_{q(i+1)}}{\Delta y}. \quad (2)$$





Формула трапеций при интегрировании с недостатком [2]:

$$\frac{\Delta z_{i+1}}{\Delta y} = \left( \bar{y}_{pi} + \frac{1}{2} \nabla \bar{y}_{p(i+1)} \right) \frac{\Delta \bar{y}_q(i+1)}{\Delta y}. \quad (3)$$

Формула трапеций при интегрировании с избытком [2]:

$$\frac{\nabla z_{i+1}}{\Delta y} = \left( \bar{y}_{p(i+1)} + \frac{1}{2} \nabla \bar{y}_{p(i+1)} \right) \frac{\nabla \bar{y}_q(i+1)}{\Delta y}. \quad (4)$$

Формула четных ординат:

$$\frac{\nabla z_{i+1}}{\nabla y} = [\bar{y}_{pi} \delta_{p(i+1)} + \bar{y}_{p(i+1)}(1 - \delta_{p(i+1)})] \frac{\nabla \bar{y}_q(i+1)}{\nabla y}, \quad (5)$$

где

$$\delta_{p(i+1)} = \begin{cases} \delta_{pi}, & \text{если } \nabla \bar{y}_q(i+1) = 0, \\ (1 - \delta_{pi}), & \text{если } \Delta \bar{y}_q(i+1) \neq 0, \end{cases}$$

причем  $\delta_{p0}$  может принимать значение либо 0, либо 1.

Формула точных трапеций при интегрировании с недостатком [2]:

$$\begin{aligned} \frac{\nabla z_{i+1}}{\Delta y} = & \left( \bar{y}_{pi} + \frac{1}{2} \nabla \bar{y}_{p(i+1)} \right) \frac{\nabla \bar{y}_q(i+1)}{\Delta y} + \frac{1}{2} \nabla_{\Phi} \bar{y}_{p(i+1)} \frac{\nabla \bar{y}_q(i+1)}{\Delta y} \times \\ & \times (1 - \text{sing} |\nabla \bar{y}_{p(i+1)}|) + \frac{1}{2} \frac{\nabla_{\Psi} \bar{y}_q(i+1)}{\Delta y} \cdot \nabla \bar{y}_{p(i+1)} (1 - \text{sing} |\nabla \bar{y}_q(i+1)|), \end{aligned} \quad (6)$$

где

$$\begin{aligned} \nabla_{\Phi} \bar{y}_{p(i+1)} = & \begin{cases} \nabla \bar{y}_{p(i+1)} & \text{если } \nabla \bar{y}_{p(i+1)} \neq 0, \\ \nabla_{\Phi} \bar{y}_{pi} & \text{если } \nabla \bar{y}_{p(i+1)} = 0, \end{cases} \\ \nabla_{\Psi} \bar{y}_q(i+1) = & \begin{cases} \nabla \bar{y}_q(i+1), & \text{если } \nabla \bar{y}_q(i+1) \neq 0, \\ \nabla_{\Psi} \bar{y}_{qi}, & \text{если } \nabla \bar{y}_q(i+1) = 0. \end{cases} \end{aligned}$$

Формула точных трапеций при интегрировании с избытком:

$$\begin{aligned} \frac{\nabla z_{i+1}}{\nabla y} = & \left( \bar{y}_{p(i+1)} + \frac{1}{2} \nabla \bar{y}_{p(i+1)} \right) \frac{\nabla \bar{y}_q(i+1)}{\Delta y} + \frac{1}{2} \nabla_{\Phi} \bar{y}_{p(i+1)} \frac{\nabla \bar{y}_q(i+1)}{\Delta y} \times \\ & \times (1 - \text{sing} |\nabla \bar{y}_{p(i+1)}|) + \frac{1}{2} \frac{\nabla_{\Psi} \bar{y}_q(i+1)}{\Delta y} \nabla \bar{y}_{p(i+1)} (1 - \text{sing} |\nabla \bar{y}_q(i+1)|). \end{aligned} \quad (7)$$

Третья часть алгоритма численного интегрирования описывает процесс квантования приращения интеграла. При тернарной системе кодирования приращений имеются два способа квантования [3].

Первый способ  $0 \leq S_z < 1$ :

$$\frac{\nabla \bar{z}_{i+1}}{\Delta y} = \begin{cases} +1, & \text{если } \frac{\nabla z_{i+1}}{\Delta y} + \frac{S_{zi}}{\Delta y} > 1, \\ 0, & \text{если } 0 < \frac{\nabla z_{i+1}}{\Delta y} + \frac{S_{zi}}{\Delta y} < 1, \\ -1, & \text{если } \frac{\nabla z_{i+1}}{\Delta y} + \frac{S_{zi}}{\Delta y} < 0, \end{cases}$$

$$\frac{S_z(i+1)}{\Delta y} = \frac{\nabla z_{i+1}}{\Delta y} + \frac{S_{zi}}{\Delta y} - \frac{\nabla \bar{\lambda}_{i+1}}{\Delta y},$$

где  $S_z(i+1)$  — остаток интеграла на  $(i+1)$ -м шаге интегрирования;

$\nabla \bar{\lambda}_{i+1}$  — квантованное значение приращения интеграла на  $(i+1)$ -м шаге интегрирования.

Второй способ  $-1 < S_z < +1$ :

$$\frac{\nabla \bar{\lambda}_{i+1}}{\Delta y} = \begin{cases} +1, & \text{если } \frac{\nabla z_{i+1}}{\Delta y} + \frac{S_{zi}}{\Delta y} > 1, \\ 0, & \text{если } -1 < \frac{\nabla z_{i+1}}{\Delta y} + \frac{S_{zi}}{\Delta y} < 1, \\ -1, & \text{если } \frac{\nabla z_{i+1}}{\Delta y} + \frac{S_{zi}}{\Delta y} < -1, \end{cases}$$

$$\frac{S_z(i+1)}{\Delta y} = \frac{\nabla z_{i+1}}{\Delta y} + \frac{S_{zi}}{\Delta y} - \frac{\nabla \bar{\lambda}_{i+1}}{\Delta y}.$$

При выборе формулы численного интегрирования для цифрового интегратора необходимо учитывать не только сложность ее технической реализации, но и те погрешности, которые она дает. Использование более сложной формулы может быть оправданным в том случае, если она обеспечивает существенный (не менее чем в 3—4 раза) выигрыш по точности.

Вычисление погрешностей решения ряда задач при использовании цифровых интеграторов с различными алгоритмами численного интегрирования было проведено на ЦВМ. Были выбраны следующие математические зависимости, наиболее часто встречающиеся в системах управления и автоматического регулирования:  $y = e^x$ ,  $y = \operatorname{tg} x$ ,  $y = \arcsin x$ ,  $y = \operatorname{arctg} x$ ,  $y = \sqrt{x}$ . Определялась максимальная абсолютная погрешность вычисления  $\epsilon$  каждой из этих зависимостей на некотором интервале изменения аргумента для 14 различных алгоритмов численного интегрирования, причем квант изменения аргумента равнялся  $2^{-13}$ .

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

1. Разница между максимальной и минимальной величиной  $\epsilon$  для каждой из функций не очень велика. Отношение этих величин для совокупности рассмотренных функций заключено в диапазоне значений  $2,1 \div 3,6$ :

2. Использовать наиболее сложные по технической реализации формулы (6) и (7) невыгодно, так как они не всегда оказываются наиболее точными.

3. Формулы численного интегрирования с избытком в большинстве случаев (в четырех из пяти) оказываются более точными.

Выводы, полученные в пп. 2 и 3, подтвердились и при моделировании дифференциального уравнения второго порядка  $y'' = -ky$  при  $y|_{x=0} = 0$ ,  $y'|_{x=0} = 1$ ,  $k = 1$ , описывающего гармонические колебания.





В данном случае исследование заключалось в определении оптимального алгоритма численного интегрирования и начального значения остатка интеграла  $S_{z0}$ , которым при заданной точности  $\varepsilon=0,5$  соответствовал бы наибольший диапазон изменения аргумента. Анализ результатов моделирования показывает, что решение этого дифференциального уравнения с использованием формул трапеций (4) и (7), интегрирующих с избытком, и второй способ квантования приращений ( $-1 < S_z < 1$ ) обеспечивают существенно более широкий диапазон изменения аргумента при заданной точности. Следовательно, при заданном диапазоне изменения аргумента эти алгоритмы обеспечивают более высокую точность.

Разработанный с учетом полученных выше результатов комплект схем [1] позволяет строить цифровые интеграторы со вторым способом квантования приращений, которые реализуют как формулы прямоугольников (1), (2), так и формулы трапеций (3), (4).

При использовании этого комплекта переход от формулы (2) к более сложной (4) приводит к увеличению количества схем в цифровом интеграторе с четырех до пяти и поэтому является оправданным только в том случае, если повышает точность решения.

Академия наук Грузинской ССР

Институт кибернетики

(Поступило 25.1.1973)

კიბერნეტიკა

3. ბარბანოვი, ი. ბოკუჩავა, ო. მაკარევიჩი, ვ. მიშლიაევი  
რიცხობრივი ინტეგრირებისა და კვანტირების მეთოდის ფორმულე-  
ბის შერჩევა ციფრული ინტეგრატორისათვის

რეზიუმე

ნაშრომი ეძღვნება რიცხვითი ინტეგრირების სხვადასხვა ფორმულის გამოკვლევას და ერთგვაროვან ნაზრდის ინტეგრატორის ოპტიმალური სტრუქტურის განსაზღვრის მიზნით ნაზრდის ქვანტირების მეთოდებს.

ნაშრომში მიღებული შედეგების საფუძველზე შესაძლებელი გახდა ინტეგრალური სქემების კომპლექტის შემუშავება, რომლებიც გამოიყენება პარალელურ-მიმდევრობითი რიცხვითი ანალიზატორების მთავარი ბლოკების ასაგებად.

CYBERNETICS

V. N. BARABANOV, I. T. BOKUCHAVA, O. B. MAKAREVICH,  
V. N. MYSHLYAEV

## THE CHOICE OF FORMULAS FOR NUMERICAL INTEGRATION AND OF THE TECHNIQUE OF QUANTIZATION FOR A DIGITAL INTEGRATOR

Summary

With a view to determining the optimal structure of a numerical integrator with single-digit increment various formulas of numerical integration have been studied, as well as the technique of increment quantization by the method of mathematical simulation of different integration schemes by a computer.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. Г. Алексеенко и др. Изв. вузов, Радиоэлектроника, XIV, 11, 1971.
2. А. В. Каляев. Введение в теорию цифровых интеграторов. Киев, 1964.
3. К. С. Неслуховский. Цифровые дифференциальные анализаторы. М., 1963.



З. Ю. КОЧЛАДЗЕ, В. В. ЧАВЧАНИДЗЕ (чл.-кор. АН ГССР)

РАСПОЗНАВАНИЕ ЗРИТЕЛЬНЫХ ОБРАЗОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО МЕТОДА ФОРМИРОВАНИЯ ПОНЯТИЙ

Как известно [1, 2], уже давно была показана возможность моделирования процесса формирования понятий на вычислительной машине. Однако эвристические программы были в основном неудачными [1, 3]. В отличие от них, метод аналитических эвристик, предложенный в [4], дает хорошие результаты как при формировании понятий, так и при классификации объектов. В этом методе предполагается, что признаки незрительных образов не связаны между собой и их можно свободно переставлять.

Признаки зрительных образов, в отличие от незрительных, топологически связаны между собой, и поэтому требуется модифицирование метода формирования понятий и классификации объектов.

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$
$Y_1$	$Z_1$	$Z_2$						
$Y_2$	$Z_2$							
$Y_3$	$Z_3$							
$Y_4$								
$Y_5$								
$Y_6$								
$Y_7$								
$Y_8$	$Z_8$							$Z_8$

Рис. 1. Рецепторное поле

Рассмотрим задачу распознавания зрительных образов на примере распознавания арабских цифр. Имеется рецепторное поле с  $8 \times 8$  клетками (рис. 1). Размер поля меняется в зависимости от размеров распознаваемого объекта таким образом, чтобы данная цифра всегда помещалась в наименьший возможный прямоугольник (рис. 2). Рецепторное поле имеет 64 выхода, каждый из которых может быть в двух состояниях: возбужденном, если на соответствующую клетку падает образ (чему в двоичном коде соответствует единица), и невозбужденном, если на соответствующую клетку не падает образ (в двоичном коде соответствует нуль). Так, например, изображенная на рис. 2, в цифра 2 кодируется таким образом: (00000001) (11110011) (10000111) (10000101) (10001101) (10001001) (10010001) (11100011)

Так как распознаваемые цифры плоские (связанность по вертикали и горизонтали), а наши признаки должны описывать эти связанности, то в качестве признаков берутся следующие произведения:

$$X_1 \& (Y_1, Y_2, \dots, Y_8); X_2 \& (Y_1, Y_2, \dots, Y_8); \dots, X_8 \& (Y_1, Y_2, \dots, Y_8); \\ Y_1 \& (X_1, X_2, \dots, X_8); \dots, Y_8 \& (X_1, X_2, \dots, X_8).$$

Таким образом, у нас получается 16 признаков. Формирование понятия некоторого образа происходит следующим образом: берутся положительные „траектории“ [5] этого образа и для каждого признака составляются совершенные дизъюнктивные формы (например,  $z_1 z_2 z_3 z_4 \bar{z}_5 \bar{z}_6 z_7 z_8 \sqrt{\bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 z_4 z_5 z_6 \bar{x}_7 \bar{x}_8} \sqrt{\bar{z}_1 z_2 z_3 z_4 z_5 z_6 \bar{x}_7 \bar{x}_8} \sqrt{\dots}$ ). Логические переменные  $z_1, z_2, \dots, z_{64}$  берутся без отрицания, если соответствующая кодовая цифра равна нулю, и с отрицанием, если соответствующая кодовая цифра равна единице. Вычисляется минимальная дизъюнктивная форма полученных выражений, а конъюнкция этих 16 минимальных дизъюнктивных форм объявляется понятием („концептом“ [6]) данного образа [4].

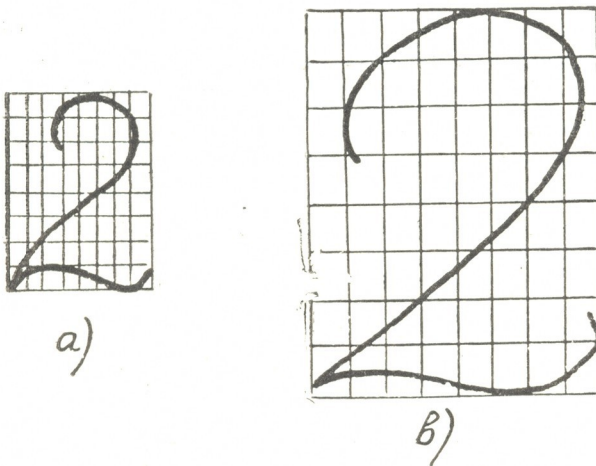


Рис. 1. Изменение размеров рецепторного поля в зависимости от размеров цифр

Так как ручная обработка дизъюнктивных форм из восьми переменных невозможна, для примера было взято рецепторное поле с  $4 \times 4$  клетками и высчитан «концепт» цифры 2. Общее число положительных «траекторий» было 53, после кодировки разными оказались 35. Понятие («концепт») имело такую форму:

$$(\bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_4 \sqrt{z_1 z_2 \bar{x}_3} \sqrt{z_1 z_1 \bar{x}_4}) \wedge (\bar{x}_7 \bar{x}_8 \sqrt{\bar{x}_5 z_6 \bar{x}_8} \sqrt{\bar{x}_5 \bar{x}_6 \bar{x}_7}) \wedge \bar{x}_9 \bar{x}_{12} \wedge (\bar{x}_{13} \bar{x}_{14} \sqrt{z_{14} \bar{x}_{16}}) \wedge \\ \wedge (\bar{x}_1 \bar{x}_5 \bar{x}_9 \sqrt{\bar{x}_1 \bar{x}_5 z_{13}} \sqrt{z_{19} \bar{x}_{13}}) \wedge (\bar{x}_2 \bar{x}_{14} \sqrt{\bar{x}_6 z_{14}} \sqrt{\bar{x}_{10} \bar{x}_{14}}) \wedge (\bar{x}_3 \bar{x}_7 \sqrt{\bar{x}_7 z_{15}} \sqrt{z_3 \bar{x}_{11} \bar{x}_{15}}) \wedge \\ \wedge (\bar{x}_4 \bar{x}_{12} \bar{x}_{16} \sqrt{\bar{x}_8 \bar{x}_{12} \bar{x}_{16}} \sqrt{\bar{x}_4 \bar{x}_8 \bar{x}_{12}}).$$

Контрольных положительных «траекторий» (двоек) было пять, других образов (троек) — три. Распознавание было стопроцентным. Хотя и не исключено, что при предъявлении большого количества «траекторий» двоек, некоторые из них не будут распознаны, но если эти двойки внести в понятие двойки, то повторная ошибка будет исключена.

Вопрос построения машинной программы для распознавания сложных зрительных образов представляет сложную задачу, однако приведение задачи к сложным логическим процедурам не оставляет сомнения в том, что иного, более короткого пути не существует. Могут



быть осуществлены те или иные процедуры упрощения, но не могут быть обойдены принципиальные особенности задачи. «Угадывание образов» должно быть строго процедуризировано и вместо априорных суждений о том, что такое «2» или «3», надо иметь апостериорные данные, доведенные в последующем до уровня концептов.

Академия наук Грузинской ССР

Институт кибернетики

(Поступило 18.1.1973)

კიბერნეტიკა

ზ. ჯოჩლაძე, ვ. ჭავჭავიძე (საქართველოს სსრ მეცნ. აკად. წევრ-კორესპონდენტი)

## სახეთა გამოცნობა ცნებათა ფორმირების საფუძველზე

რეზიუმე

განხილულია ცნებათა ფორმირებისა და ობიექტთა კლასიფიკაციის ანალიზური მეთოდის გამოყენების შესაძლებლობა სიბრტყულ გამოსახულებათა გამოცნობისათვის. ნაჩვენებია, რომ რადგანაც სიბრტყულ გამოსახულებათა ნიშნები ტოპოლოგიურ ურთიურთკავშირში იმყოფებიან, საჭიროა აღნიშნული მეთოდის მოდიფიცირება ამ ეფექტის გათვალისწინებით. მოცემულია არაბულ ციფრთა გამოცნობის ალგორითმი მოდიფიცირებული მეთოდის საფუძველზე.

CYBERNETICS

Z. Yu. KOCHLADZE, V. V. CHAVCHANIDZE

## VISUAL IMAGE RECOGNITION ON THE BASIS OF THE ANALYTICAL METHOD OF CONCEPT FORMATION

Summary

An attempt is made to use the methods of analytical heuristics of pattern recognition and of concept formation in recognizing plane visual images. It is noted that since the characteristics of visual images are—unlike non-visual images—topologically interconnected, the method is in need of modification, with account of the noninterchangeability of the characteristics. The recognition algorithm of Arabic numerals based on the modified method is proposed by way of illustration.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Э. Хант, К. Ховленд. Сб. «Вычислительные машины и мышление». М., 1967.
2. У. Рейтман. Познание и мышление. М., 1968.
3. Э. Хант, Дж. Марин, Ф. Стоун. Моделирование процесса формирования понятий на вычислительной машине. М., 1970.
4. В. В. Чавчанидзе. Аналитические эвристики искусственного интеллекта при формировании понятий, опознании образов и классификации объектов. Деп. ВИНТИ, № 2080—70.
5. В. В. Чавчанидзе. Сообщения АН ГССР, 61, 1, 1971.
6. В. В. Чавчанидзе. Сообщения АН ГССР, 63, 1, 1971.





Н. Л. МЕЛИКАДЗЕ

## ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВХОДНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ КЛАССИФИЦИРУЮЩЕГО АВТОМАТА

(Представлено членом-корреспондентом Академии В. В. Чавчанидзе 8.1.1973)

Формирование входного сигнала, поступающего в классифицирующий автомат, происходит в результате взаимодействия объектов классифицируемого множества с входной, измерительной системой автомата. Этим обстоятельством обуславливается исключительная важность вопроса выбора системы входных измерений, поскольку от этого выбора зависит весь характер сигнала, поступающего в автомат.

Рассмотрим некоторое множество  $X$  объектов реального физического мира, которые могут быть предъявлены классифицирующему автомату  $M$ . Пусть  $F$  есть множество всевозможных совместимых измерений различных характеристик объектов из  $X$ . Множество  $F$  по определению наделяется алгебраической структурой векторного пространства. Пусть  $\{f\} = \{f_1, \dots, f_n\}$  есть конечная совокупность независимых измерительных процедур, производимых автоматом  $M$  на своем входе над предъявляемыми ему объектами. Предполагается, что результатом измерения  $f_i$  является некоторое действительное число. Взаимодействие объекта  $x \in X$  и измерительной системы  $\{f\}$  формирует входной сигнал, представляющий собой упорядоченный набор чисел  $(f_1(x), \dots, f_n(x))$  — результатов выбранных  $n$  различных измерений.

Нам необходимо ввести в пространство  $F$  метрическую структуру, которую мы зададим, определив в  $F$  скалярное произведение  $\langle \cdot, \cdot \rangle$ . Пусть классифицируемое множество представлено конечной обучающей выборкой порядка  $p$ ;  $X' = \{x_1, \dots, x_p\} \in X$ . Множество  $X'$  позволяет арифметизировать пространство  $F$ , задавая гомоморфизм  $X' : F \rightarrow R^p$ , конкретный вид которого зависит от способа упорядочения объектов в  $X'$ . В условиях заданного множества объектов  $X'$  и зафиксированной системы входных измерений  $\{f\}$  все многообразие различных арифметизаций пространства измерений  $F$ , которое составляет некоторый класс гомоморфизмов  $F \rightarrow R^p$ , описывается соответствующей группой  $G$  автоморфизмов пространства  $R^p$ . Для того чтобы из процесса метризации пространства исключить влияние факторов, связанных с наличием произвола при выборе вида арифметизации  $F \rightarrow R^p$ , необходимо, чтобы форма  $\langle \cdot, \cdot \rangle$  имела инвариантный вид относительно всех автоморфизмов группы  $G$ . В этих условиях метрический тензор пространства  $F_1 \subset F$ , порожденного системой  $\{f\}$ , имеет вид

$$T = \|\langle f_i f_j \rangle\| = \left\| \sum_{m=1}^p \left( f_i(x_m) - \frac{1}{p} \sum_{k=1}^p f_i(x_k) \right) \times \right.$$

$$\times \left( f_j(x_m) - \frac{1}{p} \sum_{k=1}^p f_j(x_k) \right) \Big\|_{i, j \in \overline{1, n}}.$$

Рассмотрим вопрос, связанный с выбором формализованного критерия оценки качества системы входных измерений и, далее, с нахождением «наилучшей» системы, т. е. системы измерений, максимизирующей выбранную функцию качества. На множестве всех систем измерений  $n$ -го порядка  $F_1^n = F_1 \times \dots \times F_1$  определим оценочную функцию  $\Delta: F_1^n \rightarrow \mathcal{R}$ , значения которой на элементах из  $F_1^n$  примем мерой качества соответствующей системы входных измерений автомата  $M$ . На функцию  $\Delta$  мы накладываем требования, учитывающие однородность оценочной меры по всем измерениям входной системы и коммутативность измерительных процедур, т. е.

$$1) \Delta(\dots, \alpha f'_i + \beta f''_i, \dots) = \alpha \cdot \Delta(\dots f'_i \dots) + \beta \cdot \Delta(\dots f''_i),$$

$$2) \Delta(f_1 \dots f_n) = \text{sg } n\pi \cdot \Delta(f_{\pi(1)} \dots f_{\pi(n)}),$$

где  $\pi$  есть произвольная перестановка чисел  $1, \dots, n$ .

Следовательно, функция  $\Delta$  является антисимметричным  $n$ -валентным тензором на  $F_1$ . Пусть  $\bigwedge^n F_1$  есть внешнее произведение пространства  $F_1$  порядка  $n$ . Воспользуемся каноническим отображением  $\lambda: F_1^n \rightarrow \bigwedge^n F_1$ , сопоставляя каждой системе векторов  $(f_1 \dots f_n) \in F_1^n$  их внешнее произведение  $f_1 \wedge \dots \wedge f_n$ . Это дает возможность заменить определенный на  $F_1^n$  полилинейный функционал качества  $\Delta$  линейным функционалом  $\theta$  с областью определения на пространстве  $\bigwedge^n F_1$ , таким, что  $\Delta = \theta \circ \lambda$ . Соответствие  $\Delta \leftarrow \theta$  взаимно-однозначное. Благодаря этому получаем возможность вычислять качество системы измерений  $\{f\}$  с помощью линейного функционала. Так как  $\dim F_1 = n$ , то  $\dim \bigwedge^n F_1 = 1$  и функционал  $\theta$  с точностью до постоянного числового множителя имеет вид  $\theta(A) = \|A\|^*$ ,  $A \in \bigwedge^n F_1$ . Здесь  $\|\cdot\|^*$  есть норма пространства  $\bigwedge^n F_1$ , метрическая структура которого полностью определяется метрикой пространства  $F_1$ . В результате искомая функция качества имеет вид

$$\Delta(f_1 \dots f_n) = \theta(f_1 \wedge \dots \wedge f_n) = (\det \|(f_i f_j)\|)^{1/2}. \quad (1)$$

Имея формализованный критерий оценки качества системы измерений, рассмотрим вопрос оптимального ее преобразования. Наличие некоторой избыточности в исходной системе  $\{f\}$  заставляет искать более экономный способ входного описания объектов, что связано с уменьшением размерности сигнала, обрабатываемого автоматом. Это эквивалентно задаче выбора такой системы из  $k$  ( $k < n$ ) векторов пространства  $F_1$ , которая максимизирует выбранный нами критерий  $\Delta$ . Поиск максимума функции  $\Delta$  производится на множестве всевозможных нормированных систем, для которых все входящие в нее векторы принадлежат





единичной сфере  $S_0$  пространства  $F_1$ . Пусть  $\tau_1 \cdot \dots \cdot \tau_n$  есть система собственных векторов матрицы  $T = \{\|f_i f_j\|\}$ , упорядоченных по уменьшению величины соответствующих собственных значений. Имеет место следующая теорема:

**Теорема 1.** Для любого  $k (k \leq n)$  „наилучшей“ системой в смысле критерия  $\Delta$  является система векторов вида  $(\tau_1 \cdot \dots \cdot \tau_n)$ .

Нахождение оптимальной системы сопряжено с большими вычислительными трудностями, поскольку поиск собственных векторов матрицы  $T$  предполагает решение характеристического уравнения этой матрицы. Процесс поиска экономного описания объектов можно значительно упростить, если не пытаться максимально уменьшить размерность входного сигнала. Заменим условие нормировки и будем искать экстремальную точку функции  $\Delta$  на множестве таких систем, чтобы каждый вектор этой системы принадлежал единичному гиперкубу  $I_0$  пространства  $F_1$ . Пусть система векторов  $\{y_1 \cdot \dots \cdot y_k\}$  в базисе  $\{f_i\}, \|f_i\| = 1$  имеет представление  $y_i = \sum_j \lambda_{ij} f_j, i \in \overline{1, k}$ . Обозначим

$$Q \equiv \{\|\lambda_{ij}\|_{i \in \overline{1, k}; j \in \overline{1, n}}\}.$$

Условие  $y_i \in I_0$  для всех  $i \in \overline{1, k}$  означает, что коэффициенты  $\lambda_{ij}$  удовлетворяют ограничению

$$0 \leq \lambda_{ij} \leq 1, \sum_{i=1}^k \lambda_{ij} = 1 \text{ для каждого } j \in \overline{1, n}. \quad (2)$$

**Теорема 2.** Определенная на многограннике (2) функция  $\Delta(y_1 \cdot \dots \cdot y_k)$  достигает максимума на вершине многогранника.

Отсюда следует, что матрица коэффициентов  $Q$  оптимальной системы  $\{y\}$  при соответствующем упорядочении базисных векторов  $\{f\}$  имеет вид

$$Q = \begin{bmatrix} 1 \dots 1 & & 0 \\ & 1 \dots 1 & \\ & & \cdot \\ 0 & & & 1 \dots 1 \end{bmatrix}.$$

Академия наук Грузинской ССР  
Институт кибернетики

(Поступило 26.1.1973)

კიბერნეტიკა

ბ. მელიქაძე

მაკლასიფიკაციის ავტომატის შესასვლელი გამზომი სისტემის ოპტიმიზაცია

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია ავტომატის შესასვლელი გამზომი სისტემის შესვლების ფუნქციის ოპტიმიზაციის საკითხი. ნაჩვენებია, რომ იმ შემთხვევაში პირობებში, რომლებიც მიღებული წრფივი მოდელის პირობებში ბუ-





ნებრივად დადებულია ამ ფუნქციის სახეზე, საძიებელი შეფასების ფაქტორად ერთადერთია. ამოხსნილია ამ ფუნქციის ოპტიმიზაციის ამოცანა.

CYBERNETICS

N. L. MELIKADZE

OPTIMIZATION OF THE INPUT MEASUREMENT SYSTEM OF  
THE CLASSIFYING AUTOMATON

Summary

The question of the choice of the estimation quality function of the automaton input measurement system is studied. It is shown that within the linear model of the restrictions naturally imposed on the studied function the unknown measure is unique. The solution of this functional optimization problem is presented.



И. Ш. ЧЕЛИДЗЕ

## ПОПЫТКА ПРИМЕНЕНИЯ ГИПОТЕЗЫ О КВАНТОВОЙ ДУАЛЬНОСТИ МОЗГА К ОДНОЙ НЕСЛОЖНОЙ МОДЕЛИ УСЛОВНОГО РЕФЛЕКСА

(Представлено членом-корреспондентом Академии В. В. Чавчанидзе 30.1.1973)

Одним из наиболее важных вопросов, рассмотренных в работе [1], был постулат о квантовой дуальности мозга. Не вдаваясь в подробности, отметим, что этот постулат рассматривает дуально симметричные структуры головного мозга как различающиеся между собой  $q$ -системы двух типов, физически реализующие известное из квантовой механики эрмитово-сопряженное отношение выходов  $q$  к выходам  $q^+$ -сетей, расположенных в левых и правых полушариях мозга соответственно. Эти сети (называемые  $q$  и  $q^+$ -сетями) имеют почти идентичную архитектуру, и информация, хранящаяся в них, в отсутствие активности эквивалентна. Рассматриваемый фундаментальный постулат позволяет объяснить странную потенциальную идентичность обоих полушарий одновременно с односторонней активностью левого полушария. На языке квантовой механики это означает, что  $|q\rangle$  («кет»)-векторы состояний подвергаются мгновенным возмущениям и трансформациям в условиях относительной стабильности  $\langle q|$  («бра») состояний, играющих роль номинала (эталона) для сравнения и позволяющих „опознавать“, „различать“ события в выходных подструктурах.

Опираясь на вышеописанный постулат [1], мы попытались построить квантово-дуальную модель условного рефлекса. За основу бра-лась одна из несложных моделей [2], рассчитанная нами ранее. Эта модель условного рефлекса со временной «памятью» рассматривалась нами как конечный автомат с известными входами, выходами и внутренними состояниями. Была рассчитана каноническая форма, описывающая работу автомата:

$$\begin{aligned} z_1(t+1) &= x_1(t) \vee x_2(t) q(t), \\ z_2(t+1) &= x_2(t), \end{aligned} \quad (1)$$

$$q(t+1) = x_1(t) x_2(t) \vee x_2(t) q(t) = x_2(t) (x_1(t) \vee q(t)),$$

где  $x_1(t)$  и  $x_2(t)$  — входы,  $z_1(t)$ ,  $z_2(t)$  — выходы,  $q(t)$  — внутренние состояния автомата.

Рассмотрим теперь два квантово-волновых  $q$  и  $q^+$ -автомата, архитектура которых идентична архитектуре вышерассмотренного автомата, однако циркулирующие в них волны-сигналы эрмитово сопряжены. Тогда входы и внутренние состояния будут описываться следующими



выражениями для квантово-волновых автоматов [3]. Выписываем пер-

вые строчки вектор-матриц  $\Psi_{x_i}(t)$ ;  $\Psi_q(t)$ ;  $\Psi_{x_i}^+(t)$ ;  $\Psi_q^+(t)$ :

$$\begin{aligned} (x_1(t))_1 &= \alpha_1 e^{ipwt} & \text{для } q\text{-} & & (x_1^*(t))_1 &= \alpha_1^* e^{-ipwt} & \text{для } q^+\text{-} \\ (x_2(t))_1 &= \alpha_2 e^{ipwt} & \text{-автомата} & & (x_2^*(t))_1 &= \alpha_2^* e^{-ipwt} & \text{-автомата} \\ (q(t))_1 &= \alpha_3 e^{ipwt} & & & (q^*(t))_1 &= \alpha_3^* e^{-ipwt}. \end{aligned}$$

Для выходов  $\Psi_{z_1}(t+1)$  и  $\Psi_{z_1}^+(t+1)$ , согласно (1) будем иметь

$$\begin{aligned} (z_1(t+1))_1 &= \alpha_1 e^{ipwt} + \alpha_2 \alpha_3 e^{ip2wt}, \\ (z_1^*(t+1))_1 &= \alpha_1^* e^{-ipwt} + \alpha_2^* \alpha_3^* e^{-ip2wt}. \end{aligned}$$

Отметим теперь разницу в функционировании  $q$  и  $q^+$ -автоматов. Согласно упомянутому выше фундаментальному постулату,  $q^+$ -сети реагируют на различные внешние и внутренние возбуждения медленнее, чем  $q$ -сети, как бы являясь эталоном для сравнения. Аналогично наш  $q^+$ -автомат функционирует в 2 раза медленнее, чем  $q$ -автомат, т. е. он воспринимает входной сигнал в течение двух моментов времени, перерабатывает в течение двух моментов и выдает его на выход в течение двух моментов (все это нетрудно осуществить, используя для  $q^+$ -автомата менее чувствительные рецепторы и уменьшив скорость проведения волн-сигналов в его цепях). Рабочий такт  $q^+$ -автомата равен двум рабочим тактам  $q$ -автомата. Выяснив все это и имея особые трансформационные  $H$ -нейроны [1], построим и попытаемся пояснить изображенную на рисунке квантово-дуальную нейронную автоматную модель условного рефлекса.

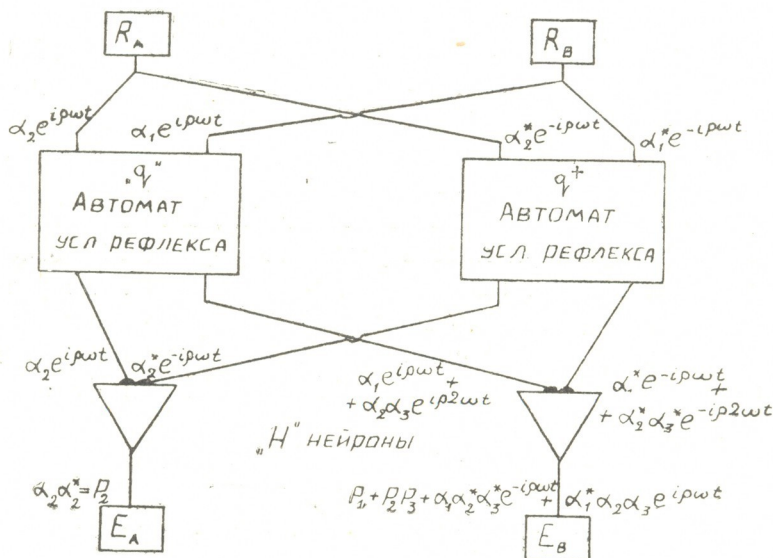


Рис. 1

Все входные раздражители (условные и безусловные) даются в течение двух моментов времени, чтобы  $q^+$ -автомат успел воспринять их. В это время  $q$ -автомат уже начинает выдавать ответ на первый раздражитель и готовится выдать ответ на следующий во времени вход-





ной сигнал. Сигналы от идентичных выходов двух автоматов подаются на трансформационный  $H$ -нейрон и там перемножаются. Элемент первой строчки  $f_H(z_1(t+1))$  и  $f_H(z_2(t+1))$  запишется в следующем виде:

$$\text{Усл. вых. } (f_H(z_1(t+1)))_1 = \alpha_1 \alpha_1^* + \alpha_2 \alpha_2^* \alpha_3 \alpha_3^* + \alpha_1 \alpha_2^* \alpha_3^* e^{-ip\omega t} + \alpha_1^* \alpha_2 \alpha_3 e^{ip\omega t} = \\ = p_1 + p_2 \cdot p_3 + \alpha_1 \alpha_2^* \alpha_3^* e^{-ip\omega t} + \alpha_1^* \alpha_2 \alpha_3 e^{ip\omega t}.$$

$$\text{Безусл. вых. } (f_H(z_2(t+1)))_1 = \alpha_2 e^{ip\omega t} \cdot \alpha_2^* e^{-ip\omega t} = p_2.$$

Таким образом, можно заметить, что  $H$ -нейрон выдает действительные члены только в том случае, когда события (выходные волны-сигналы) пересекаются во времени в соответствующих выходах. В этом случае выходные сигналы  $H$ -нейрона передают как бы команду на исполнение. Описанная схема позволяет стабильно работать механизму условнорефлекторной реакции как с точки зрения надежности (двойное резервирование), так и с точки зрения отфильтровывания случайных (мимолетных) внешних раздражителей, которые не в силах «раскачать» «инерционный»  $q^+$ -автомат.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт кибернетики

(Поступило 15.2.1973)

კიბერნეტიკა

ი. ჭელიძე

ტენის ქვანტური დუალობის ჰიპოთეზის გამოყენების ცდა  
პირობითი რეფლექსის ერთ-ერთ მარტივ მოდელზე  
რეზიუმე

ტენის ქვანტური დუალობის ჰიპოთეზის საფუძველზე გაკეთებულია პირობითი რეფლექსის ქვანტური დუალური ავტომატური მოდელის აგების ცდა. ამისათვის გაიანგარიშება პირობითი რეფლექსის ორი „ $q$ “ ავტომატის ერთობლივობის ფუნქციონირება სხვადასხვა დროითი მახასიათებლებით.

CYBERNETICS

I. Sh. CHELIDZE

## AN ATTEMPT AT APPLYING THE HYPOTHESIS ABOUT THE QUANTUM DUALITY OF THE BRAIN TO ONE SIMPLE MODEL OF A CONDITIONED REFLEX

Summary

On the basis of the hypothesis about the quantum duality of the brain an attempt is made to construct a quantum-dual automatic model of a conditioned reflex. For this purpose the operation of a complex of two  $q$  automatons of a conditioned reflex with different temporal characteristics is computed.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. В. Чавчанидзе. К квантово-волновой теории когерентной модели мозга. Дел. ВИНТИ № 4058—72.
2. J. S. da Fonseca. Neuronal Models, Lisbon, 1966.
3. В. В. Чавчанидзе. Сообщения АН ГССР, 59, 2, 1970.



ФИЗИКА

Н. К. ЗОСИМОВ, И. В. КРИАЛАШВИЛИ, М. С. МАТИНОВА,  
М. Л. МИНДЖИЯ, Т. Д. МХЕИДЗЕ, Р. И. ЧИКОВАНИ

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК  
ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ДИОДОВ НА ОСНОВЕ  
ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ  $pGaAs-pAl_{x_1}Ga_{1-x_1}As-$   
 $-nAl_{x_2}Ga_{1-x_2}As$  ( $X_1=0,33 \div 0,35$ ;  $X_2=0,42 \div 0,45$ )

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. Р. Хуцишвили 18.12.1972)

В последнее время широкое применение для изготовления светоизлучающих диодов получили твердые растворы  $AlAs-GaAs$ , выращенные методом жидкостной эпитаксии. Легирование данных твердых растворов германием при достаточно низких температурах, когда германий проявляет только акцепторные свойства, позволяет получить  $p-n$ -гетеропереходы с достаточной стабильностью рабочих параметров.

В спектрах фотолюминесценции твердых растворов  $AlAs-GaAs$  с высоким уровнем легирования германием, помимо «краевой» полосы, наблюдается широкая длинноволновая полоса с энергией в максимуме 1,5—1,6 эв [1—3]. Полосу эту связывают с образованием в твердых растворах  $AlAs-GaAs$  комплексов с участием германия.

Нами изучались спектры электролюминесценции (ЭЛ), и частотные зависимости емкости при 300°K гетероструктуры  $pGaAs-pAl_{x_1}Ga_{1-x_1}As-nAl_{x_2}Ga_{1-x_2}As$  ( $X_1=0,33 \div 0,35$ ;  $X_2=0,42 \div 0,45$ ), активная область которой сильно легирована германием, до и после 90 ÷ 100-часовой обработки образцов при токе 50 ма и температуре окружающей среды 85°С.

Эпитаксиальные структуры выращивались на подложках  $pGaAs$ , ориентированных в плоскости (100), из раствора-расплава, содержащего галлий, мышьяк, алюминий, а также легирующую примесь: германий и теллур соответственно для  $p$ - и  $n$ -областей. Охлаждение расплава проводилось в интервале 930—915°С со скоростью 0,5°С/мин. Концентрация германия в жидкой фазе варьировалась от 0,6 до 2,8 ат.%. Концентрация носителей в  $n$ -области составляла  $5 \cdot 10^{18}$  см<sup>-3</sup>. Образцы имели площадь 0,36 мм<sup>2</sup>. Омический контакт к  $nAl_{x_2}Ga_{1-x_2}As$  создавался сплавлением сплава индий-олово при 650°С в атмосфере водорода.

На рис. 1 и 2 приведены спектры ЭЛ (излучение выводилось перпендикулярно плоскости  $p-n$ -перехода) двух образцов, отличающихся уровнем легирования  $p$ -области германием, до (кривые 1) и после (кривые 2) 90-часовой обработки при токе 50 ма и температуре 85°С (1.

(<sup>1</sup> Повышенная температура ускоряет процессы, происходящие в диоде при прохождении тока. Контрольные длительные прогревы диодов (120°С, 100 часов) без пропуска тока или исходных структур (700°С, 5—6 часов) не привели к каким-либо заметным изменениям характеристик.





Более длительная токовая обработка не вносила существенных изменений.

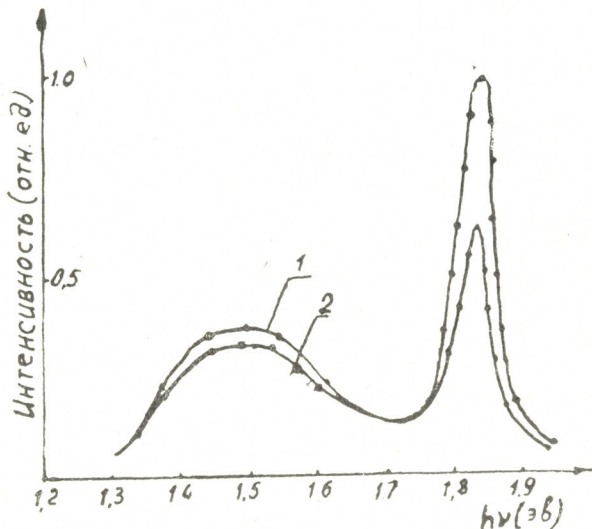


Рис. 1. Спектры ЭЛ образца из партии 27 М, полученной при содержании германия в жидкой фазе 0,95 ат.%; 1—до токовой обработки, 2—после токовой обработки

Токовая обработка образцов приводит к существенному увеличению интенсивности коротковолновой полосы излучения и сравнительно малому уменьшению интенсивности длинноволновой полосы. Причем эта тенденция ярче выражена для структур, сильнее легированных германием (см. рис. 2). Заметный рост интенсивности коротковолнового излучения приводит к существенному возрастанию яркости излучения в красной области спектра (см. таблицу).

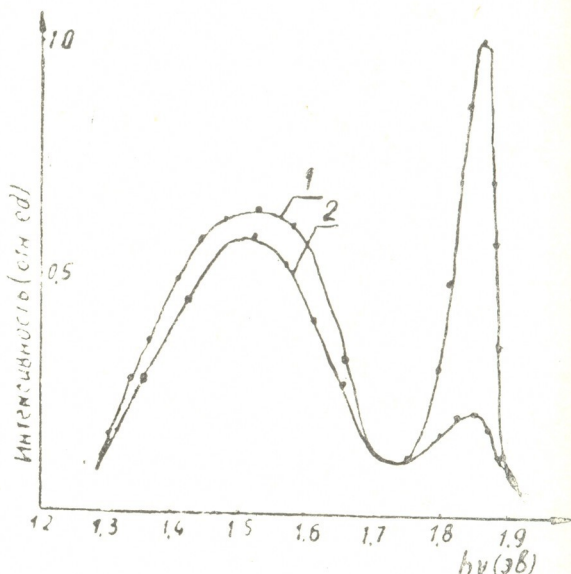


Рис. 2. Спектры ЭЛ образца из партии 20М, полученной при содержании германия в жидкой фазе 2,8 ат.%; 1—до токовой обработки, 2—после токовой обработки

Зависимость барьерной емкости гетеропереходов от напряжения описывалась выражением  $C \sim (V_{0TC} - V)^{-1/2}$  и имела при прямых смещениях участок с меньшей концентрацией носителей. При изменении содержания германия в жидкой фазе от 0,6 до 2,8 ат. % концентрация





дырок в  $p$ -области варьировалась от  $1 \cdot 10^{17}$  до  $1 \cdot 10^{19}$  см $^{-3}$  и не менялась после токовой обработки.

Номер образца	Яркость при 20 ма до токовой обработки (нит)	Яркость после токовой обработки (нит)	
		при 20 ма	при 50 ма
20M $^1$	47	227	759
20M $^2$	47	759	2622
20M $^3$	67	375	1380
20M $^4$	201	1725	4320
20M $^5$	87	1932	4926
K11 $^3$	117	147	232
K11 $^4$	67	127	467
K11 $^8$	107	589	1587
K45 $^1$	53	495	2001
K46 $^3$	89	168	457

Наличие глубокого уровня, связанного с присутствием германия, сказывалось в появлении частотной зависимости емкости образцов,

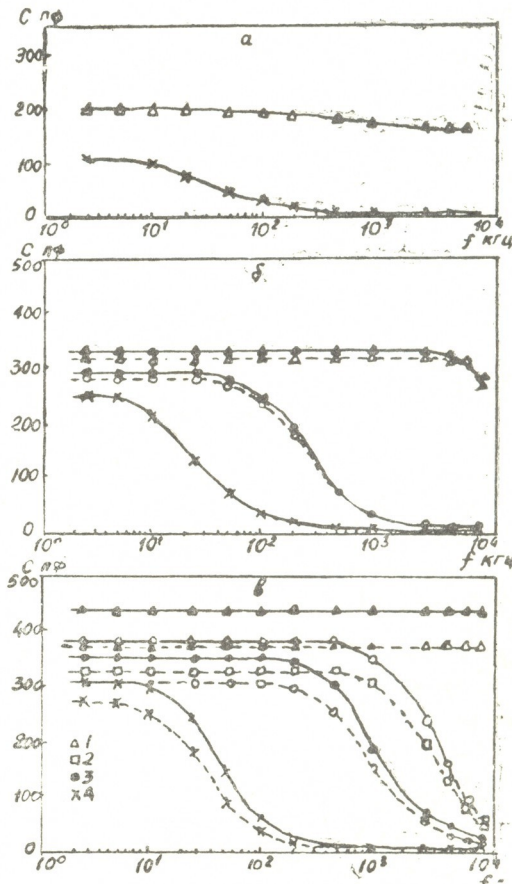


Рис. 3. Частотная зависимость барьерной емкости гетероперехода при нулевом напряжении смещения: а—образец из партии  $K=15$ , полученной при содержании германия в жидкой фазе 0,6 ат.%; б—образец из партии  $K=46$ ,  $Ge_{жф}$  0,95 ат.%; в—образец из партии  $K=45$ ,  $Ge_{жф}$  2,8 ат.%; 1—300°K; 2—160°K; 3—130°K; 4—77°K. Сплошная линия—до токовой обработки, пунктирная линия—после токовой обработки

которая становилась сильнее с увеличением содержания германия (рис. 3). Дисперсия емкости наблюдалась начиная с некоторой частоты — низкочастотного предела  $f_{мин}$ , и на частотах выше некоторой критической частоты— $f_{макс}$  емкость насыщалась; с ростом температуры  $f_{мин}$  и



$f_{\text{макс}}$  увеличивались; с ростом количества введенного германия  $f_{\text{макс}}$  сдвигалось в сторону больших частот, т. е. наблюдалось качественное согласие с теорией [4].

Заметное уменьшение низкочастотной емкости образцов с большим уровнем легирования германием после токовой обработки (см. рис. 3,в) говорит о том, что, по-видимому, имеет место частичное разрушение комплексов, образующихся в твердых растворах  $AlAs-GaAs$  при их легировании германием, что приводит к уменьшению безызлучательной рекомбинации через комплексы и возрастанию интенсивности «краевого» излучения.

Институт физики  
полупроводниковых приборов

(Поступило 16.2.1973)

ფიზიკა

ბ. ზოსიმოვი, ი. კრიალაშვილი, მ. მატნიოვა, მ. მინჯია, თ. მხეიძე, რ. ჩიკოვანი  
 $pGaAs-pAl_{x_1}Ga_{1-x_1}As-nAl_{x_2}Ga_{1-x_2}As$  ( $X_1=0,33 \div 0,35$ ;  $X_2=0,42 \div 0,45$ )  
ჰეტეროსტრუქტურის ბაზაზე დამზადებული ელექტროლუმინესცენს-  
ტური დიოდების მახასიათებლების ზოგიერთი თვისებებზე

რეზიუმე

გამოკვლეულია ელექტროლუმინესცენციის სპექტრები და ტევადობის დამოკიდებულებანი სიხშირეზე დიოდებისათვის  $Ge$  ლეგირებული  $p$ -უბნით, 90—100-საათიანი დამუშავების წინ და შემდეგ, როდესაც დენის ძალა არის 50 მა, ხოლო გარემომცველი გარემოს ტემპერატურა  $85^{\circ}C$ .

დიოდების დენით დამუშავებას მივყევართ  $AlAs-GaAs$  მყარი ხსნარების  $Ge$  ლეგირების დროს წარმოქმნილი კომპლექსების ნაწილობრივ დაშლამდე, რის შედეგად იზრდება კიდური გამოსხივების ინტენსივობა.

PHYSICS

N. K. ZOSIMOV, I. V. KRIALASHVILI, M. S. MATINOVA, M. L. MINJIA,  
T. D. MKHEIDZE, R. I. CHIKOVANI

ON SOME PECULIARITIES OF CHARACTERISTICS OF ELECTRO-  
LUMINESCENT DIODES ON THE BASIS OF  $pGaAs-pAl_{x_1}$   
 $Ga_{1-x_1}As-nAl_{x_2}Ga_{1-x_2}As$  ( $X_1=0,33 \div 0,35$ ,  $X_2=0,42 \div 0,45$ )  
HETEROSTRUCTURES

Summary

Luminescent spectra and frequency dependences of capacitance at  $300^{\circ}K$  of diodes with  $Ge$ -doped  $p$ -region before and after 90—100 hr treatment at 50 mA and ambient temperature  $85^{\circ}K$  have been investigated. Current treatment of the diodes is likely to result in a partial destruction of complexes generated in  $Ge$ -doped  $AsAl-AsGa$  solid solutions, causing the increase of edge emission intensity.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Ж. И. Алферов, Д. З. Гарбузов, О. А. Никуа, В. Г. Трофим. ФТП, 5, 1971, 1122.
2. K. Sugiyama, T. Kawakami. Jap. J. Appl. Phys., 10, 1007, 1971.
3. Л. М. Долгинов, В. Ю. Рогулин, А. А. Шленский. ФТП, 5, 1971, 648.
4. В. И. Перель, А. Л. Эфрос. ФТП, 1, 1967, 1693.





И. Б. БАУМБЕРГ, Л. Л. БУИШВИЛИ, Д. М. ДАРАСЕЛИЯ,  
М. Д. ЗВИАДАДЗЕ, Т. И. САНАДЗЕ

### СПИН-РЕШЕТОЧНАЯ РЕЛАКСАЦИЯ АЗОТА В $6H SiC$

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. Р. Хуцишвили 20.2.1973)

Спин-решеточная релаксация (с. р. р.) азота в  $6H SiC$  изучалась в [1—3]. В [3] приводятся данные о температурной и концентрационной зависимостях скорости с. р. р.  $T_1^{-1}$  в  $6H SiC:N$ . Наиболее интересна температурная зависимость скорости с. р. р., которая в широком интервале температур подчиняется закону  $T_1^{-1} \sim T^n$ , где  $n = 2,3 \pm 0,5$ .

В настоящей статье предлагается зависящий от концентрации механизм релаксации донорных центров, объясняющий обнаруженную в [3] температурную зависимость  $T_1^{-1} \sim T^n$ .

Предложенная ранее Янгом и Хонигом [4] модель для объяснения зависящей от концентрации релаксации донорной примеси  $P$  в  $Si$  дает линейную температурную зависимость скорости с. р. р. в ограниченном температурном интервале. Согласно этой модели, релаксация изолированных центров осуществляется через «быстрые» обменно-связанные пары атомов  $P$ , причем «узким горлом» в этом процессе является передача энергии от одиночных центров к парам. При этом использовалась аналогия с предложенной Бломбергенем и Г. Р. Хуцишвили моделью релаксации ядер через парамагнитные ионы для случая ограниченной ядерной спиновой диффузии [5]. Однако в случае электронной спиновой системы с обменным взаимодействием расстояния между зеемановскими уровнями пар и изолированных доноров одинаковы, в связи с чем нельзя найти аналога непосредственной релаксации одиночного центра, как это имело место для электронно-ядерной системы, и, кроме того, теряют физический смысл понятия радиусов псевдopotенциального и диффузионного барьеров [5].

Для непротиворечивого объяснения наших экспериментов предлагается модель, согласно которой установление внутреннего равновесия в зеемановской системе уровней изолированных центров и обменных пар происходит путем «flip-flop» переходов в пределах каждого спин-пакета за относительно короткое, по сравнению с  $T_1$ , время порядка  $T_2$ . В этом случае «узким горлом» в процессе с. р. р. является передача энергии объединенной системы к решетке и время релаксации дается формулой [6]

$$T_1^{-1} = \frac{c_n}{c_0 + c_n} T_{1n}^{-1} + \frac{c_0}{c_0 + c_n} T_{10}^{-1}, \quad (1)$$

где  $c_n$  и  $c_0$  — теплотемкости пар и одиночных центров, а  $T_{1n}^{-1}$  и  $T_{10}^{-1}$  — скорости их релаксации к решетке соответственно.





В рассматриваемом случае отношение теплоемкостей сводится к отношению соответствующих чисел пар и одиночных центров, а  $T_{10}^{-1} \ll T_{1n}^{-1}$ , так что в (1) вторым членом можно пренебречь.

Для скорости релаксации обменной пары Маркью [7] получил

$$T_{1n}^{-1} = C \Delta_r J^2 \operatorname{ct} h \left( \frac{\Delta_r}{2kT} \right), \quad (2)$$

где  $C$  — константа, зависящая от параметров кристалла и механизма релаксации,  $J$  — обменный интеграл, а  $\Delta_r$  — расстояние между энергетическими уровнями верхнего триплетного и нижнего синглетного состояний пары.

Хаотичность распределения донорной примеси приводит к разбросу значений обменного интеграла для различных пар и соответственно к распределению их скоростей релаксации  $T_{1n}^{-1}(r)$ . Пары, образованные донорами, находящимися на расстоянии  $r$ , согласно (1), дают вклад в релаксацию, равный

$$\frac{N_n(r)}{N_n(r) + N_0} T_{1n}^{-1}(r), \quad (3)$$

где  $N_n(r)$  и  $N_0$  — число пар с внутрипарным расстоянием  $r$  и одиночных центров соответственно, причем

$$N_n(r) = \frac{1}{2} N \omega(r); \quad N_0 = N - 2N_n = N \left( 1 - \int_0^{r_A} \omega(r) dr \right). \quad (4)$$

Здесь  $\omega(r)$  — функция хаотического распределения ближайших соседей,  $r_A$  — внутрипарное расстояние, на котором обменное взаимодействие становится равным сверхтонкому. Следует отметить, что пары с сильным обменным взаимодействием ( $J > kT$ ) находятся в немагнитном синглетном состоянии, не вносят вклада ни в спектр ЭПР, ни в процессы с. р. р. и их нужно исключить из рассмотрения. Представим обменный интеграл в упрощенной форме [4]  $J = J_0 e^{-ar}$  и пренебрежем парами с внутрипарным расстоянием  $r > r_0$ , где  $r_0$  определяется из условия заселенности верхних триплетных состояний пары:

$$J_0 e^{-ar_0} = kT. \quad (5)$$

Используя (2)–(5) и учитывая, что  $N_n(r) \ll N_0$ , для полной скорости с. р. р. получаем

$$\begin{aligned} T_1^{-1} &= \frac{2\pi N^2 C}{N_0} \int_{r_0}^{r_A} \Delta_r e^{-ar} \operatorname{ct} h \left( \frac{\Delta_r}{2kT} \right) r^2 \exp \left\{ -\frac{4}{3} \pi r^3 N \right\} dr \approx \\ &\approx \frac{4\pi C N^2}{3 \alpha^3 N_0} (kT)^3 \left[ \left( \ln \frac{J_0}{kT} \right)^2 + \frac{2}{3} \ln \frac{J_0}{kT} + \frac{2}{9} \right]. \end{aligned} \quad (6)$$

Для  $6H \text{ SiC} : N$ , согласно [8],  $\frac{1}{\alpha} = 2,5 \cdot 10^{-8}$  см,  $J_0 = 10^{14}$  гц, однако известны не все параметры, входящие в константу  $C$ , что не позволяет провести до конца численные расчеты времени с. р. р. Однако оценка кон-

станты  $S$  из эксперимента показывает непротиворечивость предлагаемой модели, так как приводит к скоростям с. р. р. „быстрых“ пар  $T_{1/2}^{-1} \max \sim \sim 10^4 \text{ сек}^{-1}$ , меньшим  $T_2^{-1} \sim 10^{+5} \text{ сек}^{-1}$  [9], по крайней мере до температур порядка  $15^\circ\text{K}$ .

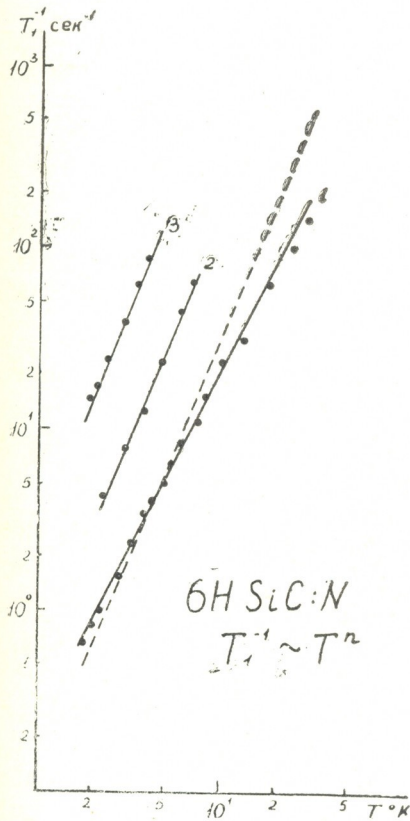


Рис. 1. Температурные зависимости скорости с. р. р. для образцов с различными концентрациями азота: 1— $4,5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ ; 2— $7,5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ ; 3— $1,3 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ . Пунктиром показана температурная зависимость скорости с. р. р., даваемая формулой (6)

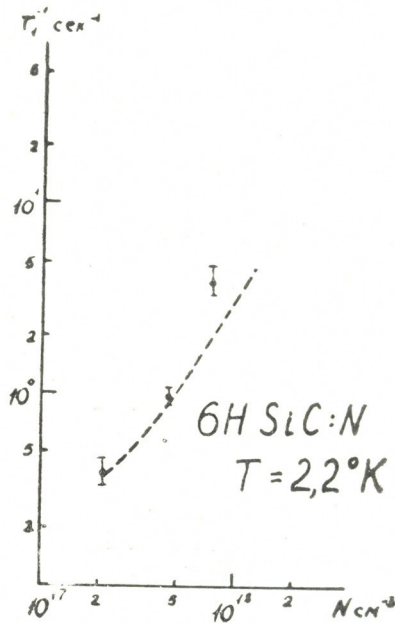


Рис. 2. Точками указаны значения скорости с. р. р. для образцов с концентрациями азота:  $2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ ;  $4,5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ ;  $7,5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ ;  $1,3 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ .  $T = 2,2^\circ\text{K}$ . Пунктирная кривая показывает концентрационную зависимость скорости с.р.р., даваемую формулой (6)

На рис. 1 и 2 проводится сравнение зависимости  $T_1^{-1}$  от температуры и концентрации, следующей из формулы (6), с экспериментом. Расхождение теоретической и экспериментальной концентрационной зависимости  $T_1^{-1}$  в области больших концентраций можно объяснить вкладом в с. р. р. кластеров более высокого порядка, чем пары, которые в рассматриваемой модели не учитывались.

В заключение отметим, что при насыщении линий ЭПР азота и  $6H SiC$  мощным узким СВЧ импульсом, помимо ранее описанных [1] провалов, отстоящих от центральной «дыры» на частотах  $\pm \nu(Si^{29})$ , мы





обнаружили дополнительные углубления, расположенные относительно места насыщения на частотах  $\pm \nu(C^{13})$  и  $\pm \nu(N^{14})$ .

Тбилисский государственный университет

(Поступило 22.2.1973)

ფიზიკა

ი. ბაუმბერგი, ლ. ბუიშვილი, დ. დარასელია, მ. ჯვიადაძე, თ. სანაძე

6H SiC-ში აზოტის მინარევის სპინ-მესერული რელაქსაცია

რეზიუმე

სილიციუმის კარბიდში აზოტის მინარევის სპინ-მესერული რელაქსაციის სიჩქარის დამოკიდებულება ტემპერატურისა და კონცენტრაციისაგან აიხსნება შექმნილი მოდელით: ელექტრონული სპინ-სისტემის რელაქსაცია წარმოებს სწრაფად რელაქსირებადი გაცვლითი წყვილების საშუალებით; ამასთან ერთად „ვიწრო ყელი“ იქმნება ჩქარი წყვილებიდან მესერისათვის ენერჯის გადაცემის უბანზე.

სპინ-მესერული რელაქსაციის ტემპერატურული დამოკიდებულების ექსპერიმენტული მონაცემები  $T_1^{-1} \sim T^n$ , სადაც  $n=2,3 \pm 0,5$  კარგ თანხმობაშია თეორიასთან ფართო ტემპერატურულ ინტერვალში.

PHYSICS

I. B. BAUMBERG, L. L. BUIHVILI, D. M. DARASELIA,  
M. D. ZVIADADZE, T. I. SANADZE

## SPIN-LATTICE RELAXATION OF NITROGEN IN 6H SiC

### Summary

The temperature and concentration dependences of the spin-lattice relaxation rate of nitrogen impurity in silicon carbide are explained on the basis of a model according to which the electron spin system is relaxed by rapidly relaxing exchange-coupled pairs, the energy transfer from the system of "rapid" pairs to the lattice being a "bottleneck" process.

The theory is in good agreement with the experimentally observed temperature dependence of the rate of spin-lattice relaxation  $T_1^{-1} \sim T^n$  where  $n = 2.3 \pm 0.5$  in the wide temperature range.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. И. Б. Баумберг, Т. И. Санадзе, О. Г. Хаханашвили, М. С. Царахов. Сообщения АН ГССР, 60, № 2, 1970, 313.
2. И. М. Зарицкий, А. А. Кончиц, Л. А. Шульман. ФТТ, 13, № 7, 1971, 1895.
3. И. Б. Баумберг, Д. М. Дараселия, Т. И. Санадзе, О. Г. Хаханашвили, М. С. Царахов. Сообщения АН ГССР, 66, № 3, 1972, 575.
4. G. Yang, A. Honig. Phys. Rev., 168, № 2, 1968, 271.
5. Г. Р. Хуцишвили. УФН, 87, № 2, 1965, 211; 96, № 3, 1968, 441.
6. Л. Л. Буишвили, М. Д. Звиададзе. ФТТ, № 7, 1967, 1969.
7. J. R. Marko. Can. J. Phys., 48, № 7, 1970, 834.
8. И. М. Зарицкий, Л. А. Шульман, И. Н. Гейфман. ФТТ, 11, № 1, 1969.
9. И. В. Баумберг, Д. М. Дараселия, Т. И. Санадзе. ЖЭТФ, 62, № 3, 1972.



Н. А. МИСЬКИН

## О МЕЖЗВЕЗДНОМ ПОГЛОЩЕНИИ СВЕТА ЗВЕЗД В ОКРЕСТНОСТЯХ ПЛОЩАДКИ КАПТЕЙНА 21

(Представлено академиком Е. К. Харадзе 1.4.1973)

Большинство исследований межзвездного поглощения света звезд в направлении  $l = 100\text{--}200^\circ$  выполнено в близкой к галактической плоскости зоне  $b = \pm 5^\circ$ , но за пределами этой зоны подобные исследования редки. Между тем, и здесь мы встречаем интересные с точки зрения галактической структуры участки, требующие прежде всего исследования распространения в них межзвездного вещества. Одним из таких участков следует признать участок на краю Млечного Пути в направлении на созвездие Андромеды:

$$\alpha = 1^{\text{h}}24^{\text{m}} - 1^{\text{h}}50^{\text{m}}, \quad \delta = +40^\circ 15' - +47^\circ 40', \quad l = 128^\circ - 136^\circ, \quad b = -14^\circ - -22^\circ.$$

Он представляет интерес в связи с тем, что луч зрения пересекает здесь ветвь Ориона (под углом  $70^\circ$ ), и, вообще, это область, непосредственно прилегающая к южной окраине ветви Ориона.

Материалом для нашего исследования послужил составленный нами же каталог звездных величин, показателей цвета, спектральных классов и классов светимости для 3630 звезд [1]. Поглощение света межзвездной средой исследовалось методом избытков цвета. Избытки цвета, соответственно и модули расстояний, были определены с использованием нормальных цветов и абсолютных величин из [2].

По характеру построенных зависимостей поглощения от расстояний, оказалось целесообразным рассматривать исследуемую область дифференцированно, разбив ее на восемь участков. В последних межзвездная среда имеет различные плотности и протяженности пылевых облаков, расстояния которых также различны.

Автором построены для всех участков диаграммы зависимости полного визуального поглощения от расстояния. Они позволяют проследить в подробностях за характером распределения пылевой материи до расстояний от 1500 до 2000 парсек, за ее неоднородностью и клочковатостью. Фиксируются направлением и расстоянием отдельные облака больших комплексов поглощенных облаков.

Внутренняя, т. е. обращенная к центру Галактики, часть спиральной ветви Ориона прозрачнее внешней, которая более отягощена поглощающими свет облаками. Только отдельные «выбросы» поглощающей материи в трех участках пронизывают внутреннюю часть ветви в рассматриваемом направлении. Между ветвями Ориона и Персея поглощение пылевым веществом продолжает возрастать, в противоречии с тем, что испытывает газовая материя в том же объеме пространства, как это



известно из данных наблюдений в радиодиапазоне [3]. В Орионовой ветви встречаются прозрачные просветы между облаками, простирающиеся до 2 килопарсек.

Академия наук Грузинской ССР  
Абастуманская астрофизическая  
обсерватория

Одесская астрономическая  
обсерватория

(Поступило 16.4.1973)

ასტრონომია

ბ. მისკინი

პარსკვლავთ სინათლის კოსმოსური შთანთქმის შესახებ კაპტეინის 21-ე არის მიდამოებში

რეზიუმე

შესწავლილია სინათლის კოსმოსური შთანთქმა არეში კოორდინატებით  $\alpha = 1^{\text{h}}24^{\text{m}} - 1^{\text{h}}50^{\text{m}}$ ,  $\delta = +40^{\circ}15' - +47^{\circ}40'$ . გამოყოფილია 8 არე შთანთქმის განსხვავებული ხასიათით. ვიზუალურ სხივებში სრული შთანთქმის მანძილზე დამოკიდებულებით თითოეული არე ხასიათდება განსაზღვრული სახით. ორიონის სპირალური შტოს შიდა ნაწილი, რომელიც მიმართულია გალაქტიკის ცენტრისაკენ, უფრო გამჭვირვალეა გარეზე; გარე ნაწილი დამოკიდებულია ვარსკვლავთ სინათლის მშთანთქმელი ღრუბლებით. შესწავლილი მიმართულებით მშთანთქმელი მატერიის მხოლოდ ცალკეული ღრუბლები გადას შტოს შიგნით. ორიონის და პერსეის შტოებს შორის მტერის მშთანთქმელი ღრუბლებით გამოწვეული შთანთქმა აგრძელებს ზრდას. რადიოლიაპაზონში დაკვირვებები ივიზენებენ, რომ სივრცის ამ მოცულობაში გაზის სიმკვრივე ძალიან მცირეა. ორიონის შტოში ღრუბლებს შორის გვხვდება ფანჯრებიც (მტერის ღრუბლებისაგან თავისუფალი ადგილები), რომლებიც ვრცელდება 2000 პს მანძილამდე.

ASTRONOMY

N. A. MISKIN

## ON INTERSTELLAR ABSORPTION OF LIGHT IN THE VICINITY OF THE KAPTEYN AREA 21

Summary

Interstellar absorption of light in the area with the coordinates  $\alpha = 1^{\text{h}}24^{\text{m}} - 1^{\text{h}}50^{\text{m}}$   $\delta = +40^{\circ}15' - +47^{\circ}40'$  has been investigated. 8 areas with different absorption character have been isolated. Each of these areas is characterized by a definite kind of complete visual absorption, depending upon the distance. The inner part of the Orion spiral arm turned to the Galactic center is more transparent than the outer one, which is more burdened with absorbing clouds. Only separate "ejections" of absorbing matter penetrate the inner part of the spiral arm in the direction under consideration.

Between the arms of Orion and Perseus the absorption by the dust matter increases in contradistinction to the gaseous matter which falls in the same region of the space [3]. In the Orion arm there are some gaps between the clouds extending to distances about 2000 pc.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. А. Миськин. Бюлл. Абастум. астрофиз. обс., № 44, 1973.
2. Landolt-Börnstein. Zahlenwerte und Funktionen aus Wissenschaft und Technik. Berlin, 1965, 297.
3. F. G. Kerr. M. N., 1962, 123, № 4, 327.





УДК 523.035

АСТРОНОМИЯ

В. В. ИВАНОВ, Ш. А. САБАШВИЛИ

## К АСИМПТОТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ МНОГОКРАТНОГО РАСSEЯНИЯ СВЕТА В ПОЛУБЕСКОНЕЧНЫХ СРЕДАХ

(Представлено академиком Е. К. Харадзе 21.4.1973)

Решение большого класса астрофизических задач требует рассмотрения переноса излучения в полубесконечной атмосфере. Последнее может быть сведено к исследованию интегрального уравнения (см., например, [1, 2])

$$S(\tau) = \frac{\lambda}{2} \int_0^{\infty} K(|\tau - \tau'|) S(\tau') d\tau' + S_0(\tau), \quad (1)$$

где  $S(\tau)$  — искомая функция (обычно называемая функцией источников),  $\lambda$  — вероятность выживания фотона, удовлетворяющая условию  $0 < \lambda \leq 1$ , а свободный член  $S_0(\tau)$  характеризует распределение первичных источников в среде. Ядерная функция  $K(\tau)$  неотрицательна и нормирована:

$$\int_0^{\infty} K(\tau) d\tau = 1. \quad (2)$$

Ее явное выражение для дальнейшего несущественно. Оно зависит от коэффициента поглощения в линии, от индикатрисы рассеяния и других параметров, однако во всех случаях является суперпозицией экспонент.

Решение уравнения (1) можно записать в виде ряда Неймана:

$$S(\tau) = \sum_{n=0}^{\infty} \lambda^n S_n(\tau), \quad (3)$$

где

$$S_{n+1}(\tau) = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} K(|\tau - \tau'|) S_n(\tau') d\tau', \quad n = 1, 2, \dots \quad (4)$$

Здесь  $S_n(\tau)$  учитывают последовательные рассеяния. При численном решении  $S_n(\tau)$  соответствуют последовательным итерациям. Использование ряда (3) эффективно при малых  $\lambda$ , но становится затруднительным при  $\lambda$ , близких к единице, так как его сходимость в этом случае медленная.

Следует ожидать, что при больших  $n$  функции  $S_n(\tau)$  принимают некоторую асимптотическую форму. Найдя последнюю, вклад далеких членов ряда можно будет учесть без их непосредственного нахождения числен-



ными методами. В настоящей заметке мы приводим результаты, касающиеся асимптотического поведения  $S_n(\tau)$  при  $\tau = \text{const}$  и  $n \rightarrow \infty$ .

Предположим, что функция  $V(u)$ , определяемая выражением

$$V(u) = \int_0^{\infty} K(\tau) \cos \tau u \, d\tau, \quad (5)$$

в окрестности точки  $u = 0$  имеет поведение

$$1 - V(u) \sim u^{2\gamma} \varphi(u), \quad u > 0, \quad (6)$$

где  $\gamma$  — некоторая постоянная, называемая обычно характеристическим показателем ( $0 < \gamma \leq 1$ ), а  $\varphi(u)$  — медленно меняющаяся функция, такая, что

$$\lim_{u \rightarrow 0} \frac{\varphi(au)}{\varphi(u)} = 1, \quad 0 < a < \infty. \quad (7)$$

В задачах, встречающихся в теории переноса излучения, условие (6) всегда выполняется.

Обозначим, далее, через  $\Psi(\tau)$  решение однородного уравнения

$$\Psi(\tau) = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} K(|\tau - \tau'|) \Psi(\tau') \, d\tau', \quad (8)$$

удовлетворяющее условию  $\Psi(0) = 1$ . Тогда если интеграл

$$S^* = \int_0^{\infty} S_0(\tau) \Psi(\tau) \, d\tau \quad (9)$$

сходится, то при фиксированном  $\tau$  и  $n \rightarrow \infty$  функции  $S_n(\tau)$  асимптотически представимы в форме

$$S_n(\tau) \sim S^* c(n) \Psi(\tau), \quad (10)$$

где

$$c(n) = \frac{1}{\pi} s \Gamma(s) \varphi^{-s} n^{-(1+s)}, \quad s = \frac{1}{2\gamma} \quad (11)$$

и  $\Gamma(s)$  — гамма-функция Эйлера. Формула (10) выражает основной результат настоящей работы.

Переходя к формулировке другого результата, введем функцию

$$H(z) = 1 + \int_0^{\infty} \exp\left\{-\frac{\tau}{z}\right\} \Phi(\tau) \, d\tau. \quad (12)$$

Здесь  $\Phi(\tau)$  — резольвентная функция, являющаяся значением резольвенты уравнения (1)  $\Gamma(\tau, \tau')$  при  $\tau' = 0$ . Она удовлетворяет уравнению

$$\Phi(\tau) = \frac{\lambda}{2} \int_0^{\infty} K(|\tau - \tau'|) \Phi(\tau') \, d\tau' + \frac{\lambda}{2} K(\tau). \quad (13)$$



Функция  $H$  играет большую роль в теории переноса излучения. Оказывается, что если разложить эту функцию в ряд Тейлора по  $\lambda$ :

$$H(z) = \sum_{n=0}^{\infty} \lambda^n H_n(z), \tag{14}$$

то функции  $H_n(z)$  при фиксированном  $z$  и  $n \rightarrow \infty$  можно асимптотически представить в виде

$$H_n(z) \sim c(n) z H^0(z), \tag{15}$$

где  $H^0(z)$  есть  $H$ -функция при  $\lambda = 1$ , а  $c(n)$  по-прежнему определяется формулой (11).

Наконец, третий результат касается поведения  $n$ -ого члена  $\Gamma_n(\tau, \tau')$ -разложения резольвенты  $\Gamma(\tau, \tau')$  по степеням  $\lambda$  при  $n \rightarrow \infty$  и фиксированных  $\tau$  и  $\tau'$  и выражается формулой

$$\Gamma_n(\tau, \tau') \sim c(n) \Psi(\tau) \Psi(\tau'). \tag{16}$$

В литературе имеются лишь отдельные частные случаи приведенных выше общих выражений [3, 4].

Вывод выражений (10), (15) и (16), обсуждение важнейших с точки зрения применений частных случаев и физическая интерпретация результатов будут опубликованы в журнале «Астрофизика».

Ленинградский государственный университет

Тбилисский государственный университет

(Поступило 21.4.1973)

ასტრონომია

3. ივანოვი, შ. საბაშვილი

ნახევრად უსასრულო გარემოში სინათლის მრავალჯერადი გაბნევის ასიმპტოტური თეორიისათვის

რეზიუმე

განხილულია სინათლის მრავალჯერადი გაბნევა ნახევრად უსასრულო ბრტყელ-პარალელურ გარემოში. მოყვანილია ფოტონის გადარჩენის ალბათობა  $\lambda$ -ს ხარისხებად ზოგიერთ მნიშვნელოვან ფუნქციათა გაშლის  $n$ -ური წევრის ასიმპტოტური ( $n \rightarrow \infty$ ) წარმოდგენები (10), (15) და (16).

ASTRONOMY

V. V. IVANOV, Sh. A. SABASHVILI

ON THE ASYMPTOTIC THEORY OF MULTIPLE LIGHT SCATTERING IN SEMI-INFINITE MEDIA

Summary

The multiple light scattering in semi-infinite plane-parallel media is discussed. The asymptotic representations ( $n \rightarrow \infty$ ) (10), (15) and (16) of the  $n$ -th





members of the expansions of some important functions in degrees of photon survival probability  $\lambda$  are given.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. В. Соболев. Перенос лучистой энергии в атмосферах звезд и планет. М., 1956.
2. В. В. Иванов. Перенос излучения и спектры небесных тел. М., 1969.
3. A. Uesugi and W. M. Irvine. *Ap. J.*, 159, № 1, 1970, 127.
4. H. C. Van de Hulst. *Astron. and Astrophys.*, 9, 1970, 374.



Г. К. СУЛАКВЕЛИДZE, Н. Ш. ХИДАШЕЛИ

## ПРИХОД СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА РАЗЛИЧНО ОРИЕНТИРОВАННЫЕ НАКЛОННЫЕ ПОВЕРХНОСТИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Б. К. Балавадзе 26.1.1973)

Неравномерное распределение прихода солнечной радиации на склоны различной ориентации является одной из причин возникновения микроклиматических особенностей в условиях сложного рельефа.

Количество солнечной радиации, приходящей на земную поверхность, определено и рассчитано многими авторами. В основном все работы по этому вопросу касаются прямой солнечной радиации, остальные составляющие (рассеянная и отраженная радиация) исследованы недостаточно.

Прямую солнечную радиацию вычисляют по формуле А. Н. Гордова [1], которая хорошо описывает неравномерное распределение прямой солнечной радиации в зависимости от ориентации и угла наклона поверхности.

При вычислении рассеянной радиации ее неравномерное распределение в зависимости от ориентации не учитывалось (за исключением нескольких работ, для вертикальной поверхности) и считалось, что рассеянная радиация распределена равномерно для любой ориентации.

Использование изотропного распределения рассеянной радиации приводит к неточным результатам (особенно при ясном небе).

Целью настоящей работы являются изучение распределения рассеянной радиации по ориентациям и углам наклона поверхности и оценка величины изотропного приближения. Для этого была измерена рассеянная радиация, приходящая при ясном небе на различно ориентированные наклонные поверхности.

Измерения проводились на опытной площадке здания метеорологической станции Тбилисского государственного университета. Отражение от поверхности перекрытия настолько мало, что практически им можно было пренебречь.

Прибор для измерений рассеянной радиации состоял из пяти пиранометров и гальванометра ГСА-1 (стандартной аппаратуры, используемой на станциях ГУГМС при СМ СССР). Один пиранометр прикреплялся к горизонтальной поверхности, остальные четыре располагались так, что можно было измерить радиацию, приходящую на поверхности с углами наклона от 0 до 90°.

Было проведено около 1000 измерений величины рассеянной радиации с интервалом времени в 1 час. На основе обработки полученного при этих наблюдениях материала были рассчитаны коэффициенты, которые равны отношению величины рассеянной радиации, падающей на наклонную поверхность, к величине рассеянной радиации, падающей на горизонтальную поверхность

$$K = \frac{R_{\text{накл}}}{R_{\text{гор}}}$$

С помощью вышеуказанных коэффициентов и по многолетним данным сетевых наблюдений о величине рассеянной радиации, приходящей на горизонтальную поверхность [12], была вычислена величина рассеянной радиации, приходящей на различно ориентированные наклонные поверхности для района г. Тбилиси для 30 июля.

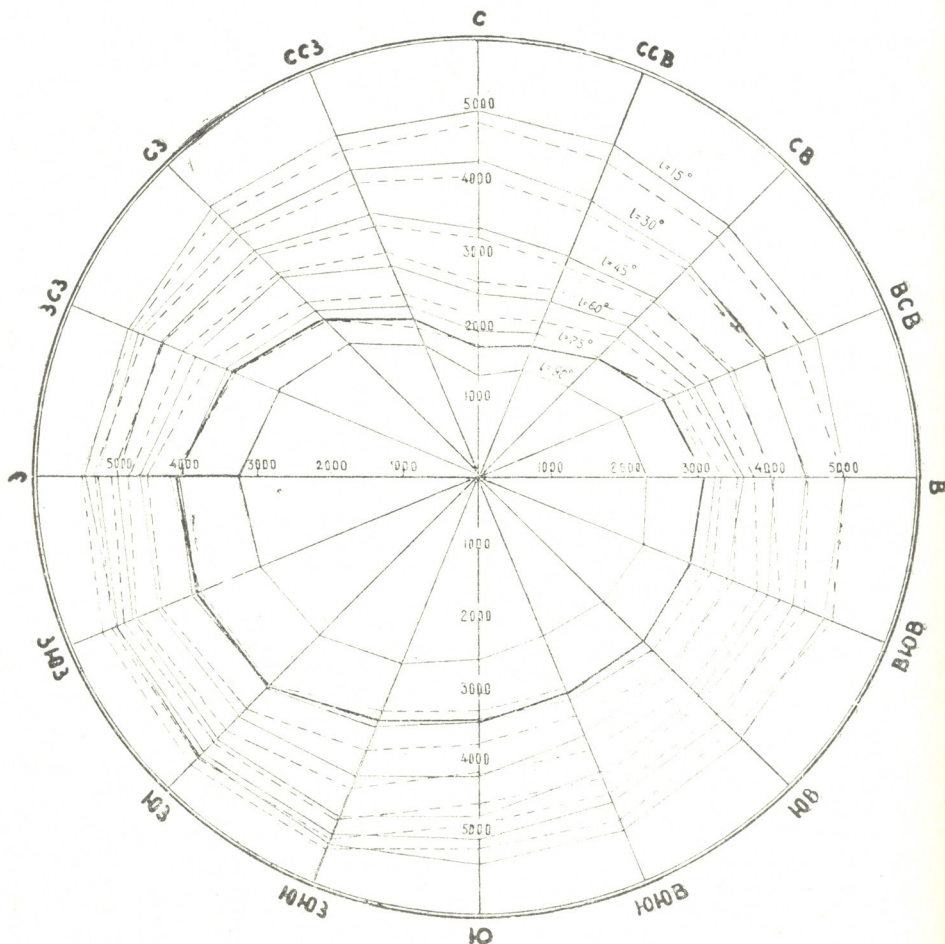


Рис.1. Зависимость величины суммарной радиации, приходящей на наклонные поверхности, от ориентации и угла наклона поверхности

По полученным в результате проведения этих расчетов данным и по формуле Гордова была вычислена суммарная радиация для того же числа. На рис. 1 приведен график распределения суммарной радиации по ориентациям для наклонных поверхностей от 15 до 90° с интервалом 15°. Пунктирные кривые соответствуют суммарной радиации, рассчитанной при допущении изотропности рассеянной радиации. Сплошные кривые показывают распределение суммарной радиации, вычисленной с учетом анизотропности рассеянной радиации. Разница между ними для поверхностей с углами наклона от 0 до 75° не превышает 10—15%, а для вертикальной поверхности достигает 30%.

Для проверки полученных результатов было проведено непосредственное измерение суммарной радиации, приходящейся на вертикальную поверхность. Полученные результаты хорошо совпадают с кривы-





მი, полученными с учетом анизотропного распределения рассеянной радиации. Коэффициент корреляции  $r=0,98$  при среднем квадратичном отклонении не превышает 2—3%.

Таким образом, при расчете суммарной радиации, приходящей на наклонные поверхности с углами наклона от 0 до 75°, анизотропность рассеянной радиации можно не учитывать.

При расчете суммарной радиации, приходящейся на различно ориентированные вертикальные поверхности, а также при расчетах, когда требуется знание точных значений величин рассеянной радиации, необходимо учитывать анизотропность рассеянной радиации.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 1.2.1973)

გეოფიზიკა

ბ. სულაკველიძე, ნ. ხიდაშელი

სხვადასხვა ორიენტაციის დახრილ ზედაპირებზე მოსული მზის რადიაცია

რეზიუმე

შესწავლილია სხვადასხვა ორიენტაციის დახრილ ზედაპირებზე მოსული მზის რადიაციის არათანაბარი განაწილება.

გამოთვლილია გაბნეული რადიაციის არათანაბარი განაწილების კოეფიციენტები

$$K = \frac{R_{დახ}}{R_{პორ}}$$

ჩეკონენდებულია, რომ 0-დან 75°-მდე დახრილ ზედაპირებზე მოსული ჯამური რადიაციის გამოთვლის დროს გაბნეული რადიაციის ანიზოტროპულობა შეიძლება არ იყოს მხედველობაში მიღებული.

ვერტიკალურ ზედაპირზე მოსული ჯამური რადიაციის გამოთვლის დროს და ისეთ შემთხვევებში, როდესაც საჭიროა მზის რადიაციის ზუსტი მნიშვნელობის ცოდნა, გაბნეული რადიაციის ანიზოტროპულობის გათვალისწინება აუცილებელია.

G E O P H Y S I C S

G. K. SULAKVELIDZE, N. Sh. KHIDASHELI

THE QUANTITY OF SOLAR RADIATION RECEIVED ON DIFFERENTLY ORIENTED INCLINED PLANES

Summary

Nonuniform distribution of scattered radiation received on differently oriented inclined planes has been investigated.

Coefficients equal to the ratio of the magnitude of the scattered radiation incident on inclined planes to that of the scattered radiation incident onto the horizontal surface have been calculated.



It is recommended to neglect the anisotropy of scattered radiation in calculating the total radiation received on inclined planes with the inclination of from  $0^\circ$  to  $75^\circ$ .

It is necessary to take into account the anisotropy of scattered radiation when calculating the total radiation received on variously oriented vertical surfaces as well as when one must know the exact value of the magnitude of scattered radiation.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. Н. Гордов. Материалы по агроклиматическому районированию субтропиков СССР, вып. 2, 1938.
2. Справочник по климату СССР, вып. 14. Л., 1968.

Г. П. БЕРИШВИЛИ

## О 27-ДНЕВНОЙ ПОВТОРЯЕМОСТИ ГЕОМАГНИТНЫХ БУРЬ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Б. К. Балавадзе 25.1.1973)

Вопрос об особенностях 27-дневной повторяемости геомагнитных бурь неоднократно рассматривался в литературе [1—7]. Однако, в связи с тем, что соответствующие результаты не всегда убедительны или однозначны, требуется, по нашему мнению, дополнительные исследования. Настоящая работа посвящается, в частности, уточнению вопроса об особенностях повторяемости геомагнитных бурь различной интенсивности, причем для этого используются возможности теории случайных функций.

Как известно [1—7], основным способом исследования прежде служило применение метода «наложения эпох». На рис. 1 воспроизводятся заимствованные из [7] кривые повторяемости<sup>(1)</sup>, построенные соответствующим способом для умеренных (кривая А), больших (кривая В) и очень больших (кривая С) бурь. Они иллюстрируют результаты вычислений, проведенных по материалам Душетской геомагнитной обсерватории (1900—1964 гг.). Как видно из фигуры, тенденция к повторяемости весьма отчетливо выражается для первых двух категорий бурь (умеренных и больших). Для них явно выделяются максимумы, соответствующие как первому, так и второму оборотам Солнца, причем случайные колебания рассматриваемых кривых небольшие<sup>(2)</sup>. Что касается очень больших бурь, то для них более или менее хорошо выделяется только максимум, приуроченный к первому обороту Солнца. Следует отметить, что эти заключения подтверждаются также с помощью критерия согласия  $\lambda$  [7].

Для более детального изучения интересующего нас вопроса упомянутые кривые повторяемости, согласно сказанному выше, были проанализированы дополнительно с помощью приемов теории случайных функций при допущении, что эти кривые представляют собой реализации стационарных случайных функций, обладающих эргодическими свойствами. Последние условия являются довольно жесткими [8]. Однако, учитывая способ получения рассматриваемых кривых повторяемости, являющихся результатом осреднения весьма обширных данных, и возможности избранного метода, можно полагать, что применение приемов последнего позволит максимально освободить кривые повторяемости от случайных искажений [9].

Как известно [8], корреляционную функцию  $k_x(\tau)$  случайной функции  $x(t)$  при соблюдении вышеуказанных условий можно приближенно определить следующим образом:

(1) На оси абсцисс этого графика отложено время (в днях), отсчитываемое от каждого бурного дня (нулевые дни), а на оси ординат — число всех последующих бурных дней в процентах по отношению к числу соответствующих нулевых дней.

(2) На это указывают колебания кривых относительно прерывистых прямых, изображающих средние значения частоты повторяемости бурных дней [7].



$$k_x(\tau) \approx \frac{1}{T-\tau} \int_0^{T-\tau} x(t) x(t-\tau) dt, \quad (1)$$

где  $T$ —интервал определения  $x(t)$ ,  $\tau$ —какое-нибудь заданное значение  $t$ , а

$$x(t) = x(t) - m_x,$$

причем  $m_x$ —математическое ожидание  $x(t)$ , которое приближенно имеет вид

$$m_x \approx \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt. \quad (2)$$

Чтобы (1) и (2) сделать удобными для практических целей, следует интегралы в этих выражениях заменить конечными суммами [8].

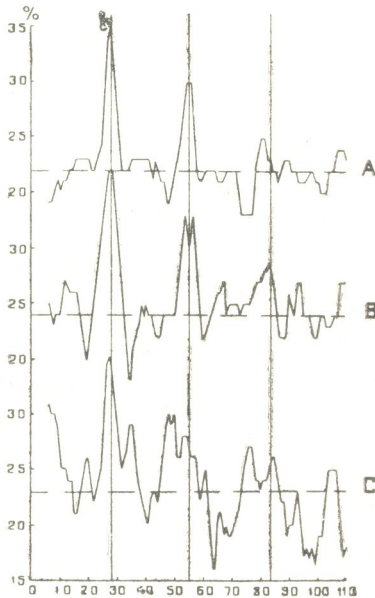


Рис. 1

Вычисленные таким образом значения  $k_x(\tau)$  можно нормировать, используя зависимость

$$\rho_x(\tau) = k_x(\tau)/D,$$

где  $\rho_x(\tau)$ —нормированная корреляционная функция,  $D$ —дисперсия случайной функции, причем

$$D \approx \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [x(t_i)]^2.$$

Если над полученными нами кривыми повторяемости осуществить изложенные только что приемы вычислений, можно получить соответствующие нормированные корреляционные функции. На рис. 2 даются графики этих функций, построенные для умеренных (кривая А), больших (кривая В) и очень больших (кривая С) бурь.

Действительно, если интервал  $(0, T)$  разбить на  $n$  равных частей  $\Delta T = T/n$  и середины полученных отрезков обозначить через

$$t_1, t_2, \dots, t_n,$$

то получится

$$m_x \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x(t_i),$$

$$k_x(\tau) = k_x \left( \frac{mT}{n} \right) \approx \approx \frac{1}{n-m} \sum_{i=1}^{n-m} x(t_i) x(t_{i+m}),$$

где

$$\tau = m\Delta t = \frac{mT}{n},$$

а  $m = 0, 1, 2, \dots$  (вплоть до таких значений  $m$ , для которых  $k_x(\tau) \approx 0$ ).

Как и следовало ожидать, заключения, которые были сделаны на основании метода «наложения эпох», в этом случае полностью сохраняют силу, причем полученные кривые имеют гораздо более сглажен-

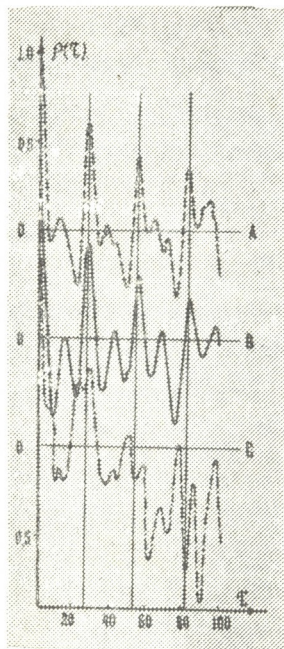


Рис. 2

ный вид, чем соответствующие кривые повторяемости. Более того, на кривых нормированных корреляционных функций, относящихся к умеренным и большим бурям, можно уверенно проследить не только максимумы, приуроченные к первому и второму оборотам Солнца, но и максимумы, падающие на третий оборот; вместе с тем, в этих случаях временные сдвиги между означенными максимумами составляют точно 27 дней<sup>3</sup>. Что касается кривой нормированной корреляционной функции, относящейся к очень большим бурям, то на ней более или менее хорошо прослеживается только один максимум, падающий на первый оборот Солнца. Аналогичное положение наблюдалось и в случае кривой повторяемости очень больших бурь (рис. 1, кривая С). Это, по-видимому, результат того, что очень большие бури появляются сравнительно редко [7].

Этот вопрос требует дополнительного исследования.

Академия наук Грузинской ССР

Институт геофизики

(Поступило 15.2.1973)

<sup>3</sup> На это указывают точки встречи кривых нормированных корреляционных функций с вертикальными прямыми, проведенными на рис. 2 через 27-дневные интервалы.



ბ. ზარიშვილი

გეომაგნიტური ქარიშხლების 27-დღიანი განმეორებადობის  
შეისახვა

რეზიუმე

ნაშრომში დაზუსტებულია გეომაგნიტური ქარიშხლების განმეორებადობის თავისებურებანი შემთხვევით ფუნქციათა თეორიის ხერხების გამოყენებით. კვლევის მასალად გამოყენებულია სხვადასხვა ინტენსივობის ქარიშხლების (ზომიერი, დიდი და მეტად დიდი ქარიშხლები) განმეორებადობის მრუდები, რომლებიც აგებულია „ეპოქათა ზედღების“ მეთოდით თბილისის (თბილისი, კარსანი, დუშეთი) გეომაგნიტური ობსერვატორიის მონაცემების (1900—1964 წწ.) საფუძველზე. ეს მრუდები განხილულია როგორც შესაბამისი შემთხვევითი სტაციონარული (ერგოდული) ფუნქციების რეალიზაციები. მიღებული ნორმირებული კორელაციური ფუნქციების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ზომიერი და დიდი ქარიშხლების შესაბამის მრუდებზე გამოკვეთილად გამოიყოფა როგორც მზის პირველ და მეორე ბრუნთან დაკავშირებული მაქსიმუმები, ისე მესამე ბრუნზე მოსული მაქსიმუმიც. მეტად დიდი ქარიშხლების შემთხვევაში აშკარად გამოირჩევა მხოლოდ პირველი ბრუნის შესაბამისი მაქსიმუმი.

GEOPHYSICS

G. P. BERISHVILI

ON THE 27-DAY RECURRENCE OF GEOMAGNETIC STORMS

Summary

The characteristics of recurrence of geomagnetic storms are specified using the methods of the theory of random functions. Curves of recurrence of magnetic storms of different intensities (moderate, heavy and very heavy storms) served as the initial material for the investigation. These curves have been plotted in accordance with the method of "superposed epochs" on the basis of the data of the Tbilisi Geomagnetic Observatory (Tbilisi, Karsani and Dusheti) (1900—1964) and considered to be the realization of corresponding random stationary (ergodic) functions. An analysis of the obtained normalized correlative functions shows that maxima timed to the first and second revolutions of the sun as well as maxima accounting for the third revolution are clearly recognized on the corresponding curves pertaining to the moderate and heavy storms. In the case of very heavy storms only maxima related to the first revolution are tracable with confidence.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. П. Бенькова. Труды НИУ ГУГМС, сер. VI, вып. 2, 59, 1946.
2. Г. П. Беришвили. Труды Ин-та геофизики АН ГССР, т. XIII, 21, 1954.
3. Г. П. Беришвили. Геомагн. и аэрномия, т. VIII, № 6, 1967.
4. Справочник по переменному магнитному полю СССР. М., 1954.
5. A. H. Shepley. Trans. Am. Geophys. Union, 28, № 5, 715, 1947.
6. E. Thellier, O. Thellier. C. R. Acad./Sc., 227, 1044, 1948.
7. Г. П. Беришвили. О повторяемости геомагнитных бурь. Тбилиси, 1969.
8. Е. С. Вентцель. Теория вероятностей. М., 1969.
9. В. С. Пугачев. Теория случайных функций и ее применение к задачам автоматического управления. М., 1962.



Г. М. АРОШИДЗЕ, Д. К. КВАВАДЗЕ, З. Л. ЛИАДЗЕ, З. С. ШАРАДЗЕ

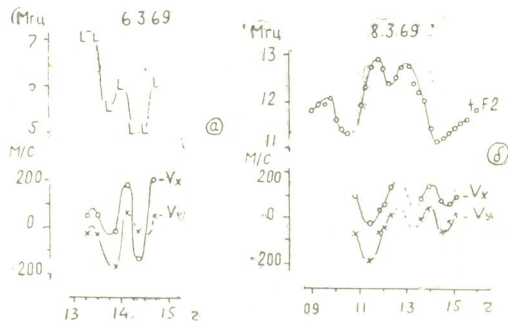
ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ ДРЕЙФА  
 МЕТОДОМ ПРОСТРАНСТВЕННО-РАЗНЕСЕННОГО ПРИЕМА

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. М. Мирианашвили 23.11.1972)

Метод пространственно-разнесенного приема сигналов является одним из основных методов экспериментального изучения дрейфа. Несмотря на достаточно большой опыт проведения измерений этим методом, до сих пор результаты, полученные разными исследователями, не совсем хорошо согласуются. Расхождения существуют даже между данными пунктов наблюдения, разнесенных не на очень большие расстояния и расположенных почти на одной широте. Хорошо согласуются только данные, усредненные за большие интервалы времени (сезон, год). Очевидно, что локальные особенности, порожденные географическими условиями, существуют и часто весьма значительны, но, по-видимому это не всегда является причиной разброса результатов экспериментов. Существует ряд явлений, в настоящее время достаточно хорошо изученных, которые влияют на результат измерения дрейфа и учет которых привел бы к лучшему согласию данных, усредненных за сравнительно короткий промежуток времени.

К таким явлениям относится прохождение ионосферного волнообразного перемещающегося возмущения (ПВ). При прохождении ПВ наблюдается квазипериодическое изменение скорости дрейфа с периодом, совпадающим с периодом возмущения [1]. На рис. 1 показано

Рис. 1. Проявление ПВ одновременно в разных параметрах ионосферы: а — частота перегиба на следе слоя F—L и скорости дрейфа ( $V_x$ —восточно-западная компонента,  $V_y$ —северно-южная компонента); б—критическая частота слоя F— $f_0F2$  и скорости дрейфа



ПВ одновременно в разных параметрах ионосферы (критическая частота слоя F2— $f_0F2$ , частота перегиба на следе слоя F—L) и в изменении скорости дрейфа. На рис. 2 приводится временная зависимость восточно-западной компоненты скорости дрейфа для возмущенной и невозмущенной F-области ионосферы в течение около 35 мин. Для невозмущенной F-области скорость дрейфа почти не меняется, и вполне достаточно будет проведения одного 5-минутного сеанса наблюдения для определения достоверного значения скорости дрейфа. Во время же прохождения ПВ скорость дрейфа меняется в широких пределах, и резуль-



тат измерения скорости будет зависеть от времени, выбранного для проведения сеанса наблюдения. Поэтому для определения достоверного значения скорости дрейфа при наличии ПВ в ионосфере необходимы возможно частые сеансы наблюдений за время существования ПВ.

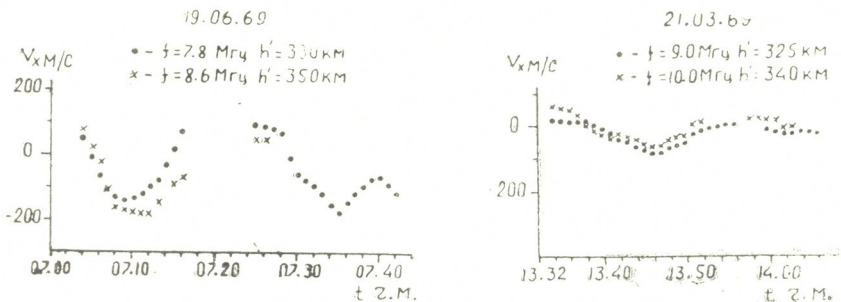


Рис. 2. Изменение во времени восточно-западной компоненты скорости дрейфа ( $V_x$ ) при возмущенной (19.VI.1969 от 07 ч. 00 м. до 07 ч. 42 м.) и невозмущенной (21.III.1969 от 13 ч. 32 м. до 14 ч. 6 м.) ионосфере

Пока не уточнено, действительно ли происходит изменение скорости дрейфа при наличии ПВ или это кажущееся изменение. Предложенное в работе [2] объяснение влияния ПВ на результат измерения скорости дрейфа скольжением точки отражения по изогнутой поверхности отражения заключает в себе предположение о кажущемся изменении скорости дрейфа. Однако при увеличении длины волны скорость скольжения точки отражения должна уменьшаться, и тем самым должно уменьшаться влияние возмущения на результат измерения скорости дрейфа. Нам кажется, что ПВ в действительности влияет на дрейф мелкомасштабных неоднородностей посредством возникновения градиента температуры и наблюдаемое изменение скорости дрейфа является суммой кажущегося и действительного изменения скорости, притом для коротких волн, по-видимому, преобладающим является кажущееся изменение, а для длинных волн — действительное изменение. Таким образом, при наличии ПВ в ионосфере дрейфовую систему следует считать возмущенной и для выявления общих закономерностей дрейфа необходимо исключить влияние ПВ.

Вторым фактором, учет которого необходим при усреднении результатов измерения дрейфа за месяц и более короткий срок, является изменение типа Sq-вариации ото дня ко дню в подфокусных точках наблюдения. Как известно, севернее и южнее фокуса токовых систем, ответственных за спокойные солнечно-суточные вариации магнитного поля Земли (Sq-вариации), наблюдается противоположно направленный дрейф и соответственно меняется тип Sq-вариации. В зоне прохождения фокуса отмечается изменение типа Sq-вариации ото дня ко дню. Это говорит о том, что фокус «гуляет» около  $30^\circ$  геомагнитной широты. В работе [3] обсуждался вопрос о связи Sq-вариации с дрейфом в слое E ионосферы. Пункты наблюдения за Sq-вариацией геомагнитным методом и за дрейфом методом пространственно-разнесенного приема с малой базой были размещены по меридиану на  $\sim 50$  км. Хорошее согласие между Sq-вариацией, определенной геомагнитным методом и вычисленной по дрейфовым данным, получено при прохождении фокуса токовых систем севернее или южнее района наблюдения (рис. 3). Когда же фокус проходил над пунктами наблюдения, корреляция резко





снижалась. Это указывает на то, что в подфокусном районе удаление по меридиану даже на 50 км быстро меняет картину. Поэтому для пунктов наблюдения, находящихся в зоне прохождения фокуса токовых систем, необходимо учитывать тип Sq-вариации, производить усреднение для одинаковых типов Sq-вариаций и так сравнивать результаты разных пунктов наблюдения.

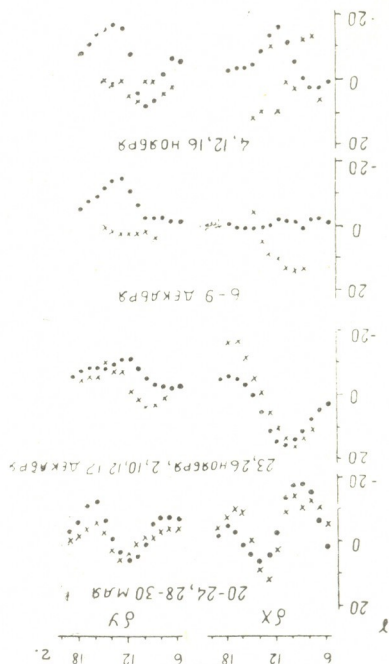


Рис. 3. Sq-вариации, экспериментально измеренные геомагнитным методом (черные кружки) и определенные по дрейфовым данным (белые кружки) (1966 г.); а, б—хорошее совпадение при прохождении фокуса токовых систем севернее и южнее пунктов наблюдения; в, г—отсутствие корреляции, когда фокус токовых систем проходит над пунктами наблюдения

Наконец, для увеличения выхода данных при использовании для обработки «записей» метода подобных замираний считаем полезным дать следующую рекомендацию. Как известно, выход данных в среднем не превышает 30% и редко достигает 50%. Большинство исследо-

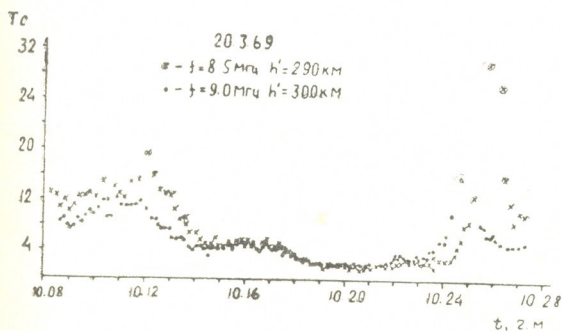


Рис. 4. Квазипериодическое изменение периода замираний

вателей не обрабатывает записей с квазисинусоидальным видом фединга. Оказывается, что такой вид фединга является следствием влияния на дрейф ПВ [1], имеет квазипериодически изменяющийся период



замираний (рис. 4), и поэтому при достаточной длительности наблюдения всегда имеется возможность определить подобные замирания. Обработка таких записей, естественно, увеличит выход данных.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 24.11.1972)

გეოფიზიკა

ბ. აროშიძე, დ. კვადაძე, ზ. ლიადე, ზ. შარაძე

ბანცალკევიზულ წირტილეზონი რადიოსიგნალეზის მიღების მეთოდით გაზომილი დრეიფის ინტერპრეტაცია

რეზიუმე

1966—1969 წლებში მოპოვებული მასალის ანალიზით დადგენილია, რომ იონოსფეროს F არეში მცირე ზომის არაერთგვაროვნებების დრეიფულ მოძრაობაზე გავლენას ახდენს ტალღური ბუნების მოძრავი შემფოთებები. ურომაში მოყვანილია ზოგიერთი მონაზრება დრეიფული განაზომის სწორი ინტერპრეტაციისათვის აღნიშნული შემფოთებების არსებობის დროს.

GEOPHYSICS

G. M. AROSHIDZE, D. K. KVAVADZE, Z. L. LIADZE, Z. S. SHARADZE

INTERPRETATION OF THE RESULTS OF IONOSPHERIC  
DRIFT MEASURED BY THE SPACE DIVERSITY  
RECEPTION METHOD

Summary

An analysis of the data collected in 1966-1969 shows that the drift velocity of small-sized heterogeneities in the F-region of the ionosphere is affected by undulatory variable disturbances. Some suggestions are made in the paper for correct interpretation of drift measurements in the presence of such disturbances.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. М. Арошидзе, В. А. Загуляева, Д. К. Квавадзе, Ю. В. Кушнеревский, Ю. Л. Сизов, З. С. Шарадзе. Сб. «Ветры, дрейфы и неоднородности в ионосфере». М., 1971, 167.
2. J. W. Mac Dougall. J. Atmos. and Terr. Phys., vol. 28, № 11, 1966.
3. Г. М. Арошидзе, Д. К. Квавадзе, Дж. С. Чиковани. Геомагнитные исследования, № 10, 1969, 36.

В. Д. ЭРИСТАВИ, В. С. ГОЛУБЕВ, К. М. ОЛЬШАНОВА,  
М. Г. МГАЛОБЛИШВИЛИ

## ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ОСАДОЧНОЙ СОРБЦИИ ХРОМА НА АНИОНИТАХ ДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. А. Ландаи 12.2.1973)

Исследования кинетики осадочной сорбции ионов весьма немногочисленны [1]. Между тем, без знания кинетических закономерностей процесса не удастся построить теорию динамики осадочной хроматографии, которая учитывала бы кинетические и диффузионные параметры процесса.

Цель настоящей работы — изучить динамическим методом кинетику осадочной сорбции иона  $Cr^{+3}$  из хлоридного раствора на анионитах АВ-17, АВ-16, ЭДЭ-10, АН-2Ф и определить кинетическую область протекания процесса. Для этого были сняты кинетические кривые  $q = f(t)$  ( $q$  — концентрация сорбированного вещества,  $t$  — время) при разных скоростях потока.

Установка для изучения кинетики сорбции схематически изображена на рис. 1.

Воронка с внутренним диаметром 6 см заполняется кварцевым песком (1), который удерживается нейлоновой сеточкой (2). На поверхности песка помещают сорбент с высотой слоя в одно зерно (3), и все прикрывается фильтровальной бумагой, вырезанной по диаметру воронки (4). Исследуемый раствор с концентрацией 0,2 мг/мл хрома подается из резервуара (5) и фильтруется через воронку со скоростями 60, 90, 120, 150 мл/мин. Через каждые 20 сек отбираются фракции, и в них определяется количество несорбированного элемента. Регулирование скорости производится изменением высоты выходной трубки (6). Постоянный уровень жидкости поддерживается отводом избытка жидкости (7).

Предварительно были изучены изотермы осадочной сорбции [2]. Изотермы имеют вид, характерный для обратимой сорбции, и подчиняются уравнению Лэнгмюра. Следовательно, можно воспользоваться известными в литературе [3—6] уравнениями диффузионной кинетики обратимой сорбции.

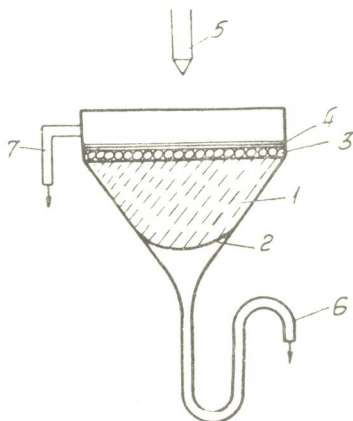


Рис. 1



Уравнение кинетики обратимой сорбции из потока раствора постоянной концентрации для линейной изотермы может быть записано следующим образом:

$$-\ln(1 - q/q_\infty) = \frac{\gamma}{k} t, \quad (1)$$

где  $q$ ,  $q_\infty$  — концентрации адсорбированного вещества к моменту времени  $t$  и при равновесии;  $\gamma$  — кинетический коэффициент;  $k$  — коэффициент адсорбции (безразмерная величина).

Выражения для кинетических коэффициентов сорбции на сферических зернах представлены ниже:

1. Внешнедиффузионная область при ламинарном потоке [4]:

$$\gamma = \gamma_1 = a_1 D^{2/3} u^{1/3} r_0^{-5/3}, \quad (2)$$

где  $a_1 = \text{const}$ ;  $D$  — коэффициент диффузии сорбционного вещества;  $u$  — линейная скорость потока;  $r_0$  — радиус зерна.

2. Внутридиффузионная область [5]:

$$\gamma = \gamma_2 = a_2 D_{\text{эф}} r_0^{-2} k, \quad (3)$$

где  $a_2 = \text{const}$ ;  $D_{\text{эф}}$  — эффективный коэффициент внутренней диффузии.

3. Область кинетики из-за потока [3, 7]:

$$\gamma = \gamma_3 = a_3 \frac{\alpha}{1 - \alpha} \cdot u \cdot r_0^{-1}, \quad (4)$$

где  $a_3 = \text{const}$ ;  $\alpha$  — пористость слоя сорбента.

4. Смешанная область [6, 7]:

$$\frac{1}{\gamma} = \frac{1}{\gamma_1} + \frac{1}{\gamma_2} + \frac{1}{\gamma_3}. \quad (5)$$

Из выражений (2) — (5) видно, что зависимость  $\gamma$  от скорости потока не одинакова в разных кинетических областях. Следовательно, находя из опыта зависимость  $\gamma = f(u)$ , можно определить кинетические области протекания осадочной сорбции.

На основе опытных данных строился график зависимости  $-\ln(1 - q/q_\infty) = f(t)$ . Было найдено, что эта зависимость имеет линейный характер. Из графика определялся тангенс угла наклона  $\alpha$  прямых к оси времени, причем, как следует из (1),

$$\text{tg } \alpha = \frac{\gamma}{k} = \frac{\gamma \cdot c_0}{q_\infty \cdot \rho} \cdot \frac{\alpha}{1 - \alpha}, \quad (6)$$

где  $\rho$  — плотность набухшего сорбента.

Поскольку значение пористости тонкого слоя сорбента может быть учтено лишь приближенно, на основе экспериментальных данных строилась зависимость кинетического коэффициента  $\gamma$  от объемной скорости потока (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что зависимость  $\gamma = f(v)$  имеет линейный или близкий к линейному (для ЭДЭ-10) характер.





В соответствии с теоретическими зависимостями (2) — (5) это означает, что в изученном интервале скоростей потока скорость осадочной сорбции хрома на анионитах определяется скоростью подвода вещества потоком.

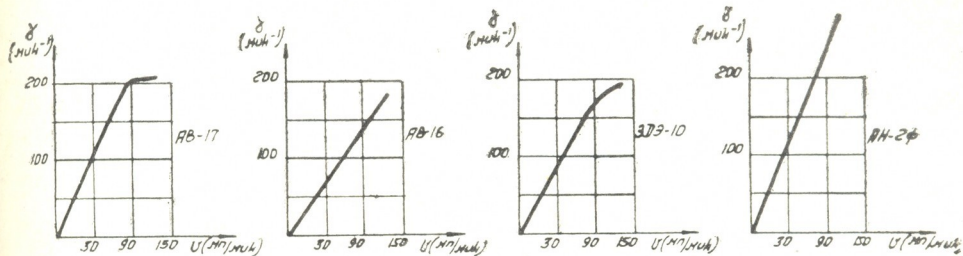


Рис. 2

Скорость сорбции  $Cr^{+3}$  на анионите АВ-17 перестает зависеть от скорости потока при  $v=v'=120$  мл/мин, что соответствует линейной скорости  $u'=2,8$  см/мин. Следовательно, сорбция  $Cr^{+3}$  на изученных анионитах из потока при линейных скоростях  $u > u'$  протекает во внутридиффузионной области.

Уравнение кинетики из-за потока может быть преобразовано следующим образом:

$$-\ln(1 - q/q_{\infty}) = \frac{V}{m} \cdot \frac{c_0}{c_{\infty}} \cdot t, \quad (7)$$

где  $m$  — вес сорбента в набухшем состоянии.

Отсюда тангенс угла наклона  $\beta$  прямой  $\gamma = f(v)$  к оси  $v$  равен

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\rho}{m} \cdot \frac{1 - \alpha}{\alpha}. \quad (8)$$

Из рис. 2 найдено:  $\operatorname{tg} \beta_1 = 1,8$  для АВ-17,  $\operatorname{tg} \beta_2 = 1,2$  для АВ-16,  $\operatorname{tg} \beta_3 = 1,4$  для ЭДЭ-10 и  $\operatorname{tg} \beta_4 = 1,8$  для АН-2Ф. По формуле (8)  $\operatorname{tg} \beta_1 = 1,8$ ,  $\operatorname{tg} \beta_2 = 1,5$ ,  $\operatorname{tg} \beta_3 = 1,2$ ,  $\operatorname{tg} \beta_4 = 1,6$ . Совпадение экспериментальных и теоретически рассчитанных зависимостей  $\gamma = f(v)$  можно считать удовлетворительным.

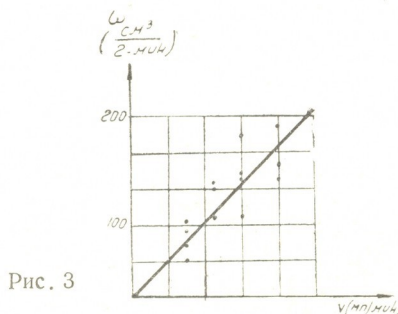


Рис. 3

Это же видно из рис. 3, на котором представлена зависимость  $\omega = \gamma \frac{\alpha}{1 - \alpha} \cdot \frac{1}{\rho} \cdot \frac{q_{\infty}}{c_0} \cdot \operatorname{tg} \alpha$  от  $v$ . В соответствии с теоретической формулой

(8) эта зависимость имеет линейный характер с углом наклона  $\varphi = \operatorname{arctg} \frac{1}{m}$ . Поскольку  $m = 1$  г, то  $\varphi = 45^\circ$ , что, как видно из рис. 3, приближенно выполняется.

Из полученных результатов следует, что при достаточно малых скоростях потока (меньших 2,8 см/мин) можно не учитывать торможение процесса осадочной сорбции, обусловленное конечной скоростью внешней и внутренней диффузии. Следовательно, закономерности динамики осадочной сорбции при этих скоростях определяются равновесными и гидродинамическими параметрами и не зависят от внешней и внутренней диффузии.

Грузинский политехнический институт  
им. В. И. Ленина

(Поступило 9.3.1973)

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

ვ. ერისთავი, ვ. გოლუბევი, კ. ოლშანოვა, მ. მგალობლიშვილი

ანონიტიზაცია ქრომის დალექვითი სორბციის კინეტიკის დინამიური მეთოდით

რეზიუმე

შესწავლილია АВ-17, АВ-16, ЭДЭ-10 და АН-2Ф ანიონიტებზე დინამიური მეთოდით ქრომის დალექვითი სორბციის კინეტიკა. დადგენილია, რომ 2,8 სმ/წ-ზე ნაკლები ნაკადის სიჩქარისას დალექვითი სორბციის სიჩქარე განისაზღვრება ნივთიერების მიწოდების ნაკადით.

ANALYTICAL CHEMISTRY

V. D. ERISTAVI, V. S. GOLUBEV, K. M. OLSHANOVA, M. G. MGALOBlishVILI  
INVESTIGATION OF THE KINETICS OF SEDIMENTARY SORPTION  
OF CHROMIUM ON ANION EXCHANGERS BY THE  
DYNAMIC METHOD

Summary

The kinetics of sedimentary sorption of chromium on the АВ-17, АВ-16, ЭДЭ-10 and АН-2Ф anion exchangers has been studied by the dynamic method. The rate of sedimentary sorption has been found to be limited by the delivery rate of the substance at flow rates of less than 2.8 cm per minute.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. А. Васютин. Осадочно-ионное поглощение и разделение металлов на анионитах. Автореферат, М., 1970.
2. В. Д. Эристави, В. С. Голубев, К. М. Ольшанова, Г. В. Цинцадзе, М. Г. Мგალობლიშვილი, Р. А. Кекелия, Н. Г. Махаробლიშვილი. Труды ГПИ им. В. И. Ленина, 5 (153), 1972.
3. Д. П. Тимофеев. ДАН СССР, № 3, 1962.
4. В. С. Голубев, Г. М. Панченков. ЖФХ, 36, 1972, 2271.
5. В. С. Голубев, Г. П. Панченков. ЖФХ, 37, 1963, 310.
6. В. С. Голубев, Г. М. Панченков. ЖФХ, 38, 1964, 228.
7. В. С. Голубев. Динамика физико-химических и геохимических процессов. Автореферат, М., 1970.



АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Ц. Н. ГУДУШАУРИ, Ф. И. БРОУЧЕК

ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ НИОБИЯ ОТ ТИТАНА,  
ВОЛЬФРАМА, МОЛИБДЕНА И ВАНАДИЯ НА ФТОР-ФОРМЕ  
АНИОНИТА АВ-16

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. А. Ландиа 2.3.1973)

Отделение ниобия от сопутствующих элементов является одной из сложных задач аналитической химии. Для этой цели, наряду с химическими и экстракционными методами, может быть применена ионообменная хроматография, которая оказалась эффективной при отделении ниобия от ряда элементов [1—3].

Для установления возможности отделения ниобия от сопутствующих элементов — титана, вольфрама, молибдена и ванадия и выявления оптимальных условий этого отделения проведено исследование десорбции вышеуказанных элементов из фтор-форм анионитов АВ-16 и АВ-17.

В данном сообщении приведена методика отделения ниобия от титана, вольфрама, молибдена и ванадия на фтор-форме анионита АВ-16.

Отделение ниобия от титана

I вариант. Раствор, содержащий по 2 мг ниобия и титана, со скоростью фильтрации 1 мл/мин пропускается через колонку со фтор-формой анионита АВ-16, высотой слоя 6,5 см, диаметром 1,6 см. После промывания колонки 10—15 мл дистиллированной воды через нее пропускается 500 мл 3% раствора фтористого натрия со скоростью фильтрации 5 мл/мин (элюирование титана), а затем 200 мл 2,5 н соляной кислоты, содержащей 5 г/л фтористого натрия (элюирование ниобия).

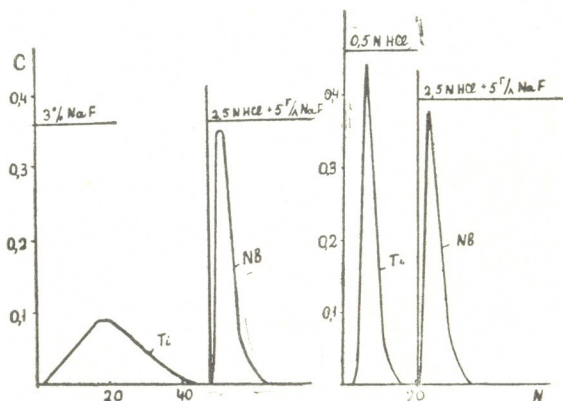


Рис. 1. Хроматографическое отделение ниобия от титана (по 2 мг) в модельных смесях на фтор-форме анионита АВ-16. С—содержание элемента во фракциях элюата, мг/10 мл; N—номера фракций элюата

II вариант. Количественное вымывание титана 0,5 н. соляной кислотой, которой ниобий не элюируется, дает возможность разделения





этих элементов. Титан вымывается 200 мл 0,5 н. соляной кислоты, а ниобий — 200 мл 2,5 н. соляной кислоты, содержащей 5 г/л фтористого натрия. Проверка вышеописанного метода отделения ниобия от титана проводилась как на модельных смесях, так и на образцах сплавов (рис. 1, табл. 1).

Таблица 1

Марка сплава	Содержание элемента по паспорту, %		Найдено в сплаве, %		Отн. ошибка, %		Найдено в сплаве, %		Отн. ошибка, %	
	Nb	Ti	без отделения на анионите				после отделения на анионите АВ-16			
			Nb	Ti	Nb	Ti	Nb	Ti	Nb	Ti
60—I	57,0	43,0	57,3	42,7	+0,5	-0,7	57,5	42,5	+0,88	-1,0
60—II	52,0	48,0	51,5	46,4	-1,0	-3,3	52,5	48,0	+0,96	0,0

Сплав переводится в раствор путем сплавления навески с пиросульфатом калия при температуре 600—700°, выщелачивается при нагревании 3% винной кислотой, а затем этой же кислотой объем доводится до 250—500 мл. Аликвотная часть (10 мл) пропускается через колонку и далее разделение ведется аналогично вышеописанному.

#### Отделение ниобия от вольфрама, молибдена и ванадия

Сравнительное исследование процессов элюирования этих элементов показало, что отделения ниобия от вольфрама можно достичь при элюировании вольфрама 200 мл 1% едкой щелочи, в то время как ниобий указанным элюентом практически не вымывается.

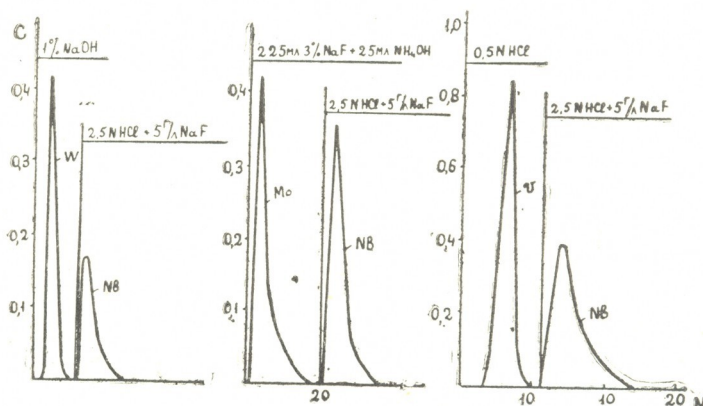


Рис. 2. Хроматографическое разделение модельных смесей ниобий-вольфрам, ниобий-молибден и ниобий-ванадий (по 2 мг) на фтор-форме анионита АВ-16

Для отделения ниобия от молибдена можно использовать 200 мл смеси 225 мл 3% фтористого натрия и 25 мл аммиака (элюирование молибдена) и 200 мл 2,5 н. соляной кислоты, содержащей 5 г/л фтористого натрия (элюирование ниобия).

В качестве элюента при разделении ниобия и ванадия можно использовать 100 мл 0,5 н. соляной кислоты. Ниобий при этом элюируется 200 мл 2,5 н. соляной кислоты, содержащей 5 г/л фтористого натрия.

Проверка разработанной методики производилась как на модельных смесях, так и на образцах промышленных сплавов. Полученные результаты представлены на рис. 2 и в табл. 2 и 3.

Таблица 2

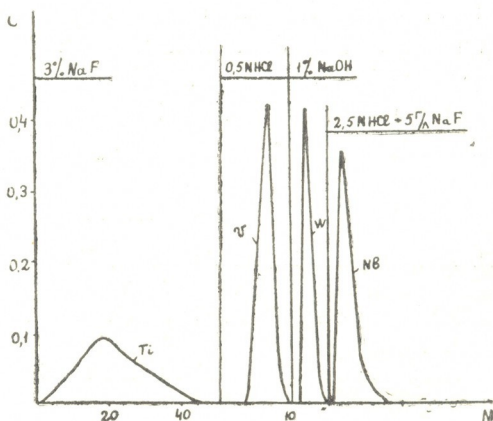
№	Взято, мг			Элюент 1%NaOH		Элюент 225 мл 3%NaF+ +25 мл NH <sub>4</sub> OH	
	Nb	W	Mo	Определено в элюате W, мг	Отн. ошиб- ка, %	Определено в элюате Mo, мг	Отн. ошиб- ка, %
1	2,0	2,0	2,0	2,03	+1,0	1,975	-1,25
2	2,0	1,0	1,0	1,012	+1,2	0,986	-1,25
3	2,0	0,5	0,5	0,508	+1,04	0,477	-4,6
4	2,0	0,2	0,2	0,208	+1,04	0,186	-7,6

Таблица 3

Марка сплава	Содержание элемента по па- спорту, %		Найдено в сплаве, %		Отн. ошиб- ка, %		Найдено в сплаве, %		Отн. ошибка, %	
	Nb	v	без отделения на анионите				после отделения на анионите AB-16			
			Nb	v	Nb	v	Nb	v	Nb	v
265	65,0	35,0	65,0	36,1	0,0	+3,1	64,06	36,25	-1,45	+3,57
267	50,0	50,0	51,0	48,9	+2,0	-2,2	48,8	50,0	-2,4	0,0
270	30,0	70,0	28,0	72,9	-6,67	+4,0	30,0	71,25	0,0	+1,6

Изучены также условия разделения многокомпонентных смесей, содержащих ниобий. Установлена возможность отделения ниобия от ти-

Рис. 3. Хроматографическое разделение модельной смеси титан-ванадий-вольфрам-ниобий (по 2 мг) на фтор-форме анионита АВ-16



тана, вольфрама и ванадия на фтор-форме анионита АВ-16 с высотой слоя 6,5 см, диаметром 1,6 см (рис. 3).



საქართველოს  
აкадеმიის

Приведенные данные свидетельствуют о целесообразности практического использования разработанного нами хроматографического метода отделения ниобия от титана, вольфрама, молибдена и ванадия.

Грузинский политехнический институт  
им. В. И. Ленина

(Поступило 15.3.1973)

სნალიზური ქიმია

ც. ლუღუშაური, ფ. ბროუჩეკი

ნიობიუმის ქრომატოგრაფიული დაცილება ტიტანის, ვოლფრამის, მოლიბდენისა და ვანადიუმისაგან ანიონიტ AB-16-ის ფტორ-ფორმაზე

რეზიუმე

შემუშავებულია და აღწერილია ნიობიუმი-ტიტანის, ნიობიუმი-ვოლფრამის, ნიობიუმი-მოლიბდენის, ნიობიუმი-ვანადიუმის და ტიტანი-ვანადიუმი-ვოლფრამი-ნიობიუმის ნარევების ქრომატოგრაფიული გაყოფის მეთოდები ანიონიტ AB-16-ის ფტორ-ფორმაზე.

აღწერილი მეთოდების შემოწმება ხელოვნურ ნარევებზე და ნიობიუმის შემცველ შენადნობებზე ადასტურებს ამ მეთოდების პრაქტიკული გამოყენების მიზანშეწონილობას.

ANALYTICAL CHEMISTRY

Ts. N. GUDUSHAURI, F. I. BROUCHEK

CHROMATOGRAPHIC SEPARATION OF NIOBIUM FROM TITANIUM, TUNGSTEN, MOLYBDENUM AND VANADIUM ON THE FLUOROFORM OF THE AB-16 ANION EXCHANGER

Summary

Techniques of chromatographic separation of the niobium-titanium, niobium-tungsten, niobium-molybdenum, niobium-vanadium and titanium-vanadium-tungsten-niobium mixtures on the fluoroform of the AB-16 anion exchanger have been elaborated and described. The advisability of using these techniques has been substantiated by testing them with model mixtures and niobium-containing alloys.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. И. П. Алимарин, И. М. Гибало, Цинь Гуан-жунь. Изв. вузов. Химия и химическая технология, 13, 1962, 374.
2. О. В. Альтшулер, Е. А. Субботина, А. Ф. Афанасьева. ЖНХ, № 5, 1958, 1195.
3. В. С. Пахолков, И. Е. Максимов. ЖПХ, № 5, 1966, 1179.



ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Г. В. ЦИНЦАДЗЕ, М. Г. МАТИАШВИЛИ, М. М. УГУЛАВА

КООРДИНАЦИОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ МЕТАЛЛОВ  
С МОЧЕВИНОЙ

(Представлено членом-корреспондентом Академии И. М. Гвердцители 25.12.1972)

В настоящее время в литературе имеется достаточно много данных по координационным соединениям металлов с мочевиной. Эти соединения в основном были получены из водных растворов, а систематические их исследования физико-химическими методами не проводились. То же можно сказать и о синтезе координационных мочевиновых соединений в неводных средах. В связи с этим мы предприняли детальное исследование комплексов мочевины на основе псевдогалогенидов металлов, частью которого является и настоящая работа, посвященная синтезу и изучению некоторых физико-химических свойств комплексов состава  $M(NCS)_2 \cdot nUr$ , где  $Ur$ —мочевина,  $M=Mn$  при  $n=4$  и  $M=Co, Zn$  и  $Cd$  при  $n=2$ .

Синтез соединений проводили в предварительно очищенном этаноле. В качестве исходных веществ брали нитраты марганца и цинка, тиоцианаты кобальта, калия и кадмия и мочевины (все марки ч. д. а).

Для получения продуктов присоединения мочевины к тиоцианатам марганца и цинка предварительно сливали этанольные растворы нитратов этих элементов и тиоцианата калия в мольном соотношении  $M(NO_3)_2:KNCS=1:2$ . Выпавший осадок  $KNO_3$  отделяли фильтрованием, а к фильтрату добавляли этанольный раствор мочевины в соотношении компонентов  $M(NCS)_2:Ur=1:4$  в случае марганца и 1:2 в случае цинка. Смеси ставили на кристаллизацию в вакуум-эксикаторе над  $CaCl_2$ . Через 8—12 дней выделенные белые кристаллы отделяли от маточника, промывали спиртом, эфиром и сушили в вакуум-эксикаторе над  $CaCl_2$ .

Для синтеза комплексных соединений  $Co$  и  $Cd$  смешивали этанольные растворы тиоцианатов этих металлов и мочевины в мольном соотношении  $M(NCS)_2:Ur=1:2$ . Смеси ставили на кристаллизацию в вакуум-эксикаторе над  $CaCl_2$ . Через 7—8 дней выделялись белые кристаллы соли кадмия и синий порошок соли кобальта, которые отделяли от маточника, промывали несколько раз спиртом, эфиром и сушили в вакуум-эксикаторе над  $CaCl_2$ .

Для установления состава синтезированных веществ их анализировали на металл трилонометрический [1], на серу весовым методом в виде  $BaSO_4$  и на  $N, C$  и  $H$  микрометодом. Результаты химического анализа указывают на состав комплексов  $Mn(NCS)_2 \cdot 4Ur$  и  $M(NCS)_2 \cdot 2Ur$ , где  $Ur$ —мочевина, а  $M=Co, Zn, Cd$ .

Все полученные соединения, за исключением соли марганца, устойчивы на воздухе (соединение марганца постепенно окисляется и чернеет на воздухе), хорошо растворяются в воде, эфире, метаноле, этаноле, ацетоне и диметилформамиде, плохо растворяются в четыреххлористом углероде и бензоле.


 3419353300  
 3030090900

Полученные соединения исследовали методами ИК-спектроскопии, рентгенографии, а для соединения кобальта были сняты электронные спектры отражения и поглощения (в спиртовом растворе). ИК-спектры поглощения поликристаллических образцов записывали на спектрофотометре UR-10 ( $400\text{--}4000\text{ см}^{-1}$ ). Применяли метод растирания образцов в вазелиновом масле, поглощение которого по возможности компенсировалось. Рентгенограммы поликристаллических образцов получали методом Дебая. Электронные спектры в твердом состоянии и спиртовом растворе записывали в области  $250\text{--}750\text{ нм}$  на спектрофотометре СФ-10.

Полосы поглощения с частотами в области  $3220\text{--}3460\text{ см}^{-1}$ , принадлежащие валентным колебаниям  $\nu(\text{NH})$  групп  $\text{NH}_2$  молекулы мочевины, в спектре комплексов практически остаются неизменными, по сравнению с частотами валентных колебаний  $\nu(\text{NH})$  свободной (некоординированной) молекулы мочевины (в ИК-спектре свободной молекулы мочевины  $\nu(\text{NH})$  групп  $\text{NH}_2$  проявляются около  $3200, 3330$  и  $3440\text{ см}^{-1}$  [1]). Это обстоятельство может указывать на то, что в исследуемых нами в комплексах молекулы мочевины не координируются с металлами через атомы азота групп  $\text{NH}_2$ . Если бы молекулы мочевины координировались через атомы азота  $\text{NH}_2$ -групп, тогда следовало бы ожидать значительного уменьшения частот колебаний  $\text{NH}$ -связей, как это имело место в спектрах  $\text{MCl}_2 \cdot 2\text{OC}(\text{NH}_2)_2$  ( $\text{M} = \text{Pd}, \text{Pt}$ ) [2] и  $\text{SnBr}_4 \cdot 2\text{OC}(\text{NH}_2)_2$  [3].

В области  $1600\text{--}1700\text{ см}^{-1}$  в ИК-спектре мочевины проявляются две полосы поглощения около  $1630$  и  $1687\text{ см}^{-1}$ , принадлежащие деформационным колебаниям  $\text{NH}_2$ -групп  $\delta(\text{NH}_2)$  и валентным колебаниям  $\nu(\text{NCN})$  и  $\nu(\text{C}=\text{O})$  молекулы мочевины соответственно. В ИК-спектрах комплексов в области  $1600\text{--}1700\text{ см}^{-1}$  имеется одна широкая интенсивная полоса около  $\sim 1640\text{ см}^{-1}$ . Исчезновение полосы поглощения  $1687\text{ см}^{-1}$  в ИК-спектрах комплексов можно объяснить ее наложением на полосу  $1640\text{ см}^{-1}$  при понижении соответствующей частоты. Уменьшение значения частоты  $1687\text{ см}^{-1}$  может быть вызвано ослаблением связи  $\text{C}=\text{O}$  при образовании кислородом координационной связи с тиоцианатами марганца, кобальта, цинка и кадмия.

Аналогично следует объяснить положение частоты  $1153\text{ см}^{-1}$ , которому, по-видимому, соответствуют в спектре комплексов интенсивные полосы при  $1538\text{ см}^{-1}$ , принадлежащие  $\delta(\text{NH}_2)$  и  $\nu(\text{C}=\text{O})$  [1]. Полосы поглощения в области  $1015\text{--}1040\text{ см}^{-1}$  можно интерпретировать как смещенные в сторону больших частот полосы поглощения мочевины  $1000\text{ см}^{-1}$ , принадлежащие антисимметричному и симметричному колебаниям  $\nu(\text{NCN})$ . Это повышение частоты колебаний свидетельствует, вероятно, об упрочнении связей  $\text{CN}$  молекул мочевины, входящих в комплекс.

Кроме частот колебаний координированных молекул мочевины, в спектрах поглощения исследуемых соединений проявляются полосы поглощения координированных  $\text{SCN}$ -групп (отнесение частот  $\text{SCN}$ -групп произведено по принципам, описанным в [4, 5]). Полосы поглощения  $\nu(\text{CN})$   $\text{SCN}$ -групп, как обычно, интенсивные и лежат в области  $2070\text{--}2120\text{ см}^{-1}$ , а частоты  $\nu(\text{CS})$  проявляются в областях  $720\text{--}858\text{ см}^{-1}$  и имеют нужную интенсивность. Учитывая полученные нами данные, а так-





же данные работ [4, 5], можно заключить, что в соединениях марганца, кобальта и цинка SCN-группы координированы через атомы азота, а в соединении кадмия они играют роль мостиков. Об этом свидетельствуют также положение и относительные интенсивности полос поглощения  $2\delta(\text{NCS})$  ( $940-960\text{ см}^{-1}$ ) и  $\delta(\text{NCS})$  ( $468-476\text{ см}^{-1}$ ).

Таким образом, во всех исследованных соединениях молекулы мочевины и NCS-группы с металлами-комплексобразователями входят во внутреннюю сферу комплексов.

Согласно рентгенограммам порошков исследуемых соединений, все соединения кристаллические. Соединения Co и Zn дают аналогичные рентгенограммы, что может служить доказательством их изоструктурности. Для соединения кобальта спектры отражения показали, что в видимом участке спектра около  $\sim 600\text{ нм}$  расположена интенсивная полоса, которая отвечает переходу  $A_2 \rightarrow T_1(p)$ , характерному для тетраэдрического Co(II) [3]. Изоструктурность соединений  $M(\text{NCS})_2 \cdot 2\text{Ur}$ , где  $M=\text{Zn}$  и Co, следовательно, указывает на тетраэдрическую конфигурацию центрального атома Zn(II) в комплексе цинка.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 16.2.1973)

ზოგადი და აბაორგანული ქიმია

ბ. ცინცაძე, მ. მათიასვილი, მ. უგულავა

## ზოგიერთი მეტალის კოორდინაციული ნაერთები უარდოვანასთან რეზიუმე

ეთანოლხსნარების გამოყენებით სინთეზირებულია ნაერთები  $M(\text{NCS})_2 \cdot n\text{Ur}$ , სადაც Ur უარდოვანაა,  $M=\text{Mn}$ , როდესაც  $n=4$ , ხოლო  $M=\text{Co}$ , Zn, Cd, როდესაც  $n=2$ . მიღებული ნაერთები შესწავლილია ინფრაწითელი სპექტროსკოპული და რენტგენოგრაფიული მეთოდებით. დადგენილია, რომ უარდოვანას მოლეკულები მეტალებთან ჟანგბადითაა შეკავშირებული, ხოლო NCS-ჯგუფები Mn, Co, Zn-თან შეკავშირებულია აზოტის მეშვეობით. კადმიუმის ნაერთში NCS ასრულებს ხიდების როლს. ელექტრონული სპექტრის დახმარებით გარკვეულია, რომ კობალტის კომპლექსში Co(II) აქვს ტეტრაედრული კონფიგურაცია, ხოლო თუთიის ნაერთი (რენტგენოგრაფიული მონაცემებით) იზოტრუქტურულია კობალტის ნაერთისა, რაც Zn(II)-ის ტეტრაედრულ კონფიგურაციაზე მიუთითებს  $\text{Zn}(\text{NCS})_2 \cdot 2\text{Ur}$ -ში.

## GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

G. V. TSINTSADZE, M. G. MATIASHVILI, M. M. UGULAVA

## COORDINATION COMPOUNDS OF SOME METALS WITH UREA

### Summary

The compounds of  $M(\text{NCS})_2 \cdot n\text{Ur}$ , where Ur is urea,  $M=\text{Mn}$  at  $n=4$  and  $M=\text{Co}$ , Zn and Cd at  $n=2$ , have been synthesized from ethanol solutions and studied by the methods of roentgenography and IR-spectroscopy. The urea molecules have been found to be connected with metal through





the oxygen atom. The NCS-groups are coordinated with metal through the nitrogen atom in the compounds of Mn, Co and Zn and play the role of bridges in the Cd compound. With the aid of the electron spectra it has been ascertained that the cobalt has a tetrahedral configuration in the coordination Co(II) compound, whereas the zinc compound is (according to the data of roentgenography) isostructural to the cobalt compound.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. A. Yamaguchi, T. Miyasawa, T. Shimanoushi, S. Mizushima. Spectrochim. Acta, 10, 1957, 170.
2. R. V. Penland, S. Mizushima, C. Curran, J. V. Quaghiano. J. Am. Chem. Soc. 79, 1957, 1575.
3. Д. С. Быстров, Т. Н. Сумаркова, В. И. Филимонов. Оптика и спектроскопия, 9, 4, 1960, 460.
4. М. А. Порай-Кошиц, Г. В. Цинцадзе. Сб. «Кристаллохимия. Итоги науки». Сер. «Химия». М., 1967.
5. Г. В. Цинцадзе. Исследование цианатных, тиоцианатных и селеноцианатных соединений металлов. Автореферат, Тбилиси, 1971.

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

И. Л. ЭДИЛАШВИЛИ, Л. Д. МЕЛИКАДЗЕ (чл.-кор. АН ГССР),  
К. Б. ИОСЕЛИАНИ

ИЗУЧЕНИЕ ФОТОСЕНСИБИЛИЗИРОВАННЫХ  
АРОМАТИЧЕСКИМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ РЕАКЦИЙ  
ОКИСЛЕНИЯ НАФТЕНОВЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ  
НЕФТИ

Фитотоксическое действие продуктов фотохимического окисления ароматических углеводородов минеральных масел, применяемых в качестве инсектицидов в защите растений, известно давно. Однако при исследовании причин фитотоксичности минеральных масел нафтенопарафиновой части не уделялось должного внимания. Вместе с тем, нами было установлено [1], что нафтеновые углеводороды—декалин, 1,7-диметилдекалин и смеси нафтенопарафиновых углеводородов, выделенные из различных нефтей, в присутствии антраценовых углеводородов подвергаются фотосенсибилизированному окислению и, следовательно, наряду с ароматическими углеводородами, могут образовывать фитотоксические продукты.

Выяснение механизма процессов, обуславливающих образование вредных для растений, фитотоксических продуктов, при использовании минеральных масел в защите растений имеет важное значение, так как может способствовать разработке новых фотохимически стабильных, нефитотоксических препаратов.

Учитывая то обстоятельство, что существенную часть ароматических углеводородов минеральных масел составляют фенантреновые углеводороды, фотосенсибилизирующие свойства которых в реакциях окисления нафтенопарафиновых углеводородов не были изучены, мы исследовали влияние 9-метил-, 9-этил- и 9,10-диметилфенантрена на фотоокисление декалина и нафтенопарафиновых углеводородов, выделенных из сульфированного дистиллята нефти.

Для очистки от примесей ароматического характера декалин и нафтенопарафиновые углеводороды многократно обрабатывались серной кислотой и подвергались хроматографической очистке на силикагеле марки АСМ. Отсутствие ароматических углеводородов в продуктах хроматографической очистки подтверждено ИК-спектрами. Физикохимические константы исследуемых фенантреновых углеводородов, синтезированных Н. И. Табашидзе, соответствовали литературным данным.

Методика проведения опытов и определения образующихся продуктов окисления описана ранее [1]. Концентрация фенантреновых углеводородов во всех опытах была равна  $10^{-3}$  М. Исследуемые растворы облучались суммарным светом ртутно-кварцевой лампы ДРШ-250. Однако использование стеклянных реакторов исключало непосредственное возбуждение нафтенопарафиновых углеводородов, спектр поглощения которых расположен ниже 300 нм.

Проведенные исследования показали, что в указанных условиях декалин и нафтенопарафиновые углеводороды в отсутствии сенсибилизатора практически не подвергаются превращениям. В присутствии





же фенантреновых углеводородов в растворах наблюдается образование перекисных соединений, концентрация которых повышается по мере увеличения экспозиции и после облучения в течение 62 часов (по дозиметру 34 000 импульсов) достигает  $4-5 \cdot 10^{-3}$  М (рис. 1).

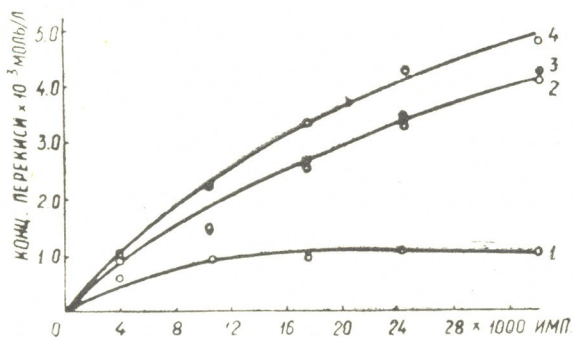


Рис. 1. Кинетические кривые образования перекисей нафтенопарафиновых углеводородов, выделенных из сульфированного дистиллята нефти. 1—без добавки сенсibilизатора; 2, 3, 4—в присутствии 9-метил-, 9-этил- и 9,10-диметилфенантрена соответственно. Концентрация сенсibilизатора  $10^{-3}$  М

Как известно [2], фенантреновые углеводороды при фотохимических превращениях перекисных соединений не образуют. Следовательно, определяемые перекиси в растворах являются продуктами фотосенсибилизированного окисления декалина и нафтенопарафиновых углеводородов.

Анализ полученных результатов показал, что в присутствии 9-метил- и 9-этилфенантрена выходы реакций фотосенсибилизированного окисления несколько меньше, чем в присутствии 9,10-диметилфенантрена. Это дает основание утверждать, что в минеральных маслах, в которых в основном представлены полиалкилзамещенные фенантреновые углеводороды, выходы рассматриваемых реакций будут более высокими, тем более что содержание их в маслах значительно превышает концентрацию исследуемых нами сенсibilизаторов в растворе [3].

Наблюдения за изменениями концентраций сенсibilизаторов в процессе облучения растворов показали, что как антраценовые, так и фенантреновые углеводороды, подвергаются необратимым фотопревращениям. Первичными, относительно стабильными продуктами фотохимического окисления антраценовых углеводородов являются трансанулярные фотооксиды, которые как было показано [1], способны инициировать процесс окисления нафтенопарафиновых углеводородов. Фенантреновые углеводороды же, как отмечалось выше, при фотохимическом окислении перекисных соединений не образуют. На более глубоких стадиях окисления, аналогично антраценовым углеводородам, они образуют соответствующие фенантрахиноны.

Известно, что ароматические кетоны—бензофенон, антрохинон, нафтохинон, фенантрахинон являются сенсibilизаторами реакции фотохимического окисления соединений различных классов, в частности спиртов, гидроароматических соединений и др. [4]. Фотохимическое окисление в присутствии кетонов, как было показано, включает стадию дегидратирования окисляемого соединения с одновременным образованием гидрированной молекулы сенсibilизатора—семихинона, а также соответствующего гидрохинона.

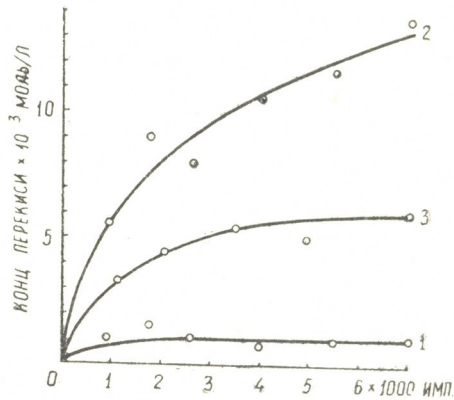
Исходя из указанного было интересно выяснить роль продуктов окисления антраценовых и фенантреновых углеводородов — антрахинона и фенантрахинона в процессе окисления нафтенопарафиновых углеводородов нефти.



Люминисцентные исследования показали, что антрахинон и фенантрахинон легко дегидрируют нафтенно-парафиновые углеводороды и декалин при облучении их растворов светом  $\lambda=365$  нм.

Фотохимическим окислением декалина и нафтенно-парафиновых углеводородов в присутствии антрахинона и фенантрахинона (при  $[C] = 10^{-3}$  М) было установлено образование перекисных соединений, концентрация которых растет в зависимости от увеличения экспозиции (рис. 2). К концу опыта концентрация перекисей в присутствии антрахинона в 14 раз, а в присутствии фенантрахинона в 6 раз, превышала соответствующие величины определяемые в отсутствии хинонов.

Рис. 2. Кинетические кривые образования перекисей нафтенно-парафиновых углеводородов, выделенных из сульфированного дистиллята нефти: 1— без добавки сенсибилизатора, 2, 3— в присутствии антрахинона и 9,10-фенантрахинона соответственно. Концентрация сенсибилизатора  $10^{-3}$  М



Таким образом, результаты, полученные при исследовании модельных систем, дают основание считать, что при фотохимических превращениях минеральных масел в условиях их применения для защиты растений, наряду с окислением ароматических углеводородов, имеет место фотосенсибилизированное окисление нафтеновых углеводородов. Следовательно, фитотоксичность масляных эмульсий обуславливается продуктами окисления как ароматических, так и нафтеновых углеводородов.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт физической и  
органической химии  
им. П. Г. Меликишвили

(Поступило 25.1.1973)

ორგანული ქიმია

ი. მდილავილი, ლ. მელიძამე (საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი),  
კ. იოსელიანი

საკრებულო რიგის ნახშირწყალბადებით ფოტოსენსიბილიზებული  
ნახშირწყალბადების უნაზვის რეაქციების შესწავლა  
რ ე ზ ი მ ე

მინერალური ზეთების ფოტოქიმიური გარდაქმნების ასხნის მიზნით შესწავლილია ნაფტენურ და ფენანტრენის რიგის ნახშირწყალბადთა ხელოვნური ნარეგების ფოტოქიმიური უახგვის რეაქციები. დადგენილია, რომ ფენანტრენის რიგის ნახშირწყალბადთა შერჩევითი აგზნების პირობებში აღდგოლი აქვს ნაფტენურ ნახშირწყალბადთა ფოტოსენსიბილიზებულ უახგვას.

ამით ასხნილია მინერალური ზეთების ფიტოტოქსიკურობის მექანიზმი მეცნარეთა დაცვის საქმეში მათი გამოყენებისას.



I. L. EDILASHVILI, L. D. MELIKADZE, K. B. IOSELIANI

ON THE OXIDATION REACTIONS OF NAPHTHENE HYDROCARBONS  
OF OIL PHOTOSENSITIZED BY AROMATIC HYDROCARBONS

## Summary

The photochemical oxidation of the mixtures of naphthene and phenanthrene hydrocarbons has been studied with a view to elucidating the mechanism of photochemical transformations of the components of mineral oils used as insecticides in plant protection. Phenanthrene hydrocarbons have been found to photosensitize the oxidation of naphthene hydrocarbons. Thus the mechanism of the formation of phyto-oxidable products of mineral oils under conditions of their use in plant protection is explained.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Л. Д. Меликадзе, И. Л. Эдилашвили, К. Б. Иоселиани, Ш. Ш. Барабадзе, З. И. Гургенидзе. Сообщения АН ГССР, 63, 1, 1971, 85.
2. Ch. Dufraisse, R. Priou. *Mémoires présentés à la Société Chimique*, 5, 1938, 611.
3. И. А. Михайлов, А. А. Полякова, Р. А. Хмельницкий, К. М. Чернышева, Н. Г. Изотова, Ф. А. Медведев. *Нефтепереработка и нефтехимия*, № 11, 1969, 17.
4. А. Н. Теренин. *Фотоника молекул красителей*. Л., 1967.



УДК 541.64:546.281

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

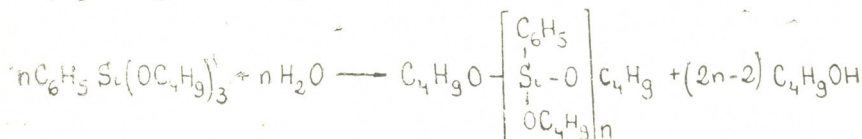
Академик К. А. АНДРИАНОВ, А. И. НОГАЙДЕЛИ, Р. Ш. ТКЕШЕЛАШВИЛИ,  
 Г. А. НОГАЙДЕЛИ, Т. В. ЧОГОВАДЗЕ

КОНДЕНСАЦИЯ ДИЦИКЛОПЕНТЕНИЛМЕТИЛСИЛАНДИО-  
 ЛА С ПОЛИФЕНИЛБУТОКСИСИЛОКСАНАМИ

(Представлено академиком Х. И. Арешидзе 5.2.1973)

Ранее нами были получены [1] кремнийорганические полимеры (полиорганосилоксаны) на основе дициклопентенилметилсиландиола и диорганодихлорсиланов.

В данной работе поставлена задача синтезировать новые полиорганосилоксаны, содержащие при различных атомах кремния бутоксильные группы и дициклопентенильные радикалы. Изучена конденсация дициклопентенилметилсиландиола с фенилтрибутоксисиланом и его олигомерами. Полифенилбутоксисилоксаны синтезированы гидролизом фенилтрибутоксисилана при нагревании в кислой среде [2] по схеме



n=2, 3, 4, 7.

Синтез полимеров осуществлен реакцией высокотемпературной поликонденсации эквимольных количеств дициклопентенилметилсиландиола с полифенилбутоксисилоксанами в присутствии катализатора бутилата натрия. Опыты показали, что конденсация протекает при температуре 150—160°C выделением бутилового спирта.

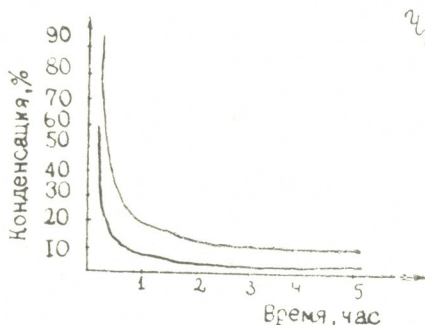


Рис. 1. Конденсация фенилтрибутоксисилана с дициклопентенилметилсиландиолом. Измерение содержания групп: 1— $OC_4H_9$ ; 2— $OH$

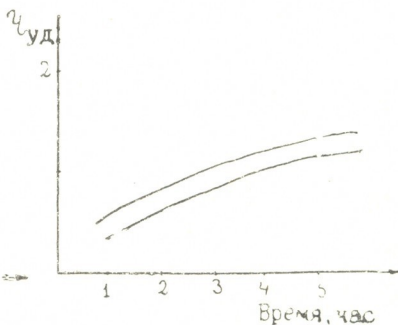
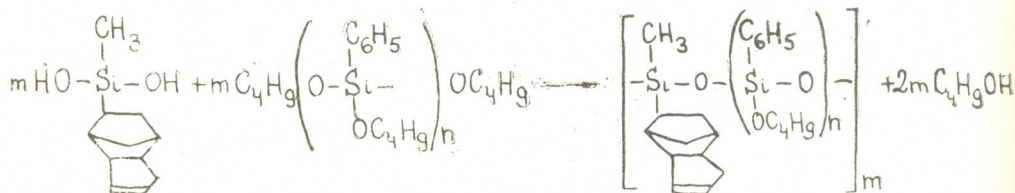


Рис. 2. Вязкость продуктов реакции при конденсации дициклопентенилметилсиландиола: 1—с фенилтрибутоксисиланом; 2—с полифенилбутоксисилоксаном (n=2)



В начальный период, как видно из рис. 1, реакция протекает большой скоростью. При этом выделяется значительное количество бутилового спирта и уменьшается содержание функциональных групп, а вязкость продуктов реакции в процессе конденсации увеличивается незначительно (рис. 2).

Полученные экспериментальные данные (анализ полимеров на содержание кремния и гидроксильных, буюксильных групп) указывают на процесс ступенчатой поликонденсации, который протекает по схеме



$n=1$  (I);  $n=2$  (II);  $n=3$  (III);  $n=4$  (IV);  $n=5$  (V);  $n=6$  (VI).

Реакция поликонденсации, которая контролируется по количеству выделившегося бутилового спирта, проходит примерно на 80%.

Реакция конденсации дициклопентенилметилсиландиола с фенилтрибутоксисилоном начинается при 110°C и хорошо протекает до 150—160°C. Как видно из рис. 1, в начальный период реакция протекает со значительной скоростью, о чем свидетельствует быстрое уменьшение количества функциональных групп.

#### Физико-химические свойства и элементарный состав полимеров

№	Свойства полимеров	Растворитель	$\eta_{\text{уд}}$ , 1% р-ра в бензоле	Т размягчения, °C	Элементарный состав						Мол. вес
					Найдено, %			Вычислено, %			
					C	H	Si	C	H	Si	
I	Прозрачный, янтарного цвета	Бензол, толуол	0,1	68—70	64,89 64,98	8,26 8,00	13,93 14,00	65,28	7,77	14,51	21000
II	Твердый, хрупкий, темно-коричневого цвета	"	0,042	130—131	63,04 63,89	7,10 7,25	14,41 14,15	63,06	7,46	14,24	8880
III	Прозрачный, янтарного цвета	"	0,061	78—80	64,29 64,25	7,03 7,00	14,51 14,25	63,56	7,49	14,47	12000
IV	Прозрачный, янтарного цвета	"	0,064	58—60	63,20 63,05	7,20 7,00	14,90 14,55	63,22	7,44	14,46	13600
V	Твердый, хрупкий, блестящий, белого цвета	"	0,04	150—152	61,99 62,00	7,20 7,15	13,91 14,20	62,71	7,35	14,45	8800
VI	Твердый, хрупкий, блестящий, белого цвета	"	0,07	170—172	62,40 62,45	7,60 7,30	14,55 14,20	62,71	7,35	14,45	14760

Синтезированные полимеры (их физико-химические свойства приведены в таблице) представляют собой прозрачные твердые вещества с температурой размягчения от 58 до 172°C, хорошо растворимые в органических растворителях. При нагревании до 180°C в течение 30 минут они теряют свою растворимость, что объясняется сшиванием цепей полифенилбутоксисилоксанов при переэтерификации. Растворы синтезированных полимеров после испарения растворителя образуют на поверхности твердые хрупкие пленки (полимер II, V, VI), в то время как полимеры (I, III, IV) образуют эластичные пленки.

Интересно отметить, что продукт конденсации дициклопентенилметилсиландиола с фенилтрибутоксисилоксаном и его олигомером весьма чувствителен к повышению температуры. Так, при нагреве до 180°C в течение 10 минут он быстро превращается в сравнительно высоко вязкий полимер, который при дальнейшем нагревании теряет свою растворимость.

Термогравиметрический анализ полученных продуктов указывает, что они мало отличаются друг от друга и не разлагаются до 300°C. Для полимеров (I, II) потеря в весе при температуре 400° не превышает 15% (рис. 3), а для полимеров (III, IV) составляет 7—8%.

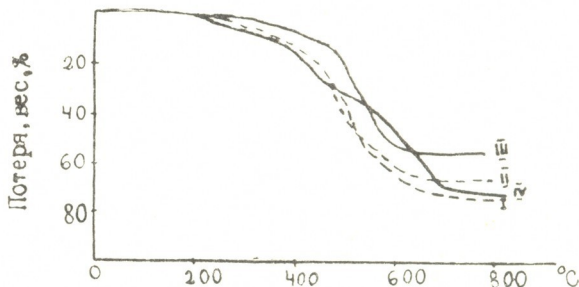


Рис. 3. Термогравиметрические кривые полимеров

Таким образом, можно заключить, что термостойкость полимеров зависит главным образом от степени полимеризации полифенилбутоксисилоксановых олигомеров. Структура полимеров доказана данными ИК-спектров и подтверждена элементарным анализом. В ИК-спектрах полученных полимеров обнаружены поглощения, характерные для Si—O—Si (в открытой цепи), Si—CH<sub>3</sub>, Si—C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>, Si—OC<sub>4</sub>H<sub>9</sub>-групп при 1020—1090, 1260, 1430, 1140—1160 см<sup>-1</sup> соответственно.

Полифенилбутоксисилоксаны (n=2, 3, 4, 7) и дициклопентенилметилсиландиол получены нами по методике [2, 3]

В трехгорлую колбу, снабженную мешалкой, термометром и холодильником, соединенным с приемником для сбора конденсата, загружали 1,52 г дициклопентенилметилсиландиола и 5,15 г полифенилбутоксисилоксана (n=3) с молекулярным весом 712 и 0,02 мл бутилата натрия. При постоянном перемешивании реакционную смесь нагревали на масляной бане, выделяющийся бутанол отгоняли при температуре 150°C. Затем температуру повышали до 170°C. Конденсацию заканчивали через 4 часа, после выделения 1,1 мл (80% от теор.) бутилового спирта. По окончании реакции полимер растворяли в бензоле, осаждали метиловым спиртом и сушили в вакууме при 70° (2—3 мм) в течение 3—4 часа.

Синтез остальных полимеров осуществляли аналогично.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 22.2.1973)





აკად. ბ. ანდრიანოვი, ა. ნოღაიდელი, რ. ტყეშელაშვილი, გ. ნოღაიდელი,  
 თ. ჩოგოვაძე

დიციკლოპენტენილმეთილსილანდიოლის კონდენსაცია პოლი-  
 ფენილბუტოქსისილოქსანებთან

რეზიუმე

შესწავლილია დიციკლოპენტენილმეთილსილანდიოლის კონდენსაცია პოლიფენილბუტოქსისილოქსანებთან ( $n=1, 2, 3, 4, 7$ ) კატალიზატორ ბუ-თილნატრიუმის თანაობისას. მიღებულია დიციკლოპენტენის რადიკალის შემცველი სილიციუმორგანული პოლიმერები.

ORGANIC CHEMISTRY

K. A. ANDRIANOV, A. I. NOGAIDELI, R. Sh. TKESHELASHVILI,  
 G. A. NOGAIDELI, T. V. CHOGOVADZE

CONDENSATION OF DICYCLOPENTENYL METHYL SILANDIOL  
 WITH POLYPHENYLBUTOXYSILOXANES

Summary

The condensation of dicyclopent'nyl methyl silandiol with polyphe-nylbutoxysiloxanes ( $n=1, 2, 3, 4, 7$ ) in the presence of sodium butoxide has been studied. Siliconorganic polymers containing the radical of dicyclopent-ene have been obtained.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. A. И. Ногайдели, Р. Ш. Ткешелашвили, Г. А. Ногайдели, Т. В. Чоговадзе. Сообщения АН ГССР, 70, 2, 1973.
2. К. А. Андрианов, А. И. Ногайдели, Р. Ш. Ткешелашвили. Изв. АН СССР, сер. хим., № 3, 1972, 515.
3. А. И. Ногайдели, Р. Ш. Ткешелашвили, Г. А. Ногайдели, Т. В. Чоговадзе. Сообщения АН ГССР, 66, 3, 1972.



ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Ш. Д. САБЕЛАШВИЛИ, Т. Г. АНДРОНИКАШВИЛИ, С. Л. УРОТАДЗЕ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦЕЗИЙСОДЕРЖАЩЕГО ЦЕОЛИТА ДЛЯ  
ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОКИСИ УГЛЕРОДА

(Представлено академиком Г. В. Цицишвили 20.2.1973)

Контролируемые атмосферы, используемые при термообработке сталей, получаются в специальных газоприготовительных установках путем неполного сжигания природного газа. Они имеют приблизительно следующий состав:  $\text{CO}_2$ —8—12%,  $\text{CO}$ —2—7%,  $\text{H}_2$ —2—3% и остальное—азот. Наличие в защитной атмосфере окиси и двуокиси углерода выше 0,01% ухудшает в значительной степени качество металла, подвергаемого обработке. Защитная атмосфера, используемая при термообработке таких сталей, требует тщательной очистки от вышеуказанных примесей. Быстрый и точный контроль состава контролируемых атмосфер несомненно будет способствовать поддержке режима очистки. Из литературных данных [1] известно, что при осуществлении процесса очистки с помощью молекулярных сит, последние прочно поглощают двуокись углерода, в то время как окись углерода является более трудноулавливаемым компонентом. Поэтому проскок окиси углерода в контролируемую атмосферу свидетельствует о необходимости регенерации очистительной системы.

Исходя из вышеизложенного нами была разработана хроматографическая методика экспресс-анализа окиси углерода в азотноводородной смеси. Данный метод дает возможность определить концентрацию окиси углерода в азотноводородной смеси до 0,01% и даже ниже. Адсорбентом служил цеолит типа NaX, в котором катион натрия был частично замещен на катион цезия (степень замещения — 54%). На такой катионообменной форме имеется возможность более быстрого хроматографирования компонентов вышеуказанной смеси, чем на других формах цеолитов [2]. Цеолиты CsNaX зернением 15—30 меш, без связующего, подвергались термической дегидратации при 300—350° в течение 3—4 часов и загружались в хроматографическую колонку длиной 3 м. Разделение производилось на хроматографе марки ХТ-2 м с использованием детектора термохимического типа. В качестве газаносителя применялся воздух со скоростью 50 мл/мин.

Использование детектора по теплопроводности с газами-носителями водородом, гелием и азотом при анализе вышеуказанной системы нецелесообразно.

В случае газаносителя водорода (гелия) чувствительность такого детектора к азоту велика. Так как азот содержится в большом количестве смеси, то соответствующий ему пик на хроматограмме перекрывает пик определяемого компонента (окиси углерода). Это приводит к значительному ухудшению разделения бинарной смеси азот-окись углерода. В случае газаносителя азота чувствительность детектора к окиси углерода занижена, так как теплопроводности азота и окиси углерода близки. Преимущество применения термохимического детекто-



საქართველოს  
აкадеმიის

რა в установке при хроматографическом определении микропримесей окиси углерода — в защитной атмосфере объясняется во-первых, тем, что этот тип детектора характеризуется высокой чувствительностью по отношению к водороду и окиси углерода, а во-вторых, тем, что «пик» на хроматограмме, соответствующий азоту, резко уменьшен и, таким образом, не может перекрывать пик окиси углерода на хроматограмме.

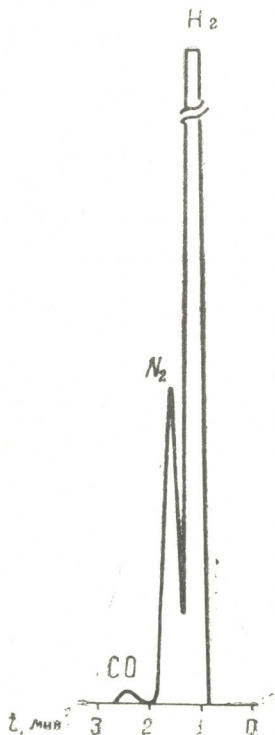


Рис. 1. Хроматограмма смеси  $H_2-N_2$ — $CO$  на цезийсодержащем цеолите типа X. Температура колонки  $60^\circ C$ ; скорость газа-носителя (воздуха) 50 мл/мин

Установлена оптимальная температура нагрева хроматографической колонки ( $60^\circ$ ) при определении окиси углерода в азотно-водородной смеси. Последовательность вымывания компонентов следующая: водород—азот—окись углерода (рис. 1). Продолжительность анализа—3 минуты. Точность определения  $\pm 5\%$ .

Академия наук Грузинской ССР  
Институт физической и  
органической химии  
им. П. Г. Меликишвили

(Поступило 22.2.1973)

ფიზიკური ქიმია

შ. საბელაშვილი, თ. ანდრონიკაშვილი, ს. შრობაძე

ცეზიუმის ცეოლიტის გამოყენება ნახშირუბანის  
ქრომატოგრაფიული განსაზღვრისათვის

### რეზიუმე

შემუშავებულია აზოტ-წყალბადის ნარევი ნახშირუბანის განსაზღვრის ქრომატოგრაფიული მეთოდი. ეს მეთოდი საშუალებას იძლევა განსაზღვრულ იქნეს ნარევი ნახშირუბანის კონცენტრაცია 0,01%-მდე. ანალიზის ხანგრძლივობაა 3 წთ. სორბენტი — X ტიპის ცეზიუმის ცეოლიტი.



Sh. D. SABELASHVILI, T. G. ANDRONIKASHVILI, S. L. UROTADZE

USE OF CESIUM-CONTAINING ZEOLITE FOR CHROMATOGRAPHIC  
DETERMINATION OF CARBON MONOXIDE

## Summary

A chromatographic method of determination of carbon monoxide in nitrogen-hydrogen mixture has been developed. This method allows to determine the concentration of carbon monoxide with the accuracy of 0.01%. The analysis duration is 3 min. The sorbent is cesium-containing zeolite of the X-type.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. С. Торочешников, А. И. Сидоров, Н. В. Кельцев. Сб. «Цеолиты, их синтез, свойства и применение». М.—Л., 1965, 240.
2. Т. Г. Андроникашвили, Г. В. Цицишвили. Сб. «Поверхностные явления на алюмосиликатах». Тбилиси, 1965, 16.



ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

В. В. КОРШАК (чл.-кор. АН СССР), Г. Ш. ПАПАВА, Б. М. МГЕЛАДЗЕ,  
И. А. ГРИБОВА, А. Н. ЧУМАЕВСКАЯ, Н. А. МАЙСУРАДЗЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПОЛНЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ  
ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ ПОЛИАРИЛАТОВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. Д. Меликадзе 15.2.1973)

Нами было продолжено изучение влияния таких факторов, как жесткость и объем боковых заместителей в макромолекуле полимеров, на фрикционные свойства самосмазывающихся пластмасс, полученных на их основе [1]. В качестве связующего были выбраны новые, синтезированные в последнее время представители класса полиарилатов, полученные на основе терефталевой кислоты и следующих полициклических бисфенолов: 4,4<sup>1</sup>-(норборнилиден)дифенола, 4,4<sup>1</sup>-(гексагидро-4,7-метилениндан-5-илиден)дифенола и 4,4<sup>1</sup>-(декагидро-1,4,5,8-диметиленафт-2-илиден)дифенола [2].

В таблице приведены физико-механические свойства полициклических полиарилатов, полиарилата Ф-2 и антифрикционных самосмазывающихся пластмасс на их основе. Как показывает таблица, наличие в макромолекуле полимеров объемистых норборнановых групп (полимеры 1, 2, 3 таблицы) приводит как к некоторому возрастанию теплостойкости по сравнению с теплостойкостью полиарилата Ф-2, так и к изменению физико-механических свойств. Твердость при этом увеличивается, а относительное удлинение при разрыве пленок из этих полимеров уменьшается.

Для установления оптимальной области переработки исследуемых полимеров была определена их способность к растеканию на плоскостном пластометре ПП-1. Образцы представляли собой отпрессованные холодным и горячим прессованием таблетки. Интервал температур переработки определялся как область начала развития значительных деформаций до полного растекания таблетки.

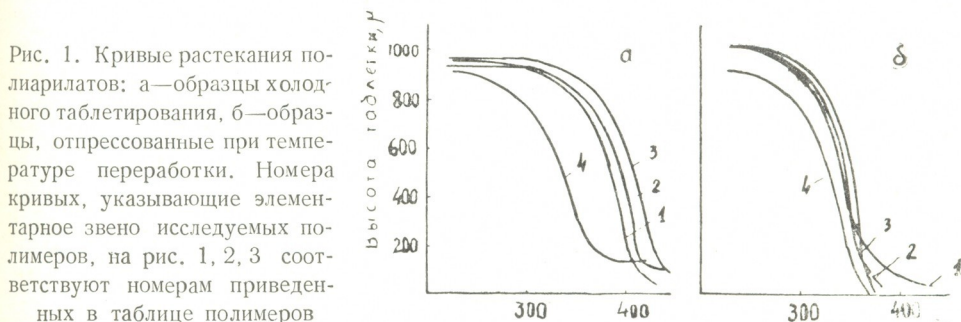
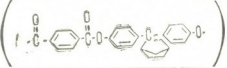

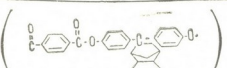
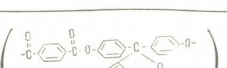


Рис. 1. Кривые растекания полиарилатов: а—образцы холодного таблетирования, б—образцы, отпрессованные при температуре переработки. Номера кривых, указывающие элементарное звено исследуемых полимеров, на рис. 1, 2, 3 соответствуют номерам приведенных в таблице полимеров

Физико-механические свойства полиарилатов и антифрикционных самосмазывающихся пластмасс, полученных на их основе

№№ п/п	Элементарное звено полимера	Физ.-мех. свойства связующих полиарилатов							Физ.-мех. свойства антифрикционных самосмазывающихся пластмасс на основе полиарилатов			
		Приведенная вязкость, длг*	Температура размягчения, °С (в капилляре)	Твердость по Бринеллю, кг/мм <sup>2</sup>	Относительное удлинение при разрыве, %	Прочность на разрыв, кг/см <sup>2</sup>	Температура разложения полиарилата, °С**			Коэффициент трения	Интенсивность линейного износа	Твердость по Бринеллю, кг/мм <sup>2</sup>
							начала	на 10%	на 50%			
1		0,5	360—375	16	21	800	335	400	490	0,07	2,5·10 <sup>9</sup>	22
2		0,65	360—375	18	18	750	330	350	360	0,07	2,8·10 <sup>9</sup>	28
3		0,6	360—380	19	17	700	320	330	420	0,08	—	32
4		0,8	320—330	18	20	700	370	420	470	0,07	2,3·10 <sup>9</sup>	26

\* Вязкость полимера определена в трикрезоле.

\*\* Из данных термогравиметрического анализа.





разцов полимеров совпадает с температурой их размягчения, приведенной в таблице.

Исследование термостойкости данных образцов полимеров на воздухе методом динамического термогравиметрического анализа показало (см. таблицу), что температура начала разложения полициклических полиарилатов ниже, чем их температура размягчения.

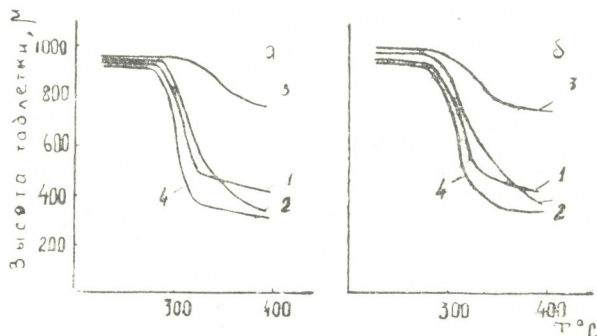
Из рис. 1,б видно, что температура растекания отпрессованных при повышенных температурах полиарилатов падает, по сравнению с образцами, полученными холодным таблетированием. Это, очевидно, вызывается деструкцией полимеров.

Большой интерес представляло исследование наполненных полициклических полиарилатов. В качестве наполнителя нами был выбран дисульфид молибдена, относящийся к группе твердых смазок и имеющий ламинарную структуру. Использование в качестве наполнителя дисульфида молибдена позволяло получать наполненные материалы, обладающие ценными практическими свойствами и относящиеся к самосмазывающимся пластмассам. Кроме того, известно, что порошкообразный минеральный наполнитель может играть роль межпачечного пластификатора, снижающего температуру размягчения наполненного полимера, а это имеет большое практическое значение при переработке полициклических полиарилатов, температура размягчения которых превышает их температуру разложения.

На рис. 2 приведены кривые растекания отпрессованных холодным (а) и горячим (б) прессованием наполненных дисульфидом молибдена полиарилатов. Введение наполнителя снижает теплостойкость материала, по сравнению с чистым полимером (см. рис. 1).

Теплостойкость наполненных образцов, отпрессованных при температуре переработки пластмасс (рис. 2,б), практически не изменяется, по сравнению с теплостойкостью оттаблетированных холодным прессованием наполненных полиарилатов (рис. 2,а).

Рис. 2. Кривые растекания полиарилатов, наполненных дисульфидом молибдена: а—образцы холодного таблетирования, б—образцы, отпрессованные при температуре переработки



Представляло также значительный интерес исследование влияния химического строения полициклических полиарилатов на фрикционные свойства наполненных материалов, полученных на их основе.

Основными параметрами, характеризующими антифрикционные свойства самосмазывающихся пластмасс, являются износостойкость и зависимость коэффициента трения от температуры (термофрикционная кривая).

Изучение зависимости износа пластмассы от времени показало, что для материалов, полученных на основе полиарилатов 1, 2, 4, наблюдаются два характерных периода: период приработки (после 1 часа трения) и период установившегося износа, отличающийся постоянной скоростью изнашивания, в то время как материал на основе полиарилата 3 не имеет периода приработки и усиленно изнашивается.





Ход термофрикционной кривой аналогичен для всех материалов, однако увеличение объема заместителя у центрального углеродного атома бисфенола в полициклических полиарилатах приводит к сдвигу зоны возрастания коэффициента трения в область более низких температур.

Такой характер фрикционных свойств материалов на основе полициклических полиарилатов, очевидно, можно объяснить тем, что увеличение объема боковых заместителей в макромолекуле полимерной цепи полициклического полиарилата способствует ослаблению прочности связи полимер-наполнитель, что, в свою очередь, сказывается на эксплуатационных свойствах материалов — коэффициент трения и износ пластмассы возрастают.

Академия наук Грузинской ССР

Институт физической и  
органической химии

им. П. Г. Меликишвили

(Поступило 16.2.1973)

ქიმიური ტექნოლოგია

ბ. კორშაკი (სსრკ მეცნ. აკად. წევრ. კორ.), ბ. პაპავა, ბ. მგელაძე, ი. გრიბოვა,  
ა. ჩუმაევსკაია, ნ. მაისურაძე

პოლიციკლური პოლიარილატების საფუძველზე მიღებული  
შემავსებლიანი მასალების გამოკვლევა

რ ე ზ ი მ ე

შესწავლილია ურთიერთკავშირი პოლიციკლური პოლიარილატების ქიმიურ აგებულებასა და მათ საფუძველზე თვითღამზეთავი პლასტმასების ფრიკციულ თვისებებს შორის. ნაჩვენებია, რომ პოლიმერის, როგორც შემკვრელი მასალის, ჯაჭვში ბისფენოლის ცენტრალური ნახშირბადის ატომთან ჩანაცვლებული ნორბორნანის ბირთვების მოცულობის ზრდა იწვევს მასალის ხახუნის კოეფიციენტის ზრდას უფრო დაბალ ტემპერატურაზე.

CHEMICAL TECHNOLOGY

V. V. KORSHAK, G. Sh. PAPAUA, B. M. MGELADZE, I. A. GRIBOVA,  
A. N. CHUMAEVSKAYA, N. A. MAISURADZE

## STUDY OF FILLED MATERIALS ON THE BASIS OF POLYCYCLIC POLYARYLATES

Summary

Frictional properties of self-lubricating plastic materials on the basis of polycyclic polyarylates have been investigated. The interrelation of the chemical structure of polycyclic polyarylates and the frictional properties of self-lubricating plastic materials on their basis has been studied.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. И. А. Грибова, В. В. Коршак, А. Н. Чумаевская, А. П. Краснов, С. В. Виноградова. Высокомолекулярные соединения, 11, 1970, 2408.
2. С. В. Виноградова, В. В. Коршак, Г. Ш. Папава, Н. А. Майсурадзе и П. Д. Цискаришвили. Изв. АН СССР, сер. хим., 1964, 434.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

К. С. КУТАТЕЛАДЗЕ (чл.-кор. АН ГССР), Р. Д. ВЕРУЛАШВИЛИ,  
Д. С. ТАКТАКИШВИЛИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК ОКИСЛОВ I, II, III  
ГРУПП НА КРИСТАЛЛИЗАЦИОННУЮ СПОСОБНОСТЬ  
СТЕКЛОЛ СИСТЕМЫ  $\text{SiO}_2 - \text{CaO}$

Получение искусственного мрамора в настоящее время представляет определенный интерес. Обнадеживающие результаты в этом направлении дает использование систем, способных к микро- и макрорасплавлению. Доступностью и способностью к сильной несмешиваемости проявляет себя система  $\text{SiO}_2 - \text{CaO}$ .

Прослеживание за изменением «технологичности» стекла системы  $\text{SiO}_2 - \text{CaO}$  с применением некоторых модифицирующих добавок позволяет одновременно вести наблюдения и за изменением кристаллизационной способности данной системы. Исследовано влияние добавок окислов I (Li, Na), II (Mg) и III (Al) групп.

В экспериментах использовался изученный ранее состав с индексом 12 ( $\text{SiO}_2/\text{CaO} = 62/38$  в. ч.), способный в процессе студки опалесцировать [1].

Исследование влияния добавок разных окислов на степень несмешиваемости и кристаллизационной способности в двойной системе началось с применением окислов щелочных металлов.

Из термограммы видно, что с увеличением содержания окиси лития интенсивность выделения волластонитовой фазы уменьшается, но зато увеличивается диапазон ее образования (рис. 1).

С увеличением содержания окиси лития при  $800^\circ\text{C}$  наблюдается полная поверхностная кристаллизация, переходящая в объемную при  $900^\circ\text{C}$ , что дает основание утверждать о возможности встраивания иона лития в каркас  $\text{SiO}_2 - \text{CaO}$  и образования тройной системы  $\text{Li}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{SiO}_2$  [2].

Введение до 7% окиси натрия обусловлено стремлением унаследовать глушенность системы  $\text{SiO}_2 - \text{CaO}$  и улучшить варочные и выработочные свойства стекла. С введением окиси натрия область стеклообразования в двухкомпонентных системах постепенно расширяется [3]. Как видно из термограммы, увеличение содержания окиси натрия способствует уменьшению интенсивности и расширению температурной области выделения волластонитовой фазы (рис. 2).

Во время кристаллизации при  $600 - 700^\circ\text{C}$  образцы сохраняют первоначальное состояние. Полная поверхностная кристаллизация происходит при  $900^\circ\text{C}$ , при  $1000^\circ\text{C}$  она переходит в объемную.

С увеличением окиси натрия выше 10% волластонитовая фаза подавляется за счет образования тройных систем  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2 \text{CaO} \cdot 3 \text{SiO}_2$ ,  $2 \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  и  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ . В малонатриевых составах более предположенным является появление девитрита.





Наиболее активное влияние на подавление образования волластонита из щелочных окислов оказывает добавление 10—15%  $K_2O$ .

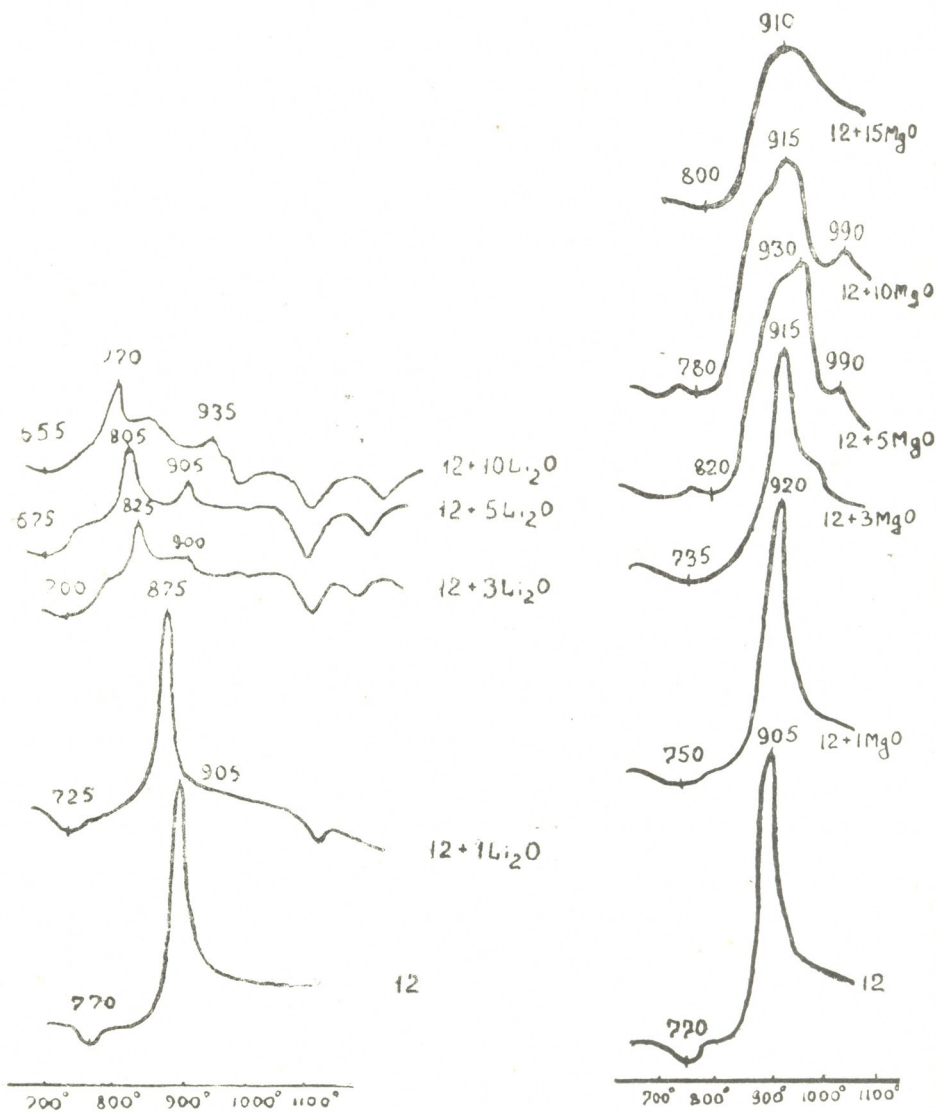


Рис. 1

Рис. 2

Введение до 10%  $MgO$  в систему  $SiO_2-CaO$  увеличивает кристаллизационную способность системы за счет уменьшения количества волластонита и образования минералов группы диопсид-монтichelита. Введение 15%  $MgO$  отрицательно сказывается на образовании фаз, включающих  $CaO$  (рис. 3).

Система  $B_2O_3-CaO-SiO_2$  интересна по двум соображениям. Для нее характерны, во-первых, обширная область расслаивания жидкости [4] и, во-вторых, минимальные температурные значения плавки, выработки и выделения отдельных фаз.





Из всех ожидаемых минералов наиболее вероятно образование  $5\text{CaO}\cdot\text{B}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ , так как минерал дамбурит  $\text{CaO}\cdot\text{B}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$  образуется лишь в гидротермальных условиях. В стеклах, содержащих не более 5%  $\text{B}_2\text{O}_3$ , вероятно также существование волластонита.

Особое влияние на кристаллизационную способность системы  $\text{SiO}_2\text{—CaO}$  оказывают первые добавки (до 3%) окиси алюминия.

С введением небольших добавок  $\text{Al}_2\text{O}_3$  наблюдается интенсивное выделение волластонита. Увеличение содержания  $\text{Al}_2\text{O}_3$  до 5% приводит к появлению на кривых ДТА четко выделенного анортита. Дальнейшее увеличение содержания  $\text{Al}_2\text{O}_3$  способствует смещению обоих пиков в сторону высокотемпературных областей, но не оказывает почти никакого влияния на самостоятельное существование отдельных фаз (рис. 4).

Рассмотрение влияния щелочных металлов на степень несмешиваемости системы  $\text{SiO}_2\text{—CaO}$  показало, что первые же добавки лития и калия легко встраиваются в каркас кальцисиликатного стекла и тем самым способствуют уменьшению степени глушенности. Иную

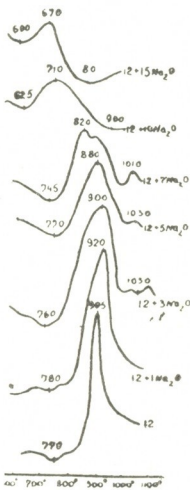


Рис. 3

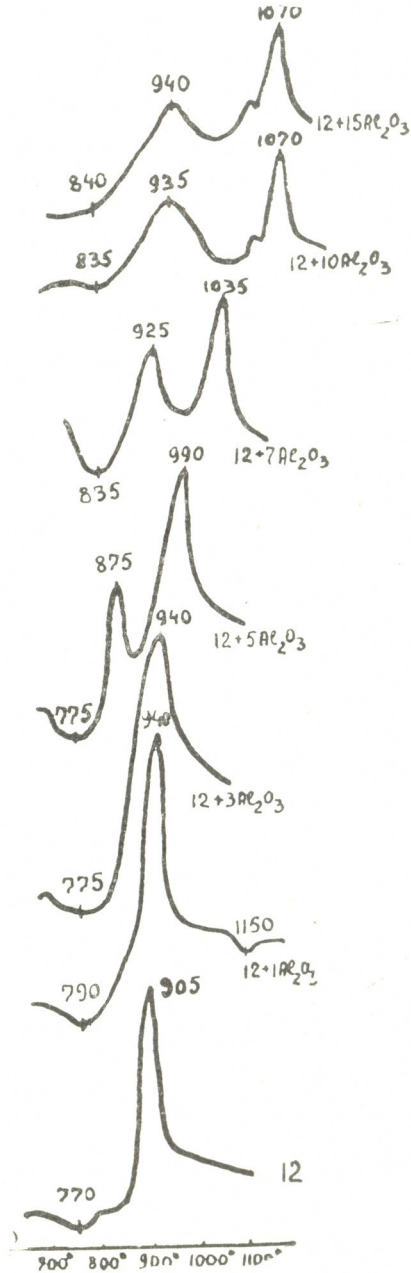


Рис. 4

природу проявляют добавки натрия. Гомогенизирующая роль данного окисла проявляется лишь с увеличением количества последнего выше 4—5%.



На усиление процесса расслаивания и улучшение технологических свойств системы  $\text{SiO}_2\text{—CaO}$  оказывают влияние добавки  $\text{MgO}$  и  $\text{B}_2\text{O}_3$  до 3%.

Благоприятно воздействует на кристаллизационную способность данной системы  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Введение 1—3%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  сильно интенсифицирует выделение волластонитовой фазы, а 5—7% — анортитовой.

Тбилисский институт строительных материалов

(Поступило 22.2.1973)

ქიმიური ტექნოლოგია

კ. კუტათელაძე (საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი),  
რ. ვერულაშვილი, დ. თაქთაქიშვილი

I, II, III ჯგუფის ჟანგბადების დანამატთა გავლენა  $\text{SiO}_2\text{—CaO}$   
სისტემის მინების კრისტალიზაციის უნარზე

რ ე ზ ი მ ე

შესწავლილია I, II, III ჯგუფების ჟანგბადების გავლენა  $\text{SiO}_2\text{—CaO}$   
სისტემის მინების კრისტალიზაციის უნარზე.

დადგენილია ლითიუმისა და კალიუმის ჟანგბადების როლი სისტემის  
ერთგვაროვნების ზრდაზე.

შესწავლილი ჟანგბადებიდან კრისტალიზაციის უნარს ყველაზე მეტად  
ზრდის  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , რომელიც 3%-მდე ხელს უწყობს ვოლასტონიტის, ხოლო  
7%-მდე — ანორტიტის გამოყოფას.

ლიკვაციის პროცესს ხელს უწყობენ  $\text{MgO}$  და  $\text{B}_2\text{O}_3$  3%-მდე.

CHEMICAL TECHNOLOGY

K. S. KUTATELADZE, R. D. VERULASHVILI, D. S. TAKTAKISHVILI

## STUDY OF THE EFFECT OF ADDITION OF THE I, II, III GROUP OXIDES ON THE CRYSTALLIZATION CAPACITY OF GLASSES OF THE $\text{SiO}_2\text{—CaO}$ SYSTEM

Summary

The  $\text{SiO}_2\text{—CaO}$  system has been examined from the point view of the effect of the I, II, III group oxide addition on the crystallization capacity of the system in question. Lithium oxides as well as potassium oxide have been found to possess a homogenizing role of over 4 to 5 per cent. The crystallization capacity of the  $\text{SiO}_2\text{—CaO}$  system is favourably affected by aluminium oxide, intensifying the separation of wollastonite up to 3 per cent and of anorthite to 7 per cent. The process of immiscibility is favourably affected by addition of  $\text{MgO}$  and  $\text{B}_2\text{O}_3$  up to 3 per cent.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Д. С. Тактакишвили. Тез. докл. конференции молодых специалистов. Л., 1972, 16—17.
2. Н. А. Торопов. Диаграммы состояния силикатных систем. Л., 1972, 20—21.
3. К. С. Кутателадзе, Р. Д. Верулашвили, Д. С. Тактакишвили. Сообщения АН СССР, 63, 3, 1971.
4. G. W. Morey, E. Ingerson, Am. Mineralogist, 22, № 1, 38, 1937.





УДК 615.4/54

ФАРМАКОХИМИЯ

Т. Л. КУСТОВА, П. А. ЯВИЧ, И. А. МУРАВЬЕВ, П. З. БЕРИДЗЕ

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИИ АЛКАЛОИДОВ ИЗ ОЧИЩЕННОГО  
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЭКСТРАКТА ТРАВЫ ЭФЕДРЫ

(Представлено членом-корреспондентом Академии П. Г. Гелбахиани 15.9.1972)

При ионировании растительных извлечений с целью селективно-го выделения биологически активных веществ приходится сталкиваться с фактом ухудшения гидродинамических условий процесса в связи с заиливанием колонны, так как растительные извлечения содержат значительное количество нерастворимых (НР) и коллоидных (К) частиц, которые обволакивают ионит, снижая скорость протекания раствора и емкость ионита. Следует учитывать, что часть НР и К частиц, осевших на ионите, затем десорбируется с основным веществом, снижая тем самым доброкачественность элюата.

Сорбцию эфедрина на ионитах ранее изучали Фан Ци-Чэн [1] и коллектив сотрудников под руководством проф. Н. У. Ризаева [2]. Фан Ци-Чэном исследовалась сорбция алкалоидов из дистиллята травы, а школой Н. У. Ризаева — сорбция как из дистиллята, так и из производственного экстракта, однако сорбция велась непосредственно из производственного экстракта, несущего большое количество балластных примесей.

Исходя из вышеизложенного нами была изучена возможность предварительной очистки водных извлечений эфедры с тем, чтобы сделать более эффективным последующее ионирование из них алкалоидов.

Объектами исследования служили водные извлечения травы эфедры, полученные из кондиционного сырья (МРТУ 5026—62) методом горячей диффузии [3]. Извлечения были мутны, темно-коричневого цвета, содержание алкалоидов в них колебалось в пределах 0,3—0,4%, содержание экстрактивных веществ составляло в среднем 5,12%, из них 1,49% НР. Определение алкалоидов проводилось по методике, приведенной в производственном регламенте.

В качестве коагулянтов использовались 10% раствор свинца ацетата, известковое молоко и 24% раствор кровавого альбумина. При смешивании коагулянтов с нативным извлечением травы эфедры наблюдалось интенсивное выделение осадка. Выпавший осадок отфильтровывался и промывался горячей водой при замучивании. Избыток свинца удалялся из фильтрата добавлением насыщенного раствора натрия сульфата, избыток кальция — серной кислотой, избыток белка — при нагревании раствора до 60—70°. Полученные в результате очистки извлечения были абсолютно прозрачны, светло-желтого цвета.

Основным критерием процесса очистки с помощью коагулянтов, по-видимому, следует считать потери алкалоидов на стадии осаждения. По нашим данным, эти потери колеблются в пределах 2—10% (табл. 1). Наилучшие результаты были получены при использовании в качестве коагулянта раствора ацетата свинца (не более 2%).



Однако из предложенных коагулянтов ацетат свинца является наиболее ценным и требует регенерации. Регенерация свинца из осадков нами легко осуществляется по методу, разработанному ранее [4].

Таблица 1

Распределение суммы алкалоидов в процессе осаждения

Коагулянты	Содержание суммы алкалоидов в исходном извлечении, %	Сумма алкалоидов после коагуляции, %		Потери алкалоидов, %
		в основном фильтрате	в промывной воде	
Раствор ацетата свинца	0,32	85,0	13,0	2,0
Известковое молоко	0,32	78,0	12,0	10,0
Раствор кровяного альбумина	0,32	75,8	21,0	3,2

Кроме того, в результате коагуляции примесей значительно повышается доброкачественность растворов по отношению к исходному экстракту ( $D=33,3\%$ ).

Таблица 2

Доброкачественность растворов, полученных после коагуляции балластных веществ

Коагулянты	D %
Раствор ацетата свинца	45,1
Известковое молоко	39,7
Раствор кровяного альбумина	47,6

Сорбция алкалоидов проводилась нами на катионите КУ-2 в  $Na^+$  и  $H^+$ -формах.

Как видно из рис. 1, сорбция в этом случае достигает величины 0,18 г/г. Причем наибольшую емкость показало извлечение после очистки известковым молоком. Однако при использовании этого коагулянта наблюдаются значительные потери алкалоидов, поэтому более перспективным коагулянтом, на наш взгляд, все же является ацетат свинца.

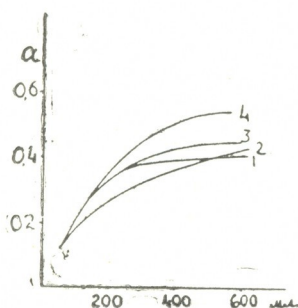


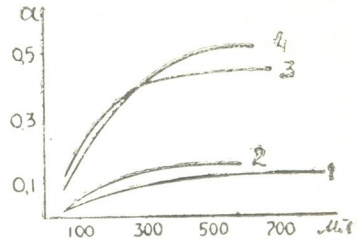
Рис. 1. Емкость катионита КУ-2 по сорбции суммы алкалоидов из облагороженного экстракта: 1—исходный экстракт; 2—альбуминовая очистка; 3—свинцовая очистка; 4—кальциевая очистка

Осаждение балластных примесей связано с некоторым разбавлением исходного извлечения и внесением в него минеральных примесей. В связи с этим было интересно исследовать влияние этих факторов на



емкость смолы. Из рис. 2 видно, что снижение концентрации алкалоидов в очищенном извлечении ниже 0,1% резко уменьшает сорбционную способность смолы.

Рис. 2. Влияние концентрации суммы алкалоидов на емкость катионита КУ-2: 1—0,05%; 2—0,10%; 3—0,18%; 4—0,22%



Исследование влияния количества минеральных примесей проводилось на растворе эфедрина с добавкой ацетата натрия в количестве 0,5; 1 и 3%. Установлено, что введение солевой добавки заметно уменьшает сорбционную способность (рис. 3).

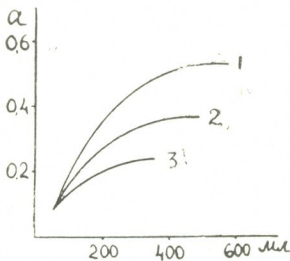


Рис. 3. Влияние концентрации минеральных ионов на емкость катионита КУ-2 по эфедрину: 1—0,5%  $\text{CH}_3\text{COO Na}$ ; 2—1,0%  $\text{CH}_3\text{COO Na}$ ; 3—3,0%  $\text{CH}_3\text{COO Na}$

Таким образом, проведенные нами исследования показали, что ионирование алкалоидов из предварительно очищенных извлечений травы эфедры протекает значительно лучше, чем из нативного извлечения. Очевидно, что применение коагулянтов в этом случае весьма перспективно.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт фармакохимии  
им. И. Г. Кутателадзе

Пятигорский фармацевтический институт

(Поступило 5.10.1972)

შარმაკოქიბია

ბ. კუსტოვა, ვ. იაშივი, ი. შურაბიოვი, ა. ბერიძე

მცენარე მფედრას გასუფთავებულ საგრეფველო მესტრატის  
ალკალოიდების სორბციის შესავალა

რეზიუმე

მოცემულია მცენარეული გამონაწვლილიდან ალკალოიდების სუფთა სახით მიღების ახალი წესი. ექსპერიმენტებში გამოყენებულია ტყვიის აცეტატის 10%-იანი ხსნარი, კირის რძე და სისხლის ალბუმინის 24%-იანი ხსნარი. აღნიშნული ხსნარებით ეფედრას გამონაწვლილიდან ნარჩენი წინასწარ დავლექეთ. ნაღები გავრეცხეთ ცხელი წყლით. მას შემდეგ ალკალოიდები ხსნარიდან გამოვყავით იონიტებით. დადგენილია, რომ ალკალოიდების ამ გზით გასუფთავების საქმეში საუკეთესო მაჩვენებლებს იძლევა ტყვიის აცეტატის 10%-იანი ხსნარის გამოყენება.

T. L. KUSTOVA, P. A. YAVICH, I. A. MURAVYEV, P. Z. BERIDZE  
STUDY OF THE SORPTION OF ALKALOIDS FROM THE  
PURIFIED INDUSTRIAL EXTRACT OF EPHEDRA

Summary

The aqueous extract from ephedra has been studied by the method of hot diffusion. After extraction the solution was purified by acetate-lead solution, lime-milk and blood-albumin. Acetate-lead solution was found to be the best coagulator. Some alkaloids were sorbed from this purified extract on the KU-2 cationoid sorbent. The concentration of alkaloids and mineral admixtures in the purified extract were studied.

ЎҚИЎМАЎЛАР — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Фан Ци-Чэн. Апт. дело, № 1, 9, 1959.
2. Н. У. Ризаев, Г. С. Балашина, К. В. Меренков. ДАН УзССР, 1965, № 10, 33.
3. Производственный регламент Чимкентского химфармзавода.
4. П. З. Беридзе, Л. И. Чурадзе, П. А. Явич. Хим.-фарм. ж., № 2, 1967.



Г. К. ЧИЧУА, Л. И. ТАТАРИШВИЛИ, Г. Н. ХАТИСКАЦИ,  
В. С. ХАНАНАШВИЛИ

## О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АЛАЗАНСКОЙ ДЕПРЕССИИ И ЦИВ-ГОМБОРСКОГО ХРЕБТА

(Представлено академиком П. Д. Гамкрелидзе 24.1.1973)

Современные представления о геологическом строении Алазанской депрессии, Кахетского и Цив-Гомборского хребтов (Горная Кахетия) основаны на данных Н. Б. Вассоевича [1—3], которым впервые было выделено и обосновано аллохтонно-покровное строение развитых здесь флишевых, меловых и палеогеновых отложений, а также на данных П. Д. Гамкрелидзе [4] и авторов настоящей статьи, вновь возродивших в последнее время эту концепцию [5—8].

В статье приводятся новые сведения о геологическом строении рассматриваемого региона, тектонически являющегося составной частью обширного Чиауро-Дибрарского синклинория.

В пределах Горной Кахетии в состав указанного синклинория входят отдельные аллохтонные комплексы и покровы, соответствующие разным структурно-фациальным зонам и подзонам флишевого бассейна. С севера на юг здесь выделяются Гудамакарская, Мтиулетская и Тианети-Кахетинская зоны, разграниченные региональным Кварским и Идракосхевским надвигами. Самая южная Тианети-Кахетинская зона включает в себя Тианети-Садзегурскую и Кахетинскую подзоны, разделенные Ильдоканским надвигом, и перекрывающий их Чинчвельтский покров.

Отмеченные выше структурно-тектонические элементы характеризуются определенным типом и возрастным диапазоном флишевых отложений верхней юры, мела и палеогена. В строении Гудамакарской зоны принимают участие отложения верхней юры и низы нижнего мела, в Мтиулетской зоне — отложения мела от апт-альба до кампана включительно, а в Тианети-Кахетинской зоне — все горизонты мела, начиная от апта, и осадки палеоцен-эоцена.

Несмотря на сложное геологическое строение рассматриваемого региона, на основе детального изучения разрезов флишевых отложений все же удастся проследить взаимосвязь отдельных тектонических единиц и их пространственное распределение как на поверхности в естественных обнажениях, так и на глубине по скважинам.

Структурное и поисково-разведочное бурение, проведенное в последние годы в Горной Кахетии, подтвердив наличие тектонических покровов, дало дополнительный материал для уточнения стратиграфических разрезов и тектонической структуры развитых здесь флишевых отложений.

Особенно ценны данные бурения для западной части Алазанской депрессии, где аллохтонные комплексы погребены под мощным чехлом континентальных осадков верхнего плиоцена (алазанская серия) и постплиоцена. Здесь, в Ахметском районе, на площади Шуагора про-



бурены три глубокие скважины — параметрическая № 1, заложенная в северной тыловой части Чинчвельтского покрова, и поисковые № 2 и 3, расположенные к северо-востоку от первой на южном борту Алазанской депрессии (рис. 1).



Рис. 1. Образная карта

Параметрическая скважина № 1 (глубина 3000 м) вскрыла до глубины 955 м флишевые отложения верхнего и нижнего сенона, выраженные в фации Чинчвельтского покрова, а ниже — флишевые отложения эоцена, палеоцена и дат-маастрихта — в фации Тианети-Садзегурской подзоны. Поисковая скважина № 3 (глубина 2100 м), пройдя алазанскую серию, на глубине 440 м вошла в отложения дата и кампан-маастрихта Тианети-Садзегурской подзоны. Ниже, на глубине 1930 м, она под надвигом вскрыла осадки палеоцена и дата этой же подзоны. Поисковая скважина № 2 (глубина 3000 м) под четвертичными и верхнеплиоценовыми осадками от 440 до 2822 м установила наличие трех тектонических чешуй, разделенных надвигами на глубинах 1508 и 2525 м. В строении двух верхних чешуй, по данным скважины, принимают участие отложения от апта до сантона включительно, а в третьей чешуе — отложения верхнего альба, сеноман-турона и коньяка, выраженные в фации Мтиулетской зоны. Ниже скважина под Идракосхевским надвигом вскрыла отложения нижнего сеномана, турона и сенона Тианети-Садзегурской подзоны. Отмеченные чешуи здесь образуют сложнопостроенную систему надвигов в фронтальной части Мтиулетской зоны (рис. 2).

Стратиграфические разрезы флишевых отложений мела и палеогена, вскрытые скважинами, по фации и мощностям хорошо сопоставляются как между собой, так и с изученными нами поверхностными разрезами соответствующих зон и подзон.

Таким образом, полученный в результате бурения материал позволяет проследить аллохтонный комплекс флишевых отложений в Алазанской депрессии под верхнеплиоценочетвертичным чехлом осадков, что подтверждает ранее высказанное Н. Б. Вассоевичем [2] предположение о наличии здесь в погребенном состоянии «чаиурских флишевых фаций палеогена и мела».

Чешуйчато-покровное строение Горной Кахетии и относительно неглубокое залегание фундамента (2,5—4,0 км), выявленное региональными сейсмическими профилями КМПВ в пределах Алазанской депрессии, в свою очередь, дают основание допустить под аллохтонным комплексом Чаура-Дибрарского синклинория наличие погребенной Кахетино-Вандамской шовной зоны поднятия. Последняя, судя по дан-





ным изучения разрезов смежных районов Грузии и Азербайджана, должна быть сложена песчано-сланцевой толщей лейаса, порфиритовой серией байоса, рифогенными известняками верхней юры, терригенно-карбонатной толщей мела и, возможно, палеогена, в фации, характерной для северной краевой части Грузинской глыбы (Гагрско-Джавская зона, по П. Д. Гамкрелидзе [9]).

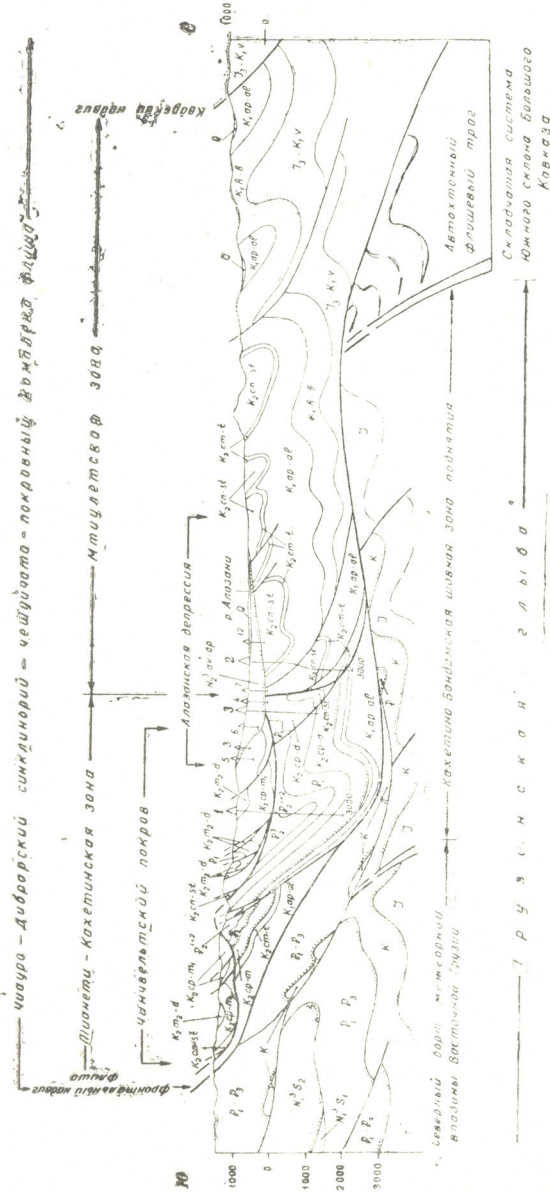


Рис. 2. Геологический разрез западной части Алазанской депрессии и смежных районов

Вышесказанное дает основание прийти к выводу, что весь аллохтонный комплекс флиша, ныне погребенный в Алазанской депрессии и развитый в пределах Цив-Гомборского хребта, смещен с севера на юг из складчатой области Южного склона Большого Кавказа и перекры-



вает автохтонную зону Кахетино-Вандамской шовной зоны поднятия, в свою очередь, являющейся северной краевой подвижной зоной Закавказского срединного массива.

Грузинское отделение ВНИГНИ

(Поступило 1.2.1973)

გეოლოგია

ბ. ჩიჩუა, ლ. თათარიშვილი, გ. ხატისკაცი, ვ. ხანანაშვილი

ალაზნის დეპრესიისა და ცივ-გომბორის ქედის დასავლეთი ნაწილის გეოლოგიური აგებულების შესახებ

### რეზიუმე

გეოლოგიური კვლევისა და ბურღვის მასალების საფუძველზე ალაზნის დეპრესიაში და ცივ-გომბორის ქედზე დავადგინეთ ზედაპლიოცენური ნალექების ქვეშ ძლიერ დისლოცირებული პალეოგენური და ცარცული ალოქტონური ფლიშური კომპლექსების განლაგება, რომლებიც ტექტონიკური ქერცლების სახით ფარავენ საქართველოს ბელტის ჩრდილო ზონის (კახეთი-ვანდამის) ავტოქტონურ ნალექებს.

GEOLOGY

G. K. CHICHUA, L. I. TATARISHVILI, G. N. KHATISKATSI,  
V. S. KHANANASHVILI

## ON THE GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE WESTERN PART OF THE TSIV-GOMBORI RANGE

### Summary

Geological studies and drilling evidence point to the existence under the Upper Pliocene strata in the Alazani depression and the Tziv-Gombori Range of strongly dislocated Paleogene and Cretaceous allochthonous flysch deposits, forming tectonic flakes overlying the autochthonous deposits of the northern (Kakheti-Vandam) zone of the Georgian block.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. Б. Вассоевич. Некоторые результаты геологических исследований в Горной Кахетии (1928—1932). Тифлис, 1934.
2. Н. Б. Вассоевич. Проблемы тектоники Восточной Грузии (О некоторых нефтегеологических закономерностях, связанных с зональностью междуречья Куры, Иори и Алазани). Баку, 1936.
3. Н. Б. Вассоевич. Зап. Всерос. минерал. о-ва, т. 69, 1940.
4. П. Д. Гамкрелидзе. Тезисы докладов научной сессии, посвященной 100-летию со дня рождения В. И. Ленина. Геол. ин-т АН ГССР. Тбилиси, 1970.
5. Г. Н. Хатискаци, Г. К. Чичуа. Тезисы докладов научной сессии Груз. комплексной лаборатории ВНИГНИ. Тбилиси, 1967.
6. Л. И. Татаршвили, И. В. Чубинидзе. Труды ВНИГНИ, вып. СХV, М., 1971.
7. Г. Н. Хатискаци. Труды ВНИГНИ, вып. СХV, 1971.
8. Г. К. Чичуа. Труды ВНИГНИ, вып. СХV, 1971.
9. П. Д. Гамкрелидзе. Тектоника, Геология СССР, т. X. Грузинская ССР, ч. I. М., 1964.



ПЕТРОЛОГИЯ

С. Ш. САРКИСЯН

О РЕГИОНАЛЬНОЙ СПЕЦИФИКЕ БАЗАЛЬТОВ СРЕДНЕГО  
 ЭОЦЕНА МАЛОГО КАВКАЗА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. А. Твалчрелидзе 1.3.1973)

В последнее время для Малого Кавказа был предпринят опыт формационного анализа вулканогенных толщ. На первом этапе изучены продукты среднеэоценового вулканизма [1], установлены главные особенности эволюции магматических расплавов в зависимости от типа тектонического развития отдельных структурно-формационных зон [2] и предпринята попытка установления оригинальным способом [3, 4] состава расплавов, родоначальных для отдельных эффузивно-интрузивных ассоциаций. Выяснилось, что состав родоначальных расплавов, бе-

Таблица средних химических составов базальтов и родоначальных магм некоторых структурно-формационных зон Малого Кавказа

Окислы и их производные	1	2	3	4	5	6	7	8
S.O <sub>2</sub>	45,35	49,8	48,43	53,5	48,21	59,6	50,44	53,1
TiO <sub>2</sub>	0,84	0,6	0,69	0,7	0,87	0,6	0,89	0,6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,20	17,0	19,01	17,1	16,12	15,2	18,06	16,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,11	3,9	5,16	4,1	4,87	5,4	4,75	3,8
FeO	4,94	3,8	5,67	3,4	4,02	2,7	4,56	4,9
MnO	0,16		0,16		0,13		0,22	
MgO	7,93	5,0	4,36	3,0	4,84	2,4	4,41	4,1
CaO	9,92	6,6	8,51	6,8	9,25	5,6	7,42	6,6
Na <sub>2</sub> O	2,20	3,4	2,15	3,0	2,43	3,1	3,40	3,4
K <sub>2</sub> O	0,80	2,5	2,03	2,1	0,48	0,8	1,60	1,2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,18		0,13		0,16		0,16	
п.п.п.	4,84		2,90		7,13		3,36	
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	1,51		0,70		1,37		0,94	
<b>С у м м а</b>	<b>99,90</b>		<b>99,98</b>		<b>100,08</b>		<b>100,21</b>	
Q	-21,8	-7,1	-2,9	+6,7	+1,6	+21,0	-15,3	+4,1
∑	3,8	5,1	3,3	2,5	1,6	0,9	3,4	2,1
FeO:Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,0	0,9	1,1	0,8	0,8	0,5	1,0	1,3
100 Na <sub>2</sub> O:(Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)	73	59	51	59	83	79	68	74
100 MgO:(FeO+Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +MgO)	44	37	29	29	36	23	32	32
CaO:MgO	1,2	1,2	2,0	2,3	1,9	2,3	1,7	1,6

Примечания. Базальты, средние реальные составы: 1 — для Центральной подзоны Аджаро-Триалетской зоны; 3 — для Южной подзоны Аджаро-Триалетской зоны; 5 — для Сомхето-Карабахской зоны; 7 — для Амасия-Акеринской зоны. Модели составов расплавов, родоначальных для среднеэоценовых вулканитов: 2 — Центральной подзоны Аджаро-Триалетской зоны; 4 — Южной подзоны Аджаро-Триалетской зоны; 6 — Сомхето-Карабахской зоны; 8 — Амасия-Акеринской зоны.





рущих начало в мантии и, возможно, несколько преобразующихся ассимиляцией и контаминацией в периферических очагах, в общих чертах отвечает базальтоидам. Только для относительно консолидированной области со сравнительно утолщенным гранитным слоем, каковой является Сомхето-Карабахская зона, состав исходного расплава раскисляется до андезита или андезито-базальта (см. таблицу).

Учитывая, что цифры, полученные путем графического построения [3, 4], представляют петрохимические модели родоначальных магм, автор в предлагаемой статье проводит сопоставление реальных геологических образований, в данном случае базальтов, изученных в различных структурно-формационных единицах Малого Кавказа (рис. 1).

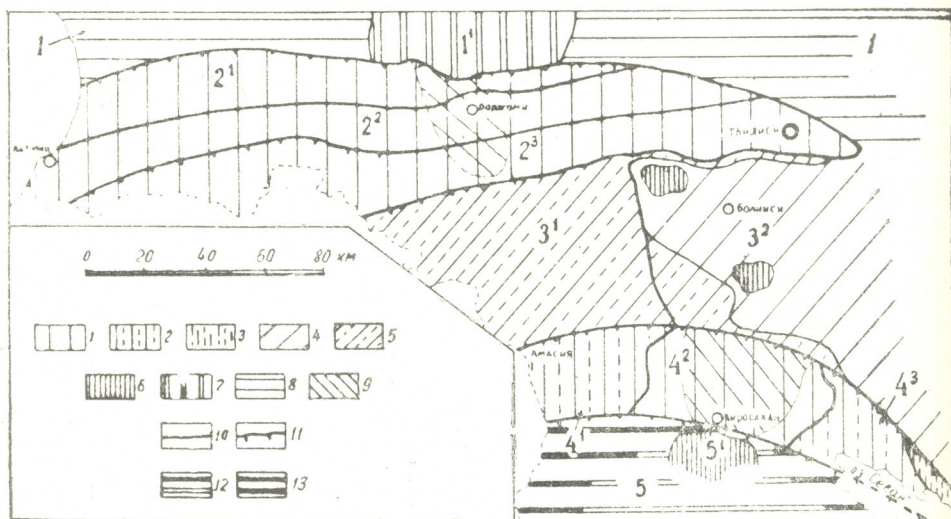


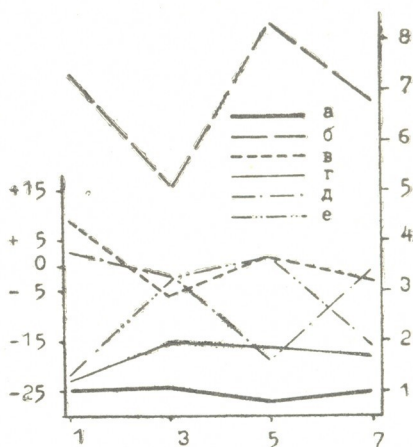
Рис. 1. Схема структуры северо-западной части Малого Кавказа: 1 — вулканогенные эвгеосинклинали; 2 — то же с реликтовыми признаками офиолитовых эвгеосинклиналей; 3 — офиолитовые эвгеосинклинали; 4 — раннеальпийская геоантиклиналь; 5 — участки геоантиклинали, вовлеченные в позднеальпийское погружение смежных эвгеосинклиналей; 6 — выступы каледонского—байкальского основания региона; 7 — срединные массивы; 8 — межгорные прогибы; 9 — погребенные поднятия древнего основания; 10 — границы структурно-формационных подразделений; 11 — главные глубинные разломы; 12 — герцинская геоантиклиналь; 13 — участки геоантиклинали, вовлеченные в позднеальпийское погружение смежной эвгеосинклинали. Цифры на схеме: 1 — Грузинская глыба; 1<sup>1</sup> — Дзирульский массив; 2 — Аджаро-Триалетская зона с подзонами: 2<sup>1</sup> — Северной, 2<sup>2</sup> — Центральной и 2<sup>3</sup> — Южной; 3 — Сомхето-Карабахская зона с подзонами: 3<sup>1</sup> — Джавахетской и 3<sup>2</sup> — Алаверди-Болнисской; 4 — Амасия-Акеринская зона с подзонами: 4<sup>1</sup> — Ширакской, 4<sup>2</sup> — Лори-Памбакской и 4<sup>3</sup> — Присеванской; 5 — Мисхано-Зангезурская зона с Апаран-Арзаканским массивом

Как следует из ранее полученных данных [4], реальные базальты по существу являются основными дифференциатами родоначальных расплавов, по химизму более или менее отличающихся в различных структурных условиях. Поэтому представляет интерес сопоставление их



средних составов<sup>(1)</sup> в различных выделяемых здесь тектонических зонах. За основу приняты данные по базальтам базальт-андезит-дацитовой формации, пользующейся региональным распространением. В настоящее время установлено [3, 4, 6 и др.], что Аджаро-Триалетская зона обладает поперечной зональностью, Амасия-Акеринская — продольной, а Сомхето-Карабахская — мозаично-блоковым строением. Таким образом, при сопоставлении петрографически родственных образований региона нами принято направление, поперечное к общей структуре его. В соответствии с этим приведены результаты петрохимических исследований базальтов из Центральной и Южной подзон Аджаро-Триалетии, тогда как по базальтам Сомхето-Карабахской и Амасия-Акеринской зон приняты средние показатели. В данной статье не рассматриваются породы, развитые в Северной подзоне Аджаро-Триалетской зоны, относящиеся к специфической калибазальт-трахитовой формации [2].

Рис. 2. Вариационная диаграмма главных петрохимических параметров базальтов Малого Кавказа: а — FeO; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; б — Na<sub>2</sub>O: (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O); в — MgO: (FeO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+MgO); г — CaO:MgO; д — коэффициент щелочности  $\sigma$  А. Ритмана; е — числовая характеристика Q А. Н. Заварицкого. Цифры на рисунке под диаграммой соответствуют обозначениям структурно-формационных подразделений на рис. 1



Как показывают данные таблицы и построенная на их основе диаграмма (рис. 2), базальты различных структурно-формационных единиц отличаются друг от друга. Это обстоятельство, по-видимому, обусловлено типом развития и глубинным строением каждой тектонической зоны. Так, в направлении с севера на юг (на рис. 2 слева направо) в соответствии со сменой тектонических условий проявляются различные петрохимические типы родоначальных магм (см. таблицу) и соответственно их производных, в данном случае базальтов. Состав магматических образований находится в зависимости от структуры площадей их развития, от степени тектонической контрастности структурно-формационных зон, от их возраста и, наконец, от относительной близости к зонам глубинных разломов. Как видно из рис. 2, наименее насыщенные кремнеземом базальты одновременно являются наиболее щелочными; они локализованы вблизи основных глубинных разломов, отгра-

(1) Для вычисления средних использованы данные Г. Н. Бежанишвили, Р. Т. Джрбашяна, Г. С. Дзоценидзе, Г. С. Закариадзе, М. А. Кекелия, М. Б. Лордкипанидзе, Г. А. Микадзе, Г. Ш. Надарейшвили, Д. Г. Надарейшвили, С. Ш. Саркисяна, М. Г. Татишвили [5] и др.



ничивающих рассматриваемую позднеальпийскую складчатую зону от смежных более древних поднятий — байкальской Грузинской глыбы и герцинского Мисхано-Зангезурского антиклинория (см. рис. 1). Эти черты проявлены тем отчетливее, чем более контрастны в возрастном отношении смежные структуры. В этих же участках столь же отчетливо проявлены повышение магнезиальности базальтов и преобладание роли закисного железа над окисным.

В Сомхето-Карабахской зоне, относящейся к категории остаточных эвгеоантиклиналей [7], развиты базальты, наиболее обогащенные кремнеземом и натрием при общей низкой щелочности. Это может свидетельствовать о сравнительно неглубоком залегании очага, где формировался родоначальный расплав, о спокойных условиях его дифференциации и соответственно о наибольшей возможности проявления ассимиляции и контаминации. Эта особенность эволюции магматического расплава имеет определенное прикладное значение, поскольку в подобных устойчивых структурах создаются благоприятные условия для концентрации рудного вещества, что и имеет здесь место.

Кавказский институт минерального сырья

(Поступило 2.3.1973)

კატეგორია

ს. სარკისიანი

მცირე კავკასიონის უზა ეოცენური ბაზალტების რეგიონალური სპეციფიკის შესახებ

რეზიუმე

განხილულია ბაზალტების შედგენილობის დამოკიდებულება მათი წარმოშობის ტექნიკურ პირობებთან კავშირში. დადგენილია, რომ ზონებში, რომლებშიც განიცადეს ინტენსიური დაძირვა რეგიონულ სიღრმულ რღვევებთან ახლოს, წარმოიქმნება ბაზალტების უფრო ფუფე და ტუტე სახესხვაობები.

PETROLOGY

S. Sh. SARKISYAN

## ON THE REGIONAL SPECIFICITY OF BASALTS OF THE MIDDLE EOCENE OF THE MINOR CAUCASUS

Summary

The dependence of the composition of basalts on the tectonic conditions of their formation is discussed. Varieties of basalt with heightened basicity and alkalinity have been found to form in zones that underwent intensive immersion as well as in the proximity of regional deep breaks.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. С. Ш. Саркисян. Труды КИМС, вып. IX (11). Тбилиси, 1971.
2. С. Ш. Саркисян. Материалы КИМС, вып. X (12). Тбилиси, 1972.
3. С. Ш. Саркисян. Бюлл. МОИП, Отдел. геол., вып. 4, 1972.
4. С. Ш. Саркисян. Сообщения АН ГССР, 67, 2, 1972.
5. Сб. «Химические составы изверженных и метаморфических горных пород Армянской ССР». Ереван, 1966.
6. П. Д. Гамкрелидзе. Геология СССР, т. X, Грузинская ССР. М., 1964.
7. Г. А. Твалчрелидзе. Опыт систематики эндогенных месторождений складчатых областей. М., 1964.



И. Д. ДОЛИДЗЕ

ТЕРМОБАРИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЛУХУНСКОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. М. Заридзе 15.2.1973)

Приводим результаты изучения температуры, давления и агрегатного состояния минералообразующих растворов (законсервированных во включениях минералов), характеризующих условия формирования Лухунского мышьякового месторождения. В пределах месторождения, геологическая позиция которого детально освещена в литературе [1, 2], выделяются дорудные кварц-карбонатные жилы и более поздняя рудная стадия минералообразования.

Наиболее благоприятными для термобарических исследований оказались кварцы и кальциты из дорудных кварц-карбонатных жил и рудной стадии минерализации. При исследовании включений с целью оценки температуры минералообразования был использован метод гомогенизации Н. П. Ермакова [3]. При оценке давлений в момент минералообразования мы опирались на результаты температур гомогенизации и растрескивания включений, используя метод, предложенный в работе В. Б. Наумова и С. Д. Малинина [4].

В результате просмотра пластинок, изготовленных из кварцев и кальцитов, было установлено, что в них (при комнатной температуре) просматриваются газово-жидкие включения двух типов: двухфазовые, состоящие из водного раствора (около 80% и выше) и газа (10—25%), и трехфазовые, состоящие из водного раствора (более 80%), жидкой углекислоты (2—15%) и газа (1—10%). Все исследованные включения гомогенизируются в жидкую фазу, что позволяет судить об агрегатном состоянии минералообразующей среды Лухунского месторождения, представленной несомненно жидкими растворами. Включения с жидкой  $\text{CO}_2$  в большом количестве встречаются в минералах рудной стадии минерализации, а в дорудных кварц-карбонатных жилах они обнаруживаются только в кальцитах, что свидетельствует о высоком содержании  $\text{CO}_2$  в гидротермальных растворах, формировавших реалгар-аурипигментовые руды Лухунского месторождения, по сравнению с растворами, давшими дорудные кварц-карбонатные жилы.

Наиболее часто наблюдаемые температуры гомогенизации для трехфазовых включений в кварцах порядка  $190^\circ\text{C}$ , а в кальцитах —  $160^\circ\text{C}$ . Ввиду того что присутствие  $\text{CO}_2$  во включениях значительно понижает температуру гомогенизации включений [5, 6], для более достоверных суждений об истинных температурах минералообразования были использованы результаты термометрического анализа двухфазовых (без  $\text{CO}_2$ ) включений. Чтобы наглядно представить температурные интервалы минералообразования, а также последовательность их кристаллизации, мы провели суммарный анализ всех полученных температур гомогенизации двухфазовых газово-жидких включений кварцев и кальцитов из дорудной и рудной стадии минерализации (рис. 1). Про-





веденный статистический анализ наглядно показывает, что кристаллизация кварцев и кальцитов в рудной стадии минерализации происходит в более широком интервале температур (265—125°C), чем формирование дорудных кварц-карбонатных жил (185—125°C). Этот факт свидетельствует о том, что процесс охлаждения гидротермальных растворов при рудообразовании был более медленным, чем при образовании кварц-карбонатных жил, причинами которого, наряду с другими могли явиться большие мощности рудных зон, а также длительность процесса рудообразования.

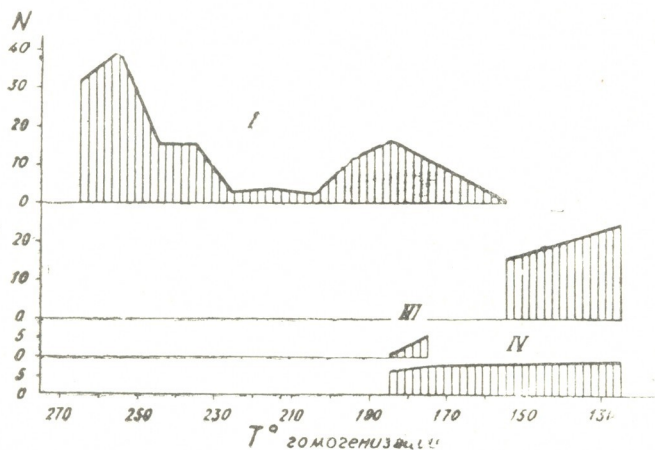


Рис. 1. График температуры гомогенизации первичных двухфазовых (раствор+газ) включений кварцев и кальцитов Лухунского месторождения: N—число замеров, I—кварц рудный, II—кальцит рудный, III—кварц дорудный, IV—кальцит дорудный

Следует обратить внимание на тот факт, что более поздний во времени процесс рудной стадии минерализации более высокотемпературный, чем предшествовавший ему процесс формирования дорудных кварц-карбонатных жил, что несомненно свидетельствует об участии в этих двух процессах разных порций гидротермальных растворов. Интересно отметить, что во время рудной стадии минерализации кальцит начинает выделяться (155—125°C) после того, как заканчивает кристаллизацию кварц (265—155°C), а в дорудных кварц-карбонатных жилах оба эти минерала начинают кристаллизацию одновременно (при 185°C), что полностью подтверждается геолого-минералогическими наблюдениями. Чуть более узкий температурный интервал кристаллизации кварца (200—130°C) из рудной зоны Лухуни получил З. Я. Церцвадзе [7], который заключает, что температуры образования ассоциирующихся с кварцем антимонита, реальгара и аурипигмента более низкие, так как формирование кварца предшествует их образованию, что подтверждается рассчитанной нами по соотношению жидкой и газовой фаз во включениях [1] температурой образования реальгара (70—50°C).

По мнению многих исследователей, наиболее достоверным источником для оценки давлений среды минералообразования являются газозо-жидкие включения. Совместное рассмотрение температур гомогенизации и растрескивания трехфазовых включений по методу, описанному в [4], дало возможность заключить, что рудообразование протекало в условиях давлений 350—850 атм, так как включения в кварцах рудной стадии растрескиваются (необходимое давление для растрескивания включений в кварце 850 атм) после наступления гомогенизации, а в кальцитах до ее наступления (необходимое давление для растрескивания включений в кальците 350 атм).



Следует обратить особое внимание на то, что с увеличением глубины пропорционально увеличивается температура кристаллизации кварцев из рудной стадии минерализации. Так, например, средняя температура гомогенизации включений кварца из штольни № 9 (2092 м) равняется 230°C, кварца из штольни № 4 (2071 м) 240°C и кварца из штольни № 11 (2034 м) 260°C. Полученные результаты показывают, что с увеличением глубины на каждый метр температура кристаллизации кварца увеличивается в среднем на 0,5°C, что позволяет судить об относительной тепловой характеристике — геотермической ступени Лухунского месторождения. Здесь же нужно отметить, что с увеличением глубины постепенно уменьшается количество CO<sub>2</sub> во включениях кварцев и кальцитов рудной стадии минерализации, а в целом минералы рудной стадии более обогащены CO<sub>2</sub>, чем минералы из дорудных кварц-карбонатных жил. Это, по всей вероятности, должно быть вызвано обогащением рудоносных растворов CO<sub>2</sub> вследствие растворения рудовмещающих пород-известняков, которые, согласно экспериментальным работам [8, 9], при взаимодействии с рудоносными растворами должны выделять CO<sub>2</sub> в значительных количествах, все больше обогащая эти растворы по мере их продвижения снизу вверх, что выражается в увеличении количества CO<sub>2</sub> во включениях минералов. Геологическим подтверждением справедливости нашего суждения служит широкое развитие метасоматического замещения известняков гидротермальными растворами с последующим превращением их в джаспероиды в пределах распространения реальгар-аурипигментового оруденения [2], тогда как дорудные кварц-карбонатные жилы залегают в неизменных известняках. По мнению В. П. Федорчука [10], джаспероидизация развивается лишь при высокой интенсивности и значительных масштабах проявления рудного процесса, а также при стабильности физико-химических условий минералообразования и длительности его проявления. Наряду с этим, нужно сказать, что выделение из гидротермальных растворов реальгар-аурипигментовой руды на месторождении Лухуни происходило при низких градиентах давления CO<sub>2</sub> (свидетельство тому — полное отсутствие CO<sub>2</sub> во включениях реальгара и аурипигмента), а потеря CO<sub>2</sub>, как известно, вызывает адекватное увеличение значений pH, что в целом является причиной выпадения рудных минералов и прежде всего сульфидов [11].

В заключение отметим, что образцы для исследований были любезно предоставлены нам Б. А. Алибегашвили, контрольные анализы по термометрии включений минералов проводились в лаборатории минералообразующих растворов ВИМСа под руководством Д. Н. Хитрова, а при обработке материала мы пользовались их советами.

Академия наук Грузинской ССР

Геологический институт

(Поступило 16.2.1973)

გამომცემი

ი. დოლიძე

ლუხუნის საბადოს ფორმირების თერმობარული პირობები

რეზიუმე

მინერალებში ჩანართების შესწავლის საფუძველზე გამოთქმულია აზრი, რომ ლუხუნის საბადოს ფორმირება ხდებოდა 265—50°C ტემპერატურის ფარგლებში და 850—350 ატმოსფერული წნევის პირობებში.



I. D. DOLIDZE

 THERMOBARIC CONDITIONS OF THE FORMATION OF THE  
 LUKHUNI DEPOSIT

## Summary

On the basis of an investigation of inclusions in minerals, it is suggested that the Lukhuni deposit formed under the conditions of 265-50°C temperature range and 850-350 atm. pressure.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. Р. Надирадзе, И. Д. Долидзе, Б. А. Алибегашвили. Условия формирования и закономерности распределения ртутных и мышьяковых месторождений Верхней Рачи. Тбилиси, 1962.
2. Б. А. Алибегашвили. Роль структурных факторов и физико-механических свойств вмещающих пород в локализации оруденения на мышьяковом месторождении Лухуни. Тбилиси, 1970.
3. Н. П. Ермаков. Исследования минералообразующих растворов. Харьков, 1950.
4. В. Б. Наумов, С. Д. Малинин. Геохимия, № 4, 1968.
5. Р. Ф. Сухорский. Минерал. сб. Львовского геол. о-ва, № 7, 1953.
6. А. И. Тугаринов, В. Б. Наумов. ДАН СССР, т. 195, № 1, 1970.
7. З. Я. Церцвадзе. Условия формирования и геохимические поисковые признаки ртутных, мышьяковых и сурьмяных месторождений. М., 1972.
8. Н. И. Хитаров. Сб. «Проблемы геотермии и практического использования тепла Земли», т. 2. М., 1961.
9. И. Г. Киссин, С. И. Пахомов. Геохимия, № 4, 1969.
10. В. П. Федорчук. Околорудные изменения ртутно-сурьмяных месторождений. М., 1969.
11. Ф. И. Вольфсон, Н. А. Минский. Изв. АН СССР, сер. геол., № 12, 1972.





СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

А. М. КАКУШАДЗЕ, М. Г. МУХАДЗЕ

О ГРАНИЧНОЙ ТЕОРИИ ПРОЧНОСТИ И НЕЛИНЕЙНОМ  
 ПРОГРАММИРОВАНИИ ГРАНИЧНЫХ ЗАДАЧ ИЗГИБА  
 ПЛАСТИНЫ

(Представлено академиком К. С. Завриевым 18.1.1973)

Граничные задачи изгиба пластин, составленные относительно срединной плоскости пластины, имеют смысл и для наружных поверхностей, так как, согласно [1, 2],

$$2\delta \frac{dw}{dz} = \delta \left[ \overline{\varphi(z)} + \bar{\alpha} \varphi'(z) + \chi'(z) + 2 \frac{dw_0}{dz} \right],$$

где  $2\delta = h$  — толщина пластины, в этом случае несущественная. Это обстоятельство приобретает значение при расчетах на прочность или на жесткость непосредственно из граничных задач, и в связи с тем, что в обобщенной граничной задаче прочность и жесткость также приобретают обобщенные понятия, приводя все к граничной теории прочности или жесткости, центральными которыми являются допускаемые напряжения или деформации. Это положение становится очевидным при рассмотрении класса аналитических решений, так как по принципу максимума модуля [3] аналитическая внутри и непрерывная в замкнутой области функция достигает максимума только на границе области.

Как известно [4], в наружных плоскостях пластины имеются напряжения

$$\sigma_n = \frac{6 M_n}{h^2} \leq [\sigma], \quad \tau_n = \frac{6 H_{nt}}{h^2} \leq [\tau].$$

Согласно [5], имеются также деформации

$$\delta \frac{\partial w}{\partial x} \leq [u], \quad \delta \frac{\partial w}{\partial y} \leq [v].$$

На самом деле, при деформации пластины одна из этих величин всегда достигает максимального значения, благоприятствуя обоснованию граничной теории прочности.

Обобщенная граничная задача изгиба пластин, согласно [6], приводит к следующей граничной задаче нахождения трех функций  $\omega(t)$ ,  $\varphi(t)$  и  $\chi(t)$  методом Н. И. Мусхелишвили:

$$\varphi(t) = \omega(t), \quad \overline{\chi'(t)} = -\overline{\omega(t)} - \bar{i} \frac{d\omega(t)}{dt} + 2 \frac{dw}{dt} - 2 \frac{dw_0}{dt},$$

$$\omega(t) = \frac{1}{4D} \int_0^t \left\{ M_n(\omega_0) - M_n(\omega) + i \int_0^s [N_n(\omega_0) - N_n(\omega)] ds \right\} d\tau +$$

$$+ \frac{1-\nu}{4} \left( 2 \frac{d\omega}{dt} - 2 \frac{d\omega_0}{dt} - iCt - C_1 \right),$$

$$t \overline{\varphi(t)} + \overline{i\varphi(t)} + \overline{\chi(t)} + \chi(t) = 2(\omega - \omega_0),$$

$$\int_0^{\overline{i}} \frac{d\overline{\omega}}{d\overline{\tau}} d\overline{\tau} + \int_0^t \frac{d\omega}{d\tau} d\tau + C_4 = \omega,$$

$$M_n(\omega) + i \int_0^s N_n(\omega) ds = \sum_{-\infty}^{\infty} A_n e^{in\theta} + iN\theta, \quad \frac{1-\nu}{2} \frac{d\omega}{dt} = \sum_{-\infty}^{\infty} B_n e^{in\theta},$$

$$\text{где } D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}.$$

На основании [1, 4, 5] и вышеизложенного, признавая  $\int_0^s N_n(\omega) ds$  интенсивностью крутящих моментов, получаем

$$\int_0^t \left[ M_n(\omega) + i \int_0^s N_n(\omega) ds \right] d\tau = \frac{h^2}{6} \int_0^t (\sigma_n + i\tau_n) d\tau,$$

$$2 \frac{d\omega}{d\bar{z}} = \frac{\partial\omega}{\partial x} + i \frac{\partial\omega}{\partial y} = \frac{2}{h} (u + iv).$$

Модулями этих функций, согласно [3, 7, 8], будут

$$\sigma_{r3} = \sqrt{\sigma_n^2 + \tau_n^2} \leq [\sigma], \quad \frac{\partial\omega}{\partial n} = \sqrt{\left(\frac{\partial\omega}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\omega}{\partial y}\right)^2} \leq \frac{2}{h} [u_n],$$

где  $\sigma_{r3}$  — согласно [4], расчетное напряжение по третьей теории прочности при изгибе с кручением,  $\frac{\partial\omega}{\partial n}$  — максимум производной от функции прогиба.

Очевидно, что при закрепленном крае максимум приобретает  $\int_0^t \left( M_n + i \int_0^s N_n ds \right) d\tau$ , при опертом или свободном крае максимум у  $\frac{d\omega}{dt}$ . В первом случае будет возникать задача о прочности, во втором — задача о жесткости соответственно со следующими ограничениями [9].

$$\max \left| M_n + i \int_0^s N_n ds \right| = \max \left| \sum_{-\infty}^{\infty} A_n e^{in\theta} \right| \leq \frac{h^2}{6} [\sigma],$$

$$\max \left| \frac{1-\nu}{2} \frac{d\omega}{dt} \right| = \max \left| \sum_{-\infty}^{\infty} B_n e^{in\theta} \right| \leq \frac{1-\nu}{2h} [u_n].$$

Принимая эти ограничения за радиусы областей прочности и жесткости, весь расчет сводим к комплексной области, освобождаясь от



разделения комплексной функции на действительную и мнимую составляющие.

Тот факт, что функция  $\omega(t)$  вследствие аналитического продолжения имеет смысл и внутри области, доказывает, что граничная теория прочности также продолжима внутри области.

Если жесткость пластины ограничивается допусковым прогибом, тогда

$$\max |z \varphi(z) + \bar{z} \varphi(z) + \chi(z) + \chi(z) + 2\omega_0| \leq 2[\omega]$$

или с учетом (6)

$$\max \left| \int_0^i \frac{\partial \omega}{\partial \bar{\tau}} d\bar{\tau} + \int_0^i \frac{\partial \omega}{\partial \tau} d\tau + C_4 \right| \leq [\omega].$$

В целесообразности такой постановки расчетов можно убедиться на простейшем примере решения задачи изгиба круглой пластины с равномерной нагрузкой. Обобщенная граничная задача изгиба [1—6] в этом случае приводит к следующей системе уравнений.

$$a_1 + \frac{A_0}{4D} - \frac{B_{-1}}{r} + \frac{qr^2}{16D} = 0,$$

$$a_1 - \frac{2}{1-\nu} \frac{B_{-1}}{r} + \frac{qr^2}{32D} = 0,$$

$$a_1 + \frac{b_0}{r^2} + \frac{qr^2}{64D} = 0, \quad N = -\frac{qr^2}{2}.$$

При опертном крае  $A_0 = 0$ , при закрепленном  $B_{-1} = 0$ , соответственно получаем решения

$$B_{-1} = -\frac{1-\nu}{1+\nu} \frac{qr^3}{32D}, \quad a_1 = -\frac{qr^2}{32D} \frac{3+\nu}{1+\nu}, \quad b_0 = \frac{qr^4}{64D} \frac{5+\nu}{1+\nu};$$

$$A_0 = -\frac{qr^2}{8}, \quad a_1 = -\frac{qr^2}{32D}, \quad b_0 = \frac{qr^4}{64D}.$$

При  $b_0 = 0$  или  $a_1 = 0$  возникает случай предварительного напряжения и имеют место решения

$$A_0 = -\frac{5+\nu}{32} qr^2, \quad B_{-1} = \frac{1-\nu}{128D} qr^3, \quad a_1 = -\frac{qr^2}{64D};$$

$$A_0 = -(3+\nu) \frac{qr^2}{16}, \quad B_{-1} = \frac{1-\nu}{64D} qr^3, \quad b_0 = -\frac{qr^4}{64D};$$

На основании этого из условий прочности или жесткости получим следующие формулы для определения толщины пластины:

$$h = \frac{r}{2} \sqrt{\frac{3(1-\nu)rq}{E[u_n]}}, \quad h = \frac{r}{2} \sqrt[3]{\frac{3(1-\nu)(5+\nu)rq}{2E[\omega]}}$$

$$h = r \sqrt{\frac{3q}{[\sigma]}}, \quad h = \frac{r}{2} \sqrt[3]{\frac{3(1-\nu^2)rq}{2E[\omega]}}$$

$$h = \frac{r}{4} \sqrt{\frac{3(5+\nu)q}{[\sigma]}}, \quad h = \frac{r}{4} \sqrt{\frac{3(1-\nu^2)rq}{E[u_n]}}$$

$$h = \frac{r}{2} \sqrt{\frac{3(3+\nu)q}{2[\sigma]}}, \quad h = \frac{r}{2} \sqrt{\frac{3(1-\nu^2)rq}{2E[u_n]}}, \quad h = \frac{r}{2} \sqrt[3]{\frac{3(1-\nu^2)rq}{2E[\omega]}}.$$





Очевидно, что из пластин этого набора наибольшей конструктивной жесткостью будет обладать пластина, имеющая минимальную толщину из максимальных значений наборов. Заслуживают внимания следующие случаи:  $b_0 = 0$ , когда по сравнению со случаем  $a_1 = 0$  пластина получается в 2 раза тоньше,  $B_{-1} = 0$  и  $a_1 = 0$ , если расчеты ведутся из условий прочности или ограничения прогибов.

Таким образом, возникает своеобразный критерий оптимальности, важность и актуальность которого очевидна.

Действительно, если неизвестные в обобщенной системе разбить на базисные и произвольные, тогда в сочетании с целевой функцией получится сепарабельная задача нелинейного программирования [9], что и показано для частного критерия оптимальности объема пластины.

Грузинский политехнический институт  
им. В. И. Ленина

(Поступило 26.1.1973)

საშენობლო მეცნიება

ა. კაკუშადე, მ. მუხადე

ფირფიტის ღუნვის სიმტკიცის სასაზღვრო თეორიის და სასაზღვრო ამოცანის არაწრფივი პროგრამირების შესახებ

რ ე ზ ი მ ე

ფირფიტის ღუნვის განზოგადებული სასაზღვრო ამოცანის შესახებ ნ. მუსხელიშვილის მეთოდის გამოყენებით მოცემულია სიმტკიცის სასაზღვრო ამოცანა, რომელიც ამოიხსნება კომპლექსურ არეში. სასაზღვრო ამოცანა დაყვანილია არაწრფივ პროგრამირებამდე.

STRUCTURAL MECHANICS

A. M. KAKUSHADZE, M. G. MUKHADZE

ON THE BOUNDARY THEORY OF STRENGTH AND  
NONLINEAR PROGRAMMING OF THE BOUNDARY  
VALUE PROBLEMS OF PLATE BENDING

Summary

The boundary theory of the strength and stiffness of plates—reduced to the complex domain and to a problem of nonlinear programming—is considered on the basis of N. Muskhelishvili's method. The solution of the problem is given in the form of a set of formulas for determining the thickness of volume corresponding to the condition of optimality, exemplified by a round plate with uniform loading.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. И. Мусхелишвили. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М., 1966.
2. Г. Н. Савин. Концентрация напряжений около отверстий. М.—Л., 1951.
3. А. В. Бицадзе. Основы теории аналитических функций комплексного переменного. М., 1969.
4. М. М. Филоненко-Бородич. Теория упругости. М.—Л., 1947.
5. С. П. Тимошенко. Пластинки и оболочки. М.—Л., 1948.
6. М. Г. Мухадзе. Труды ГПИ им. В. И. Ленина, № 6 (134), 1969.
7. П. М. Огибалов. Изгиб, устойчивость и колебание пластинок. М., 1958.
8. В. И. Феодосьев. Сопротивление материалов. М., 1967.
9. Дж. Хедли. Нелинейное и динамическое программирование. М., 1967.



РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ОБОГАЩЕНИЕ

И. Д. ДЖАНДЖГАВА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА БОКОВОГО РАСПОРА  
В МАССИВЕ ПОРОД ПО ДАННЫМ ШАХТНЫХ  
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

(Представлено академиком А. А. Дзидзигури 4.1.1973)

Шахтные инструментальные наблюдения позволяют установить характер смещений контура и массива пород вокруг горных выработок. На основании данных замеров смещений можно определить с некоторым приближением величину коэффициента бокового распора пород  $\lambda$ , полагая, что для квадратной или круглой выработки он равен отношению горизонтальной глубины неупругих смещений к вертикальной глубине:  $\lambda = \frac{b_{гор}}{b_{вер}}$ . Шахтные инструментальные наблюдения показали, что существует корреляционная связь между глубиной неупругих смещений и смещениями на контуре [1]. В частности, Ю. З. Заславским для Донбасса получена зависимость

$$\frac{b}{r} = 12 \frac{u}{r} \sqrt{\frac{r}{u}},$$

где  $b$ —глубина неупругих смещений;  $r$ —радиус (полупролет) выработки;  $u$ —смещение контура.

Нашими исследованиями установлено, что для глубоких шахт Ткибули-Шаорского каменноугольного месторождения

$$\frac{b}{r} = 15 \left(\frac{u}{r}\right)^{0,5}. \quad (1)$$

Горизонтальная глубина неупругих смещений

$$b_{гор} = A u_{гор}^n \left(\frac{h}{2}\right)^{1-n},$$

а вертикальная

$$b_{вер} = A u_{вер}^n \left(\frac{l}{2}\right)^{1-n},$$

где  $h$ —высота выработки;  $l$ —ширина выработки;  $u_{гор}$ ,  $u_{вер}$ —горизонтальные и вертикальные смещения контура. Следовательно,

$$\lambda = \frac{u_{гор}^n}{u_{вер}^n}, \quad (2)$$

так как для квадратной или круглой выработки  $h = l$ .



В случае, когда  $h \neq l$ , формула (1) примет вид

$$\lambda = \frac{u_{\text{гор}}^n}{u_{\text{вер}}^n} \frac{h^{1-n}}{l^{1-n}} \frac{l}{h},$$

где соотношение  $\frac{i}{h}$  является поправкой для приведения любого сечения к квадратному или круглому (согласно работам [1, 2], деформации на контуре пропорциональны пролету выработки). После элементарных преобразований, учитывая, что  $n=0,5$ , получаем

$$\lambda = \sqrt{\frac{u_{\text{гор}}}{u_{\text{вер}}} \frac{l}{h}}. \quad (3)$$

Формула, выведенная нами, позволяет установить значение  $\lambda$  в массиве пород по смещениям контура и с учетом размеров выработки. Формула для определения  $\lambda$  по смещениям контура, выведенная Л. А. Джапаридзе аналитически для квадратного сечения с радиусами закругления в углах  $0,05 r$ , имеет вид [3]

$$\lambda = \frac{5 u_{\text{гор}} + u_{\text{вер}}}{5 u_{\text{вер}} + u_{\text{гор}}}. \quad (4)$$

Формула (3) отличается от (4), тем, что она может быть применена для любого соотношения сторон выработки.

Рассмотрим эти формулы на примере Ткибули-Шаорского каменноугольного месторождения для выработки трапециевидного сечения с размерами  $h = 2,4$  м;  $l_{\text{ср}} = \frac{2,49 + 3,28}{2} = 2,88$  м, т. е. с соотношением сторон  $1,2:1$ ; Глубина расположения  $750$  м; породы — так называемые „листоватые сланцы“ с крепостью  $f = 2 \div 4$ ;  $u_{\text{гор}} = 50$  мм;  $u_{\text{вер}} = 380$  мм. Согласно формуле (3),

$$\lambda = \sqrt{\frac{0,05 \times 2,8}{0,38 \times 2,4}} = 0,39,$$

согласно формуле (4), для этих же условий (для приведения сечения к квадратному  $u_{\text{гор}}$  умножаем на  $\left(\frac{l}{h}\right)$ )

$$\lambda = \frac{5 \times 0,05 \times 1,2 + 0,38}{5 \times 0,38 + 0,05 \times 1,2} = 0,33.$$

Теперь рассмотрим случай, когда соотношение  $l:h = 1,4:1$  на том же месторождении на глубине  $500$  м;  $h = 2,6$  м;  $l_{\text{ср}} = 3,68$  м; породы те же;  $u_{\text{гор}} = 38$  мм;  $u_{\text{вер}} = 400$  мм. Согласно формуле (1),

$$\lambda = \sqrt{\frac{0,038 \times 3,68}{0,4 \times 2,6}} = 0,37,$$

согласно же формуле (2),

$$\lambda = \frac{5 \times 0,038 \times 1,4 + 0,4}{5 \times 0,4 + 0,038 \times 1,4} = 0,33.$$





Таким образом, при использовании для формулы (4) поправочного коэффициента  $\frac{l}{h}$  формулы (3) и (4) дают почти совпадающие результаты.

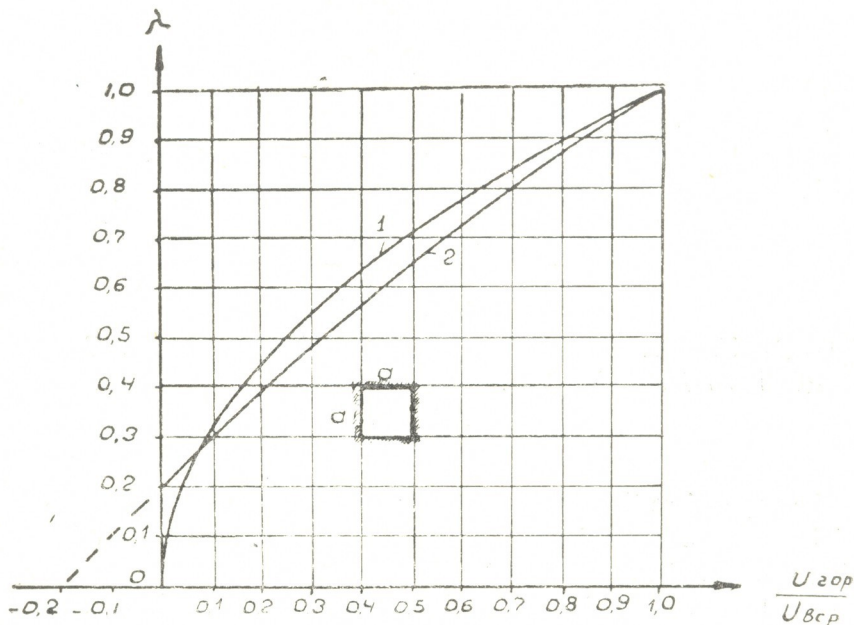


Рис. 1

Представляет интерес сравнение формул (3) и (4) при различных соотношениях  $\frac{u_{гор}}{u_{вер}}$  для квадратного сечения выработки. Как видно из графика (рис. 1), согласно формуле (3),  $\lambda$  меняется от 0 до 1 (кривая 1), а согласно формуле (4), при отсутствии горизонтальных смещений  $\lambda=0,2$  и только при горизонтальных смещениях контура в сторону массива ( $\frac{u_{гор}}{u_{вер}} = -0,2$ ) достигает нулевого значения (кривая 2). Практическое значение имеют участки кривых при  $\frac{u_{гор}}{u_{вер}} > 0,05$ . В этом случае по обеим формулам получаем почти совпадающие результаты (максимальное отклонение 20%), что подтверждает справедливость нашего предположения, принятого в начале данной статьи ( $\lambda = \frac{b_{гор}}{b_{вер}}$ ).

Академия наук Грузинской ССР  
Институт горной механики  
им. Г. А. Цулукидзе

(Поступило 19.1.1973)



## O. ჯანჯღავა

ქანების მასივში გვერდითი გაბრჯენის კოეფიციენტის განსა-  
 ზღვრა საშახტო ინსტრუმენტული დაკვირვების მონაცემების  
 მიხედვით

რეზიუმე

სტატიაში მოცემულია ქანების გვერდითი გაბრჯენის კოეფიციენტის  $\lambda$  მი-  
 ახლოებითი განსაზღვრის პრინციპი გვირაბის კონტურის გადაადგილების სი-  
 დიდის მიხედვით. გამოყვანილია  $\lambda$  განსაზღვრის ფორმულა გაზომვის მო-  
 ნაცემებისა და გვირაბის ზომების მიხედვით.

## EXPLOITATION OF DEPOSITS AND CONCENTRATION

I. D. JANJGAVA

DETERMINATION OF THE LATERAL THRUST COEFFICIENT IN  
 ROCKS *IN SITU* ACCORDING TO MINE INSTRUMENTAL  
 OBSERVATION DATA

Summary

The paper describes the principle of approximate determination of the  
 rock lateral thrust coefficient  $\lambda$  according to the displacement values of the  
 working configuration. The equation determining  $\lambda$  has been derived accord-  
 ing to the measurement data, with due account of the working sizes.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Ю. З. Заславский. Исследование проявлений горного давления в капита-  
 льных выработках глубоких шахт Донецкого бассейна, М., 1966.
2. И. Д. Джанджгава, Э. К. Гогия. Сб. «Технология добычи и обогащения  
 полезных ископаемых». Тбилиси, 1971.
3. Л. А. Джапаридзе. Сообщения АН ГССР, 66, 1, 1971.

## РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ОБОГАЩЕНИЕ

А. А. ДЗИДЗИГУРИ (академик АН ГССР), Н. Е. НИКОЛАИШВИЛИ,  
Н. Д. СЕПИАШВИЛИ

### О ВЛИЯНИИ ПАРАМЕТРОВ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО КАНАЛА НА УСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯТОР—ШАХТНАЯ СЕТЬ

Критерием колебательной устойчивости системы вентилятор — воздухопровод постоянного сечения служит выражение [1, 2]

$$b \leq \frac{L_0}{kC_0} = \frac{1}{k} \left( \frac{\rho_0 a}{S} \right)^2, \quad (1)$$

где  $b$  — угловой коэффициент напорной характеристики вентилятора;  $k$  — угловой коэффициент характеристики дросселя;  $L_0$  — погонная акустическая масса воздухопровода;  $C_0$  — погонная акустическая гибкость воздухопровода;  $\rho_0$  — плотность воздуха при нормальных атмосферных условиях;  $a$  — скорость звука в воздухе;  $S$  — площадь поперечного сечения воздухопровода.

Анализ устойчивости системы вентилятор — шахтная сеть связан с трудностями, возникающими из-за разветвленности вентиляционной сети, распределенности параметров по длине выработок, нелинейности напорной характеристики вентилятора и многих других факторов, которыми иногда пренебрегают.

Обычно исходят из следующей концепции: подробно учитывается прилегающая к вентилятору часть сети, а все отдаленные ее участки сводятся к сосредоточенным аэродинамическим сопротивлениям. Путем электрического моделирования такой упрощенной шахтной вентиляционной сети и определения безопасной крутизны обратного склона характеристики вентилятора находится некоторая эквивалентная сеть (канал постоянного сечения), обладающая такими же колебательными свойствами, как и искомая система [2]. Колебательная устойчивость системы при этом определяется условием (1) при  $S = S_{\text{экр}}$ , где  $S_{\text{экр}}$  — наиболее вероятное значение площади поперечного сечения эквивалентной сети.

Однако эта методика не учитывает условий отражений волн на границе канал — ствол и реальной картины распределения утечек воздуха.

Условия отражения волн на границе канал — ствол характеризуются коэффициентом отражения, который с учетом сосредоточенных утечек через устье ствола имеет вид

$$\Gamma = \frac{1 - Z_k \left( \frac{1}{Z_c} + G \right)}{1 + Z_k \left( \frac{1}{Z_c} + G \right)}, \quad (2)$$



где  $Z_k$  и  $Z_c$  — волновые сопротивления канала и ствола соответственно, определяемые выражением

$$Z = \sqrt{\frac{R_0 + \rho L_0}{\rho C_0}};$$

$G$  — утечки воздуха через устье ствола;

$R_0$  — погонное аэродинамическое сопротивление воздухопровода.

Коэффициент отражения представляет собой частотно-зависимую величину, поэтому необходимо рассчитать его модуль и фазу в предполагаемом диапазоне частот помпажа и переходных процессов.

На примерах реальных шахт были рассчитаны коэффициенты отражения на границе канал — ствол с учетом 10%-ных утечек воздуха через устье ствола по формуле (2). Величина коэффициента отражения изменяется в пределах 0,85—0,95. В действительности утечки воздуха через устье ствола превосходят эту величину и коэффициент отражения соответственно увеличивается. Близость величины коэффициента отражения к единице свидетельствует о практически полном отражении волн от границы канал—ствол и слабом влиянии параметров ствола и прилегающих к нему выработок на колебательную устойчивость вентиляционной установки. Это означает, что динамические свойства сети определяются для рассмотренных случаев в основном параметрами вентиляционного канала. В общем случае вышесказанное справедливо при выполнении условия

$$\frac{S_c}{S_k} \geq 2,5. \quad (3)$$

При нарушении условия (3) потребуется учет параметров как вентиляционного канала, так и ствола.

Для анализа колебательной устойчивости системы непосредственное использование условия (1) невозможно, так как оно выведено для идеализированной системы с сосредоточенными параметрами. Поэтому выведем условие устойчивости системы вентилятор—канал — приведенное аэродинамическое сопротивление сети, учитывая распределенность параметров вентиляционного канала.

Характеристическое уравнение исследуемой системы имеет вид

$$b = -Z \frac{(1 + \Gamma \cos 2 \sqrt{L_0 C_0} l \omega) - i \Gamma \sin 2 \sqrt{L_0 C_0} l \omega}{(1 - \Gamma \cos 2 \sqrt{L_0 C_0} l \omega) + i \Gamma \sin 2 \sqrt{L_0 C_0} l \omega}, \quad (4)$$

где  $\Gamma = \frac{1 - Z \left( \frac{1}{R} + G \right)}{1 + Z \left( \frac{1}{R} + G \right)}$ ;  $R$  — угловой коэффициент приведенного к концу

канала аэродинамического сопротивления сети;  $l$  — длина канала.

Интерес представляют действительные значения, которые, как это следует из уравнения (4), возможны лишь при

$$\sqrt{L_0 C_0} l \omega = k \frac{\pi}{2} \quad (k = 0, 1, 2, \dots).$$

Этим  $\sqrt{L_0 C_0} \omega$  соответствуют граничные значения

$$b = -Z \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma},$$

$$b = -Z \frac{1 - \Gamma}{1 + \Gamma}. \quad (5)$$

По аналогии с тем, как это делалось для модели с сосредоточенными параметрами [1, 2], условия статической и динамической устойчивости системы запишутся соответственно в виде

$$b \leq \frac{R}{1 + RG}, \quad (6)$$

$$b \leq \frac{L_0}{C_0} \left( \frac{1}{R} + G \right) = \left( \frac{\rho_0 a}{S_k} \right)^2 \left( \frac{1}{R} + G \right). \quad (7)$$

Правая часть выражения (7) примерно в 3 раза больше правой части выражения (1) ( $S = S_{\text{эКВ}}$ ), так как площадь поперечного сечения эквивалентного однородного воздухопровода завышена в 1,6 раза, по сравнению с сечением вентиляционного канала, и кроме того, учтены утечки воздуха через устье ствола. Это обстоятельство указывает на то, что граница колебательной устойчивости может быть повышена.

Уравнение кривой безопасного протекания обратного склона напорной характеристики вентилятора при этом имеет вид

$$\bar{H} = \frac{1}{2} \left[ \bar{H}_0 - G \left( \frac{\rho_0 a}{S_k} \right)^2 \right] + \sqrt{\left[ \bar{H}_0 - G \left( \frac{\rho_0 a}{S_k} \right)^2 \right]^2 + \bar{Q}^2 \left( \frac{\rho_0 a}{S_k} \right)^2}, \quad (8)$$

где  $\bar{H}_0$  — отвлеченный коэффициент напора при нулевой производительности вентилятора.

Ожидаемые частоты помпажа при учете отражений волн от конца канала будут на порядок выше, так как длина вентиляционного канала обычно на порядок меньше длины ствола.

Расчетно-теоретические данные подтверждаются аналоговым моделированием.

Полученные результаты могут быть использованы при анализе устойчивости системы вентилятор—шахтная сеть, исследовании переходных процессов и разработке систем автоматического управления режимами проветривания.

ა. ძიძიგური (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი),  
ნ. ნიკოლაიშვილი, ნ. სეპიშვილი

ვენტილაციური — საზახტო ქსელის სისტემის მდგრადობაზე  
სავენტილაციო არხის პარამეტრების გავლენის შესახებ

### რეზიუმე

მოცემულია სავენტილაციო არხის პარამეტრების გავლენის ანალიზი ვენტილაციური — საზახტო ქსელის სისტემის დინამიურ თვისებებზე. ნაჩვენებია, რომ გარკვეულ პირობებში ქსელის დინამიური თვისებები ძირითადად განისაზღვრება არხის პარამეტრებით. მიღებულია საკვლევი სისტემის რხევითი მდგრადობის პირობა და ვენტილაციური დაწნევის მახასიათებლის უსაფრთხოდ განლაგებული მრუდის განტოლება.

### EXPLOITATION OF DEPOSITS AND CONCENTRATION

A. A. DZIDZIGURI, N. E. NIKOLAISHVILI, N. D. SEPIASHVILI

### ON THE INFLUENCE OF THE AIR CHANNEL PARAMETERS ON THE STABILITY OF THE VENTILATION-MINE NETWORK SYSTEM

#### Summary

An analysis of the influence of the air channel parameters on the dynamic properties of the ventilation-mine network system is given. The dynamic properties of the network under certain conditions are shown to be mainly determined by the channel parameters. The condition of the system's vibratory stability and the equation of the safely located curve of the pressurizing characteristic of the fan have been obtained.

#### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. В. Казакевич. Автоколебания (помпаж) в вентиляторах и компрессорах. М., 1959.
2. А. А. Дзидзигური, Т. И. Матикашвили. Неустойчивая работа вентиляторов и способы ее предупреждения. М., 1965.





К. Г. ИЛУРИДЗЕ, Ш. Д. ТОПУРИЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ КУЛАЧКА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Д. С. Тавхелидзе 23.1.1973)

В связи с повышенными требованиями к надежности и долговечности кулачковых механизмов сохранность профиля кулачка в последние годы стала естественным критерием, полностью определяющим правильную работу механизма.

Надежность и долговечность работы кулачка значительно увеличится, если спроектировать профиль кулачка из условия постоянства контактного напряжения или износа.

В работах [1—3] были рассмотрены вопросы определения профиля кулачка из вышеуказанных условий для случая, когда на толкатель действует только постоянная сила. Цель же данной работы заключается в определении профиля кулачка, когда на толкатель, кроме постоянной силы, действует еще и возрастающая сила (сила пружины).

Контактное напряжение сжатия  $\sigma_c$  для пары кулачок-ролик определяется по формуле Герца

$$\sigma_c = 0,418 \sqrt{\frac{NE_{np}}{b} \left( \frac{1}{r_p} + \frac{1}{\rho_n} \right)}. \quad (1)$$

Радиус кривизны центрового профиля

$$\rho = \frac{(R^2 + R'^2)^{3/2}}{R^2 + 2R'^2 - RR''}. \quad (2)$$

В формуле (1)  $\rho_n$  — радиус кривизны профиля кулачка:

$$\rho_n = \rho - r_p, \quad (3)$$

$N$  — сила реакции кулачка на ролик:

$$N = P_c \frac{\sqrt{R^2 + R'^2}}{R}, \quad (4)$$

где  $P_c$  — сила, действующая на толкатель;  $\vartheta$  — угол давления.

В данном случае

$$P_c = P + P_{np} \frac{(1-k)(R-R_0) + (R_{max} - R_0)k}{R_{max} - R_0}. \quad (5)$$

Считая  $\sigma_c = \text{const}$ , из выражений (1)–(5) после их преобразования получаем

$$R'' = \frac{1}{r_p^2 R^2} \{ [r_p (R^2 + 2R'^2) - (R^2 + R'^2)^{3/2}] r_p R + A_1 (R - R_0) (R^2 + R'^2) + A_2 (R^2 + R'^2)^2 \}, \quad (6)$$

где  $R$ —радиус-вектор центрального профиля кулачка;  $R'$  и  $R''$ —соответственно его первая и вторая производные по углу  $\varphi$  поворота кулачка;  $r_p$ —радиус ролика;  $A_1$  и  $A_2$ —постоянные коэффициенты:

$$A_1 = \frac{0,418^2 E_{\text{пр}} P_{\text{пр}} (1-k)}{\sigma_c^2 b (R_{\text{max}} - R_0)}, \quad A_2 = \frac{0,418^2 E_{\text{пр}} (P + P_{\text{пр}} k)}{\sigma_c^2 b};$$

$P_{\text{пр}}$ —максимальное натяжение пружины;  $k$ —отношение силы предварительного натяжения пружины к силе ее максимального натяжения;  $b$ —ширина кулачка (ролика);  $E_{\text{пр}}$ —приведенный модуль упругости.

Из приведенного уравнения (6) можно получить частный случай, когда на толкатель действует только постоянная сила  $P$ . Если не учитывать силу пружины, то в уравнении (6) коэффициент  $A_1$  станет равным нулю, а коэффициент

$$A_2 = \frac{0,418^2 E_{\text{пр}} P}{\sigma_c^2 b}.$$

Само уравнение примет вид

$$R'' = \frac{1}{r_p^2 R^2} \{ [r_p (R^2 + 2R'^2) - (R^2 + R'^2)^{3/2}] r_p R + A_2 (R^2 + R'^2)^2 \}. \quad (7)$$

Уравнения (6) и (7) решались на электронно-вычислительных машинах БЭСМ-3М и БЭСМ-4.

Изменением коэффициентов, входящих в уравнения (6) и (7), можно получить бесконечно большое количество вариантов. Для получения законов движения толкателя без жестких ударов в процессе вычислений выбирались только те варианты, в которых  $R'$  менялось плавно от нуля до нуля на участке подъема кулачка.

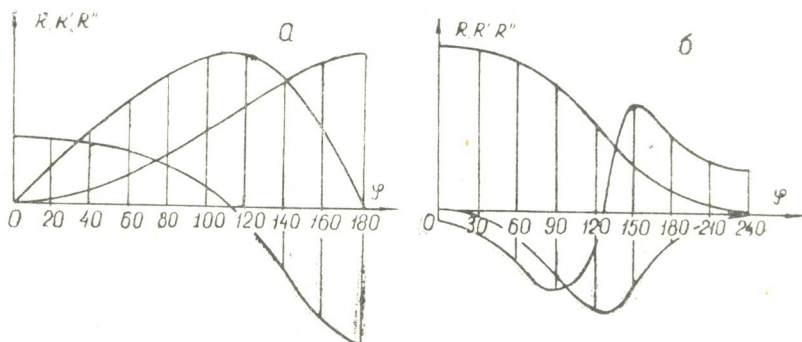


Рис. 1

На рис. 1, а, б показаны графики зависимостей  $R = R(\varphi)$ ,  $R' = R'(\varphi)$  и  $R'' = R''(\varphi)$  соответственно для уравнений (7) и (6) при значениях коэффициентов  $r_p = 0,0025$ ,  $A_2 = 0,0019$ ,  $r_p = 0,00286$ ,  $A_1 = 0,195$ ,  $A_2 = 0,0019$ .

При соблюдении рассмотренных выше условий контактной прочности обеспечивается наибольшая сопротивляемость кулачка усталостному разрушению.

В процессе работы кулачок изнашивается. В зависимости от количества циклов работы механизма износ кулачка может превысить допустимую величину. Поэтому целесообразно определение профиля кулачка из условия постоянства износа.



Нормальный износ может быть подсчитан по формуле [4, 5]

$$\Delta\rho = C N_{\text{ц}} \left( \frac{N}{b} \right)^{3/2} \left( \frac{1}{r_p} + \frac{1}{\rho_{\text{п}}} \right)^{1/2}. \quad (8)$$

Допуская также, что  $\Delta\rho$  — величина постоянная, из формул (2) — (5) и (8) после преобразования получаем

$$R'' = \frac{1}{r_p^2 R^4} \{ [r_p (R^2 + 2R'^2) - (R^2 + R'^2)^{3/2}] r_p R + A_1 (R - R_0)^3 (R^2 + R'^2)^3 + A_2 (R - R_0)^2 (R^2 + R'^2)^3 + A_3 (R - R_0) (R^2 + R'^2)^3 + A_4 (R^2 + R'^2)^3 \}, \quad (9)$$

где

$$A_1 = \frac{C^2 N_{\text{ц}}^2 P_{\text{пп}}^3 (1-k)^3}{\Delta\rho^2 b^3 (R_{\text{max}} - R_0)^3}; \quad A_2 = \frac{C^2 N_{\text{ц}}^2 3 P_{\text{пп}}^2 (P + P_{\text{пп}} k) (1-k)^2}{\Delta\rho^2 b^3 (R_{\text{max}} - R_0)^2};$$

$$A_3 = \frac{C^2 N_{\text{ц}}^2 3 P_{\text{пп}} (P + P_{\text{пп}} k)^2 (1-k)}{\Delta\rho^2 b^3 (R_{\text{max}} - R_0)}; \quad A_4 = \frac{C^2 N_{\text{ц}}^2 (P + P_{\text{пп}} k)^3}{\Delta\rho^2 b^3}.$$

Здесь  $N_{\text{ц}}$  — число циклов (оборотов) кулачка;  $C$  — экспериментальный коэффициент, определяемый из опытов [1].

Если пренебречь силой пружины, то получится частный случай, когда на толкатель действует только постоянная сила  $P$ . Тогда в уравнении (9) коэффициенты  $A_1$ ,  $A_2$  и  $A_3$  станут нулями, а коэффициент  $A_4$  будет равняться

$$A_4 = \frac{C^2 N_{\text{ц}}^2 P^3}{\Delta\rho^2 b^3}.$$

Уравнение (9) примет вид

$$R'' = \frac{1}{r_p^2 R^4} \{ [r_p (R^2 + 2R'^2) - (R^2 + R'^2)^{3/2}] r_p R + A_4 (R^2 + R'^2)^3 \}. \quad (10)$$

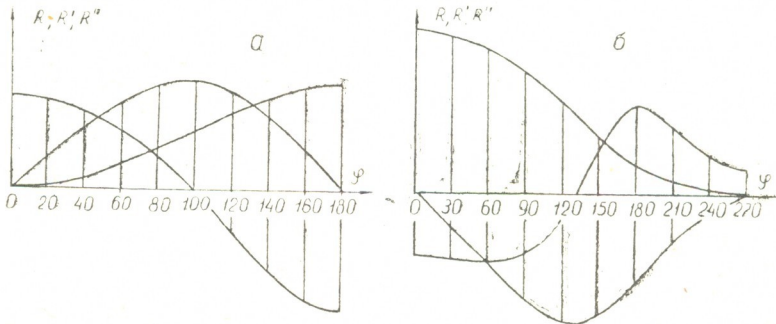


Рис. 2

Для разных сочетаний коэффициентов  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $A_4$  и  $r_p$  уравнений (9) и (10) на ЭЦВМ были получены различные законы движения толкателя. На рис. 2, а приводятся графики зависимостей  $R$ ,  $R'$  и  $R''$  от  $\varphi$  для значений коэффициентов  $A_4 = 0,0021$ ,  $r_p = 0,00286$ , а на рис. 2, б — для коэффициентов  $A_1 = 4214$ ,  $A_2 = 62,77$ ,  $A_3 = 0,614$ ,  $A_4 = 0,002$  и  $r_p = 0,00286$ .

Грузинский политехнический институт  
им. В. И. Ленина

(Поступило 26.1.1973)



პ. ილურიძე, შ. დ. თოპურია

## მუშტას რაციონალური პროფილის განსაზღვრა

რეზიუმე

ნაშრომში გამოყვანილია გორგოლაქიანი ცენტრალური მუშტა მექანიზმის მუშტას პროფილის განტოლება, გამომდინარე კონტაქტური ძაბვისა და ცვეთის მუდმივობის პირობიდან.

განხილულია ორი ამოცანა, როდესაც საბოძგელაზე მოქმედებს მუდმივი ძალა და ზამბარის დაჭიმულობა, აგრეთვე მისი კერძო შემთხვევა — მარტო მუდმივი ძალა. მოყვანილია ამ განტოლებების ელექტრონულ გამოთვლელ მანქანაზე ამოხსნის შედეგები.

MACHINE BUILDING SCIENCE

K. G. ILURIDZE, Sh. D. TOPURIA

## DETERMINATION OF THE RATIONAL PROFILE OF A CAM

Summary

The equations of the cam profile of the central cam mechanism have been derived from the condition of the constancy of the contact stress and wear. Two cases are examined in which a constant force and the tension of the spring act on the push rod, and in a private case only a constant force acts on it. The solution of these equations on an electronic digital computer is also given.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Ш. Д. Топурия. К вопросу динамического синтеза сложных кулачковых механизмов. Автореферат, Тбилиси, 1968.
2. Ш. Д. Топурия. Изв. вузов, Машиностроение, 7, 1972.
3. К. Г. Илуридзе, Ш. Д. Топурия, В. А. Немцев. Труды ГПИ им. В. И. Ленина, № 2, 1972.
4. С. К. Шаронов. Сб. «Теория механизмов и машин», вып. 101—102. М., 1964.
5. Н. И. Левитский. Сб. «Современные проблемы теории машин и механизмов», М., 1965.

Т. Г. ЛЕКИШВИЛИ

ОСОБЕННОСТИ ПРОТЕКАНИЯ АМПЛИТУДНО-МОДУЛИРОВАННОГО ТОКА ПО СЕТИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. Г. Абелишвили 23.2.1973)

С целью выяснения особенностей протекания амплитудно-модулированного тока по распределительной сети рассмотрим участок электрической цепи, содержащей активное, индуктивное и емкостное сопротивления (рис. 1).

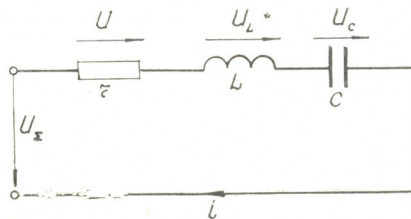


Рис. 1

Мгновенное значение амплитудно-модулированного тока, протекающего в этой цепи, в общем случае выражается в виде

$$i = I_m \{1 + m [k_1 \cdot \sin(\Omega t + \Psi_1) + k_2 \cdot \sin(2\Omega t + \Psi_2) + k_3 \cdot \sin(3\Omega t + \Psi_3) + \dots]\} \cdot \sin \omega t, \quad (1)$$

где  $m$  — коэффициент модуляции;  $\omega$  — угловая частота сети;  $\Omega$  — угловая частота модуляции.

Падение напряжения на рассматриваемом участке цепи будет  $u_\Sigma = u_r + u_L + u_c$ , т. е.

$$u_\Sigma = ri + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i dt. \quad (2)$$

Подставляя значение амплитудно-модулированного тока (1) в (2), для отдельных элементов цепи получаем

$$u_r = r \cdot I_m \{1 + m [k_1 \cdot \sin(\Omega t + \Psi_1) + k_2 \cdot \sin(2\Omega t + \Psi_2) + k_3 \cdot \sin(3\Omega t + \Psi_3) + \dots]\} \cdot \sin \omega t, \quad (3)$$

$$u_L = u_{L1} + u_{L2} = \omega L I_m \{1 + m [k_1 \cdot \sin(\Omega t + \Psi_1) + k_2 \cdot \sin(2\Omega t + \Psi_2) + k_3 \cdot \sin(3\Omega t + \Psi_3) + \dots]\} \cos \omega t + m I_m \Omega L [k_1 \cdot \cos(\Omega t + \Psi_1) + 2 \cdot k_2 \cdot \cos(2\Omega t + \Psi_2) + 3 \cdot k_3 \cdot \cos(3\Omega t + \Psi_3) + \dots] \cdot \sin \omega t, \quad (4)$$

$$u_c = u_{c1} + u_{c2} = - \frac{I_m}{\omega \cdot C} \left[ 1 + m \left\{ k_1 \cdot \sin(\Omega t + \Psi_1) \left[ \frac{1}{2 \left(1 - \frac{\Omega}{\omega}\right)} + \frac{1}{2 \left(1 + \frac{\Omega}{\omega}\right)} \right] + \dots \right\} \right]$$

$$\begin{aligned}
 &+ k_2 (2 \sin \Omega t + \Psi_2) \cdot \left[ \frac{1}{2 \left(1 - 2 \frac{\Omega}{\omega}\right)} + \frac{1}{2 \left(1 + 2 \frac{\Omega}{\omega}\right)} \right] + k_3 \cdot \sin(3\Omega t + \Psi_3) \times \\
 &\quad \times \left[ \frac{1}{2 \left(1 - 3 \frac{\Omega}{\omega}\right)} + \frac{1}{2 \left(1 + 3 \frac{\Omega}{\omega}\right)} + \dots \right] \cdot \cos \omega t + \\
 &+ \frac{m \cdot I_m}{\omega \cdot C} \left\{ k_1 \cdot \cos(\Omega t + \Psi_1) \left[ \frac{1}{2 \left(1 - \frac{\Omega}{\omega}\right)} - \frac{1}{2 \left(1 + \frac{\Omega}{\omega}\right)} \right] + \right. \\
 &+ k_2 \cdot \cos(2\Omega t + \Psi_2) \left[ \frac{1}{2 \left(1 - 2 \frac{\Omega}{\omega}\right)} - \frac{1}{2 \left(1 + 2 \frac{\Omega}{\omega}\right)} \right] + \\
 &\left. + k_3 \cdot \cos(3\Omega t + \Psi_3) \cdot \left[ \frac{1}{2 \left(1 - 3 \frac{\Omega}{\omega}\right)} - \frac{1}{2 \left(1 + 3 \frac{\Omega}{\omega}\right)} + \dots \right] \right\} \cdot \sin \omega t. \quad (5)
 \end{aligned}$$

Из выражений (3) — (5) для падений напряжения следуют некоторые особенности протекания модулированного тока через активное, индуктивное и емкостное сопротивления.

Падение напряжения на активном сопротивлении повторяет форму модулированного тока.

Протекание модулированного тока через индуктивность сопровождается появлением двух составляющих напряжения, сдвинутых между собой по фазе на угол  $\pi/2$ :  $u_{L1}$  и  $u_{L2}$ . Составляющая  $u_{L1}$  опережает ток на угол  $\pi/2$ , как это бывает при чисто гармоническом токе. Составляющая  $u_{L2}$  совпадает по фазе с током и получается меньше, чем  $u_{L1}$ , в  $\frac{\omega}{\Omega \cdot m}$  раз. Таким образом, при  $\frac{\omega}{\Omega} \geq 5$  и  $m \leq 0,05$  можно пренебречь влиянием составляющей  $u_{L2}$  на величину падения напряжения на индуктивности. Принимая во внимание, что потеря напряжения в сети обычно не превышает 10%, можно не учитывать также и фазовый сдвиг, вызываемый составляющей  $u_{L2}$ .

Падение напряжения на емкости от модулированного тока характеризуется небольшим увеличением глубины модуляции, тем более значительным, чем выше частота возмущения.

Обращает на себя внимание увеличение количества резонансных сочетаний  $L$  и  $C$  в случае протекания модулированного тока, по сравнению с чисто гармоническим. Записывая условия резонанса в форме

$$u_L + u_c = 0 \quad (6)$$

и подставляя в (6) выражения (4) и (5), для несущей частоты и  $n$ -й гармоники модулирующей функции находим

$$\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0, \quad (7)$$



или

$$\omega L - \frac{1}{\omega C} \left[ \frac{1}{2 \left( 1 - \frac{n\Omega}{\omega} \right)} + \frac{1}{2 \left( 1 + \frac{n\Omega}{\omega} \right)} \right] = 0, \quad (8)$$

при  $n\Omega \neq \omega$ .

Из выражений (7) и (8) видно, что при неблагоприятном соотношении между  $L$  и  $C$  колебания напряжения, обуславливающие модуляцию тока, могут усилиться вследствие резонансных явлений.

Подобные явления наблюдались в практике использования продольной емкостной компенсации за рубежом [1].

Если ограничиться рассмотрением только основной гармоники модулирующей функции, то модулированный ток можно представить в виде

$$\tilde{I} \doteq (1 + m \cdot \sin \Omega t) \cdot I_m \cdot e^{j\psi}. \quad (9)$$

Тогда падение напряжения на индуктивности представляется выражением

$$\tilde{U}_L \approx \tilde{I} j\omega L. \quad (10)$$

Влияние параллельно включенной емкости на возмущенный режим сети по аналогии с (10) приближенно учитывается выражением

$$\tilde{I}_c \approx \tilde{U} j\omega C. \quad (11)$$

Введение комплексных модулированных амплитуд упрощает расчеты и придает им наглядность.

На рис. 2 показана характерная схема питания асинхронной нагрузки. Напряжение  $\tilde{U}_1$  модулировано по гармоническому закону. Предположим вначале, что рассматривается только один асинхронный двигатель. Требуется определить модуляцию напряжения  $\tilde{U}_2$ .

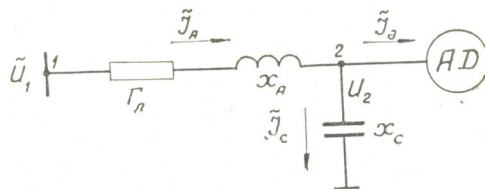


Рис. 2

Представляется целесообразным решать эту задачу как обратную, а именно: задать напряжение  $\tilde{U}_2$ , рассчитать  $\tilde{I}_a$  и  $\tilde{I}_c$  и далее определить падение напряжения в линии  $\Delta\tilde{U}$  и напряжение в точке 1. Очевидно, что колебание напряжения  $\tilde{U}_1$  в точке 1 может не совпасть с тем, которое принималось как исходное, и тогда расчет должен быть повторен с новым напряжением в точке 2. В действительности напряжение  $\tilde{U}_1$  не известно и, более того, представляет собой случайную величину. Поэтому описанная методика оценочного расчета имеет определенное практическое значение.



Напряжение в точке должно равняться сумме двух модулированных величин вида

$$\tilde{U}_1 = \tilde{U}_2 + \tilde{I}_n(r_n + jx_n). \quad (12)$$

Здесь  $\tilde{I}_n = \tilde{I}_d + \tilde{I}_c$  и определяется по принятому значению  $\tilde{U}_2$  до тех пор, пока левая часть (12) не примет исходного значения.

Обычно асинхронная нагрузка образуется из многих двигателей разной мощности, приводящих в движение различные механизмы. В этих условиях требуется рассчитывать колебания тока для каждой группы однотипных двигателей, а затем суммировать мгновенные значения токов для приведения к одному эквивалентному двигателю.

Грузинский институт  
энергетики и гидротехнических  
сооружений

(Поступило 2.3.1973)

ელექტროტექნიკა

თ. ლეკიშვილი

ამპლიტუდებით მოდულირებული დენის გავლის თავისებურებანი  
ქსელში

რეზონანსი

ინდუქციურ და ტევადურ წინაღობებში ამპლიტუდით მოდულირებული დენის გავლის დროს ძაბვის ვარდნაში წარმოიქმნება დამატებითი ძღვენელი, რომელიც გაპირობებულია მოდულაციის კოეფიციენტითა და სიხშირით. ნაჩვენებია, რომ იმ შემთხვევაში, როდესაც ქსელი შეიცავს მიმდევრობით შეერთებულ აქტიურ, ინდუქციურ და ტევადურ წინაღობებს L და C არასასურველი თანაფარდობის დროს შეიძლება ადგილი ჰქონდეს რეზონანსულ მოვლენებს.

ELECTROTECHNICS

T. G. LEKISHVILI

## FLOW PECULIARITIES OF AMPLITUDE-MODULATED CURRENT ALONG THE ELECTRICAL NETWORK

Summary

When modulated current flows along the inductive and capacity reactances, there appears an additional component that depends on the modulation factor and frequency.

In the case when the network comprises effective, inductive and capacity resistances and the relation L—C is not advisable there may take place resonance effects.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. S. Hazumi, M. Ioshino. V-e Congres international d'electrothermie, Wiesbaden, 1963. Paris, 1964.



ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Г. Ф. ТАВАДЗЕ, Г. А. ЧАДУНЕЛИ, Ш. Г. НАКАИДЗЕ

**ВЫСОКОСТАБИЛЬНОЕ РЕЛЕ ЗАДЕРЖКИ ВРЕМЕНИ  
В УСТРОЙСТВЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК**

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. Г. Абелишвили 10.2.1973)

Из существующих методов получения переохлажденных метастабильных фаз, наряду с методом вакуумного осаждения сплава на холодную подложку, успешно применяется закалка из жидкого состояния. Метод закалки основан на высокой скорости отвода тепла от кристаллизующего препарата, что достигается контактом жидкого сплава с материалом с высокой теплопроводностью [1—3].

Для получения метастабильных пленок активных и тугоплавких материалов нами разработана и построена вакуумная установка с электроннолучевым нагревом, позволяющая осуществлять как безтигельную зонную плавку исходного материала, так и получение пленок исследуемого материала.

Конец вертикально закрепленного стержня исследуемого материала оплавляется, и полученная жидкая капля при падении пересекает поле зрения фотоэлементов. Сигнал фотоэлемента после предварительного усиления вызывает замыкание цепи электромагнитов, что приводит в движение медные массивные ударники, между которыми и захлопывается капля.

Электромагниты управляются высокостабильным реле задержки времени по схеме, представленной на рис. 1. Высокостабильное реле задержки времени состоит из двух узлов: основного реле времени ( $\Phi Э_1$ ;  $\Phi Э_2$ ;  $L_1$ ;  $L_2$ ;  $L_3$ ) и вторичного реле времени ( $L_4$ ;  $C_2$ ;  $R_{17}$ ). Стабильность момента захлопывания жидкой капли медными ударниками достигается включением разрядной RC-цепочки [ $C_1(R_{11} + R_{12} + R_{13})$ ], которая питается от стабильного химического источника  $U_1$ .

Дублирование фотоэлементов применено с целью повышения надежности срабатывания захлопывающегося устройства.

Импульсные сигналы фотоэлементов усиливаются триодным усилителем ( $L_1$ ), суммируются и подаются на следующий каскад усиления ( $L_2$ ). При этом усиливаются импульсы, возникающие только от пролетающей капли, а постоянное фоновое освещение камеры не влияет на работу реле задержки времени.

В анодной цепи второго каскада ( $L_2$ ) включено реле  $P_1$ , которое срабатывает при поступлении усиленного первым и вторым каскадами ( $L_1$ ;  $L_2$ ) сигнала и самоблокируется, разрывая одновременно контактом  $K_{12}$  цепь питания RC-цепочки, а контактами  $K_{13}$  и  $K_{14}$  подготавливает к запуску вторичное реле времени.

Вторичное реле времени предназначено для раскрытия электромагнитов после захлопывания медных ударников.





К RC-цепочке дополнительно включен другой стабильный источник питания  $U_2$ , напряжение которого составляет приблизительно треть часть основного. Благодаря встречному включению напряжений разряд в RC-цепочке происходит резко и почти прямолинейно, что и обеспечивает высокую стабильность срабатывания реле времени.

После пролета капли поля зрения фотоэлементов и истечения заранее установленного времени лампа  $\Lambda_3$  опирается и срабатывает рабочее реле  $P_2$ , замыкающее контакт  $K_{21}$  электромагнитов, что приводит в движение медные ударники. Захлопнутая между ударниками жидкая капля превращается в тонкую пленку.

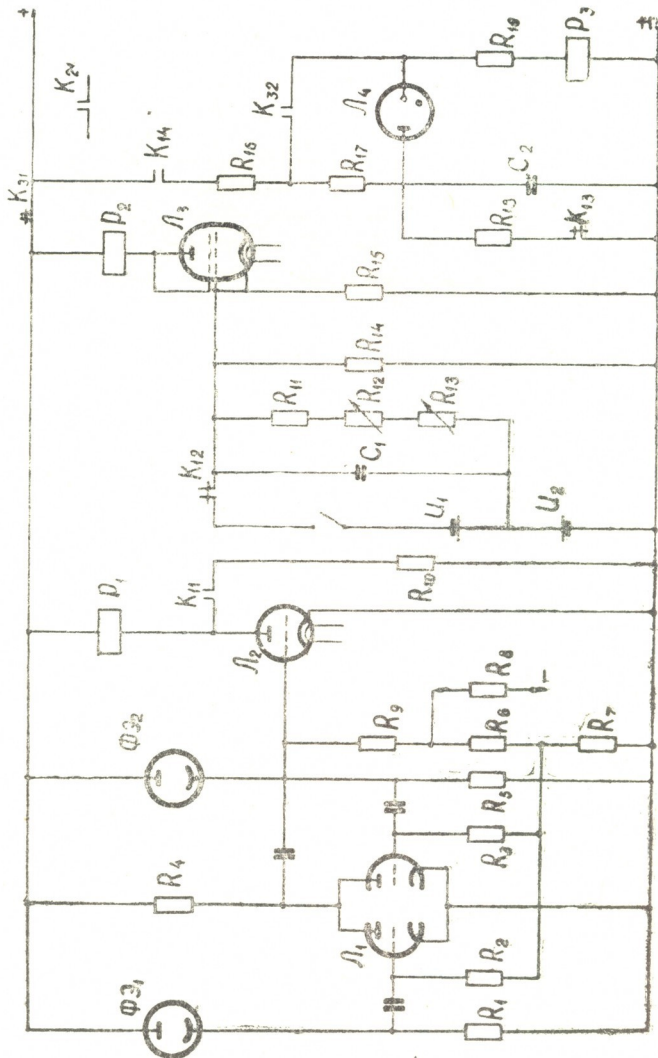


Рис. 1. Принципиальная схема высокостабильного реле задержки времени

После истечения определенного времени, необходимого для быстрого охлаждения полученной пленки, срабатывает вторичное реле времени, которое контактом  $K_{31}$  обесточивает основное реле времени и приводит его в исходное состояние. Поскольку обесточивается реле  $P_2$ , то размыкается и контакт  $K_{14}$ , в результате обесточивается также вторичное реле и все устройство приходит в исходное состояние. Описанный процесс повторяется вновь при следующем пролете капли.

Устройство срабатывает при температуре падающей капли выше  $1000^{\circ}\text{C}$ . Описанное устройство позволило нам получить пленки элементарного бора ( $T_{\text{пл}} = 2200^{\circ}\text{C}$ ) толщиной 40—120 мк. Скорость охлаждения полученных пленок составляет  $\sim 10^6$  град/сек.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт металлургии

(Поступило 23.2.1973)

ელექტროტექნიკა

ბ. თავაძე, ბ. ჩადუნელი, შ. ნაკაიძე

ლითონური ფირფიტების მისაღები მოწყობილობის მაღალსტაბილური დროის რელე

რეზიუმე

აღწერილია ლითონური ფირფიტების მისაღებად შექმნილ მოწყობილობაში მაღალსტაბილური დროის რელეს გამოყენება და მისი მუშაობის პრინციპული სქემა.

ELECTROTECHNICS

G. F. TAVADZE, G. A. CHADUNELI, Sh. G. NAKAIDZE

## HIGH-STABILITY TIMING RELAY IN AN INSTALLATION FOR THE PRODUCTION OF METAL FILMS

Summary

The application of high-stability timing relay in an installation for obtaining refractory metal films is described and its schematic diagram given.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. И. В. Салли. Физические основы формирования структуры сплавов. М., 1963.
2. Бейкер, Майтон, Битлер. Приборы для научных исследований, 8, 1969, 82.
3. А. В. Ревякин, Б. Д. Глюзицкий, А. М. Самарин. Зав. лаб., 3, 1972, 368.



АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ВЫЧИСЛИТ. ТЕХНИКА

Н. В. ГАБАШВИЛИ (чл.-кор. АН ГССР), Г. С. ЦИРАМУА, И. Н. АГЛАДЗЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ НЕКОТОРЫХ УЗЛОВ  
ЭЦВМ ПРИ ПОМОЩИ ЭЦВМ

Рассматривается задача составления пропрограммных моделей проектируемых операционных узлов электронных цифровых вычислительных машин (ЭЦВМ), являющаяся одной из актуальных задач из области автоматизации проектирования функциональных узлов (ФУ) ЭЦВМ третьего и четвертого поколения.

Работоспособность ФУ интегральной логической схемы (ИЛС) в ЭЦВМ, как известно, обеспечивается выполнением определенных требований, предъявляемых к выходным параметрам схемы  $y_j(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n)$ , к которым относятся, например, потребляемая мощность, быстродействие и т. п. Выходные параметры, в свою очередь, зависят от входных параметров схемы  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , которыми могут быть напряжения источников питания, температура окружающей среды и т. д. На входные параметры, как правило, накладываются определенные ограничения, которые выражаются рядом неравенств типа  $x_{i \min} < x_i < x_{i \max}$ , где  $x_{i \min} \div x_{i \max}$  — диапазон допустимых значений. Таким образом, условия работоспособности схемы в общем случае могут быть записаны в виде

$$y_j(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n) > 0 \quad (j = 1, 2, \dots, m). \quad (1)$$

Входные параметры схемы можно представить как координаты некоторого  $n$ -мерного вектора в  $n$ -мерном пространстве. Тогда условия работоспособности  $y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_m$  при приравнении их нулю будут определять гиперповерхности, ограничивающие некоторую  $n$ -мерную область работоспособности  $Q$ . Детерминированный расчет схемы сводится к определению вектора  $\vec{X}$  таким образом, чтобы его конец находился внутри области работоспособности  $Q$ . В реальных случаях при наличии разброса входных параметров, обусловленных производственными факторами, вместо точки, соответствующей концу вектора  $\vec{X}$ , получается некоторая область  $G$ . В случае, если часть области  $G$  выходит за пределы  $Q$ , то та часть ее, которая не удовлетворяет условию  $G \subset Q$ , будет определять долю схем, не пригодных к использованию по техническим условиям [1].

Поскольку разбросы параметров элементов схемы являются величинами случайными, при расчетах целесообразно пользоваться вероятностными методами. Тогда расчет схемы можно свести к расчету вероятности

$$P^* = P(\vec{X} \subset Q), \quad (2)$$





$$z_1 = x, z_2 = x_1 \wedge x_2, z_3 = (x_1 \wedge x_2) \vee (x_3 \wedge x_4).$$

В соответствии с этим в программе использованы три различные процедуры, описывающие логику работы этих элементов. Этими процедурами являются соответственно процедура mod 1 (a1, c1), описывающая поведение элемента с одним входом и одним выходом, процедура mod 2 (a1, a2, c1), описывающая поведение элемента с двумя входами и одним выходом, и процедура mod 4 (a1, a2, a3, c1), описывающая поведение элемента с четырьмя входами и одним выходом. В соответствующем месте программы указывается так называемая «коммутация», т. е. последовательность соединений соответствующих входов и выходов элементов, после чего описание самой программной модели, по существу, сводится к перечню блоков модели с обращениями к соответствующим процедурам, в которых в качестве фактических параметров подставлены конкретные входы и выходы соответствующих элементов.

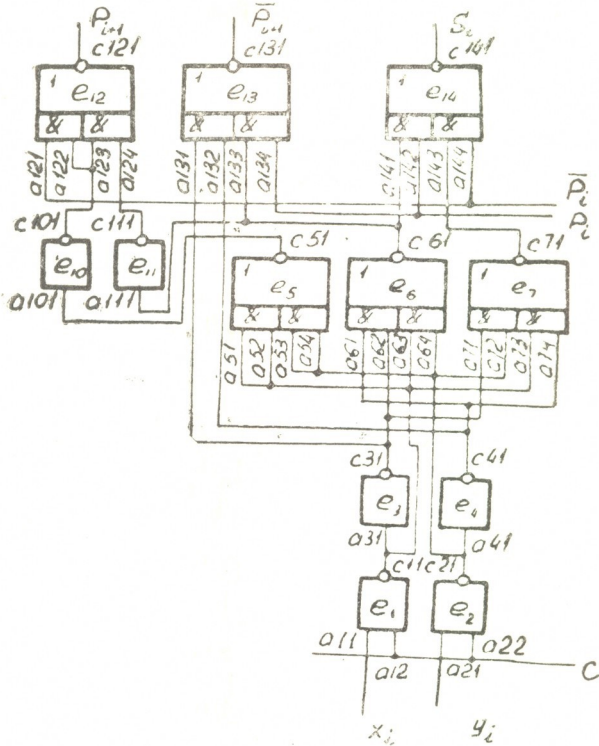


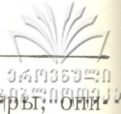
Рис. 1

Фрагмент программной модели схемы рис. 1 имеет следующий вид:

```

e1: begin mod 2 (a11, a12, c11) end
e2: begin mod 2 (a21, a22, c21) end
e3: begin mod 1 (a31, c31) end
e4: begin mod 1 (a41, c41) end
e5: begin mod 4 (a51, a52, a53, a54, c51) end
. . . . .
. . . . .
    
```





Как видно из примера, после того как составлены процедуры, описывающие работу отдельного модуля, составление модели для схемы в целом подчинено строго определенным формальным правилам. В программу включается специальный так называемый «блок эксперимента», в котором экспериментатор может указать всю необходимую ему программу действий модели.

Авторы метода ставят целью создание достаточно большого набора модулей-процедур, с помощью которых разработчики цифровых интегральных микросхем могут строить модели любого вида операционных устройств ЭЦВМ и получать достаточно объективный прогноз о тех ожидаемых параметрах, которыми будут обладать проектируемые устройства.

Грузинский политехнический институт  
им. В. И. Ленина

(Поступило 22.3.1973)

ავტომატური მართვა და გამომთვლითი ტექნიკა

ბ. ბაბაშვილი (საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ბ. ცირამუა,  
ი. აგლადე

ეცვმ-ის ზოგიერთი კვანძის მოდელის გამოკვლევა ეცვმ-ის  
საფუძვლებით

რეზიუმე

ელექტრონული ციფრული გამომთვლელი მანქანის (ეცვმ) ერთ-ერთი ძირითადი ფუნქციონალური კვანძის — ინტეგრალურ სქემებზე აწყობილი კომბინაციური ამჯამავის — სტატისტიკური მოდელის მაგალითზე ნაჩვენებია ავტორების მიერ დამუშავებული ეცვმ-ის სხვადასხვა კვანძების სტატისტიკური მოდელის ავტომატურად აგების მეთოდიკა, პროგრამაში ევრეტფორმული „ექსპერიმენტის ბლოკის“ გამოყენებით.

AUTOMATIC CONTROL AND COMPUTER ENGINEERING

N. V. GABASHVILI, G. S. TSIRAMUA, I. N. AGLADZE

## A STUDY OF THE MODELS OF SOME BLOCKS OF AN ELECTRONIC DIGITAL COMPUTER BY MEANS OF AN ELECTRONIC COMPUTER

Summary

The authors have developed a method of automatic construction of a statistical model of different blocks of an electronic digital computer, using the so-called “experiment block” in the programme. The proposed method is exemplified by the statistical model of a combinational summator built on integral circuits—one of the main functional blocks of an electronic digital computer.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. П. Бусленко. Моделирование сложных систем. М., 1968.
2. Н. В. Габашвили, Г. С. Цирамуа. Сообщения АН ГССР, 57, 3, 1970.
3. И. Н. Агладзе. Труды ГПИ им. В. И. Ленина, № 3, 1972, 259—264.
4. И. Н. Агладзе. Труды ГПИ им. В. И. Ленина, № 3, 1972, 265—272.



ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ

В. К. БАЛАВАДЗЕ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ АДСОРБЦИОННОЙ ТЕОРИИ  
ПОЛЗУЧЕСТИ БЕТОНА

(Представлено академиком К. С. Завриевым 31.1.1973)

На основании эффекта Ребиндера и электронной теории сил молекулярного сцепления в работах [1—3] было показано, что причиной ползучести бетона является адсорбционное влияние воды, выражающееся в ее расклинивающем действии в микротрещинах этого материала, и что вся деформация затухающей ползучести бетона упруга, обратима во времени.

Расклинивающее действие воды, по существу, представляет собой дополнительное к внешней силе усилие [4—6]. Установлено, что сухой бетон не проявляет ползучести [7, 8]. Известно также, что такие гидрофильные материалы, как стекло, камень, слюда и т. д., в сухом виде не обнаруживают ползучести, а во влажной среде, в особенности в воде, претерпевают деформацию ползучести и, к тому же, под действием постоянной нагрузки (при условии, что напряжения в них не превышают предела длительного сопротивления) деформируются обратимо [4, 9].

Очевидно, что единственной причиной их ползучести является адсорбционное влияние воды, выражающееся в ее расклинивающем действии в их микротрещинах, когда указанные материалы находятся в напряженном состоянии.

Специальными исследованиями [10] природы ползучести гипса, проведенными в 1947—1948 гг. Институтом физической химии АН СССР в свете учения академика П. А. Ребиндера, установлено, что сухой гипс не ползет, а в воде даже под влиянием собственного веса проявляет интенсивную ползучесть. Очень важно, что этими исследованиями была установлена единственность причины ползучести, заключающейся в адсорбционном влиянии воды, проявляющемся в расклинивающем действии последней в микротрещинах напряженного гипса.

Нами теоретически была обоснована [3] особенность работы идеально упруго-пластического материала, что позволило нам в той же работе [3] сделать следующее предположение: сухой бетон, когда в нем нет химически и адсорбционно свободной воды, не ползет и работает при осевом растяжении вплоть до достижения им предела прочности, как идеально упруго-пластическое тело. Для проверки были поставлены опыты.

Из бетона марки «250» с максимальным размером крупного заполнителя 10 мм было изготовлено пять призм образцов-близнецов размерами 5×5×25 см. Их распалубка производилась через 48 часов после изготовления, они хранились в режимной комнате при нормальных тепловлажностных условиях. Через 28 суток хранения образцы подверглись высушиванию в шкафу, где температура постепенно повышалась до 100° и на этом уровне поддерживалась до установления постоянного



веса. После этого три образца испытывались для определения предела прочности на растяжение, среднее значение которого составляло  $12 \text{ кг/см}^2$ . Два образца были изолированы от внешней среды, для чего их торцы были смазаны эпоксидным клеем (смолой), а боковая поверхность была обернута тремя слоями полиэтиленовой пленки, концы которой у торцов призм были тщательно заделаны и обмазаны пластилином. Эти две опытные призмы подверглись осевому растяжению на универсальной машине Р-2 с применением ручного привода при шкале в 500 кг.

Измерения продольных деформаций производились индикаторами с ценой деления в 1 мкм, установленными посередине на двух противоположных гранях образца на базе 150 мм. Нагрузка осуществлялась ступенями по 25 кг, и на каждой ступени производилась полная разгрузка.

В обоих опытах было ясно зафиксировано значение растягивающей нагрузки, при которой начиналось развитие деформации бетона. В первом опыте она равнялась 23 кг, а во втором 25 кг. Характерно, что указанные значения начальных нагрузок сохранялись и оставались неизменными при каждом новом нагружении образца после полной его разгрузки с каждой ступени почти до момента разрушения. При каждой разгрузке для начала обратного деформирования бетонного опытного образца необходимы были такие же значения силы, какие требовались и в начале нагружения, а именно в первом опыте 23 кг и во втором 25 кг.

Остаточная относительная деформация, получаемая при первой разгрузке образцов на ступени 50 кг, составляла в первом опыте  $0,8 \cdot 10^{-5}$ , а во втором  $0,86 \cdot 10^{-5}$ . В дальнейшем эти бетонные образцы работали упруго и при полной разгрузке на всех ступенях от 50 кг до разрушающей нагрузки около  $300 \pm 10 \text{ кг}$  не обнаруживали никакого роста остаточной деформации.

Таким образом, вышеописанными экспериментами были установлена особенность работы растянутого сухого бетона, когда в нем нет химически и адсорбционно не связанной воды, заключающаяся в том, что как при каждом начальном нагружении, так и при каждой разгрузке указанный бетон начинал деформироваться лишь при определенной значительной нагрузке и что только первая разгрузка бетона при удвоенной нагрузке (и выше) давала единственную остаточную деформацию, после чего он при последующих разгрузках на всех ступенях нагружения вплоть до достижения предела прочности работал упруго, не давая никаких остаточных деформаций.

Нашими исследованиями в вакууме ползучести при осевом растяжении таких же, как в вышеописанных экспериментах, но влажных бетонных образцов было показано, что вся деформация ползучести бетона, происшедшая при напряжениях, не превышающих предела длительного сопротивления, полностью исчезает при полном испарении воды вакуумированием. Все вышеизложенное позволяет сделать следующие выводы.

Тот факт, что расклинивающее действие воды, как сила, дополнительная к внешней, порождает деформацию ползучести бетона, а при напряжениях, не превышающих предела длительного сопротивления, с устранением расклинивающего действия воды в бетоне исчезает вся его деформация ползучести, со всей определенностью указывает на обратимость, т. е. на упругость затухания ползучести бетона и, что очень важно, на единственность причины ползучести бетона.





То, что центрально растянутый сухой бетон дает остаточную деформацию лишь при первой его разгрузке (при условии, что напряжения не превышают предела выносливости), свидетельствует о том, что он содержит пластическую составляющую и в нем не появляются необратимые микротрещины.

Именно расклинивающее действие воды в микротрещинах напряженного бетона, как сила, дополнительная к внешней, порождает разницу между пределом прочности и пределом длительного сопротивления бетона.

При мгновенно приложенной к бетону силе адсорбционное влияние воды не успевает проявиться и зависимость между напряжениями и деформациями бетона является прямолинейной.

Если к бетону прилагается сила не мгновенно, а с определенной скоростью, то в результате ползучести бетона, порожденной расклинивающим действием воды, как дополнительной с внешней силой, указанная зависимость становится криволинейной.

Чем меньше скорость нагружения бетона, тем больше криволинейная зависимость отходит от прямолинейной, т. е. тем больше расклинивающее действие воды.

Сухой бетон работает по прямолинейному закону, обычный же бетон, т. е. бетон, содержащий свободную воду, подвергается расклинивающему действию воды, иначе говоря, дополнительной к внешней силе, которая до сих пор ввиду ее непознанности при построении диаграммы работы бетона не учитывается и только поэтому получается криволинейной (конечно, если напряжения не превышают предела длительного сопротивления бетона).

Для определения модуля упругости бетона в любой точке кривой его работы, если значения напряжения в нем ниже предела длительного сопротивления, необходимо соединить указанную точку с началом координат кривой, т. е. получить секущую для этой точки. Тангенс угла наклона данной секущей к оси абсцисс и будет истинным модулем упругости бетона в рассматриваемой точке.

Если бы мы в этой точке знали значение расклинивающего действия воды, т. е. дополнительной к нагрузке силы, то, отложив его вверх по вертикали от рассматриваемой точки кривой работы бетона, точно попали бы на прямолинейную диаграмму его работы при мгновенном приложении силы.

Грузинский институт энергетики  
и гидротехнических сооружений

(Поступило 1.2.1973)

მასალათა ტექნოლოგია

3. ბალავაძე

ბეტონის ცოცვადობის აღსორბციული თეორიის ექსპერიმენტული საფუძვლები

რეზიუმე

ექსპერიმენტებით დადგენილია, რომ ბეტონის ცოცვადობის ერთადერთი მიზეზია წყლის აღსორბციული გავლენა, ე. ი. დაძაბული ბეტონის მიკრობზარებში წყლის გამხლეჩი მოქმედება.



V. K. BALAVADZE

## EXPERIMENTAL BASES OF CONCRETE CREEP ADSORPTION THEORY

## Summary

Experimental and theoretical data have demonstrated that the sole reason of creep of concrete is the adsorption influence of water, expressed in its wedging action in microcracks of stressed concrete.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. К. Балавадзе. Изв. ТНИСГЭИ, т. 17, 1967.
2. В. К. Балавадзе. Сообщения АН ГССР, 52, 3, 1968.
3. В. К. Балавадзе. Сообщения АН ГССР, 57, 3, 1970.
4. П. А. Ребиндер. Юбилейный сб. АН СССР, I, 1947.
5. Б. В. Дерягин. Свойства тонких жидких слоев и их роль в дисперсных системах. М., 1937.
6. В. К. Балавадзе, М. М. Лордкипанидзе, Сообщения АН ГССР, 62, 2, 1971.
7. З. Н. Циловани. Усадка и ползучесть бетона. Тбилиси, 1963.
8. I. Glucklich, O. Ischai. Creep Mechanism in Cement Mortar, ACI J., Proc. v. 59, № 7, July, 1962.
9. В. И. Лихтман, Е. Д. Шукин, П. А. Ребиндер. Физико-химическая механика металлов. М., 1962.
10. Г. И. Логинов и М. П. Элинзон. Материалы и конструкции в современной архитектуре, № 2, 1948.



რ. რამიშვილი

V. VINIFERA L.-ს ველურად მოზარდი კოკულაციები არაბვის ხეობაში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. კეცხოველმა 20.2.1973)

მდ. არაგვის ხეობაში ველურად მოზარდი ვაზების შესწავლა დაემთხვა ჟინვალის ჰიდროკვანძის მშენებლობის დაწყებას, რომლის დამთავრების შემდეგ უზარმაზარი ტერიტორია, სოფ. ჟინვალის ვიწროებიდან დაწყებული, თვით ანანურის მიდამოების ჩათვლით, მთლიანად წყლით დიფარება.

ასეთ ვითარებაში აუცილებელი გახდა წყალსაცავის მიდამოების დეტალური ფიტოცენოლოგიური გამოკვლევა, ხოლო ჩვენს შემთხვევაში — აქ გავრცელებული ველურად მოზარდი ვაზების საფუძვლიანი შესწავლა.

ექსპედიციის შედეგად დადგინდა, რომ ველურად მოზარდი ვაზების გავრცელების ზედა საზღვარი ზღვის დონიდან 1000 მ არ სცილდება.

არაგვის ხეობის ზომიერზე მკაცრმა და შედარებით მშრალმა კლიმატმა განაპირობა ის, რომ ველურად მოზარდი ვაზები ძირითადად ჰატარა მდინარეების და წყაროების ახლო მიდამოებშია, სადაც ტენის ნორმალური პირობებია. ეს განსაკუთრებით კარგად შეიმჩნევა ჟინვალის ნაქალაქარის ტერიტორიაზე; აღნიშნული ნაქალაქარი შუა საუკუნეების საქართველოს ერთ-ერთი საერისთავოს ცენტრი იყო, რომელსაც საკმაოდ განვითარებული სოფლის მეურნეობა ჰქონდა და არ არის გამორიცხული, რომ მევენახეობაც სათანადო დონეზე ყოფილიყო [1].

აქ მოპოვებული მცენარეები სუბსპონტანური ვაზის ტიპური წარმომადგენლებია, რომლებიც ბოტანიკური კლასიფიკაციით *V. vinifera L. subsp. silvestris* Cmel-ს მიეკუთვნება.

ექსპედიციურმა გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ ველურად მოზარდი ვაზების გავრცელების ინტენსივობით საინტერესოა მთიულეთის არაგვის მარჯვენა ნაპირის მთელი ტერიტორია (ს. ჟინვალიდან ს. მენესოს ჩათვლით) და ჟინვალის მიდამოები. განსაკუთრებით აღნიშვნის ღირსია ს. მენესოში ნაპოვნი სამი ეგზემპლარი. ეს ვაზები სოფლის განაპირას (სოფელში სულ რამდენიმე კომლი ცხოვრობს, რომლებიც მეცხოველეობას მისდევენ) მაღალი მთის ძირას შინდის, თხილის და კოწახურის ხეებზეა გადაბარდული. ფერდობებზე უამრავი ანკარა წყარო მოედინება, რაც შესანიშნავ პირობებს უქმნის მთის ძირას ვაზრდილ მცენარეებს. აქ მოპოვებული ფორმები განსხვავებული ბოტანიკური ნიშნებით მსასიათდებიან და ისინი პოსტკულტურალურ ვაზს (*V. vinifera L. subsp. sativa* D. C.) მიეკუთვნებიან.

აღსანიშნავია არაგვის ხეობაში გავრცელებული ვაზების დიდი პოლიმორფიზმი, რაც ცალკეული ბოტანიკური ნიშნების შესწავლისას განსაკუთრებით ფოთლის დიმორფიზმში გამოვლინდა.

არაგვის ხეობაში გავრცელებული ველურად მოზარდი ფორმების ბიომორფოლოგიური და ბიომეტრიული მაჩვენებლები საშუალებას გვაძლევს გარკვეული პარალელი გავავლოთ ვაზის ფორმათა წარმოქმნის ალაზნის კერის ტიპურ წარმომადგენლებთან. მსგავსი ეგზემპლარები დავადგინეთ კახეთის და ქვემო ქართლის მიკროგენცენტრებში.





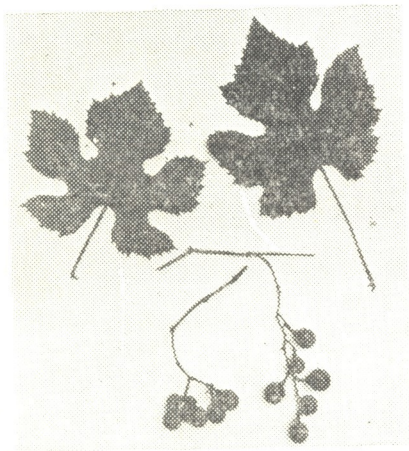
ჟინვალის ნაქალაქარზე გავრცელებული ვაზების დღევანდელი წარმომადგენელია *(V. silvestris)*? ნიშნები ნაყოფია ხანგრძლივი ფილოგენეზური უკუპროცესისა, რომლის დროსაც მოხდა კულტურულის გაველურება. ?

ლიტერატურაში ამ საკითხის ირგვლივ ერთმანეთის საპირისპირო მოსაზრებანი არსებობს. ერთნი დღევანდელი კულტურული ვაზის წინაპრად *V. silvestris* მიიჩნევენ [2—4]. მეორენი თვლიან, რომ ევროპული კულტურული ვაზი *V. vinifera L. subsp. sativa D. C.* წარმოიშვა რამდენიმე სახეობისგან, რომლებიც ბოტანიკური ნიშნებით თანამედროვე კულტურულ ვაზთან ახლოს დგანან [5—7].

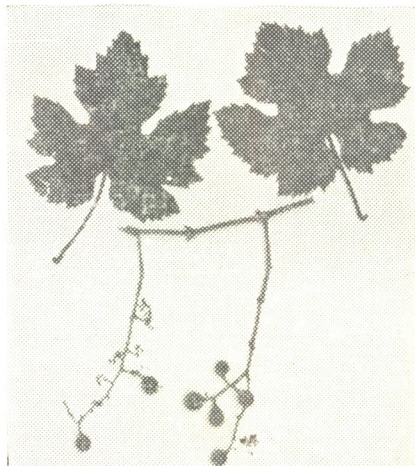
ჩვენს მიერ საქართველოს სხვა რაიონებში და აქ მოპოვებული მასალების საფუძველზე შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ამიერკავკასიისა და კერძოდ, საქართველოს ტერიტორიაზე ადგილი ჰქონდა ვაზის ფორმათა წარმოქმნის ორივე პროცესს, რაშიც უაღრესად დიდ როლს ადამიანთა მიგრაციები და დასახლებული პუნქტების მოსპობა-აღორძინება ასრულებდა. ?

ჟინვალის ექსპედიციამ უაღრესად საინტერესო მასალები შეგვძინა.

აქვე ვათავსებთ ახლად მოპოვებული რამოდენიმე ფორმის მოკლე დახასიათებას.



სურ. 1



სურ. 2

ფორმა № 0146. ნაპოვნია ნაქალაქარის ტერიტორიაზე, ჟინვალ — ბარისახოს გზის ზევით 40—50 მ სიმაღლეზე, უღრან ტყეში, შუა საუკუნეების ნანგრევებს შორის. ვაზი ხნოვანია და საკმაოდ მსხვილი შტამბი აქვს. იქვე ეგდო უხარმაზარი მოჭრილი თელა, რომელსაც ვაზის შტამბი დაეხიანებინა და ამიტომ ვაზს სუსტი ნაზარდი ჰქონდა. ტყეში ძირითადად შინდი, მუხა, თელა და კუნელია. ვაზის ფოთლები და ნაყოფი ჭრაქისაგან (*Plasmopara viticola*) იყო დაზიანებული. ფოთოლი მცირე ზომის და ღია მწვანე ფერისაა, ქვედა მხრიდან აქვს საშუალო სისქის აბლაბუდისებრი ბუსუსი; მტევანი მეტად მცირე ზომისაა, მასზე 5—10 მარტვალია. მარტვალი მომრგვალოა და შავად მწიფდება. აღწერის დროს ახალი შეთვალელებული იყო და ამიტომ წიპწებს დამახასიათებელი ფერი არ ჰქონდა.

ფორმა № 0150. ნაპოვნია მდ. არაგვის მარჯვენა მხარეს, ს. მენესოში. ვაზი გასულია თხილზე და კოწახურზე, აქვს მსხვილი შტამბი (15—20 სმ) და საკმაოდ ძლიერი ნაზარდი. ესხა რამოდენიმე საკმაოდ გრძელი მტევანი (8—



14 სმ). მტევანზე რამდენიმე მარცვლისა და განუვითარებელი ბუტკოკების არსებობა იმაზე მიგვიჩვენებს, რომ აღნიშნულ ფორმას ფუნქციონალურად მდებრობითი სქესის ყვავილები უნდა ჰქონდეს.

ფოთოლი საშუალო სიდიდისაა და ხუთნაკვეთიანია, მისი ქვედა მხარე სუსტად არის შებუსუსული. მარცვალი სიმწიფეში შავი ფერისაა.

ფორმა № 0152. ნაკოვნია იქვე, სადაც № 0150. ვაზი ხნოვანია და მსხვილი შტამბი აქვს. ცასულია შინდზე და თხილზე. ეს ფორმა იმითაც არის საინტერესო, რომ მასზე თითქმის დაუზიანებელი იყო ახალგაზრდა ყლორტები და ფოთლები. ესაა მცირე ზომის მტევანები. მარცვალი თუთრად მწიფდება.

საქართველოს სსრ მეზღობის, მევენახეობის და  
მეღვინეობის ინსტიტუტი

(შემოვიდა 22.2.1973)

БОТАНИКА

Р. М. РАМИШВИЛИ

## ДИКОРАСТУЩИЕ ПОПУЛЯЦИИ *V. VINIFERA* L. В АРАГВСКОМ УЩЕЛЬЕ

Резюме

Верхняя вертикальная граница распространения дикорастущего винограда проходит на высоте 1000 м над уровнем моря.

Сходные и отличительные морфологические и биометрические показатели дают возможность провести параллель с типичными представителями дикорастущего винограда из алазанского очага формообразования.

На исследуемой территории, также как и в других районах Грузии, формообразование в филогенезе проходит двумя путями: а) окультуриванием дикорастущих форм и б) одичанием культурных, в чем исключительно большую роль сыграла миграция, а также уничтожение и восстановление населенных пунктов.

BOTANY

R. M. RAMISHVILI

## WILD-GROWING POPULATIONS OF GRAPE, *V. VINIFERA* L. IN THE ARAGVI VALLEY

Summary

The upper vertical boundary of the distributions of the wild-growing grape lies at an altitude of 1,000 m. a. s. l. According to all available similar and distinctive morphological and biometrical indices it is possible to draw a parallel with the typical representatives of the wild-growing grape from the centre of the development of forms in the Alazani area. In the investigated area, as well as in other localities of Georgia, the development of varieties in phylogeny was brought about either by cultivating wild-growing forms or through the running wild of cultivated ones, which is thought to have been largely due to migration, as well as destruction and subsequent rehabilitation of populated areas.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. რამიშვილი რ. მცნე, № 4, 1971.
2. А. Декандоль. Местопроисхождение возделываемых растений. СПб, 1885.
3. L. Levadoux. Le populations sauvages et cultives de vitis vinifera L. Annales de L'amelioration des plantes, 1956, L. I.
4. А. М. Негруль. Происхождение культурного винограда и его классификация. Ампеლოграфия СССР, т. 1, 1946.
5. В. Л. Комаров. Происхождение растений. Л., 1933.
6. И. Т. Васильченко. Рефераты н.-и. работ за 1945 г. Отд. биолог. наук АН СССР. М.—Л., 1947.
7. М. Г. Попов. Труды по прикл. бот., генет. и селек., т. XXII, вып. 3, 1929.

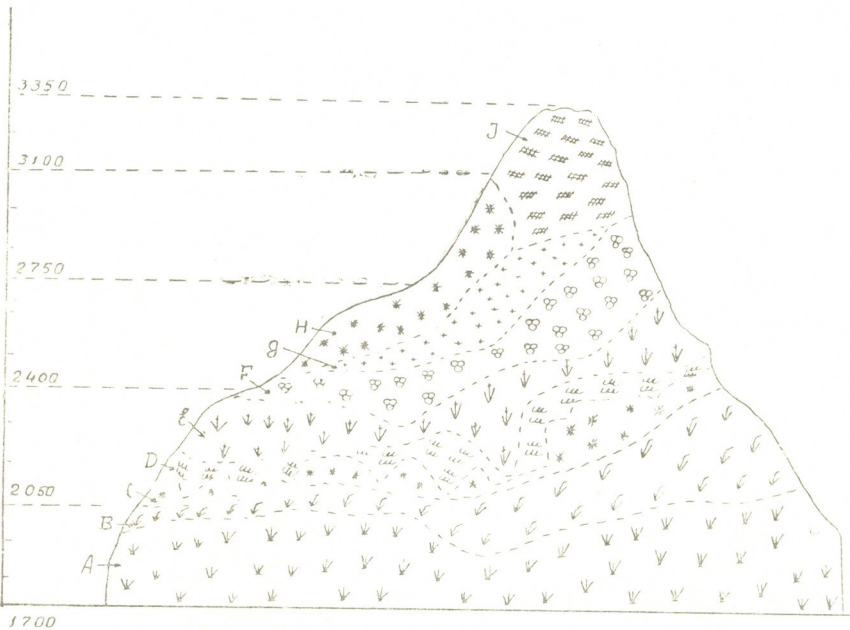


ბ. ზამთარაძე

მცენარეულობის ზონალობისა და სივრცეებრივი განაწილების შეს-  
 ყავლისათვის საქართველოს სამხრეთ მთიანეთში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. კეცხოველმა 26.12.1972)

ქსერომეზოფილურ პირობებში მცენარეულობის ცალკეულ დაჯგუფებათა ზონალობა და სივრცეებრივი განაწილება ყველაზე მკაფიოდ მთიანეთის მაღალმთიან ოლქებში ჩანს, ამიტომ მცენარეულ კონტინუუმში ერთგვაროვან ნაკვეთებს შორის კავშირი, როგორც ეს გვიჩვენა ა. ნიციუკომ [1], სხვადასხვა ფორმით არის გამოხატული. საერთოდ პერმანენტული ტიპის გადასვლები მათ შორის დაკავშირებულია ფიზიკურ-გეოგრაფიულ და კლიმატურ, აგრეთვე მცენარეთა ეკოლოგიურ და ფიტოცენოტიკურ თავისებურებასთან, რის გამო ბიოგეოცენოტიკური ცვლები ფორმაციათა ვერტიკალურ ზონალობაში მთლიანად ეთავსება ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პროცესთა სივრცეებრივ განაწილებას. ეს საშუალებას გვაძლევს დავადგინოთ კავშირი ცალკეული ზონების და განსხვავებული ფერდობების დაჯგუფებათა შორის — ადვენტური ხასიათისაა ეს კავშირი თუ ეკოგენეტიკურ ცვლილებათა შედეგია.



სურ. 1. დიდი აბულის ჩრდილო-დასავლეთი ექსპოზიციის ფერდობის ძირითად და-  
 ჯგუფებათა ვერტიკალური განაწილების სქემატური პროფილი

დიდი აბულის (სამსარის ქედი) ჩრდილო-დასავლეთი ფერდობის მცენარეულობა კომპლექსური ტიპისაა, სადაც მკაფიოდ ჩანს ზოგიერთი ფიტო-  
 44. „მოამბე“, ტ. 70, № 3, 1973





ცენოზის ფორმაციული ბუნება. ასეთი ფიტოცენოზების ურთიერთშეკავშირება რივი მოსაზღვრება დიფუზიური ან მოზაიკურ-კუხსტოვანი, იშვიათად სცილდება საკონტაქტო ზონას, ამიტომ მთავარი ცენოტიპები ვერტიკალურ-ზონალურია (სურ. 1) და ტოპოგრაფიულად თავისებურ ტერიტორიულ ნაწილშია მოთავსებული.

ფერდობის დაგუფებათა შორის პირველყოვლისა *Agrostideta capilaris* (A.) მთლიან სარტყელს ქმნის ვულკანური კონუსის ფუძე ნაწილში და წარმოდგენილია საკმაოდ დიდ ფართობზე, სადაც ნაკლებად ჩანს ბუნებრივი ეროზია და რელიეფის დანაწევრება. ანთროპოგენური ფაქტორების ზემოქმედება ინტენსიურია, ამიტომ ფიტოცენოტიპურ ჯგუფებს შორის კონსოციული კავშირები დიფუზიური ხასიათისაა, განსაკუთრებით ჭრელწივანიანებთან (B). ეკოლოგიური განსხვავებულობაც შედარებით ნაკლებად შეიმჩნევა. ჭრელწივანიანებთან (*Festuceta varia*) (B) ურთიერთობისას ნამიკრეფიანთა (A) საკონტაქტო დონის (1900—2000 მ ზ. დ.) დაწევა აღინიშნება, რაც ეკოლოგიური ევოლუციის ქსეროფილური მიმართულების გამომხატველია. ამას კი ჭრელწივანიანთა არეალის გაფართოება მოსდევს.

ჭრელწივანთა ფართო დიაპაზონის მცენარეა. ჩრდილო ფერდობზე მისი გავრცელების ქვედა საზღვარი ჩამოდის 2000 მეტრამდე, ხოლო ეპიეროგენეზური აღზევების ზონაში, სამხრეთ და დასავლეთ ექსპოზიციებზე 2800—3100 მეტრს აღწევს. ასეთ პირობებში ჭრელწივანიანთა ფიტოცენოზების სტრუქტურას მნიშვნელოვანი სხვაობრიობა ახასიათებს. მის კომპლექსურ ფიტოცენოზებში მთავარი ცენოტიპების უდიფიკატორული როლი თითქმის კონსოციულია, მაგრამ არეალის საზღვრების მოძრაობის პროცესში სუბედიფიკატორები ძლიერ ცვალებადობენ და შიგადაცნოტიპური ჯგუფების არაერთნაირი სიმწიფე სწორედ აქ მქლავნდება.

დეკიანი — *Rhododendreta caucasici* (C) და ღვიანი — *Junipereta depressae* (*Juniperus sabina*-ს (D) მონაწილეობით) სინგენეზურად ახლოს დგანან ერთიმეორესთან. მათ ურთიერთობაში მკაფიოდ ჩანს ადამიანის ბიოტიური როლი. ისინი სხვა დაჯგუფებებთან შედარებით ფართო არეალს მოკლებული არიან და, საერთოდ, სუქციესიური ტიპის ფიტოცენოზებია, რომლებშიც გვხვდება ერთიმეორისგან განსხვავებული ბიომორფული ჯგუფები, ამავე დროს მიკროცენოზების კონსოციული კავშირების შესწავლას, სადაც ჯერ კიდევ ჩანს ძლიერი ედიფიკატორის გავლენა, მივყავართ ცენოტიპური ჯგუფების კონვერგენციამდე, რაც დასტურდება საერთო ელემენტების: *Calamagrostis arundinacea*-ს, *Hedysarum caucasicum*-ის, *Vaccinium myrtillus*, *Deschampsia flexuosa*-ს, *Rubus idaeus*, *Empetrum hermaphroditum*, *Polygonum carneum*, *Poa alpina*-ს და სხვათა მონაწილეობით. ამიტომ დეკიანთა ეკოგენეტიკური და ცენოტიპური კავშირი ღვიანებთან და ბრძამიანებთან ჯერ კიდევ ძლიერია მაშინ, როცა სუსტია მარმუჭიანებთან (F) და ფესვმაგარიანებთან (G). ეს კი ანთროპოგენური ფაქტორების ზემოქმედებითაა გამოწვეული [2].

ბრძამიანები — *Calamagrostideta arundinaceae* (E) სინცენოგენეზური ფიტოცენოზებია, ღვიან-დეკიანის შემდგომ განვითარებული, სადაც ჯერ კიდევ ძლიერია მოსაზღვრე ფიტოცენოზების მსგავსი, შიგადაცნოტიპური ჯგუფების ეკოლოგიური და ფიტოცენოტიპური ფაქტორების ზემოქმედება. აღნიშნული ფაქტორები აძლიერებენ ბრძამიანების კავშირურთიერთობას დეკიანებთან (C) და ღვიანებთან (D), ამავე დროს ეკოლოგიურად ურთიერთდაკავშირებულ ჯგუფებს განეკუთვნებიან და გვევლინებიან საარსებო პირობების, ადგილსამყოფელის ინდიკატორად. აქედან გამომდინარე, ფიტოცენოტიპური კავშირი ღვიანებთან და დეკიანებთან უფრო ძლიერია, ვიდრე მარმუჭიანებთან (*Alchemilla erythropodae*) და ფესვმაგარიანებთან (*Sibbaldia parviflora*).



მარმუჭიანების — *Alchemilleta erythropodae* (F) სივრცებრივი გავრცელება და განაწილება ფერდობზე ზონალურია. მიკროდაჯგუფებათა შიგაგეონოტიური კავშირი, მათი დამოკიდებულება ბრძამიანებთან (E) საკონტაქტო (გარდამავალ) ზონაში უფრო ჩანს, სადაც ცალკეული ელემენტების გაცვლა ხდება მიკრორელიეფის თავისებურების მიხედვით. აქ მარმუჭი რამდენადმე სცილდება საკონტაქტო ზონას, იჭრება ბრძამიანებში და პირობით. ამიტომ კონსოციული კავშირი მოსაზღვრე ფიტოცენოტიკურ ჯგუფებს შორის კუნძულებრივია და ეკოლოგიური განსხვავებულობაც ნაკლებად შეიმჩნევა. მარმუჭიანების სტრუქტურის ძირეული შეცვლა ანთროპოგენური ფაქტორების ცვალებადობითაა გამოწვეული. ეს შემოქმედება ქსეროფილიზაციის პროცესში სამხრეთ და დასავლეთ ფერდობებზე უფრო ძლიერია. ქსეროფილიზაციის და ქსეროფილურ დაჯგუფებათა სივრცებრივი გავრცელება და განაწილება ფერდობზე შედარებით კონსტანტურია, რადგან ისინი, პირველადი ცენოზებისაგან განსხვავებით მჭიდროდ არიან დაკავშირებული აბიოტურ გარემოსთან და სწრაფად იცვლებიან შესაფერისი პირობების დადგომის შემდეგ.

ფესვმაგარიანების — *Sibbaldieta semiglabrae* (G) სივრცებრივი გავრცელებაც ფერდობის მცენარეულობათა შორის ზონალურია, მაგრამ მისი არსებობა ძირითადად ნოტიო, ცივ კლიმატურ პირობებთანაა დაკავშირებული [3], კერძოდ, ვეგეტაციის პერიოდში თოვლის ზედაფენის დნობისა და მისი წყლით საზრდოობასთან. ასეთ ბიოკლიმატურ პირობებში სხვა ფორმაციათა გავრცელება თითქმის გამორიცხულია. ამიტომ ფესვმაგარიანთა შიგაგეონოტიური ჯგუფები ფლორისტიკულად მსგავსნი არიან. სხვადასხვაობა კონტაქტების ზონაში უფრო ჩანს, სადაც ცენოზი გაკორდების მუდმივი ცვალებადობის პროცესში იმყოფება. ფესვმაგარიანების ფიტოცენოტიკური კავშირი პირველად დეკიანებთან (H) შედარებით სუსტია. ასეთი დეკიანები ფართოდაა წარმოდგენილი აღმოსავლეთ ქსპოზიციის ძლიერი დახრილობის ფერდობებზე.

მწვერვალის ქვადორღიანი მცენარეულობა (I) სინგენეზური განვითარების სტადიაშია, ინტენსიურ ცვლილებათა პროცესში. *Alopecurus glacialis*, *Alchemilla sericea*, *Chamaescadium acaule*, *Sibbaldia semiglabra*, *Erysimum gelidum*, *Carex tristis*, *Poa araratica*, *Poa alpina* და სხვა სუბნივალურ პირობებს შეგუებული კრიოფილური ელემენტები ფრაგმენტების სახითაა წარმოდგენილი, მაგრამ ნიადაგის შექმნასთან დაკავშირებით ამკარად ჩანს ზოგიერთი მათგანის მისწრაფება ედიფიკატორებისაკენ.

ამგვარად, ზონალურ დაჯგუფებათა შიგაგეონოტიური ჯგუფების კონვერგენციული ხასიათი ფერდობის მცენარეულობათა ეკოგენეტიკურ კავშირზე მიუთითებს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
ბოტანიკის ინსტიტუტი

(შემოვიდა 28.2.1973)

БОТАНИКА

Г. К. ЗАМТАРАДЗЕ

## К ИЗУЧЕНИЮ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ЗОНАЛЬНОСТИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЮЖНОГО НАГОРЬЯ ГРУЗИИ

Резюме

Изучен вопрос о зональности и пространственном распределении отдельных группировок растительности ксеромезофильных в условиях Южного нагорья Грузии. Обнаружено, что контакты и внутриценотическая структура зональных фитоценозов обусловлены климатическими и антропогенными факторами.



G. K. ZAMTARADZE

TOWARDS THE STUDY OF THE SPATIAL DISTRIBUTION AND  
VEGETATION ZONES OF THE SOUTHERN  
HIGHLANDS OF GEORGIA

## Summary

The zonation and spatial distribution of separate aggregations of xeromesophyllous vegetation in conditions of the southern highlands of Georgia are discussed. The contacts and intracoenotic structure of zonal phytocoenoses have been found to be due to climatoedaphic and anthropogenic factors.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. А. Ниценко. Бот. ж., 33, 5, 1948.
2. გ. გულისაშვილი. მცენარეთა ეკოლოგია, თბილისი, 1960.
3. გ. ზამთარაძე. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, 64, 3, 1971.



Д. В. КОТАЕВА

## О ПОЛОВОМ РАЗЛИЧИИ В СОДЕРЖАНИИ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ В ЛИСТЯХ НЕКОТОРЫХ ДВУДОМНЫХ ЛИСТОПАДНЫХ РАСТЕНИЙ

(Представлено академиком Н. Н. Кецохели 23.11.1972)

Различия между полами у древесных растений наблюдаются по целому ряду морфологических, физиологических и биохимических показателей. По данным некоторых исследователей, содержание каротина и аскорбиновой кислоты у женских растений больше, чем у мужских. Листья женских растений характеризуются большим содержанием аминокислот, жиров и воды [1, 2]. Содержание углеводов почти без исключения больше у женских растений [3]. Не менее важна роль нуклеиновых кислот в процессах определения пола, но, к сожалению, еще очень мало работ, посвященных выяснению роли нуклеиновых кислот в процессах сексуализации.

Интересны данные, полученные Турьяном, которому удалось установить, что сумма и соотношение РНК:ДНК в женских гаметангиях выше, чем в мужских [4]. Лесли также [5] обнаружил на животных, что сумма и соотношение РНК:ДНК в органах женских особей выше.

На аналогичные изменения указывает П. И. Кубарев и В. С. Власенко у двудомных и однодомных раздельнополых растений [6, 7]. Однако вопрос о содержании НК в растениях разного пола все еще очень мало изучен.

Настоящее исследование проведено в связи с установлением половых различий в содержании НК у листопадных двудомных древесных растений.

Исследовались в период вегетации айлант (*Allanthur glandulosa* Desfr.), фисташник (*Pistacia nutica* F. et M.) и клен американский (*Acer Negundo* L.), произрастающие в сравнимых условиях в Тбилисском ботаническом саду. Подготовка материала для анализа и определение НК проводилась по методу [8]. Результаты исследования представлены в таблице.

Как видно из данных таблицы, разница в содержании НК между мужскими и женскими растениями более ясно выражена в первой половине вегетации, причем, как правило, общее содержание РНК в листьях женских растений значительно больше, чем в листьях мужских растений. Далее эта разница несколько нивелируется и к концу вегетации почти сглаживается. Исключение составляет фисташник, у которого разница в содержании НК между женскими и мужскими растениями стойко держится в течение всей вегетации в пользу женских особей.

Изменение содержания НК происходит в основном за счет изменения содержания РНК. Что же касается содержания ДНК, то различия между полами почти не наблюдаются.

Содержание НК в % от сухого веса ( $M \pm m$ )

Сроки и фазы вегетации	Кислоты	Клен американский		Айлант		Фиштанник	
		♀	♂	♀	♂	♀	♂
Апрель—почки в покоящемся состоянии	НК	2.53±0.02	2.20±0.01	4.00±0.14	3.10±0.10	3.40±0.09	2.70±0.12
	ДНК	0.30±0.01	0.20±0.02	0.35±0.02	0.30±0.02	0.20±0.13	0.12±0.02
	РНК	2.23±0.02	2.00±0.02	3.65±0.14	2.80±0.05	3.20±0.09	2.58±0.11
Май, I половина—распускание почек и рост листьев	НК	1.07±0.03	0.93±0.07	1.25±0.05	1.37±0.02	2.90±0.25	2.40±0.09
	ДНК	0.30±0.04	0.40±0.01	0.20±0.02	0.20±0.01	0.10±0.01	0.17±0.01
	РНК	0.77±0.03	0.53±0.05	1.05±0.04	1.17±0.02	2.80±0.20	2.23±0.08
Май, II половина—оформления листьев	НК	0.58±0.03	0.57±0.01	2.20±0.03	0.90±0.02	2.00±0.07	1.87±0.11
	ДНК	0.20±0.01	0.16±0.01	0.20±0.01	0.20±0.02	0.20±0.02	0.16±0.01
	РНК	0.38±0.09	0.41±0.03	2.00±0.05	0.70±0.02	2.40±0.07	1.71±0.09
Июнь—цветение	НК	0.59±0.02	0.46±0.01	1.47±0.07	0.72±0.04	1.60±0.12	1.55±0.13
	ДНК	0.36±0.01	0.35±0.01	0.20±0.01	0.26±0.01	0.10±0.01	0.16±0.02
	РНК	0.23±0.02	0.11±0.01	0.27±0.07	0.46±0.01	1.50±0.12	1.47±0.15
Июль—плодоношение	НК	0.53±0.04	0.39±0.01	0.67±0.07	0.66±0.04	1.40±0.04	1.29±0.18
	ДНК	0.15±0.02	0.17±0.01	0.37±0.01	0.33±0.01	0.13±0.01	0.10±0.01
	РНК	0.38±0.01	0.22±0.01	0.30±0.03	0.33±0.03	1.27±0.04	1.19±0.18
Август—плоды	НК	0.56±0.04	0.64±0.03	0.85±0.03	0.94±0.04	1.31±0.03	0.76±0.10
	ДНК	0.16±0.01	0.18±0.02	0.20±0.01	0.20±0.001	0.12±0.02	0.14±0.02
	РНК	0.40±0.04	0.46±0.033	0.65±0.04	0.74±0.03	1.19±0.04	0.62±0.03
Сентябрь—созревание плодов	НК	0.40±0.02	0.41±0.04	1.80±0.08	1.39±0.03	2.23±0.34	1.57±0.07
	ДНК	0.14±0.001	0.13±0.002	0.40±0.01	0.40±0.02	0.11±0.01	0.12±0.01
	РНК	0.26±0.02	0.27±0.01	1.40±0.02	0.99±0.03	2.12±0.15	1.45±0.03

Большее содержание НК у женских растений, несомненно, может служить указанием на различный ход обмена веществ, в частности окислительно-восстановительных процессов, у двудомных растений, исходя из того, что по содержанию РНК можно судить и об активности функционирования органов и тканей [9].

Из полученных нами данных видно, что женские особи, за небольшим исключением, на протяжении всей вегетации содержат значительно большее количество РНК, чем мужские. Весьма возможно, это результат того, что фаза вегетации у мужских растений несколько короче: после ее завершения у мужских особей женские особи еще долго вегетируют вплоть до образования и развития плодов и семян.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт ботаники

(Поступило 26.1.1973)

მცენარეთა ფიზიოლოგია

დ. კოტაევა

ზოგიერთი ორსახლიანი ფოთოლცვენის მცენარის ფოთლებში  
ნუკლეინის მჟავების შემცველობის სქესობრივი განსხვავების  
შესახებ

რ ე ზ ი მ ე

საკვლევად აღებული იყო თბილისის ბოტანიკურ ბაღში ერთნაირ პირობებში მოზარდი ხემყარა, სალსადაჭი და ამერიკული ნეკერჩხალი. მიღებული მონაცემები გვიჩვენებს, რომ მდებრობით მცენარეებში ნუკლეინის მჟავების საერთო რაოდენობა გაცილებით მეტია, ვიდრე მამრობითში. განსხვავება უფრო მკვეთრად არის გამოხატული ვეგეტაციის პირველ ნახევარში, შემდეგში კი თანდათან იკლებს და ვეგეტაციის ბოლოს თითქმის თანაბრდება. ნუკლეინის მჟავების შემცველობაში აღნიშნული ცვლილებები ძირითადად მიმდინარეობს რნმ-ის ხარჯზე, დნმ-ის შემცველობის მიხედვით კი სქესთა შორის განსხვავება არ შეიმჩნევა.

PLANT PHYSIOLOGY

D. V. KOTAEVA

ON THE SEX DIFFERENCE IN THE CONTENT OF NUCLEIC ACIDS  
IN LEAVES OF SOME DIOECIOUS DECIDUOUS PLANTS

Summary

Leaves of dioecious deciduous plants: tree of heaven, *Ailanthus altissima* Z., pistachio tree, *Pistacia vera* Z., and box elder, *Acer negundo* Z. were studied. The difference in the RNA content between the male and female plants has been found to be decidedly in favour of the female species. Sex differences in respect of the DNA content are almost imperceptible.



## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Л. И. Джапаридзе. Пол у растений. Тбилиси, 1965.
2. Л. И. Джапаридзе, Э. Г. Микеладзе. Физиол. раст., т. 16, вып. 1, 1969.
3. Е. Г. Минина. Труды Ин-та леса АН СССР, т. 47, 76—463. М., 1952.
4. Tugian. Nature, 190. London, 1961.
5. И. Лесли. Нуклеиновые кислоты. М., 1957.
6. П. И. Кубарев. Физиол. раст., т. 12, вып. 6, 1965.
7. В. С. Власенко. Научная конференция по НК (тезисы). Уфа, 1960.
8. Л. И. Джапаридзе, Д. В. Котаева, Е. И. Чхубианишвили. Сообщения АН ГССР, 44, 1, 1966.
9. Ж. Браше. Биохимическая цитология. М., 1960.



მ. კახაძე

## წიწაკის (*CAPSICUM ANNUUM* L.) ზოგირითი თვისების ბინეტიკისათვის

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ვლ. მენაბდე 21.12.1972)

კულტურული წიწაკის ის ჯიშები, რომლებიც ჩვენი კვლევის ობიექტს წარმოადგენენ, ბოტანიკურად *Capsicum annuum* L.-ს მიეკუთვნებიან [1].

წიწაკის ნაყოფის სიცხარე გამოწვეულია სპეციფიკური ნივთიერების — ალკალოიდ კაპსაიციტინის შემცველობით. ეს უკანასკნელი წიწაკის ნაყოფში ცვალებადობს არა მხოლოდ სახესხვაობებში, არამედ ჯიშის ფარგლებშიც [2, 3].

ჩვენი კვლევის მიზანია კაპსაიციტინისა და ნაყოფის ზოგიერთი მორფოლოგიური ნიშნის (ზომა, ფორმა) მემკვიდრულობის შესწავლა კულტურული წიწაკის ჰიბრიდულ პოპულაციებში. საკვლევ ობიექტად შევარჩიეთ, როგორც ნაყოფის მორფოლოგიური ნიშნებით, ისე გემოთი (კაპსაიციტინის შემცველობით) მკვეთრად განსხვავებული ორი ჯიში: 1) წვრილი, მრგვალნაყოფა, გლუვზედაპირიანი, ძლიერ ცხარე და 2) ბულგარული, მსხვილნაყოფა, დაღარულზედაპირიანი, ტკბილი.

წიწაკის ზემოაღნიშნული ჯიშების შეჯვარებით (მსხვილნაყოფა × წვრილნაყოფა) შევისწავლეთ ( $F_1, F_2, F_3$ ) ნაყოფის მორფოლოგიურ ნიშნებსა (ზომა, ფორმა) და კაპსაიციტინის ოდენობრივ შემცველობას შორის ურთიერთდამოკიდებულება და ამ ნიშნების მემკვიდრულობის ხასიათი.

შეჯვარების შედეგად მიღებული სამი ჰიბრიდული თაობის გენეტიკური ანალიზის შედეგად გამოირკვა, რომ პირველი თაობის ჰიბრიდებს ნაყოფის ზომით მშობლებს შორის შუალედური ადგილი უჭირავთ. კერძოდ, ჰიბრიდების ნაყოფის სიგრძე 37—53 მმ ფარგლებში მერყეობს, მაშინ, როცა დედისა 48—75 მმ, ხოლო მამისა 17—23 მმ ფარგლებშია. ჰიბრიდების ნაყოფის სიგანე 23—32 მმ უდრის, დედისა 22—38 მმ, ხოლო მამისა 18—21 მმ ფარგლებში მერყეობს.

რაც შეეხება ნაყოფის ფორმასა და ზომას, ჰიბრიდები უფრო მამისკენ (მრგვალნაყოფა) იხრებიან.

პირველი თაობის ჰიბრიდთა ნაყოფში კაპსაიციტინის შემცველობის ორგანოლექტიკური მეთოდით [4] გამოკვლევის შედეგად დავადგინეთ, რომ პირველი თაობის ყველა ჰიბრიდის ნაყოფი ცხარეა და კაპსაიციტინის მაღალი შემცველობით ხასიათდება. კაპსაიციტინის ოდენობრივი განსაზღვრით დავადგინეთ, რომ ეს ჰიბრიდები საშუალოდ 0,08 მგ% კაპსაიციტინს შეიცავენ, მაშინ, როცა ტკბილნაყოფა მშობელში (ბულგარული) კაპსაიციტინი მხოლოდ კვალის სახით განისაზღვრება, ხოლო ცხარენაყოფიან მშობელში (მრგვალნაყოფა) საშუალოდ 0,0895 მგ% შეადგენს.

მორფოლოგიური ნიშნებისა და კაპსაიციტინის შემცველობის მიხედვით მეორე ჰიბრიდულ თაობაში, როგორც მოსალოდნელი იყო, მივიღეთ ფორმათა დიდი მრავალფეროვნება, რაც შეიძლება შვიდ ჯგუფად დავანაწილოთ: 1) ტიპური ბულგარული, 2) ბულგარულისკენ გარდამავალი, 3) შუალედური, 4) მრგვალნაყოფასკენ გარდამავალი, 5) ტიპური მრგვალნაყოფა, 6) პამიდორისებრი — მომრგვალო ბრტყელი (მამასთან შედარებით მსხვილი ნაყოფებით), 7) გრძელნაყოფა — გრძელი წვეტიანი კონუსისებრი ნაყოფებით. ამგვარად, ნაყოფის ფორმის მიხედვით მივიღეთ მშობლების ტიპის, მშობლებს

დამოკიდებულება ნაყოფის ზომასა და კაპსაიციონის შემცველობას შორის

მშობლები და პიბრიდული ბიოტიპები	მ შ ო ბ ლ ე ბ ი			პ ი ბ რ ი დ ე ბ ი						
	ნაყოფის ზომა, მმ		კაპსაიციონის შემცველობა ნაყოფში, მკ%	F <sub>2</sub>			F <sub>3</sub>			
	სიგრძე	სივანე		ნაყოფის ზომა, მმ		კაპსაიციონის შემცველობა ნაყოფში, მკ%	ნაყოფის ზომა, მმ		კაპსაიციონის შემცველობა ნაყოფში, მკ%	
			სიგრძე	სივანე	სიგრძე		სივანე			
♀ ბულგარული	48—75	22—38	კვალი							
1. ტიპური ბულგარული				50—60	23—30	კვალი—0,0227	48—69	19—35	0,007—0,0109	
2. ბულგარულისკენ გარდამავალი				35—46	23—29	0,0220—0,0347	34—48	22—47	0,0112—0,0325	
3. შუალედური				28—40	17—28	0,0330—0,0650	24—47	15—29	0,0341—0,05	
4. გრძელნაყოფა				58—61	17—22	0,0361	38—68	13—20	0,040—0,051	
5. პ.მიდორისებრი				20—30	27—31	0,0462—0,0585	17—37	27—43	0,0372—0,0515	
6. მრგვალნაყოფასკენ გარდამავალი				26—25	20—23	0,068—0,075	15—27	12—24	0,0462—0,0579	
7. ტიპური მრგვალნაყოფა				18—23	18—23	0,0680—0,1021	15—23	15—26	0,0607—0,0890	
♂ მრგვალნაყოფა	17—23	18—21	0,08.0—0,0895							



შორის გარდამავალი და სრულიად ახალი ტიპის (ჰამიდორისებრი გრძელნაყოფა) ჰიბრიდული ფორმები.

მეორე თაობის ჰიბრიდები ნაყოფში კაპსაიცინის შემცველობის მიხედვით დაითიშა ტუბილნაყოფა ფორმებად, რომლებშიც კვალის სახით ისაზღვრებოდა კაპსაიცინი, და ცხარენაყოფიან ფორმებად, რომლებშიც კაპსაიცინის შემცველობა 0,0215—0,1021 მგ% ფარგლებში მერყეობდა. მეორე თაობის ჰიბრიდებისათვის დამახასიათებელი კაპსაიცინის მინიმალური შემცველობა (0,0215 მგ%) დედის ტიპის (ბულგარული) ჰიბრიდებში აღმოჩნდა, ხოლო მისი მაქსიმალური ოდენობა (0,1021 მგ%) მამის ტიპის (მრგვალნაყოფა) ჰიბრიდებში.

მესამე ჰიბრიდულ თაობაშიც გაგრძელდა ფორმათა დათიშვა; აქაც გამოვლინდა ცხარე და არაცხარე ფორმები, რომლებშიც კაპსაიცინის ოდენობა მერყეობდა 0,007—0,0898 მგ% ფარგლებში. ამავე დროს შეიცვალა ფორმებს შორის კაპსაიცინის შემცველობის შეფარდება. ცხარენაყოფიან ფორმათა ოდენობამ მესამე თაობაში მეორესთან შედარებით გადააჭარბა არაცხარე ფორმებს. კერძოდ, მეორე თაობაში ცხარენაყოფიანი ფორმები ჰიბრიდთა საერთო ოდენობის 72% შეადგენს, მაშინ, როცა მესამე თაობაში ცხარენაყოფიანი ფორმები ჰიბრიდთა საერთო ოდენობის 76,6%-ია.

ამასთან საინტერესოა აღინიშნოს, რომ მეორე და მესამე თაობის ჰიბრიდთა იმ ნაყოფებში, რომლებიც მორფოლოგიური ნიშნებით (ზომა, ფორმა) მამა მშობელს ემსგავსებიან, კაპსაიცინის მეტი პროცენტული ოდენობა აღირიცხება, ვიდრე შუალედური ფორმის და დედის ტიპის ნაყოფებში. ამდენად, შესწავლილი წყვილისათვის (მსხვილნაყოფა X წვრილნაყოფა) ნაყოფის ფორმა და კაპსაიცინის შემცველობის მემკვიდრულობის ხასიათი ამ ნიშნების მაპირობებელ გენთა ჭდომილ მდგომარეობაზე უნდა მიუთითებდეს (იხ. ცხრილი).

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ნაყოფში კაპსაიცინის მომატებას თან სდევს ნაყოფის ზომის შემცირება.

ნაყოფის ზომასა და კაპსაიცინის შემცველობას შორის ამგვარი ურთიერთობა სხვა მკვლევართა მიერ [5] არის შენიშნული. გამოთქმულია მოსაზრება [2, 6], რომ საერთოდ ცხარე ნივთიერებები აფერხებენ იმ ორგანოთა ზრდას, რომლებიც ამ ნივთიერებას შეიცავენ.

ამგვარად, კულტურული წიწაკის ორი ჯიშის (მსხვილნაყოფა ბულგარული და მრგვალნაყოფა) შეჯვარებით მიღებულ ჰიბრიდთა ნაყოფის ზოგიერთი მორფოლოგიური ნიშნისა (ზომა, ფორმა) და კაპსაიცინის შემცველობის მემკვიდრულობის შესწავლის შედეგად გარკვეული კანონზომიერება გამოვლინდა: ჰირველი თაობის ჰიბრიდები ნაყოფის მორფოლოგიური ნიშნების მიხედვით მემკვიდრულობის შუალედურ ტიპს ამჟღავნებენ, ხოლო კაპსაიცინის შემცველობის მიხედვით ცხარენაყოფიანობა დომინანტობს. მეორე და მესამე თაობაში დათიშვის შედეგად ფორმათა დიდი მრავალფეროვნება ვლინდება: მშობლების ტიპისა და მათ შორის გარდამავალ ბიოტიპთა გარდა წარმოიშვა სრულიად ახალი ტიპის ჰიბრიდული ფორმები.

ამავე დროს შეინიშნება გარკვეული დამოკიდებულება ნაყოფის ზომასა და კაპსაიცინის შემცველობას შორის, სახელდობრ, კაპსაიცინის ზრდას თან სდევს ნაყოფის ზომის შემცირება და პირიქით — ნაყოფის გამსხვილება დაკავშირებულია მასში კაპსაიცინის შემცველობის პროცენტულ შემცირებასთან.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
 ბოტანიკის ინსტიტუტი

(შემოვიდა 2.2.1973)

М. Б. КВАЧАДЗЕ

## К ГЕНЕТИКЕ НЕКОТОРЫХ ПРИЗНАКОВ ПЕРЦА (*CAPSICUM ANNUUM* L.)

Резюме

В результате изучения механизма наследования морфологических признаков и биохимических особенностей, связанных с биосинтезом капсаицина в плодах гибридной популяции двух сортов культурного перца (*Capsicum annuum* L.), обнаружены определенные закономерности: гибриды первого поколения по морфологическим признакам плода занимают промежуточное положение между родительскими формами. В последующих гибридных поколениях наблюдается большое разнообразие форм.

Что касается содержания капсаицина в плодах, то степень ее проявления увеличивается за счет постепенного возрастания количества горькоплодных биотипов в гибридных поколениях ( $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ ).

Установлена определенная связь между морфологическими признаками (размер и форма плода) и содержанием капсаицина, а именно, увеличение процентного содержания капсаицина связано с уменьшением размера плода.

GENETICS AND SELECTION

M. B. KVACHADZE

## TOWARD THE GENETICS OF SOME TRAITS OF THE CAYENNE PEPPER *CAPSICUM ANNUUM* L.

Summary

A study of the mechanism of inheritance of morphological traits and of the peculiarities related to capsaicine biosynthesis in the fruits of hybrid population of two varieties of cultured pepper, *Capsicum annuum* L. has revealed certain regularities, viz., as to their morphological traits of the fruit, hybrids of the first generation occupy an intermediate position between the parental forms. A great diversity of forms is observable in the subsequent hybrid generations. As to the content of capsaicine in the fruit, the degree of its manifestation increases at the expense of a gradual increase of the amount of bitter-fruit biotypes in the hybrid generations ( $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ ). A definite correlation between morphological traits (size and shape of the fruit) and capsaicine content has been established, namely, the increase of the percentage content of capsaicine is related to the decrease of the fruit size.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. Л. Газенбуш. Руководство по апробации с.-х. культур, т. 5, 1948.
2. Л. В. Милованова. Биохимия овощных культур. М., 1961.
3. Н. Т. Прохорова, Л. Л. Прозоровская. Доклады ВАСХНИЛа, 16. М., 1939.
4. J. C. Munch. J. Assoc. of Official Agricultural Chemists, 13 (3): 383, 1930.
5. A. T. Egwin. The Peppers. Ames Iowa Agr. Exp. St., Bull. № 293, 1932.
6. А. И. Филов. Перцы и баклажаны. М., 1956.



## ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Т. К. ИОСЕЛИАНИ, Л. А. БЕГЕЛАДЗЕ

### ВЛИЯНИЕ РАЗДРАЖЕНИЯ ДОРСАЛЬНОГО ГИППОКАМПА НА ВЫЗВАННУЮ И СПОНТАННУЮ АКТИВНОСТЬ СПИНАЛЬНЫХ НЕЙРОНОВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии В. М. Окуджава 10.2.1973)

Гиппокамп давно привлекает внимание исследователей. Ему приписывается важная роль в функциональной организации пробуждения [1], в регуляции эмоциональных реакций [2,3], в условных рефлексах [4—6] и т. д. Вопрос влияния гиппокампа на сомато-двигательные реакции спинного мозга недостаточно исследован и требует дальнейшего изучения. В настоящей статье представлены результаты исследований влияния дорсального гиппокампа на рефлекторные механизмы спинного мозга.

Эксперименты ставились на взрослых кошках под хлоралозным наркозом (25—30 мг/кг). В некоторых случаях использовались ненаркотизированные препараты, иммобилизованные тубокурарином. Активность отдельных промежуточных нейронов регистрировалась при помощи обычной микроэлектродной техники.

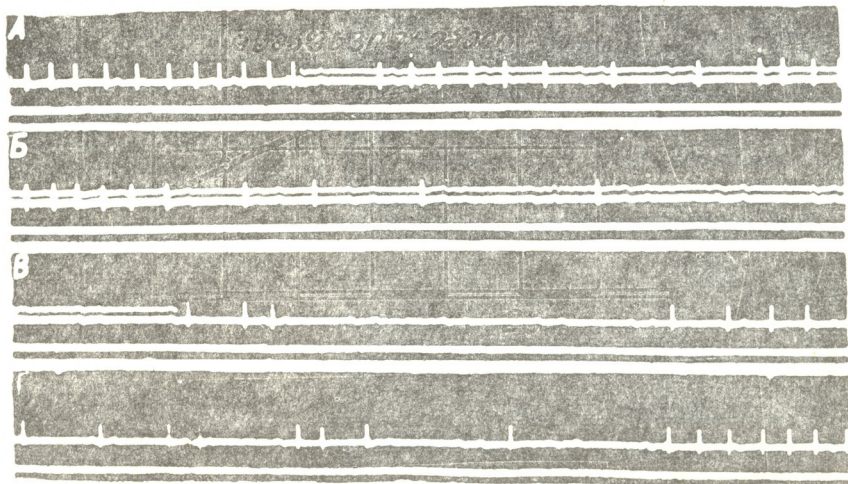


Рис. 1. Торможение спонтанной активности спинальных нейронов на фоне ритмического раздражения дорсального гиппокампа

В соответствии с литературными данными большое количество промежуточных нейронов спинного мозга, даже при наличии умеренного наркоза, показывает тенденцию к спонтанной активности. По характеру спонтанной активности промежуточные нейроны отличаются друг от друга. Одни из них разряжаются регулярным или нерегулярным ритмом одиночных спайков, другие — групповыми разрядами. Активирование дорсального гиппокампа оказывает значительное влияние на





некоторые промежуточные нейроны. Это влияние может проявиться как в виде торможения, так и в виде облегчения.

Тормозящее влияние дорсального гиппокампа на спонтанную активность нейрона представлено на рис. 1. Из осциллограммы хорошо видно, что на фоне ритмического раздражения дорсального гиппокампа спонтанная активность данного нейрона постепенно снижается (Б) и сходит на нет (В). После прекращения раздражения активность восстанавливается также постепенно, что указывает на некоторое последствие торможения. На некоторые же клетки дорсальный гиппокамп оказывает противоположное, т. е. облегчающее влияние. Среди спонтанно действующих промежуточных нейронов встречаются также нейроны, на которых эффект гиппокампального раздражения проявляется лишь с большим латентным периодом. Так, на рис. 2 регистрируется активность промежуточного нейрона, которая характеризуется нерегулярным ритмом групповых разрядов. Каждая группа в основном состоит из двух спайков (А). Под влиянием кратковременного раздражения гиппокампа усиливается тенденция к группированию спонтанной активности и увеличивается количество спайков в отдельных группах (Б). Однако этот эффект проявляется через некоторое время после прекращения гиппокампального раздражения. На следующей осциллограмме отражена спонтанная активность другого нейрона (В). Кратковременное раздражение дорсального гиппокампа вызывает стойкое облегчение спонтанной активности. Облегчение и в этом случае наступает с большим латентным периодом (Г).

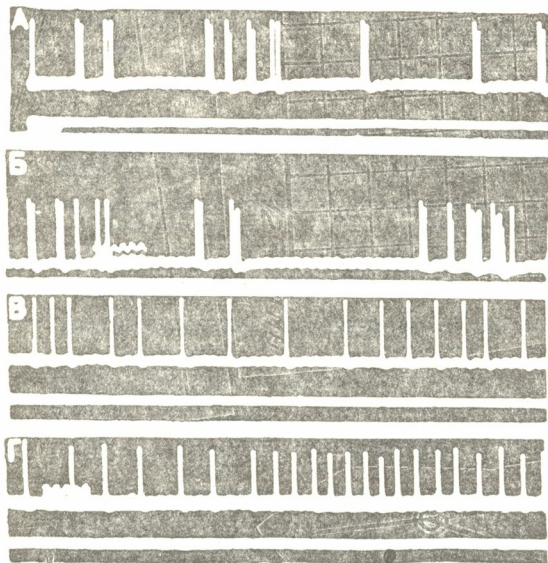


Рис. 2. Эффекты кратковременного раздражения дорсального гиппокампа на спонтанную активность спинальных нейронов

Различные реакции промежуточных нейронов в ответ на раздражение одного и того же участка гиппокампа, очевидно, обусловлены функциональной неоднородностью промежуточных нейронов. В пользу такого толкования говорит тот факт, что активность промежуточных нейронов, входящих в состав двигательной рефлекторной дуги, всегда тормозится под влиянием дорсального гиппокампа. Один из таких опытов представлен на рис. 3. Переднекорешковый потенциал (нижний луч), вызванный раздражением заднего корешка, состоит из трех компонентов, которые соответственно отражают активность моно- и полисинаптических сегментарных путей и спино-бульбо-спинальной (СБС)



системы [5,7]. Регистрируемый промежуточный нейрон (верхний луч) не характеризуется спонтанной активностью, но в ответ на раздражение заднего корешка разряжается кратковременной серией ритмических спайков (А). Следует отметить, что этот нейрон активируется как во время полисинаптических сегментарных реакций, так и во время позднего разряда СБС системы. После окончания вызванного разряда в нейроне, видимо, наступает длительное торможение, по завершении которого вновь возникает групповой разряд — разряд отдачи (А). Предварительное раздражение дорсального гиппокампа вызывает торможение всех компонентов переднекорешкового потенциала, а также вызванных разрядов промежуточного нейрона (Б). Гиппокампальное раздражение оказывает тормозящее влияние и на разряд отдачи данного нейрона. После устранения предварительного раздражения гиппокампа эффекты одиночного раздражения дорсального корешка восстанавливаются. Разряд же отдачи заметно облегчается; увеличивается длительность разряда и укорачивается латентный период его возникновения.

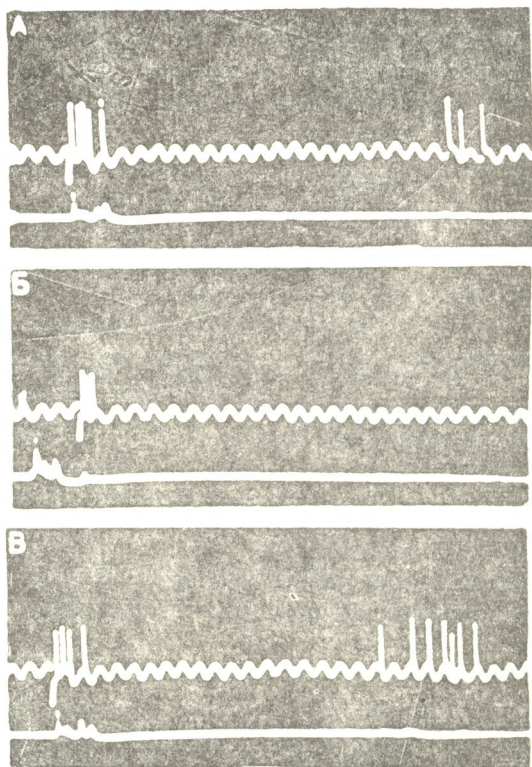


Рис. 3. Влияние раздражения дорсального гиппокампа на переднекорешковый рефлекторный разряд и вызванную активность промежуточных нейронов. Во всех опытах рефлекторные реакции вызываются раздражением заднего корешка (Л-7). В опыте Б заднекорешковому раздражению предшествует кратковременное раздражение дорсального гиппокампа

Краткое обсуждение полученных результатов показывает, что ритмическое раздражение дорсального гиппокампа оказывает тормозящее действие на двигательные рефлексы спинного мозга. Торможение охватывает промежуточные нейроны, входящие в состав этих рефлекторных дуг, активность же промежуточных нейронов, имеющих иное функциональное назначение, может меняться по-разному.

თ. იოსელიანი, ლ. ბეგელაძე

 დორსალური ჰიპოკამპის გავლენა ზურგის ტვინის შუამდებარე  
 ნეირონების გამოწვევულ და სკონტანურ აქტივობაზე

რ ე ზ ი მ ე

დაუნარკოზებელ და ქლორალოზით დანარკოზებულ ზრდასრულ კატებზე შვეისწავლეთ დორსალური ჰიპოკამპის გააქტივების გავლენა ზურგის ტვინის შუამდებარე ნეირონების სკონტანურ და გამოწვევულ აქტივობაზე. გამოიკვია, რომ ჰიპოკამპის რიტმული გაღიზიანება თვისობრივად განსხვავებულ გავლენას ახდენს (აადვილებს ან აკავებს) სკონტანურად მოქმედ შუამდებარე ნეირონებზე, რაც ამ ნეირონების სხვადასხვა ფუნქციური დანიშნულებით უნდა იყოს განპირობებული. ჰიპოკამპალური შეკავება ძირითადად ვლინდება იმ შუამდებარე ნეირონებზე, რომლებიც შედიან მოძრაობითი რეფლექსური რკალის შემადგენლობაში და აფერენტულ გაღიზიანებას ჭგუფური განმუხტვებით უპასუხებენ.

## HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

T. K. IOSELIANI, L. A. BEGELADZE

 THE INFLUENCE OF STIMULATION OF THE DORSAL  
 HIPPOCAMPUS ON THE SPONTANEOUS AND EVOKED ACTIVITY  
 OF SPINAL INTERNEURONS

## Summary

The effect of activation of the dorsal hippocampus on the spontaneous and evoked activity of the spinal internuncial neurons was studied in unanesthetized and chloralosed adult cats. The hippocampal rhythmic stimulation was found to exert either a facilitatory or inhibitory influence on the spontaneous internuncial neurons. This must be accounted for by the different functional significance of these neurons. The hippocampal inhibition is particularly evident in the internuncial neurons involved in the motor reflex arc and responding to afferent stimulation by a train of discharges.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. J. V. Bardy, A. F. Hunt. *J. Psychol.*, 40, 1955, 313.
2. J. D. Green, T. Schimamoto. *Arch. Neurol. Psychiat.* 70, 1953, 687—702.
3. F. Morrel, H. H. Jasper. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 8, 1962, 201.
4. R. E. Correl. *J. Comp. Physiol. Psychol.*, 50, 1957, 624.
5. M. Shimamura, B. B. Livingston. *J. Neurophysiol.*, 26, 1963, 258.
6. К. Лишак, Э. Граштьян. Сб. «Электроэнцефалографические исследования высшей нервной деятельности». М., 1962, 255.
7. Т. К. Иоселиани. Сб. «Нервные механизмы двигательной деятельности». М., 1966, 42.



## ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

3. В. САМАДАШВИЛИ

### ИЗУЧЕНИЕ ВЫЗВАННЫХ ОТВЕТОВ КОРЫ ПРИ РАЗДРАЖЕНИИ СПЛЕНИАЛЬНОЙ ЧАСТИ МОЗОЛИСТОГО ТЕЛА

(Представлено членом-корреспондентом Академии В. М. Окуджава 10.2.1973)

Изучение проблемы взаимодействия полушарий головного мозга за последнее время заметно продвинулось вперед [1—3]. Однако многие вопросы данного процесса остаются неясными. Для разработки этой проблемы особое значение приобретают электрофизиологические опыты, которые могут вскрыть тонкие механизмы взаимодействия. Нами изучались корковые вызванные ответы при электрическом раздражении сплениальной части мозолистого тела (МТ), в которой, как известно, проходят волокна, связывающие преимущественно зрительные области коры [4].

Эксперименты ставились на кошках в условиях острого опыта под нембуталовым наркозом (37—40 мг/кг внутривенно). После фиксации животного в стереотаксическом станке обнажалась поверхность коры больших полушарий.

Раздражение производилось при помощи биполярных константных электродов толщиной 0,2 мм. Межэлектродное расстояние 0,6—0,8 мм. Электроды погружались в сплениальную часть МТ (на уровне Fg-5 по атласу Джаспера и Аймона-Марсана). МТ раздражалось прямоугольными импульсами продолжительностью 0,1—0,3 мсек.

Отведение биопотенциалов производилось монополярно серебряными пуговчатыми электродами (диаметр 1,3 мм). Индифферентный электрод помещался в лобной кости черепа. Биопотенциалы регистрировались на катодном осциллографе С1-19А.

В ответ на одиночное электрическое раздражение МТ вызванные ответы (ВО) регистрировались во всех участках латеральной извилины, в супрасильвиевой извилине (до переднего его полюса), в средней и задней частях эктосильвиевой извилины, а также в верхней части сильвиевой извилины. ВО, зарегистрированные в разных областях коры, отличались по форме, амплитуде и продолжительности. Высокоамплитудные потенциалы регистрировались в средних частях латеральной и супрасильвиевой извилин, в верхних передних частях заднелатеральной извилины и в задней супрасильвиевой извилине (фокус максимальной активности). Фокус латеральной извилины включает корковые поля 17, 18, 19. Следует отметить, что по амплитуде ВО поля 17 ниже, по сравнению с ответами других полей. Кроме того, ВО в супрасильвиевой извилине по амплитуде были самыми высокими (рис. 1, В). В областях, отдаленных от фокусных участков, амплитуда ВО уменьшалась.

С изменением интенсивности раздражающего тока конфигурация ВО менялась. При пороговом раздражении волокон МТ с поверхности коры регистрировались положительные потенциалы (рис. 1, 2, верхние осциллограммы), которые возрастали с увеличением раздражающей силы тока. При последующем увеличении силы раздражения вслед за



3141353300  
3035090900

положительным потенциалом появлялась отрицательная волна, которая постепенно увеличивалась в амплитуде и достигала более значительных величин, чем начальная положительная волна (рис. 1, 2, нижние осциллограммы). С усилением раздражения возрастающая отрицательная волна влияла на начальную положительную фазу, уменьшая ее продолжительность и амплитуду. В некоторых случаях отрицательная волна полностью подавляла положительное отклонение (рис. 1, А, В). Такое изменение наблюдалось чаще во внефокусных участках и отчетливо было выражено при хорошем функциональном состоянии коры.

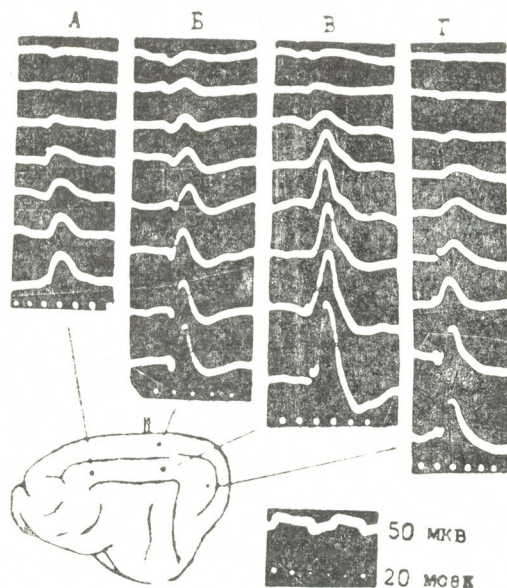


Рис. 1. ВО, регистрируемые от разных областей коры при раздражении МТ на уровне  $F_r=5$ : Б, В—фокусные, А, Г—внефокусные участки. Сверху вниз показано изменение ВО при нарастании раздражающей силы

Были изучены проекции ВО при слабом раздражении МТ. С возникновением только положительных потенциалов максимальной амплитуды в фокусном участке ответы регистрировались также на обширной территории коры, только меньшей величины.

Латентный период вызванных положительных потенциалов был коротким и колебался в пределах 1—1,2 мсек.

С целью установления генеза внефокусных ВО производилась полная экстирпация ипсилатерального коркового фокусного участка. Такая серия опытов была проведена на шести кошках, ВО отводились из 20 разных точек. Исследования показали, что после удаления ипсилатеральных фокусных областей ВО во внефокусных областях коры регистрировались так же, как до экстирпации.

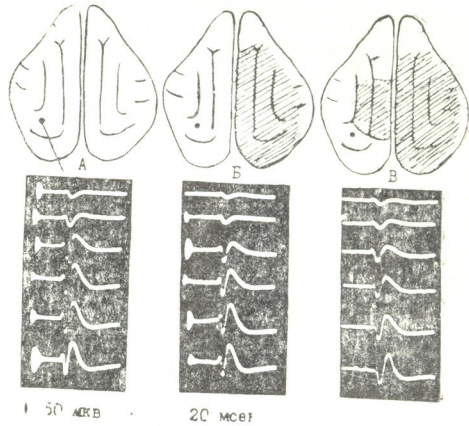
Для того чтобы установить, оказывает ли влияние противоположное полушарие на ВО регистрируемой гемисферы, производились удаление коры контралатерального полушария или парасагиттальный разрез МТ. Как видно из рис. 2,Б, после удаления противоположного полушария ВО не изменились (ср. с рис. 2,А). Они остались почти без изменения даже после последующей экстирпации ипсилатерального фокусного участка (рис. 2,В).

Как и в опытах Чанга [5], в наших исследованиях было показано, что при пороговой и малой интенсивности раздражения МТ в коре регистрируются положительные потенциалы (возбуждение глубоких слоев коры) [6], т. е. один из компонентов транскаллозального ответа возникает благодаря преимущественной активации высоковозбудимых волокон МТ. Для получения же отрицательного потенциала (возбуж-



дение поверхностных слоев) [6, 7] требовалось более интенсивное раздражение МТ.

Рис. 2. А—ВО, регистрируемые во внефокусном участке на разной силы раздражения МТ, Б—то же после экстирпации контралатерального полушария, В—то же после добавочной экстирпации фокусного участка



В отличие от данных Чанга, в наших опытах ВО регистрировались на обширной территории коры. Следует отметить, что они возникали лишь за счет раздражения волокон МТ. Из литературы [8, 5] известно, что волокна МТ устанавливают межполушарные гомо- и гетеротопические связи кратчайшим путем. Это хорошо согласуется с морфологическими наблюдениями, ибо известно, что, кроме поперечно направленных волокон, МТ содержит и диффузно направленные гетеротопические волокна [9]. Такая морфологическая характеристика и компактность волокон в МТ дают возможность при его раздражении регистрировать ответы на обширной территории коры. Ввиду того, что гомотопические волокна определенной корковой области расположены в локальном участке МТ, их раздражение генерирует ВО большей амплитуды (фокусные участки), по сравнению с ВО, полученными при раздражении диффузно направленных гетеротопических волокон (внефокусные участки). Большая амплитуда ВО в фокусном участке была результатом также суммарной реакции коры, вызванной проведением ортодромных и антидромных импульсов. При раздражении же гетеротопических волокон возможно, что один из этих входов в кору не принимает участия. Тот факт, что в этих условиях при сильном раздражении МТ во внефокусных участках коры чаще регистрируется только отрицательная волна, может быть обусловлен более компактными связями гетеротопических волокон с поверхностными слоями коры, чем с глубокими. Динамика изменения ВО при нарастании раздражающей силы тока почти одинаковая во всех регистрированных нами корковых областях. Думается, что находящимися в МТ высоковозбудимыми волокнами связываются как гомо-, так и гетеротопические глубоколежащие слои, а низковозбудимыми волокнами — поверхностные слои коры.

Зарегистрированные нами низкоамплитудные ВО в фокусе поля 17 можно объяснить морфологическими данными [10], указывающими на то, что количество волокон, вступающих в поле 17 из противоположного симметричного коркового участка, немногочисленно.

Приведенные выше данные указывают и на то, что через участок сплениальной части МТ проходят волокна, связывающие обширные области коры обоих полушарий.



ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Р. А. КОПАЛАДЗЕ, О. Р. КОЛЬС, А. Ф. СЕМИОХИНА, Ю. П. КОЗЛОВ

НЕКОТОРЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И  
НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ АУДИОГЕННОЙ  
ЭПИЛЕПСИИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии В. М. Окуджава 12.3.1973)

Деполаризационный сдвиг и высокочастотный разряд являются важными факторами эпилептизации нейронов [1]. Известно также, что в ходе химических процессов при проведении нервного импульса образуются свободные радикалы (СР) [2] и что интенсификация свободно-радикального окисления липидов приводит к структурным изменениям в мембранных образованиях клетки [3]. Исходя из этого можно предположить, что деполаризационный сдвиг и высокочастотный разряд связаны со свободнорадикальными химическими процессами.

Опыты проводились на крысах линии КМ (Крушинский—Молодкина) с врожденной аудиогенной эпилепсией. Всего в пяти сериях опытов использовались 220 крыс. Аудиогенный эпилептиформный припадок у крыс вызывался при помощи звукового раздражителя. Сначала звуковой раздражитель действовал в течение 1,5 минуты. В это время у крыс после 5—15-секундного латентного периода развивалось сильное двигательное возбуждение, которое заканчивалось судорожным припадком, у части крыс двигательное возбуждение прерывалось 10—25-секундной фазой активного торможения, которое быстро истощалось при продолжающемся действии раздражителя. Вслед за аудиогенным судорожным припадком наступало запредельное торможение. Характер и степень этого торможения выявлялись дальнейшим действием звукового раздражителя чередующейся (сильной и слабой) интенсивности. Звуковое воздействие по 10 секунд с 10-секундными интервалами продолжалось в течение 8 минут.

В I серии при помощи внеклеточных микроэлементов (стеклянные микропипетки, заполненные 3 М раствором КС1) изучалась переменность частоты и амплитуды спайк-потенциалов в гиппокампе при 1,5-минутной звуковой экспозиции. Одновременно производилась макроэлектродная запись. Во II серии с помощью метода меченых атомов измерялось изменение концентрации ионов  $K^{42}$  при запредельном торможении. В серии III исследовалось содержание СР в лиофилизированных и влажнозамороженных образцах. В случае лиофилизации животные декапитировались и головы сразу замораживались в жидком азоте. В другом случае у фиксированных животных через трепанационное отверстие часть мозга всасывалась в трубку и моментально замораживалась в жидком азоте. Во всасываемый в трубку столбик мозга (высотой 10 мм и диаметром 5 мм) попадала область дорзального гиппокампа с расположенной под ней вентролатеральной частью таламуса («гиппокамп-таламус»). Сигнал ЭПР (кривые производной линии поглощения) снимались при температуре 77°К. Спектры ЭПР лиофилизированных и замороженных образцов являлись синглетными, имели одинаковый g-фактор (близкий к g-фактору свободного электрона) и одинаковую ширину линий. В IV серии определялись липидные переки-





си с помощью полярографа. Потенциалы ( $\Phi_{1/2} = 0,85$  в) определялись в системе метанол-бензол (1:1) на фоне LiCl. В V серии определялась антиокислительная активность (АОА) липидов методом ингибированной электрохемилюминесценции в системе метанол-цитрат натрия. Как в IV, так и в V серии опытов липиды экстрагировались смесью хлороформ-метанол (2:1) по методу Фолча. Результаты всех серий обрабатывались статистически. При этом использовался критерий Фишера—Стьюдента.

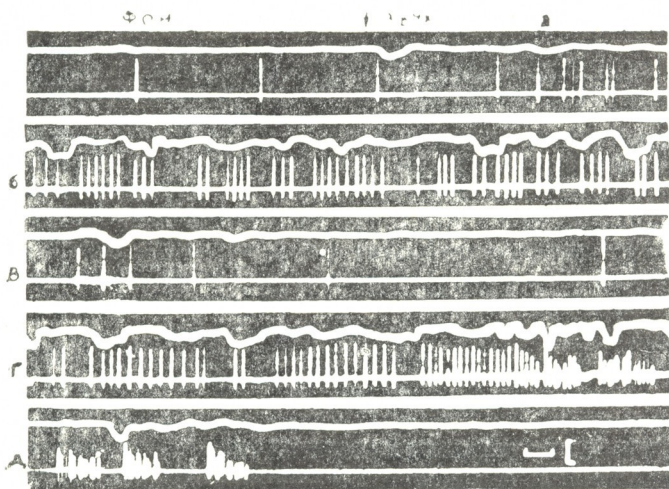


Рис. 1. Внеклеточная микроэлектродная запись активности нейрона гиппокампа при аудиогенной эпилепсии: а—латентный период, б—первая волна возбуждения, в—тормозная фаза, г—вторая волна возбуждения, д—эпилептиформная активность и ее прекращение (верхняя кривая—макроэлектродная запись; нижняя кривая—микроэлектродная запись). Калибровка: горизонтальная линия—100 мсек; вертикальная—200 мкв для макроэлектрода

Из рис. 1 (I серия) видно, что частота и амплитуда спайк-потенциалов коррелирует высоковольтными судорожными разрядами. Прекращение эпилептических разрядов сопровождается урежением частоты спайк-потенциалов (в). Одновременно с развитием и прекращением эпилептических разрядов наблюдаются высокочастотный разряд спайк-потенциалов и уменьшение их амплитуды (г) вплоть до полного исчезновения (д). Учитывая данные по опытам с внутриклеточной регистрацией [1], можно считать, что первая волна возбуждения (б) прерывается гиперполяризационным торможением (в), вторая волна возбуждения (г), эпилептиформная активность (д) и ее прекращение обусловлены деполяризационным сдвигом и деполяризационной инактивацией.

Рис. 2. Изменение концентрации ионов калия при запредельном торможении: 1—кора, 2—„гиппокамп-таламус“, 3—продолговатый мозг

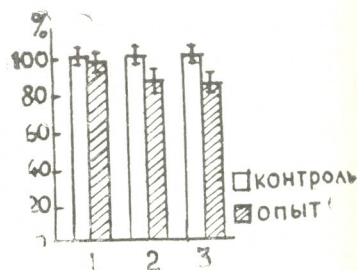
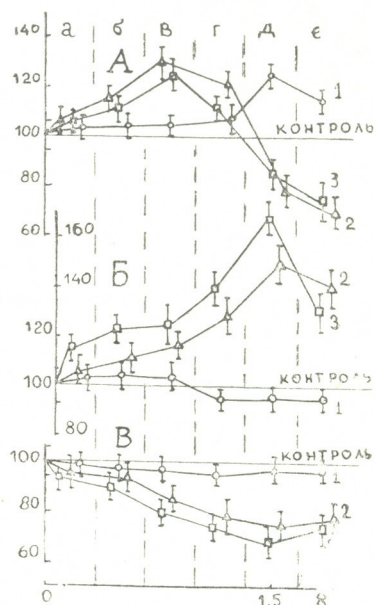


Рис. 2 — II серия опытов. Уменьшение концентрации ионов  $K^{42}$  при запредельном торможении в «гиппокамп-таламусе» ( $P < 0,05$ ) и в продолговатом мозге ( $P < 0,01$ ) указывает на то, что деполяризационное состояние сохраняется или углубляется при 8-минутном прерывистом действии звукового раздражителя. В коре изменения концентрации ионов  $K^{42}$  не наблюдаются ( $P > 0,05$ ).

На рис. 3 приведены данные по III—V сериям опытов. В III серии (рис. 3, А) достоверные изменения ( $P < 0,01$ ) концентрации СР наблюдаются как в коре (д, е), так и в «гиппокамп-таламусе» (б—е), а также в продолговатом мозге (в—е). Изменения концентрации СР коррелируют с де- и гиперполяризационными сдвигами мембранного потенциала и, возможно, являются выражением усиления или истощения тормоз-

Рис. 3. Изменение: А—концентрации свободных радикалов, Б—липидных перекисей, В—антиоксидантной активности липидов при аудиогенной эпилепсии, д—эпилептиформный припадок, е—запредельное торможение. Остальные обозначения см. на рис. 1, 2. По оси абсцисс—время в минутах; по оси ординат—проценты



ной функции мозга под влиянием эпилептических разрядов. Последние сопровождаются интенсификацией свободнорадикального перекисного окисления липидов. В IV серии (рис. 3, Б) изменения концентрации липидных перекисей наблюдаются в «гиппокамп-таламусе» в фазах (б, в,  $P < 0,05$ ; г—е,  $P < 0,01$ ) и в продолговатом мозге (а—в,  $P < 0,05$ ; г—е,  $P < 0,01$ ). В коре изменения недостоверны ( $P > 0,05$ ). В V серии (рис. 3, В) достоверные ( $P < 0,01$ ) изменения АОА наблюдаются в «гиппокамп-таламусе» и в продолговатом мозге (в—е), а в коре изменений АОА не наблюдается ( $P > 0,05$ ). Кривые, отражающие динамику роста липидных перекисей и снижения АОА, являются как бы зеркальными отражениями друг друга. Такая корреляция указывает на то, что в ходе эпилептиформной реакции антиоксиданты расходуется, ингибируя свободнорадикальное перекисное окисление.

Отметим, что полученные физико-химические изменения согласуются с данными работ [4, 5], в которых показано, что в продолговатом мозге и в других подкорковых структурах во время аудиогенной эпилепсии имеют место судорожные разряды, тогда как в коре они не регистрируются.

Суммируя все вышеизложенное, можно представить следующий возможный механизм аудиогенной эпилептиформной реакции. Возникающие под влиянием звукового раздражителя в продолговатом мозге эпилептические разряды сопровождаются интенсификацией свободнорадикального перекисного окисления липидов, которое, в свою очередь, вызывает структурные изменения мембран нейронов и нарушения процесса реполяризации. Процесс распространяется на подкорковом уровне и оказывает деполяризующее влияние на огромное количество нейронов. В ответ усиливаются гиперполяризационные за-





საქართველოს  
აკადემიის

щитные процессы. «Столкновение» де- и гиперполяризационных процессов создает благоприятные условия для синхронизации эпилептических разрядов. При хорошей работе защитного механизма двигательное возбуждение прерывается гиперполяризационным торможением, при этом происходит увеличение парамагнитного поглощения. Истощение активного торможения, которому способствует накопление липоперекисей, приводит к возникновению второй волны двигательного возбуждения, эпилептиформному припадку и, наконец, к метаболическому истощению деполяризационной инактивации. Последнее ограничивает предел возбуждения нейронов головного мозга и сопровождается снижением парамагнитного поглощения. Таким образом, можно предположить, что развитие припадков у крыс при действии звукового раздражителя определяется количественным соотношением де- и гиперполяризационных процессов. Последние, в свою очередь, взаимосвязаны с химическими свободнорадикальными реакциями.

Московский государственный университет  
им. М. В. Ломоносова

Институт клинической и  
экспериментальной неврологии  
МЗ ГССР

(Поступило 9.3.1973)

დადამიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

რ. კოპალაძე ო. კოლსი, ა. სემიოხინა, ი. კოზლოვი

აუდიოგენური ეპილეფსიის ზოგიერთი ფიზიკურ-ქიმიური და ნეიროფიზიოლოგიური მექანიზმი და ნეიროფიზიოლოგიური მექანიზმი

### რეზიუმე

შესწავლილია აუდიოგენური ეპილეფსიის ზოგიერთი ფიზიკურ-ქიმიური და ნეიროფიზიოლოგიური მექანიზმი. გამოთქმულია მოსაზრება, რომ აუდიოგენური ეპილეფსიის განვითარება ვირთავებში, ხმოვანი გამღიზიანებლის მოქმედებისას, განისაზღვრება დე- და ჰიპერპოლარიზებული პროცესების რაოდენობრივი შეფარდებით.

### HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

R. A. KOPALADZE, O. R. KOLS, A. F. SEMYOKHINA, Yu. P. KOZLOV

### SOME PHYSICOCHEMICAL AND NEUROPHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF AUDIOGENIC EPILEPSY

#### Summary

Some physicochemical and neurophysiological mechanisms of audiogenic epilepsy have been studied.

#### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. М. Окуджава. Основные нейрофизиологические механизмы эпилептической активности. Тбилиси, 1969.
2. О. Р. Кольс, И. М. Лимаренко, Б. Н. Тарусов. ДАН СССР, 167, № 4, 1966, 956.
3. Ю. П. Козлов, В. С. Данилов, В. Е. Каган, М. В. Ситковский. Свободнорадикальное окисление липидов в биологических мембранах. М., 1972.
4. А. Ф. Семиохина. Сб. «Проблемы эпилепсии». М., 1959, 259—270.
5. К. Г. Гусельникова. Биол. науки, № 3, 1959, 101.

БИОФИЗИКА

Г. А. СТЕФАНЕНКО, В. Я. ФУРМАН, М. М. ЗААЛИШВИЛИ  
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  $\alpha$ -АКТИНИНА

(Представлено академиком С. В. Дурмишидзе 1.3.1973)

Хотя  $\alpha$ -актинин был открыт восемь лет назад, вследствие гетерогенности ранее получаемых препаратов размеры и форма его молекулы точно не установлены и о них имеются лишь предварительные сообщения [1—3]. На основе работ Аракава и сотрудников [4], Масак и Такаити [5] нами был разработан метод получения  $\alpha$ -актинина из мышц кролика (схема 1).

Схема 1

Метод получения  $\alpha$ -актинина

Все процедуры проводились при температуре 2°C

Мышечный фарш

↓  
Гомогенизация по методу Перри и Корси в растворе, содержащем 0,047 М боратный буфер, 0,1 М КСl, 10<sup>-3</sup> М ЭДТА, рН 7,0.

↓  
Миофибриллы

↓  
Удаление миозина и белка М-полосы раствором Хассельбаха-Шнейдера (0,15 М КСl, 0,1 М КН<sub>2</sub>РO<sub>4</sub>, 0,1 М Na<sub>2</sub>РO<sub>4</sub>, рН 6,4). Промывка водой до полного удаления солей и набухание.

↓  
Набухшие миофибриллы

↓  
Экстракция в продолжение 60—72 часов в растворе, содержащем 10<sup>-3</sup> М NaHCO<sub>3</sub>, 7·10<sup>-3</sup> М меркаптоэтанола. Центрифугирование при 20000 g в продолжение 1 часа.

↓  
Осадок  
(выбрасывается)

↓  
Надосадочная жидкость

↓  
Высаливание  $\alpha$ -актинина сульфатом аммония в пределах насыщения 15—25%.

↓  
Фракция Р<sub>15-25</sub>

↓  
Диализ против раствора, содержащего 10<sup>-3</sup> М NaHCO<sub>3</sub>, 7·10<sup>-3</sup> М меркаптоэтанола.

↓  
Неочищенный препарат  $\alpha$ -актинина

↓  
Центрифугирование при 120000 g в продолжение 40 минут. (Удаление компонентов, коэффициенты седиментации которых больше 6 S).

↓  
Осадок  
(выбрасывается)

↓  
Надосадочная жидкость

↓  
Уравновешивание раствором, содержащим 0,05 М трис-НСl, рН 7,5. Обработка ДЭАЭ-целлюлозой в этом же буфере в продолжение 1 часа. Центрифугирование при 1000 g в продолжение 10 минут.

↓  
Осадок

↓  
Надосадочная жидкость  
(выбрасывается)

↓  
Промывка раствором, содержащим 0,2 М КСl, 0,05 М трис-НСl, рН 7,5. Центрифугирование при 1000 g в продолжение 10 минут.

↓  
Осадок

↓  
Элюция раствором, содержащим 0,4 М КСl, 0,05 М трис-НСl, рН 7,5.

↓  
Чистый препарат  $\alpha$ -актинина

(Один симметричный пик на седиментограмме, одна полоса при электрофорезе на полиакриламидном геле).



на по формулам Сведберга [9]. В случае, когда растворителем служит 1 мМ  $\text{NaHCO}_3$ ,

$$M = \frac{RTS_{20,w}^0}{D_0(1-\bar{v}\rho)} = \frac{8,314 \cdot 10^7 \cdot 293,16 \cdot 6,1 \cdot 10^{-13}}{3 \cdot 10^{-7} \cdot (1-0,722 \cdot 0,998)} = 178000,$$

$$f/f_0 = 10^{-8} \cdot \left( \frac{1-\bar{v}\rho}{D_0^2 \cdot S_{20,w}^0 \cdot \bar{v}} \right)^{1/3} = 10^{-8} \cdot \left( \frac{1-0,722 \cdot 0,998}{9 \cdot 10^{-14} \cdot 6,1 \cdot 10^{-13} \cdot 0,722} \right)^{1/3} = 1,91.$$

Отсюда, согласно [10], соотношение осей макромолекулы  $a/b=18$ .

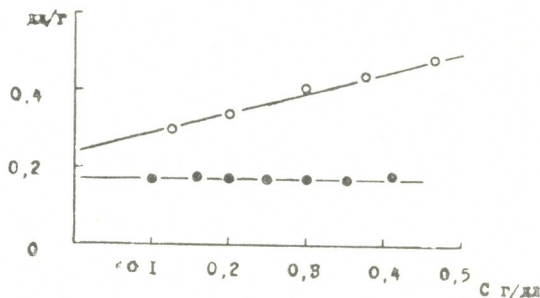


Рис. 2. Концентрационная зависимость приведенной вязкости  $\alpha$ -актинина

В случае, когда растворителями служат 0,1 М  $\text{KCl}$  и 1 мМ  $\text{NaHCO}_3$ , из соответствующих значений  $S_{20,w}^0$ ,  $D_0$  и  $\bar{v}_{20}$  получается, что  $M=182300$ ,  $f/f_0=1,77$  и  $a/b=15$ .

Величину и форму молекулы  $\alpha$ -актинина можно также определить из значений  $\beta$ -функции Шераги и Мальделькерна [11]:

$$\beta = \frac{\eta_0 \cdot N \cdot S_{20,w}^0}{1-\bar{v}\rho} \left( \frac{[\eta]}{M^2} \right)^{1/3} = \frac{D \cdot \eta_0 \cdot ([\eta] \cdot M)^{1/3}}{kT} = \left[ \frac{N \cdot \nu(a/b)}{16200 \pi} \right] \cdot \frac{f_0}{f}, \quad (1)$$

где  $N$ —число Авогадро,  $\eta_0$ —вязкость растворителя,  $\nu$ —величина, зависящая от соотношения осей. Подставляя экспериментальные значения  $S_{20,w}^0$ ,  $D$  и  $[\eta]$  в (1), получаем, что в 1 мМ  $\text{NaHCO}_3$   $\beta=2,616 \cdot 10^6$  и  $a/b=19$ , в то время как в растворе, содержащем 0,1 М  $\text{KCl}$  и 1 мМ  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\beta=2,49 \cdot 10^6$  и  $a/b=13$ .

Теория статистических клубков позволяет оценить среднее расстояние между наиболее удаленными друг от друга сегментами цепи, т. е. длину молекулы ( $a$ ) по формуле

$$a = 3,64 \cdot 10^{-17} \cdot \frac{T}{\eta_0 D}.$$

Расчет показывает, что в 1 мМ  $\text{NaHCO}_3$  длина молекулы  $\alpha$ -актинина равна 330 Å. Из этих величин и из соответствующих значений отношений осей следует, что диаметр молекулы  $\alpha$ -актинина в 1 мМ  $\text{NaHCO}_3$  и в растворе, содержащем 0,1 М  $\text{KCl}$  и 1 мМ  $\text{NaHCO}_3$ , равен 19 и 24 Å соответственно. Электронномикроскопические исследования  $\alpha$ -актинина в водных растворах с низкой ионной силой (1–10 мМ ацетат аммония) также показали, что его молекула в широком диапазоне рН представляет собой палочку длиной около 300 Å и диаметром около 20 Å [12].

Академия наук Грузинской ССР  
Институт физиологии

(Поступило 2.3.1973)

ბ. სტეფანენკო, ვ. ფურმანი, მ. საალიშვილი

$\alpha$ -აქტინინის მოლეკულური მახასიათებლები

რეზიუმე

დადგენილია, რომ  $\alpha$ -აქტინინის მოლეკულა წყალხსნარში ხასიათდება შემდეგი პარამეტრებით: მოლეკულური წონა ტოლია  $\sim 180000$  დალტონისა, მოლეკულის სიგრძე  $\sim 330 \text{ \AA}$ , ხოლო მოლეკულის დიამეტრი  $\sim 19 \text{ \AA}$ .

BIOPHYSICS

G. A. STEFANENKO, V. Ya. FURMAN, M. M. ZAALISHVILI

MOLECULAR CHARACTERISTICS OF  $\alpha$ -ACTININ

Summary

$\alpha$ -actinin in an aqueous solution has been found to be characterized by the following parameters: molecular weight  $M=180000$  dalton; the length and the diameter of the molecule are equal to  $330 \text{ \AA}$  and  $\sim 19 \text{ \AA}$ , respectively.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. R. M. Robson, D. E. Goll, D. E. Arakawa, M. H. Stromer. *Biochim. Biophys. Acta*, 200, 1970, 296.
2. D. E. Goll, A. Suzuki, J. Temple, G. R. Holmes. *J. Mol. Biol.*, 67, 1972, 469.
3. J. Nonomura. *J. Biochem. (Tokyo)*, 61, 1967, 796.
4. N. Arakawa, R. M. Robson, D. E. Goll. *Biochim. Biophys. Acta*, 200, 1970, 284.
5. T. Masaki, O. Takaiti. *J. Biochem. (Tokyo)*, 66, 1969, 637.
6. М. М. Заалишвили, Г. А. Стефаненко, В. Я. Фурман, А. Р. Егиазарова, Е. В. Бут, М. Ш. Симониძე. IV Междунар. биофиз. конгр. 2. Тезисы докладов. М., 1972, 338.
7. В. Я. Фурман, Г. А. Стефаненко, М. М. Заалишвили, М. Р. Миндадзе. *Сообщения АН ГССР*, 66, 1, 1972, 169.
8. В. Н. Цветков, В. Е. Эскин, С. Я. Френкель. *Структура макромолекул в растворе*. М., 1964.
9. T. S. Svedberg, K. O. Pedersen. *The Ultracentrifuge*. Clarendon Press, Oxford, 1940.
10. F. Westley, I. Cohen. *Biopolymers*, 4, 1966, 201.
11. H. A. Sheraga, L. Mandelkern. *J. Am. Chem. Soc.*, 75, 1953, 175.
12. З. А. Подлубная, М. М. Заалишвили, Л. А. Цховребова, Г. А. Стефаненко. IV Междунар. биофиз. конгр. Тезисы докладов. М., 1972, 346.





Д. И. ДЖОХАДЗЕ, Р. К. ПАПЕЛИШВИЛИ

## К МЕХАНИЗМУ ВЛИЯНИЯ ПРОСТЫХ ФЕНОЛОВ НА ТРАНСКРИПЦИЮ

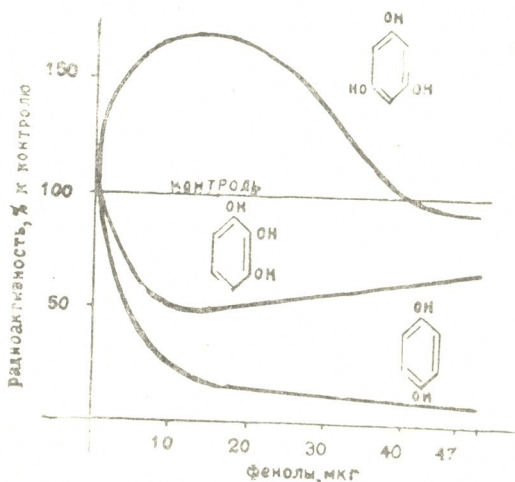
(Представлено академиком С. В. Дурмишидзе 30.1.1973)

Ранее нами было показано [1], что некоторые простые фенолы в зависимости от расположения гидроксильных групп на кольце по-разному влияют на эндогенную РНК-полимеразную активность изолированных ядер. В частности, пирокатехин ингибирует синтез РНК в ядрах, тогда как резорцин проявляет противоположный эффект.

В настоящем сообщении приведены данные о влиянии трифенолов, отличающихся расположением гидроксильных групп на кольце, на эндогенную РНК-полимеразную активность изолированных ядер. При этом сделана попытка выяснить механизм эффекта.

Для прослеживания влияния фенолов на эндогенную РНК-полимеразную активность изолированных ядер мы применяли метод, описанный в работе [1]. В частности, высокоочищенные ядра, выделенные из печени крысы, хорошо сохранившие морфологическую структуру и биохимическую активность, инкубировали с рибонуклеозидтрифосфатами — АТФ, ГТФ, ЦТФ и  $C^{14}$ -УТФ. Наряду с контрольными пробами, в инкубационные смеси добавляли различные количества свежесублимированных трифенолов — пирогаллола, флороглюцина, а также дифенола гидрохинона. После инкубации и соответствующей обработки проб считали радиоактивность в кислотонерастворимом материале и по количеству импульсов судили об интенсивности синтеза РНК в данной пробе.

Рис. 1. Влияние флороглюцина, пирогаллола и гидрохинона на эндогенную РНК-полимеразную активность изолированных ядер печени крысы. Количество ядер соответствует 56 мкг ДНК на пробу. Каждая проба инкубационной смеси (конечный объем 0,45 мл; по две параллельные пробы) содержала (мкм): трис-НСl (рН 8,3) — 50;  $MgCl_2$ —7,5; АТФ, ГТФ и ЦТФ—по 0,1;  $C^{14}$ -УТФ (уд. активность 235 мкюри/ммоль, ЧССР)—1,25 мкм/моль. Количество фенолов, добавленных на пробу, обозначено на оси абсцисс



На рис. 1 графически изображены результаты определения влияния флороглюцина, пирогаллола и гидрохинона на эндогенную РНК-полимеразную активность изолированных клеточных ядер печени крысы. Они свидетельствуют о том, что при данном количестве ядер (соответ-



ствующем 56 мкг ДНК) 10—20 мкг флороглюцина на пробу стимулируют синтез РНК в ядрах, а при увеличении концентрации фенола процесс начинает подавляться. В аналогичных условиях пирогаллол сразу же проявляет ингибирующий эффект, но более сильно процесс угнетается дифенолом—гидрохиноном. Можно сделать вывод, что и в случае трифенолов их влияние на эндогенную РНК-полимеразную активность изолированных ядер зависит от расположения гидроксильных групп на кольце.

При объяснении причин влияния простых фенолов на транскрипцию можно предположить, что эти соединения образуют своеобразный комплекс или с ДНК-матрицей, или с транскрибирующим ферментом РНК-полимеразой.

Для проверки этих предположений нами были сняты спектры УФ-поглощений каждого из упомянутых компонентов в отдельности и после их смешивания. При этом мы исходили из того, что в случае образования комплексов при смешивании характерный спектр УФ-поглощения компонентов смеси должен изменяться. Высочистенную РНК-полимеразу выделяли из бактерий кишечной палочки (*E. coli*) методом Бабини [2] с некоторыми изменениями, ДНК — из тимуса теленка методом Г. П. Георгиева [3].

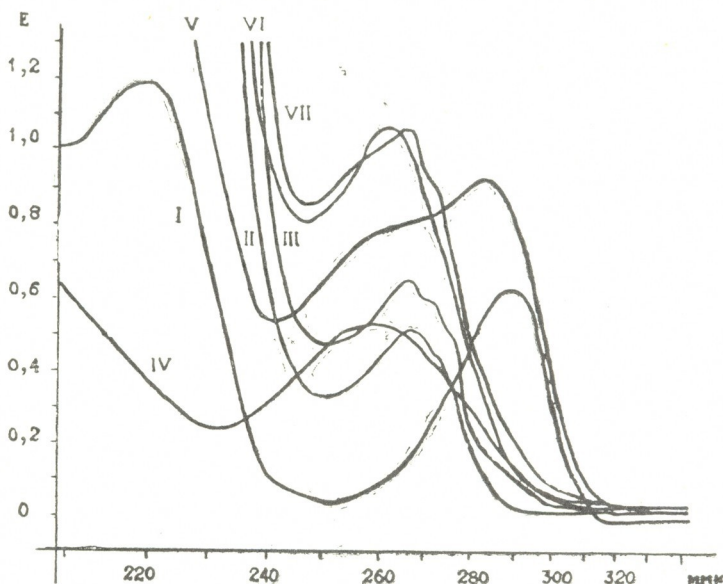


Рис. 2. Спектры УФ-поглощений простых фенолов, ДНК и их смесей: I—гидрохинон, II—пирогаллол, III—флороглюцин, IV—ДНК, V—гидрохинон+ДНК, VI—пирогаллол+ДНК, VII—флороглюцин+ДНК

На рис. 2 изображены кривые спектра УФ-поглощений некоторых простых фенолов, ДНК тимуса теленка и их смесей при длинах волн 230—310 мμ. Спектры сняты на регистрирующем спектрофотометре «Specord UV-VIS». Как видно из рисунка, спектры УФ-поглощений, характерные для простых фенолов и ДНК, существенно не меняются при их смешивании. В области длин волн, указанных на абсциссе, они указывают, что фенолы не образуют улавливаемых УФ-спектрофотометрией комплексов с ДНК.



На рис. 3 изображены кривые спектров УФ-поглощений некоторых простых фенолов, фермента РНК-полимеразы, выделенного из бактерий кишечной палочки, и их смесей при длинах волн 230—310 мкм. Из ри-

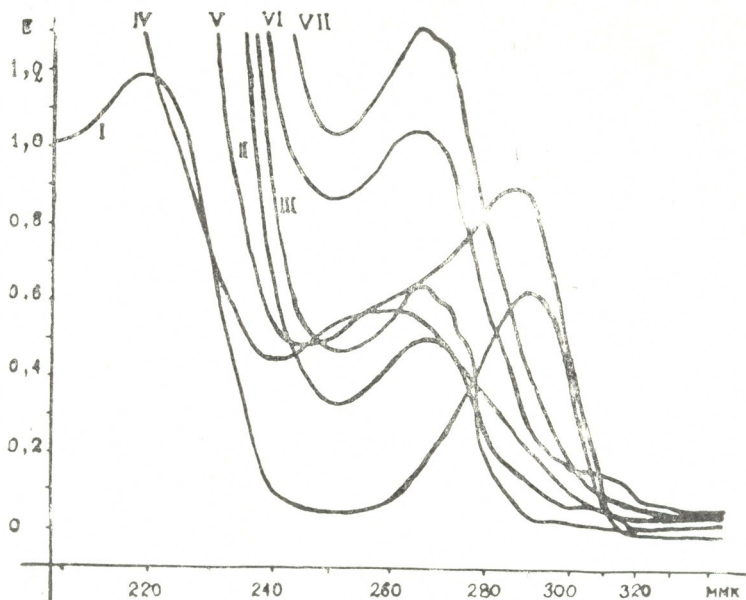


Рис. 3. Спектры УФ-поглощений простых фенолов, РНК-полимеразы из *E. coli* и их смесей: I—гидрохинон, II—пирогаллол, III—флороглюцин, IV—РНК-полимераза из *E. coli*, V—гидрохинон+фермент, VI—пирогаллол+фермент, VII—флороглюцин+фермент

сунка видно, что спектры УФ-поглощений, характерные для простых фенолов и фермента РНК-полимеразы из *E. coli*, заметно меняются при их смешивании. Это особенно наглядно выражено в случае пирогаллол+фермента. Из этих результатов можно заключить, что простые фенолы образуют комплексы с ферментом РНК-полимеразой, что влечет за собой изменение его активности, выражающееся в изменении транскрибирующей способности изолированных ядер.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт биохимии растений

(Поступило 2.2.1973)

ბიოქიმიის

დ. ჯონაძე, რ. პაპალიშვილი

მარტივი ფენოლების გავლენის მექანიზმის საკითხისათვის  
ტრანსკრიპციის

რეზიუმე

შესწავლილია ზოგიერთი მარტივი ფენოლის — ფლოროგლუცინის, პიროგალლისა და ჰიდროქინონის — გავლენა ვირთაგვის ღვიძლის უჯრედთა ბირთვების ენდოგენური რნმ-პოლიმერაზულ აქტივობაზე. ნაჩვენებია, რომ



პიროგალოლი და, განსაკუთრებით, პიდროქინონი აინჰიბირებენ პიროგალის, მაშინ როდესაც ფლოროგლუცინის გარკვეული რაოდენობა მას ასტიმულირებს. აღნიშნულ ფენოლებსა და ღწმ-ს, აგრეთვე ფენოლებსა და რწმ-პოლიმერაზის ში-შთანქმის სპექტრები ცალ-ცალკე და მათი შერევისას მოწმობენ, რომ ფენოლები წარმოქმნიან კომპლექსს არა ღწმ-მატრიცასთან, არამედ ფერმენტთან. გამოთქმულია მოსაზრება, რომ ეს გარემოება უნდა განაპირობებდეს ბირთვების ენდოგენური რწმ-პოლიმერაზული აქტივობის ცვლილებას ფენოლების გავლენით.

BIOCHEMISTRY

D. I. JOKHADZE, R. K. PAPELISHVILI

THE MECHANISM OF INFLUENCE OF SIMPLE PHENOLS  
ON TRANSCRIPTION

Summary

The influence of simple phenols—phloroglucinol, pyrogallol and hydroquinone—on the endogenous RNA-polymerase activity of the rat liver cell nuclei was studied. It is shown that pyrogallol, and particularly hydroquinone, inhibits the process, while phloroglucinol in definite concentrations manifests a stimulating effect.

UV-absorption spectra of these phenols and of DNA as well as of phenols and the enzyme of RNA-polymerase—individually or in combination—show that phenols form a complex not with the DNA-matrix but with the enzyme.

It is suggested that the changes of endogenous RNA-polymerase activity of nuclei under the influence of phenols is due to this circumstance.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Д. И. Джохадзе, Сообщения АН ГССР, 65, 1, 1972, 173.
2. Г. П. Георгиев, Сб. «Химия и биохимия нуклеиновых кислот». Л., 1968.
3. С. Babinet, Biochem. Biophys. Res. Commun., 26, 6, 1967, 639.



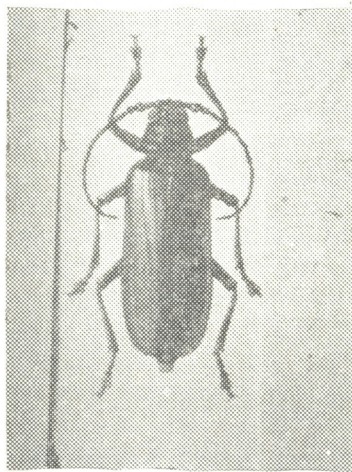
Д. Д. ХАВТАСИ

О НАХОЖДЕНИИ В ГРУЗИИ ДРОВОСЕКА *MACROTOMA SCUTELLARIS* GERM.

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. Н. Ониани 10.2.1973)

Дровосек *Macrotoma scutellaris* Germ. принадлежит к обширному, преимущественно тропическому роду и является его единственным представителем в фауне Палеарктики. Он широко распространен в Средиземноморье — от Южной Франции, Испании и Марокко на западе до Турции, Ирака и Ирана на востоке.

Тело бурое, до смоляно-бурого. Усики ♂ не заходят в последнюю треть надкрылий, усики ♀ не заходят за середину надкрылий. Голова сильноморщинистая в задней части, особенно сзади глаз, более или менее зернистая. Переднеспинка ♂ прямоугольная с параллельными сто-



*Macrotoma scutellaris* Germ.

ронами, в длину почти вдвое больше, чем в ширину; перед ее основанием поперечная полоска в грубых морщинках, продольное углубление посередине диска и две довольно глубокие ямки по бокам углубления в первой половине переднеспинки, также грубоморщинистые; переднеспинка в густой и мелкой сети морщинок на диске, мелкозернистопунктированная вдоль боковых краев, где заметны продольные вдавления. Переднеспинка ♀ трапециевидная, покрыта грубыми морщинками, 46. „მეცნიერებათა“, ტ. 70, № 3, 1973



только посередине диска имеется почти гладкий промежуток, а на краях и у основания и парные ямки перед серединой намечены слабее, чем у ♂. Боковой край переднеспинки мелкозернистый, у заднего угла довольно длинный зубчик, перед ним несколько более слабых, у переднего угла также зубчики. Надкрылья густо- и мелкоморщинистые. Переднегрудь у ♂ мелко- и густозернистая, у ♀ сильноморщинистая, а отросток ее пунктированный. Эпистерны заднегруды у ♂ нежнозернистые, у ♀ густо- и мелкопунктированные. Щиток у ♂ густо- и мелкозернистый, у ♀ морщинистый, брюшко у ♀ в очень густой и мелкой зернистой пунктировке, у ♀ блестящее, посередине колец без пунктировки, по краям в довольно густой пунктировке. Бедра и голени у ♂ в более густой и грубой скульптуре, чем у ♀. Длина ♂ ♀ 28—50 мм.

Личинки дровосека развиваются на разнообразных породах деревьев, в Израиле он отмечен как вредитель тутового дерева и фи-сташки.

В СССР этот крупный дровосек редок и мало изучен, в литературе он отмечен только для Южного берега Крыма. Между тем, уточнение его ареала представляет интерес как с практической точки зрения, так и в связи с зоогеографическим значением его находок.

Нами этот вид найден в Восточной Грузии в районе Болниси (400 м н. у. м.) в лиственном лесу, где преобладают дуб, граб и бук.

Эта находка существенно расширяет сведения об ареале *Macrotoma scutellaris* Germ. и является первой на территории Закавказья. Можно думать, что данный вид в Грузии распространен более широко, но встречается редко. Это может быть связано с его ночной активностью.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 15.2.1973)

ენტომოლოგია

ვ. ხავთასი

*MACROTOMA SCUTELLARIS* GERM. მოკოვების უმსახებ  
საქართველოში

რეზიუმე

*Macrotoma scutellaris* Germ. ეკუთვნის პალეარქტიკის ფაუნის ერთადერთ წარმომადგენელს. ის ფართოდაა გავრცელებული სამხრეთ საფრანგეთში, ესპანეთში, მაროკოში, თურქეთში და ირანში.

ეს სახეობა ჩვენ მოვიპოვეთ ბოლნისის რაიონში (აღმოსავლეთი საქართველო) ფოთლოვან ტყეში. ამიერკავკასიისათვის აღინიშნება პირველად.



D. D. KHAVTASI

ON THE EXISTENCE OF THE BORER, *MACROTOMA SCUTELLARIS*  
GERM. IN GEORGIA

Summary

The borer, *Macrotoma scutellaris* Germ. has been discovered in a hardwood forest in the district of Bolnisi (eastern Georgia), being recorded in Transcaucasia for the first time.

М. Г. НАЦВЛИШВИЛИ

## СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ИНВАЗИИ МОЛЛЮСКОВ ЛИЧИНКАМИ ТРЕМАТОД В УСЛОВИЯХ ОКРЕСТНОСТЕЙ г. ТБИЛИСИ

(Представлено академиком Н. Н. Кецохели 1.6.1972)

Для разработки эффективных мероприятий, направленных на ликвидацию трематодозов, необходимо изучение сезонной динамики. Вопросу инвазированности моллюсков личинками трематод посвящено множество работ, но большинство их касается пресноводной малакофауны [1, 2]. Наземные моллюски в этом отношении изучены мало [3, 4]. Моллюски же Грузинской ССР в этом аспекте вообще не исследовались.

Наблюдения по сезонной динамике инвазии моллюсков личинками трематод были осуществлены нами в 1967—1969 гг. над пятью видами: *Zebrina hohenackeri* (L. pfr.), *Helicopsis derbentina* (Крып.), *Lymnaea auricularia* (L.) *morpha lagotis* (Schrank), *L. peregra* (Müll.), *L. truncatula* (Müll.). Исследования проводились в зимний, весенний, летний и осенний периоды года.

Наземных моллюсков собирали в окрестностях г. Тбилиси — в с. Мамкода (*Z. hohenackeri*) и на горе Шавнабада (*H. derbentina*). Пробы брали ежемесячно. Моллюски были заражены одним видом личинок трематод — *Cercaria vitrina* Linst.

Для выяснения характера сезонных колебаний зараженности *Z. hohenackeri* личинками трематод было вскрыто 1413 экземпляров моллюсков.

По нашим данным, высокая экстенсивность инвазии наблюдается зимой, но, к сожалению, эти данные не позволяют судить об истинном положении вещей из-за небольшого числа вскрытий. Высокая экстенсивность инвазии имеет место в мае. В июне зараженность инвазии снижается. В сентябре-октябре вновь отмечается высокая экстенсивность инвазии.

Наши данные свидетельствуют о том, что в окрестностях г. Тбилиси зараженность *Z. hohenackeri* личиночными формами трематод имеет два максимума — весенний и осенний.

В результате ежемесячных паразитологических обследований было вскрыто 1680 экземпляров моллюсков *Helicopsis derbentina*.

Анализ полученных данных показывает, что зараженность этого вида, как и предыдущего, имеет два максимума инвазии. Начиная с ранней весны и до начала лета экстенсивность инвазии моллюсков довольно высокая и держится примерно на одном уровне. В середине июля зараженность моллюсков резко снижается.

Сезонная динамика наземных моллюсков обусловлена влиянием на их организм изменяющихся факторов окружающей среды, а также се-





зонными изменениями в составе популяций моллюсков. Это полностью подтверждается полученными нами данными.

У обследованных нами моллюсков экстенсивность инвазии зимой была низкой (не принимаем во внимание *Z. hohenackeri*, который был исследован в недостаточном количестве). Зараженность моллюсков на протяжении всех зимних месяцев была почти одинаковой. Это вполне понятно, так как в зимнее время состав популяций моллюсков не изменялся. Животные находились в состоянии диапаузы, когда все физиологические функции организма осуществлялись в замедленном ритме. В этот период не наблюдались отмирание старых особей и отрождение молодежи. Естественно предположить, что и обновление инвазии в этот период не имело места.

В весеннее время экстенсивность инвазии возрастала и при благоприятных условиях (температура, влажность и т. п.) происходило, вероятно, заражение моллюсков.

В летние месяцы (в июне для *Z. hohenackeri* и в июле для *H. derbentina*) экстенсивность инвазии падала. Это, скорее всего, было связано с тем, что в этот период появлялось большое количество молодежи новой генерации, которая, как правило, была свободной от зараженности личинками трематод. Наряду с этим, в жаркие летние месяцы моллюски были малоактивными, что ограничивало, конечно, возможность проникновения в их организм инвазионного начала. Наконец, в это время происходило отмирание старых особей, зараженных личинками трематод.

Увеличение количества зараженных моллюсков в осеннее время можно объяснить двумя причинами. Во-первых, в это время состав популяции пополнялся за счет подросшей молодежи новой генерации, которая в этот период способна заражаться личиночными формами. Во-вторых, осенью, когда климат становился мягче и несколько влажнее, моллюски проявляли повышенную активность в сравнении с летними сухими жаркими месяцами. Они интенсивно питались, много передвигались по субстрату (по поверхности растений). Все это, несомненно, способствовало встрече животных с инвазионным началом.

Наряду с изучением сезонной динамики инвазии наземных моллюсков личинками трематод, мы проводили в 1969 г. аналогичное исследование и пресноводных моллюсков трех видов: *L. auricularia mor. lagotis*, *L. peregra*, *L. truncatula*.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что в условиях окрестностей г. Тбилиси имеют место два максимума инвазии пресноводных моллюсков личинками трематод — весенний и осенний.

В весеннее время, когда моллюски выходили из зимней спячки, экстенсивность инвазии их была довольно высокой. В этот период популяции этих видов состояли в основном из старых половозрелых особей, способных заражаться личинками трематод. В летнее время зараженность моллюсков очень сильно снижалась. Как показали наши исследования, существенным образом изменялся состав популяций пресноводных моллюсков. Большое количество старых, способных заражаться или зараженных личинками трематод моллюсков отмирало. Это, конечно, сказывалось на степени их инвазии личинками трематод. Кроме того, в это же время популяция пополнялась за счет молодежи, отрожденной в текущем году. Молодь, как известно, почти не заражается личинками трематод. Это обстоятельство, как и предыдущее, оказывало определенное влияние на экстенсивность инвазии животных пара-

зитами. В осеннее время экстенсивность инвазии снова возрастала. Повышение степени зараженности моллюсков личинками трематод, вероятно, было связано с тем, что молодь, отрожденная весной, к этому времени подрастала и обретала способность заражаться. За счет этого и происходило подновление инвазии.

Вышеуказанные пресноводные моллюски были заражены личинками трематод *Fasciola hepatica*, *Cercaria limnea truncatula* и церкарий из группы *Ornatae*. К сожалению, дать более точное определение не удалось.

На примере двух видов наземных и трех видов пресноводных моллюсков в условиях окрестностей Тбилиси изучалась сезонная динамика зараженности их личиночными формами трематод. Было установлено, что на этой территории у наземных моллюсков зараженность имеет два максимума — весенний и осенний. Такая же закономерность наблюдалась и в зараженности личинками трематод пресноводных моллюсков.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 19.1.1973)

ზოოლოგია

ა. ნაცვლიშვილი

ტრემატოდების ლარვებით ინვაზირებულ მოლუსკთა სეზონური  
 დინამიკა თბილისის მიდამოების პირობებში

რ ე ზ ი შ ვ ე

თბილისის მიდამოებში შესწავლილია ტრემატოდების ლარვებით სეზონურად დაავადება — ორი სახეობა ჰემელეთისა და სამი სახეობა წყლის მოლუსკებისა, რომლებიც ძლიერ დაავადებულნი აღმოჩნდნენ განსაკუთრებით გაზაფხულსა და შემოდგომის პერიოდში.

ZOOLOGY

M. G. NATSVLISHVILI

## SEASONAL DYNAMICS OF INFESTATION OF MOLLUSKS WITH LARVAE OF TREMATODES IN THE VICINITY OF TBILISI

Summary

Seasonal dynamics of infestation of two species of terrestrial- and three species of limnetic mollusks with larval forms of trematodes was studied under the conditions of the vicinity of Tbilisi. It has been established that the mollusks in the above area have two maxima of infestation: spring-time and autumnal.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. И. Здун. Фауна личинок трематод в моллюсках водоемов западных областей УССР. Автореферат, Львов, 1952.
2. И. И. Гладунко. Матер. III Зоол. конфер. пед. ин-тов РСФСР. Волгоград, 1967.
3. С. М. Асадов. Труды Ин-та зоологии АН АзССР, т. XIV, 1950.
4. П. К. Сваджян. Изв. АН АрмССР, сер. биол. и с/х наук, 4, 1954.



## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ

М. В. МШВИДОБАДЗЕ

### ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ ЛИЗОСОМНОГО АППАРАТА ТЕНОБЛАСТОВ В УСЛОВИЯХ ТЕНОПЛАСТИКИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. А. Джавахишвили 15.11.1972)

В последнее время все большее внимание привлекают цитоплазматические органеллы — лизосомы. Однако функциональная морфология этих ультраструктур не до конца выяснена. Совсем не изучены структура и функция лизосомного аппарата тенобластов в условиях пластики сухожилий, чему и посвящается настоящее исследование.

Эксперименты ставились на ахилловых сухожилиях 80 кроликов в четырех сериях: 40 экспериментов — ауто-, 60 — гомо-, 30 — гетеро- и 50 — аллопластика капроном. Животные забивались в различные сроки после операции — от 3 дней до 14 месяцев. Иссекалось ахиллово сухожилие целиком. Материал изучался электронномикроскопическим, иммуноморфологическим, люминесцентно-цито- и люминесцентно-гистохимическим, цито- и гистохимическим методами, подробное описание которых дается в наших статьях, опубликованных в предыдущих номерах данного журнала.

Анализ результатов проведенных исследований показал, что через 3 дня после всех видов тенопластики в перерезанных концах ахиллова сухожилия тенобласты находятся в пролиферативном состоянии. В течение различных фаз митоза встречаются одиночные лизосомы тенобластов, малых размеров, эллипсоидной или округлой формы, с одинарной мембраной и электронноплотным содержимым. Судя по этому, можно сказать, что в процессе деления тенобластов лизосомный аппарат не проявляет особой функциональной активности.

Через 4—5 дней после тенопластики тенобласты вступают в первую фазу зрелости, что проявляется в развитии эндоплазматической сети и высокой продукции ДНК, РНК, гликогена, кислых и нейтральных мукополисахаридов.

В процессе интенсивной продукции химических веществ характерной особенностью лизосомного аппарата тенобластов является резкое увеличение количества и размеров лизосом. Они встречаются не одиночно, а группами и занимают большую часть цитоплазмы. Нередко лизосомы достигают гигантских величин, имеют округлую форму, плотно соприкасаются друг с другом, но ограничены отдельными многогранными мембранами. Последние отличаются неодинаковой толщиной и контрастностью. Мембраны местами имеют разрывы, по-видимому, для выделения лизосомных ферментов в цитоплазму. Содержимое лизосом представлено субстанцией низкой или средней электронной плотности. Все это свидетельствует о повышенной функциональной активности лизосомного аппарата в фазе усиленной секреторной деятельности цитоплазматических органелл, предшествующей биосинтезу специфических белков.



В сроки 6—8 дней тенобласты переключаются на интенсивный синтез коллагена. Об этом свидетельствуют высокоорганизованная эндоплазматическая сеть и интенсивный обмен нуклеопротеидов, выявляемый соответствующими люминесцентно-цито- и цитохимическими реакциями. Коллагеновая природа синтезируемой субстанции проявляется в ее специфическом свечении при инкубации с антиколлагеновой сывороткой, меченой флюоресцином изотиоцианата, и в светло-зеленой люминесценции при реакции с метиленовым зеленым. Резкое увеличение числа и размеров лизосом указывает на активную роль этих органелл в процессе неоколлагеногенеза.

В сроки 10—12 дней после тенопластики вокруг увеличенных лизосом, содержащих субстанцию средней электронной плотности, образуются коллагеновые субфибриллы. Последние через разрывы клеточной мембраны переходят в межклеточное пространство и в комплексе с кислыми и нейтральными мукополисахаридами формируют коллагеновые фибриллы с поперечной исчерченностью.

Через 20—25 дней после пластики, в период интенсивного фибриллообразования, тенобласты имеют сильно развитую эндоплазматическую сеть. Лизосомы, так же как и на предыдущих этапах развития регенерационной бластемы, многочисленны. Гигантские лизосомы с содержанием низкой электронной плотности заполняют почти всю цитоплазму (рис. 1). Эти структурные особенности лизосомного аппарата можно расценивать как показатель активации их ферментных систем в этот ответственный момент становления регенерата — в период формирования коллагеновых волокон.



Рис. 1. Гигантская лизосома тенобласта в 20-дневном регенерате при гомотенопластике. Электронограмма ( $\times 46000$ )

В сроки 3—4 месяца дефект ахиллова сухожилия замещается регенератом. Следовательно, отпадает необходимость активного биосинтеза коллагена. С понижением секреторной деятельности тенобластов меняются и морфологические свойства лизосом, уменьшаются их количество и размеры. Они расположены в цитоплазме одиночно, средних величин, округлой или овальной формы, с одинарной зазубренной мембраной и гомогенным содержимым средней электронной плотности. Эти структурные особенности лизосом, несомненно, отражают степень понижения их функциональной активности.

В дальнейшем (6—14 месяцев) регенерат постепенно дифференцируется. Тенобласты, подвергаясь сложной реорганизации ультраструктуры, превращаются в зрелые сухожильные клетки. Соответственно перестраивается структура их лизосомного аппарата. Лизосомы приобретают овальную форму и имеют более или менее равномерные однокон-



турные мембраны. Изменяется и функция лизосомного аппарата. После того как зрелые тенобласты, закончив весь цикл развития, подвергаются разрушению, высвободившиеся из них лизосомы выходят в межклеточное пространство и участвуют в лизисе коллагеновых волокон. На серийных электронограммах можно наблюдать окружающие лизосомы коллагеновые волокна, которые теряют характерную поперечную исчерченность и гомогенизируются. Захваченные лизосомами фрагменты коллагеновых фибрилл подвергаются лизису (рис. 2).

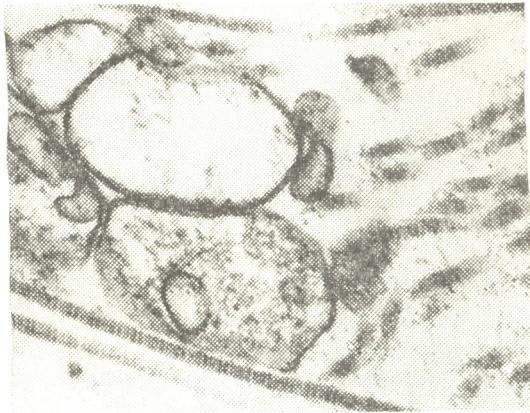


Рис. 2. Регенерат через 6 месяцев после гомопластики. Высвобожденные из разрушенной зрелой сухожильной клетки лизосомы захватывают и переваривают фрагменты коллагеновых фибрилл.

Электронограмма  
( $\times 40000$ )

Освободившееся в межклеточном пространстве место занимают молодые тенобласты, повторяя с начала весь цикл развития своих предшественников, вплоть до полного распада и смены молодыми тенобластами.

В настоящее время можно считать установленным, что лизосомы содержат набор гидролитических ферментов, катализирующих все биохимические процессы в клетке, в том числе и биосинтез белков. Исходя из этого становится понятной закономерность в трансформации лизосомных систем тенобластов регенерирующего сухожилия в условиях тенопластики.

Наблюдаемый нами феномен прогрессивного увеличения числа и размеров лизосом развивающейся регенерационной бластемы (в фазах интенсивной секреции химических ингредиентов, необходимых для синтеза специфических белков, биосинтеза коллагена и фибрилlogenеза) является показателем активации лизосомных ферментов в сложных синтетических процессах, происходящих в тенобласте.

Результаты наших исследований позволяют также говорить об участии лизосомного аппарата в лизисе коллагеновых фибрилл.

На основании изучения ультраструктуры и химической организации тенобластов в условиях пластики сухожилий от зачатия регенерационной бластемы вплоть до ее дифференциации нами получено определенное представление о функциональной морфологии лизосомного аппарата этих клеток.

Можно сказать, что лизосомный аппарат тенобластов является важным звеном в цепи сложных процессов репаративной регенерации сухожильной ткани. Активно участвуя в неоколлагеногенезе и фиброклазии, лизосомы представляют собой один из ведущих факторов регуляции биосинтеза коллагена в сухожильном регенерате.

Наши данные о структурных изменениях лизосомного аппарата тенобластов регенерата в условиях тенопластики, позволяющие судить

о лизосомах как о функционально активных оргanelлах клетки, могут способствовать выяснению морфологических проявлений восстановительных процессов сухожильной ткани на ультраструктурном уровне.

Институт травматологии и ортопедии  
 МЗ ГССР

(Поступило 23.2.1973)

მაკვლევითი მორფოლოგია

მ. მშვიდობაძე

ტენობლასტების ლიზოსომური აპარატის ფუნქციონალური  
 მორფოლოგია ტენობლასტიკის პირობებში

რ ე ზ ი მ ე

ელექტრონული მიკროსკოპიის, იმუნომორფოლოგიის, ლუმინესცენტური ციტო- და ლუმინესცენტური ჰისტოქიმიის, ციტო- და ჰისტოქიმიის მეთოდებით შესწავლილია ტენობლასტების ლიზოსომების სტრუქტურული და ფუნქციონალური ცვლილებები რეგენერაციული ბლასტემის დიფერენციაციის პროცესში მყესის აუტო-, ჰომო-, ჰეტერო- და ალოპლასტიკის დროს. დადგენილია ლიზოსომების მნიშვნელოვანი როლი მყესის რეპარაციული რეგენერაციის რთულ პროცესში. ლიზოსომური აპარატი, რომელიც აქტიურად მონაწილეობს ნეოკოლაგენოგენეზსა და ფიბროკლაზიაში, რეგენერატში კოლაგენის ბიოსინთეზის ერთ-ერთ მარეგულირებელ ფაქტორს წარმოადგენს.

EXPERIMENTAL MORPHOLOGY

M. V. MSHVIDOBADZE

FUNCTIONAL MORPHOLOGY OF THE LYSOSOME SYSTEM OF  
 TENOBLASTS UNDER CONDITIONS OF TENOPLASTY

Summary

Structural and functional alterations of the lysosome system of tenoblasts have been studied by electron microscopic, immunomorphological, luminescent-cyto- and luminescent-histochemical, cyto- and histochemical methods during the differentiation of regenerative blastema in auto-, homo-, hetero- and alloplasty of tendons. The important role of lysosomes has been established in complicated processes of reparative regeneration of tendons. Actively participating in neocollagenogenesis and fibrocolasia, lysosomes constitute one of the factors of the regulation of collagen biosynthesis in the tendinicus regenerate.



УДК 599.323.4

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

Т. И. ЧХАТАРАШВИЛИ, М. И. ЗУРАБАШВИЛИ

### ВЛИЯНИЕ ТИАМИНА НА НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ ПРИ ПОВЫШЕННОЙ ФУНКЦИИ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В СВЯЗИ С КАРИЕСОМ ЗУБОВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Д. М. Гедеванишвили 1.3.1973)

По данным Ажермана [1], И. О. Нагировой [2] и др., при тиреотоксикозе потребность в тиамине повышается. Известно, что при нарушении функции щитовидной железы создаются условия, способствующие возникновению кариеса зубов.

Данные о роли витаминов в предупреждении кариеса зубов весьма противоречивы. Одни авторы указывают на кариесопрофилактическое действие витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, другие отрицают возможность их влияния на частоту кариеса зубов. Так, А. Э. Шарпенак [3], Ю. А. Федоров [4] и др. в своих клинических и экспериментальных наблюдениях показали, что назначение витаминов группы В может способствовать снижению заболеваемости кариесом зубов. Между тем, И. А. Бегельман и др. [5] не смогли установить противокариесного действия витаминов группы В.

Целью данной работы является установление на собственном материале характера взаимосвязи между содержанием витаминов и гормонов щитовидной железы на фоне кариеса зубов и, исходя из этого разработка практических мероприятий, направленных на повышение эффективности лечения и профилактики кариеса зубов.

Изучались содержание витамина В<sub>1</sub> в крови и органах животных с гиперфункцией щитовидной железы, активность фермента амилазы слюворотки крови и параллельно состояние зубов у животных, находившихся на рационе, содержавшем физиологические количества тиамин, и у животных, получавших нагрузочные дозы витамина.

Эксперимент был поставлен на 60 белых крысах-самцах весом 60—120—140 г в трех сериях: I — контрольные животные, II — животные с гипертиреозом, получавшие физиологические дозы витаминов, III — животные с гипертиреозом, получавшие увеличенные дозы витамина В<sub>1</sub> в количестве 415 и 666 мкг на 1 кг веса тела. Для создания экспериментальной модели гиперфункции щитовидной железы крысам давали тиреоидин в количестве 830 мг на 1 кг веса в течение 20—90 дней.

Кровь для анализа брали из сердца животного, потом забивали гильотинированием, вскрывали, доставали внутренние органы, высушивали их и взвешивали. Изучали состояние зубов у животных. Содержание тиамин в крови и органах определяли по Елисейевой, содержание аскорбиновой кислоты в крови и органах — по Тильмансу, активность фермента амилазы — по Вольгемуту.

Полученные результаты обрабатывались методом вариационной статистики. Исследования показали, что у животных с гипертиреозом резко нарушены обменные процессы — имеет место резко выраженный



3419353340  
3030090911

дефицит аскорбиновой кислоты: за 60 дней опыта ее содержание в крови составляло 0,22 мг%, в печени — 10,37 мг%, в почках — 9,84 мг%, в селезенке — 8,0 мг%, в щитовидной железе — 3,41 мг%, в надпочечниках — 81,86 мг%.

Добавление к рациону вместе с тиреоидином высоких доз тиамин (415 мкг), вызывало улучшение картины содержания аскорбиновой кислоты. Так, на 45-й день опыта ее содержание в крови составляло 0,33 мг%, в печени — 18,6 мг%, в надпочечниках — 147,2 мг% и т. д. При добавлении же еще больших доз тиамин (666 мкг) в организме животных, наоборот, происходило заметное снижение содержания аскорбиновой кислоты: в крови — 0,17 мг%, в печени — 8,79 мг% и т. д.

У животных с гиперфункцией щитовидной железы резко нарушается обмен тиамин: на 20-й день опыта показатель его в крови составлял  $13,0 \pm 1,08$  мкг% (N 22,51 мкг%), в печени —  $150,3 \pm 3,3$  мкг% (N 478,55 мкг%). Содержание тиамин последовательно снижалось: на 45-й день опыта в крови оно составляло  $11,6 \pm 1,1$  мкг%, в печени —  $138,03 \pm 15,8$  мкг% ( $P < 0,001$ ).

У животных контрольной серии в 20-дневном опыте активность фермента амилазы ( $d = \frac{38^\circ}{30}$ ) в сыворотке крови достигала в среднем  $137,5 \pm 14,0$  ед., в 45-дневном —  $160,0 \pm 16,3$  ед., в 60-дневном —  $174,5 \pm 5,71$  ед., в 90-дневном —  $177,0 \pm 5,22$  ед.

У животных этой группы на зубах кариесные полости, кариесные пятна или размягчение твердых тканей зуба не были обнаружены, как и изменения со стороны полости рта. Крысы развивались нормально и прибавляли в весе.

Показатель активности фермента амилазы при гипертиреозе значительно увеличился: в 20-дневном опыте он достигал в среднем  $291,14 \pm 19,9$  ед., в 45-дневном —  $325,7 \pm 25,3$  ед., в 60-дневном —  $385,7 \pm 5,7$  ед., в 90-дневном —  $402,9 \pm 5,2$  ед., обнаруживая резкое повышение, по сравнению с контролем. Разница статистически достоверна ( $P < 0,001$ ).

Из 32 подопытных животных кариес при гипертиреозе развивался у 16 (50%), из 256 зубов — на 62 (24%), а на каждую крысу приходилось 3,9 зуба с кариесными поражениями.

Очевидно, что под воздействием тиреоидина в организме животных складываются условия, благоприятствующие возникновению и развитию кариеса зубов.

При одновременном введении тиреоидина и тиамин в количестве 415 мкг резкого понижения содержания тиамин в крови и печени, по сравнению с контролем, не отмечалось и в крови на 45-й день опыта этот показатель составлял 25,9 мкг%, в печени —  $\pm 436,4 - 17,34$  мкг%. При введении более высоких доз тиамин (666 мкг) содержание его в крови еще больше повышалось, достигая  $40,3 \pm 2,4$  мкг% ( $P < 0,001$ ). На 45-й день опыта содержание тиамин удерживалось на высоком уровне, составляя в крови  $47,11 \pm 6,29$  мкг%, в печени —  $604,4 \pm 12,0$  мкг% ( $P < 0,001$ ). Изменения, по сравнению с контрольной группой, статистически достоверны.

Анализ полученных данных показывает, что в результате введения подопытным животным витамина В<sub>1</sub> с тиреоидином проявляется тенденция к снижению активности фермента амилазы сравнительно с гипертиреозной группой: на 20-й день опыта этот показатель составлял  $268,6 \pm 12,2$  ед., на 45-й день —  $282,9 \pm 6,8$  ед., в конце опыта —





302,9±21,1 ед. Увеличение дозы тиамин до 666 мкг вызывает нарушение витаминного баланса, что, со своей стороны, оказывает влияние на активность фермента, проявляющееся на всех этапах опыта.

Как видно из вышесказанного, при гипертиреозе добавление к рациону увеличенной дозы тиамин (415 мкг) улучшает общее состояние подопытных животных: из 32 крыс кариес зубов развился у семи (21,9%), из 112 зубов — на 18 (16%), у каждой крысы кариесом было поражено в среднем 2,4 зуба.

Весьма интересен тот факт, что при даче тиреоидным животным увеличенной до 666 мкг дозы тиамин кариес возник из 32 крыс у девяти (28,1%), из 144 зубов — на 31 (21%), у каждой крысы кариезным процессом было поражено 3,4 зуба.

Таким образом, введение экспериментальным животным 830 мг тиреоидина на 1 кг веса в течение 20—90 дней вызывает развитие симптомов, характерных для гиперфункции щитовидной железы: резко уменьшается содержание аскорбиновой кислоты и тиамин в крови и органах животных, повышается активность фермента амилазы, кариес зубов возникает у 50% подопытных животных.

Активность фермента амилазы и содержание аскорбиновой кислоты в крови и органах гипертиреозных животных при введении тиамин в количестве 415 мкг на 1 кг веса обнаруживают стремление к нормализации, кариес зубов возникает только у 21% животных.

Добавление к рациону гипертиреозных животных высоких доз тиамин (666 мкг на 1 кг веса тела) влечет за собой резкое снижение содержания аскорбиновой кислоты в крови и органах животных, что позволяет сделать заключение об антагонизирующем влиянии повышенных доз тиамин на аскорбиновую кислоту в условиях гипертиреоза, вследствие чего кариес зубов возникает в большом количестве случаев (28%), чем при введении тиамин в дозе 415 мкг.

Тбилисский государственный  
медицинский институт

(Поступило 9.3.1973)

მკვლევარ-მედიკოსი

თ. ჩხატარაშვილი, მ. ზურაბაშვილი

თიამინის გავლენა ნივთიერებათა ცვლის ზოგიერთ მაჩვენებელზე, ფარისებრი ჯირკვლის აწეული ფუნქციის დროს კარიესთან დაკავშირებით

რ ე ზ ი უ მ ე

თეთრ ვირთაგვებზე ჩატარებულმა კვლევამ გვიჩვენა, რომ ფარისებრი ჯირკვლის ჰიპერფუნქციის დროს მკვეთრად იზრდება ნივთიერებათა ცვლის პროცესები. მათ შორის აღინიშნება თიამინისა და ასკორბინის მუცას დეფიციტი, სისხლის შრატში ფერმენტ ამილაზის აქტივობა მატულობს, რაც იწვევს ორგანიზმში პათოლოგიურ ძვრებს. ეს უკანასკნელი კი ქმნის ერთ-ერთ ხელშემწყობ ფაქტორს კბილის კარიესის განვითარებაში (შემთხვევათა 50%).

თიამინის დამატებითი დოზით (415 მკგ) შეყვანამ ჰიპერთირეოზიან ცხოველებში დადებითი გავლენა იქონია ნივთიერებათა ცვლის მაჩვენებლებზე, რამაც განაპირობა კბილის კარიესის განვითარება მხოლოდ შემთხვევათა



21%-ში, ხოლო თიამინის უფრო მეტად გაზრდილი დოზით (666 მკგ) დასწრის შემთხვევაში პიპერთირეოზიან ცხოველებში გამოიწვია ასკორბინის მკვეთრი დეფიციენტი, რამაც თავის მხრივ შექმნა ხელსაყრელი პირობები კბილის კარიესის განვითარების ზრდისა (28%).

EXPERIMENTAL MEDICINE

T. I. CHKHATARASHVILI, M. I. ZURABASHVILI

THE EFFECT OF THIAMIN ON SOME INDICES OF METABOLISM  
 DUE TO DENTAL CARIES DURING AN INCREASED FUNCTION  
 OF THE THYROID GLAND

Summary

Investigations conducted with albino rats have shown that metabolic processes of the animals with hyperfunction of the thyroid gland are drastically disturbed: a deficiency of thiamin and ascorbic acid is observable. The observed pathological changes induce factors promoting the onset of dental caries (50 per cent of the test animals). The general state of the test animals improved due to the addition of an increased dose of thiamin (415 mcg) to their ration, resulting in dental caries only in 21 per cent of the animals. However, the addition of a larger dose (666 mcg) entailed a drastic decrease of ascorbic acid, in consequence of which cases of dental caries were observable more frequently (28 per cent).

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. N. B. Ackerman. The effect of epinephrine and norepinephrine on the acute thyroid release of thyroid hormones, *Endocrinology*, 1958, 62, 6, 723—737. Ref. *Excerpta Medica*, 1959, Sec. 3.
2. И. О. Нагирова. Вопросы питания, 3—4, 1965, 57—60.
3. Э. Л. Шарпенак. Труды 4-го Всесоюзного съезда стоматологов, 1964, 115—129.
4. Ю. А. Федоров. Стоматология, 2, 1967, 1—2.
5. И. А. Бегельман. Труды 4-го Всесоюзного съезда стоматологов, 1964, 107—115.





## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

И. К. ПИПИА (академик АН ГССР), Г. Т. ГАБИСОНИЯ

### ВЛИЯНИЕ РЕЗЕКЦИИ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ НА ФУНКЦИИ И МОРФОЛОГИЮ НЕКОТОРЫХ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ

В последние годы все чаще публикуются работы, освещающие вопросы клинической и экспериментальной панкреатологии [1—6]. Повышенный интерес к патологии поджелудочной железы следует объяснить и тем, что недостаточно исследованными остаются многие стороны компенсаторных потенций организма после резекции этого важного эндокринного органа.

Бесспорно, что вопросы влияния резекции, в частности субтотальной дистальной, на функции внутренних органов наиболее полно и активно могут быть исследованы только путем эксперимента.

В соответствии с вышеизложенным нашей задачей было исследование функционального состояния желудка и внешнесекреторной деятельности поджелудочной железы в зависимости от субтотальной дистальной резекции панкреаса. Параллельно с этим мы изучали макро-микроморфологические и гистохимические изменения в сохраненном сегменте поджелудочной железы, почках, надпочечных железах, печени и желудке; динамику показателей углеводного, белкового и жирового обмена, содержание ферментов в сыворотке крови, а также клинику после тотального удаления панкреаса без проведения заместительной терапии; резекцию различных частей пораженной (по нашей методике) и неизменной железы; состояние внешнесекреторной функции панкреаса — резецированного и анастомозированного с двенадцатиперстной кишкой; надежность обработки культуры поджелудочной железы модифицированным нами методом.

Хронические опыты поставлены на 132 собаках в 10 сериях. Субтотальная дистальная резекция поджелудочной железы произведена у 81 животного, из них в качестве единственной операции — у 66, а второй операции при исследовании функционального состояния желудка и поджелудочной железы — у 15. Под субтотальной дистальной резекцией мы понимаем удаление 90—95% массы органа с сохранением части центрального сегмента (фиксированная часть железы) с главным выводным протоком.

Анализу подвергнуты данные двигательной деятельности желудка, полученные через 1, 3, 4 и 5 месяцев после субтотальной резекции панкреаса. Оказалось, что не у всех оперированных собак через месяц после резекции наблюдаются идентичные изменения таких компонентов двигательной деятельности, как амплитуда и продолжительность отдельных сокращений, время между сокращениями и количество сокращений в период «работы». Что касается таких показателей, как продолжительность периодов «относительного покоя» и «работы», то они через месяц после резекции практически изменений не претерпевают. По истечении трехмесячного срока наблюдаемые изменения некоторых



показателей моторной деятельности желудка (число сокращений, продолжительность сокращений и время между сокращениями) восстанавливаются. Результаты исследований периодической деятельности желудка через 4—5 месяцев после операции говорят о стабильности показателей.

Подытоживая результаты исследования степени эвакуации жидкостей (водопроводная вода, мясной бульон) и твердой пищи (мясо-хлебный фарш) из желудка в двенадцатиперстную кишку в различные ближайшие и отдаленные сроки после резекции поджелудочной железы, можно отметить большие компенсаторные потенции организма, в частности желудочно-кишечного тракта. Динамику практической реабилитации эвакуаторной способности желудка следует органически связать с его другой важной функцией — периодической двигательной деятельностью, которая может оказывать влияние на эвакуаторную способность.

В связи с тем что до сих пор не известны клинические данные о секреторной функции желудка после обширной резекции поджелудочной железы, полученные нами результаты, так же как и данные отдельных авторов [3, 7], должны иметь большую ценность в свете правильного представления о влиянии этого хирургического вмешательства на секреторную деятельность желудочных желез и лечебного корригирования нарушенной функции. Спустя полмесяца после резекции поджелудочной железы при приеме 200 г мяса зафиксированы практически незначительные изменения со стороны почти всех показателей секреторной деятельности. Наблюдается лишь уменьшение свободной соляной кислоты на 4-м часу опыта и ферментативной активности сока. В принципе такие же изменения возникают в секреторной деятельности при вскармливании 300 мл молока. Спустя 3 месяца после субтотальной резекции поджелудочной железы все показатели секреторной деятельности желудка указывают на полную нормализацию этой функции. При использовании в качестве пищевого раздражителя 200 г хлеба выяснилось, что спустя полмесяца после резекции поджелудочной железы секреторная функция не претерпевает заметных изменений. Обращает на себя внимание лишь уменьшение общей кислотности в порциях сока, полученных в течение 1 и 2-го часов опыта. Спустя 3 месяца после субтотального удаления поджелудочной железы изучаемые нами данные желудочной секреции свидетельствуют о приближении к дорезекционному уровню.

Проводя наблюдения над динамикой внешнесекреторной деятельности поджелудочной железы через 8—15 дней после субтотальной дистальной резекции так называемым прямым методом исследования, мы отметили значительное уменьшение валового количества панкреатического сока, показатели которого колебались в пределах 29—50% дорезекционного уровня. При исследовании активности ферментов панкреатического сока отмечено уменьшение амилалитической, липолитической и протеолитической активности.

Спустя месяц после резекции у животных наблюдается практически незначительное уменьшение валового количества панкреатического сока. Анализ изменений внешнесекреторной функции поджелудочной железы к концу 1 месяца после резекции указывает на такое состояние этой функции, когда не наблюдается ее склонности к дальнейшему угнетению, что дает основание понимать эти данные как показатели начала наступления компенсации. Такая оценка представляется более обоснованной и убедительной при изучении показателей внешней секреции поджелудочной железы спустя 2 месяца после резекции. Если проанализировать данные исследований, полученные на всех пострезекционных этапах, то на 5-м месяце





наблюдений ясно видно состояние стабилизации показателей внешней реторной деятельности сохраненной части поджелудочной железы.

Исследование углеводного, белкового и жирового обменов показало, что временное нарушение обменных процессов, наблюдаемое в ближайшее время после субтотальной дистальной резекции поджелудочной железы, с увеличением срока наблюдения сменяется нормализацией показателей углеводного, белкового и жирового обменов.

В ближайшем периоде после резекции панкреаса (10, 20, 30, 40-й день) в области культуры сохраненного сегмента железы отмечается умеренно выраженный воспалительный процесс. В клетках поджелудочной железы наблюдаются значительное уменьшение количества РНП, снижение изоэлектрической точки выявления РНП митохондрий, ядрышек и эргастоплазмы, резкое уменьшение гликогена. В отдаленном периоде после резекции (3, 7, 11, 12 и 17 месяцев) в сохраненном сегменте панкреаса отмечаются исчезновение воспалительных явлений и развитие соединительной ткани в зоне культуры сегмента. Лангергансовы островки в объеме увеличены. Цитоплазма интенсивно окрашена в красно-розовый цвет. Увеличенные в объеме ядрышки содержат большое количество ДНК и крупные зерна хроматина. Увеличено также количество РНП. В поздних сроках наблюдения проявляется явная тенденция нормализации гистохимических изменений в исследуемых нами внутренних органах. Усиленный рибонуклеопротеидный обмен в гипертрофированных клетках сохраненного сегмента панкреаса, некоторое снижение изоэлектрической точки выявления РНП митохондрий и наличие более крупных зерен гликогена в поздних сроках эксперимента представляет структурно-химический эквивалент адаптации сохраненного сегмента поджелудочной железы к измененной среде.

Таким образом, на основании анализа результатов исследований мы склонны отметить, что практическая компенсация важных функций желудка, поджелудочной железы, печени и почек, установленная после субтотальной дистальной резекции, наряду с другими неизвестными факторами, видимо, осуществляется благодаря усиленной работе сохраненного сегмента поджелудочной железы при активной деятельности высших отделов центральной нервной системы.

Тбилисский государственный  
медицинский институт

(Поступило 18.I.1973)

მასპერმენტული მემორია

ა. ფიფია, ბ. ბაბინონია

პანკრეასის რეზექციის გავლენა ზოგიერთი შინაგანი ორგანოს ფუნქციასა და მორფოლოგიაზე

რეზიუმე

ქრონიკული ექსპერიმენტი ჩატარებულია 132 ძაღლზე. დადგენილია, რომ პანკრეასის სუბტოტალური დისტალური რეზექციიდან უახლოეს და შორეულ პერიოდში კუჭის მოტორულ-ევაკუაციური და სეკრეტული ფუნქცია არსებით ცვლილებებს არ განიცდის.

პანკრეასის გარესეკრეტია რეზექციიდან უახლოეს პერიოდში მკვეთრად იცვლება: მცირდება წვენის რაოდენობა, ქვეითდება წვენის ფერმენტული



აქტივობა. ამასთან ერთად სისხლის შრატში აღინიშნება ამილოლიზური და ლიპოლიზური აქტივობის დროებითი მომატება. ოპერაციიდან შორეულ პერიოდში ფიქსირებულია წვენის შემცირებული რაოდენობის და ფერმენტული აქტივობის მაჩვენებელთა სტაბილიზაცია. ამის პარალელურად სისხლის შრატში ფერმენტული აქტივობა ნორმალური ხდება. ოპერაციიდან უახლოეს დროში პანკრეასის სეგმენტის ტაკვის მიდამოში აღინიშნება ზომიერად გამოხატული ანთებადი მოვლენები, რაც დაკვირვების შორეულ ვადებში შემაერთი ქსოვილის განვითარებით იცვლება.

EXPERIMENTAL MEDICINE

E. K. PIPIA, G. T. GABISONIA

THE INFLUENCE OF PANCREAS RESECTION ON THE FUNCTION AND MORPHOLOGY OF SOME INTERNAL ORGANS

Summary

Chronic experiments involved 132 dogs. In both immediate and late periods after subtotal, distal pancreas resection, the gastric motor-evacuative and secretory function was not found to have suffered any major change. The external pancreas secretion changes drastically in the immediate post-operative period: the amount of pancreatic juice decreases and its enzymic activity is reduced. At this time a temporary increase of amylolytic, proteolytic and lipolytic activity in the blood serum is observable. In the late postoperative period the indices of enzymic activity and of juice secretion were found to have stabilized. Concurrently, the enzymic activity in the blood serum is normalized. In the immediate postoperative period moderate inflammatory processes are observable in the area of the pancreatic stumps of the remaining segment. In later periods of observation these processes give way to the development of connective tissue.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. В. Виноградов. Опухоли и кисты поджелудочной железы. М., 1959.
2. А. Т. Гладченко. Сб. научных работ Вицебского гос. мед. ин-та, вып. X, 1959.
3. И. Н. Волкова и Ю. Н. Лепоринский. Физиол. ж. СССР, т. 49, № 8, 1963.
4. В. И. Серга. Экспер. хирургия и анестезиология, 5, 1963.
5. Р. И. Поляк. Печень и почки после резекции поджелудочной железы. М., 1969.
6. А. А. Шалимов. Хирургическое лечение заболеваний поджелудочной железы. М., 1970.
7. Ю. Н. Лепоринский. Экспер. хирургия и анестезиология, 5, 1964.





УДК 569(551.79)

ПАЛЕОБИОЛОГИЯ

А. К. ВЕКУА, Н. С. МАМАЦАШВИЛИ, Д. М. ТУШАБРАМИШВИЛИ

ПАЛЕОЛИТИЧЕСКАЯ ФАУНА ЦУЦХВАТСКОЙ ПЕЩЕРНОЙ СИСТЕМЫ

(Представлено академиком Л. К. Габуния 8.1.1973)

В Западной Грузии, в окрестностях с. Цуцхвати, недавно была открыта многоэтажная пещерная система. В результате раскопок, ведущихся под руководством проф. Л. И. Маруашвили, собран богатый научный материал, свидетельствующий о бесспорной целесообразности дальнейшего комплексного изучения упомянутого объекта.

Цуцхватская пещерная система расположена в Ткибульском районе, в живописном ущелье р. Шабата-теле и, по мнению Л. И. Маруашвили [1], насчитывает 11 ярусов. Раскопки велись в четырех пещерах — в Бизоновой, Медвежьей, Верхней и в Двойном гроте. Во всех перечисленных пещерах выявлены следы деятельности древнего человека. Вскрытые раскопками культурные слои содержат каменные орудия, характерные, по нашему мнению, для нижнепалеолитического времени, а также довольно богатую коллекцию костных остатков ископаемых животных, представляющих в основном кухонные отбросы человека каменного века.

Из культурных слоев четырех пещер извлечено около 160 предметов. Наибольшее количество каменного инвентаря добыто в Двойном гроте (70 предметов) и Бизоновой пещере (60 предметов). Ассортимент орудий довольно широкий. Имеются нуклеусы, скребла, остроконечники, ретушированные отщепы, леваллуазские и нелеваллуазские острия и скребки. Следует, однако, отметить, что основное место среди каменного инвентаря занимают скребки и скребла разных типов. Во всех пещерах исходным материалом для изготовления орудия труда служил сероватый кремь и лишь в редких случаях обсидиан.

Малочисленность каменного инвентаря не позволяет с уверенностью судить о характере индустрии исследованных памятников. Однако, исходя из общей типологии изготовления орудия труда, палеолитические памятники цуцхватских пещер предположительно можно датировать поздним мустье.

С точки зрения палеозоологии из упомянутых пещер наибольший интерес представляет Верхняя пещера, отличающаяся от других пещер цуцхватской системы не только обилием костных остатков животных, относящихся к разнообразным формам позвоночных, преимущественно млекопитающих, но и необычной для палеолитических стоянок сохранностью остатков. Известно, что в палеолитических слоях ископаемых животных, за редким исключением, расколоты и раздроблены на мелкие куски. Аналогичную картину мы наблюдали в Медвежьей и Бизоновой пещерах, а также в Двойном гроте. В Верхней пещере же костные остатки (в основном пещерного медведя), преимущественно черепа и нижние челюсти, выложены по боковым стенкам пещеры. Много здесь и цельных трубчатых костей конечностей. По всему видно, что



эта пещера должна была иметь для мустьерского человека культурное назначение.

Нами исследовано более 200 костных остатков животных, принадлежащих к 28 видам позвоночных, в основном млекопитающих (см. список фауны). Интересно, что культурные слои изученных пещер хотя и содержат относительно однотипный каменный инвентарь позднемустьерской эпохи, но отличаются друг от друга по характеру кухонных отбросов. Так, в Медвежьей пещере по костным остаткам доминирует пещерный медведь, а в Бизоновой пещере основная часть ископаемых костей принадлежит первобытному зубру; соответственно этому получили свои названия и пещеры.

Видовой состав цуцхватской фауны

В и д ы	Верхняя пещера	Бизонова пещера	Медвежья пещера	Двойной грот
Млекопитающие				
<i>Canis</i> sp.	+	+	+	—
<i>Canis aureus</i> L.	+	—	—	—
<i>Vulpes vulpes</i> L.	+	—	+	—
<i>Ursus spelaeus</i> Rosenm.	+	+	+	+
<i>Ursus arctos</i> L.	+	—	—	—
<i>Hyaena</i> sp.	+	—	—	—
<i>Vormela peregusna</i> Guld.	+	—	—	—
<i>Meles meles</i> L.	+	—	—	+
<i>Martes martes</i> L.	+	—	—	—
<i>Felis (Pardus) pardus</i> L.	+	—	+	+
<i>Citellus</i> sp.	+	—	—	—
<i>Hystrix</i> sp.	+	—	+	—
<i>Lepus europaeus</i> L.	+	—	—	—
<i>Equus caballus</i> L.	+	—	—	+
<i>Rhinoceros</i> sp.	—	—	—	+
<i>Sus scrofa</i> L.	+	+	+	+
<i>Cervus elaphus</i> L.	+	+	+	+
<i>Capreolus capreolus</i> L.	+	—	—	—
<i>Alces</i> sp.	—	+	—	—
<i>Megaloceros</i> sp.	—	—	—	+
<i>Rupicapra rupicapra</i> L.	+	—	—	+
<i>Capra cylindricornis</i> Blyth.	+	+	+	+
<i>Bison priscus</i> Voj.	+	+	+	+
Птицы				
<i>Aquila chrysaetos</i>	—	+	—	—
<i>Falco vespertinus</i>	+	—	—	—
<i>Aegypius monachus</i>	—	+	—	—
<i>Pica pica</i>	+	—	—	—
Пресмыкающиеся				
<i>Testudo</i> sp.	—	+	—	—

Как видно из списка фауны, в среднем плейстоцене в окрестностях с. Цуцхвати и прилежащих участках наиболее широко были представлены волк, барсук, пещерный медведь, барс, кабан, благородный олень, кавказский тур, серна и первобытный зубр. Относительно реже встречались дикие лошади, перевязка, суслик, занимавшие, по-видимому, наиболее открытые и засушливые места имеретинского ландшафта мустьерского времени.

Заслуживает внимания относительно большое количество остатков леопарда, представленного почти во всех (за исключением Бизоновой)



пещерах цуцхватской системы. Остатки леопарда в ископаемом состоянии на территории Закавказья попадаются очень редко и отмечены лишь в пещерах Кударо [2] и Азых [3]. Скудные остатки этого хищника найдены нами также в ашель-мустьерских слоях пещеры Цона. В голоценовых отложениях Закавказья леопард встречается чаще. Известны остатки леопарда из неолитических слоев Сапварджиле [4] и Самеле-кльде [5] и др. Этот факт дает нам основание предполагать, что леопарды, попав в Закавказье из передней Азии еще в начале плейстоцена, дожили здесь до исторической эпохи.

Несколько неожиданным кажется присутствие в цуцхватской фауне и другого представителя хищных — перевязки, типичного представителя степной фауны. Перевязка в плейстоценовых отложениях Закавказья встречается лишь в Ахалкалаки (нижний плейстоцен) и Бинагадах (средний плейстоцен).

Из грызунов следует отметить суслика, нижняя челюсть которого найдена в верхнемустьерских слоях Верхней пещеры.

Копытные в Цуцхвати представлены довольно многообразными формами, но среди них особый интерес представляет лось. Достоверные остатки этого животного, по существу, встречены впервые в плейстоценовых отложениях Грузии.

В Бизоновой и Верхней пещерах среди мелких костей О. Г. Бендуджидзе удалось определить беркута (*Aquila chrisaetos*), кобчика (*Falco vespernatus*), черного грифа (*Aegypius monachus*) и сороку (*Pica pica*). Пресмыкающиеся представлены одним обломком панциря, отнесенного В. М. Чхиквадзе к наземной черепахе (*Testudo* sp.).

Фаунистические комплексы, близкие по составу к цуцхватскому, широко представлены в Грузии (Цона, Кударо), Азербайджане (Азых), а также в Передней Азии, с той лишь разницей, что в Цуцхвати заметно преобладание обитателей лесных и влажных стаций.

Экологический анализ изученной фауны показывает, что ее основное ядро состоит из теплолюбивых форм, мигрировавших в Закавказье из Передней Азии. В целом же цуцхватская фауна должна была существовать в условиях относительно теплого, умеренно влажного климата, близкого к современному средиземноморскому.

С целью палинологического исследования отложения цуцхватской пещерной системы нами детально изучены разрезы наиболее перспективных пещер (Бизоновой, Верхней, Медвежьей, Двойного прота), содержащие следы деятельности палеолитического человека. Эти исследования показывают, что хотя во второй половине нижнего палеолита в Имеретии широко представлены вечнозеленые кустарниковые растения (*Ilex*, *Buxus*, *Corylus*), но все же в фитоценозе того времени господствующее положение занимали лесообразующие породы (*Carpinus*, *Castanea*, *Fagus*, *Quercus*, *Tilia* и др.). Обилие пыльцевых зерен *Carpinus orientalis* свидетельствует о том, что открытые пространства, по-видимому, были представлены шире, чем в настоящее время. Такое предположение вполне согласуется и с палеофаунистическими данными.

ა. ვეკუა, ნ. მამაცაშვილი, დ. თუშაბრამიშვილი

ცუცხვათის მღვიმური სისტემის პალეოლითური ფაუნა

რეზიუმე

ცუცხვათის მიდამოებში (ტყიბულის რაიონი) არქეოლოგიური გათხრების შედეგად გამოვლინდა პალეოლითური ხანის კულტურული ფენების არსებობა. ამ ფენებში დაცულია ქვის ხანის იარაღები და ნამარხი ცხოველების ნაშთები. გათხრილი ძეგლები სავარაუდოდ გვიანი მუსტიედ თარიღდება.

PALAEOBIOLOGY

A. K. VEKUA, N. S. MAMATSASHVILI, D. M. TUSHABRAMISHVILI

PALEOLITHIC FAUNA OF THE CAVE SYSTEM OF TSUTSKHVATI

Summary

Archaeological excavations carried out in the Tsutskhvati cave system has revealed the presence of Paleolithic cultural layers, containing fairly interesting stone artifacts and bone remains of fossil animals. The investigated relics of the Tsutskhvati caves are presumably datable to the Late Mousterian.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. ლ. ი. მარუაშვილი. Пещеры, вып. 8, 9, 1970.
2. Н. К. Верещагин. Млекопитающие Кавказа, 1959.
3. С. Д. Алиев. Фауна Азыжской палеолитической стоянки. Автореферат, Баку, 1969.
4. Н. И. Бурчак-Абрамович. Фауна пещеры Сагварджиле в Западной Грузии. Тбилиси, 1972.
5. О. Г. Бендукидзе. X научная сессия спелеологов. Краткое содержание докладов. Тбилиси, 1972.





А. А. МАГОМЕТОВ

ОБ ОДНОЙ ОСОБЕННОСТИ УПОТРЕБЛЕНИЯ  
ГРАММАТИЧЕСКИХ КЛАССОВ В ЛАКСКО-ДАРГИНСКОЙ  
ГРУППЕ ДАГЕСТАНСКИХ ЯЗЫКОВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии К. В. Ломтатидзе 30.1.1973)

В системе грамматических классов дагестанских языков там, где представлено три или четыре грам. класса, лица женского пола относятся ко второму грам. классу.

Отклонение от общего правила в специальной литературе отмечено в лакском языке, где ряд слов: *duš* «девушка», *səu* «сестра», *səuqaqlsəu* «двоюродная сестра»... — относятся к третьему грам. классу.

Классные экспоненты: II кл. ед. ч. **d-**, **-r-**, мн. ч. **b-**, **-v-**  
III кл. ед. ч. **b-**, **-v-**, мн. ч. **b-**, **-v-**

*šəarsəa duri* «женщина есть»,  
*šəarsəa largunni* «женщина ушла»,

Срв. *duš buri* «девушка есть»,  
*duš lavgunni* «девушка ушла».

П. К. Услар писал: «Лакская девушка говорит о себе: *pa bura* «я есмь»; сказать про нее: *tā duri*, вместо *tā buri*, значит нанести ей самое тяжкое оскорбление. После замужества ей приходится постепенно изменять свою грамматику. Неприличным покажется, если, уже на другой день брака, молодая скажет о себе: *pa dura* «я есмь», но с другой стороны смешно, если женщина, имевшая уже ребенка, скажет о себе: *pa bura*. Все эти странные тонкости весьма строго соблюдаются» ([1], стр. 10).

В балхарском диалекте лакского языка эта особенность уже отсутствует: «Все слова, обозначающие женщин, без какого-либо исключения, относятся ко II классу» ([2], стр. 68):

*šəarsəa dur* «женщина есть»,  
*šəarsəa largunni* «женщина ушла».

Срв. *duš dur* «девушка есть»,  
*duš largunni* «девушка ушла».

Здесь II грам. класс унифицирован.

В даргинском языке все слова, обозначающие женщин (лиц женского пола), обычно относятся ко второму грам. классу. Исключение



составляет мегебский диалект<sup>(1)</sup>, где, подобно лакскому языку, слова: *dursi* «девушка», «дочь», *guzi* «сестра», *guziqar* «двоюродная сестра»... — не относится ко второму грам. классу. В отличие от лакского языка, в мегебском эти слова относятся также не к третьему классу, а составляют четвертый грам. класс.

Классные экспоненты: II кл. ед. ч. **r**<sup>(2)</sup>, мн. ч. **b**  
IV кл. ед. ч. **d-**, -г, мн. ч. **b**

II кл. *x'unul raqib* «женщина пришла»,  
*x'unul ler* «женщина есть»,  
*x'uhe baqib* «женщины пришли»,  
*x'uhe leb* «женщины есть».

Срв. *dursi daqib* «девушка пришла»,  
*dursi ler* «девушка есть»,  
*dursbe baqib* «девушки пришли»,  
*dursbe leb* «девушки есть».

II кл. *x'unul rusauwe ler* «женщина спит».

Срв. *dursi dusauwe ler* «девушка спит».

II кл. *nab x'unul rigap* «я люблю женщину».

Срв. *nab dursi digap* «я люблю девушку».

IV класс в мегебском — диалекте отличается от II префиксальным классным экспонентом, показатели же грам. класса в суффиксе и во мн. ч. те же, что и во втором грам. классе.

Исторически выделение II грам. класса и его оформление в самостоятельный класс — класс женщин — вторично, при этом класс женщин использует экспоненты класса вещей [4, 5].

Характерно, что само слово *dursi* «девушка» в мегебском сохранило в префиксе **d**, который в других диалектах перешел в **r** ([6], стр. 256): *rursi* «девушка». Срв. в кубачинском диалекте: *jūsæ* «девушка», где *j←r←d*. Экспонентом II грам. класса в кубачинском является **j** (подобно аварскому языку).

(1) Аул Мегеб, расположенный в Гунибском районе Дагестанской АССР, — изолированная точка даргинской речи — находится в иноязычном окружении, и непосредственного контакта с даргинцами мегебцы не имеют. Контактуются они в основном с аварским населением, а также с лакцами. В школе в качестве родного языка преподается аварский язык.

Грамм. классы в мегебском диалекте, в отличие от других даргинских диалектов, не изменяются по лицам.

(2) В урахинском диалекте показателями II грам. класса в ед. ч. служат **d-**, -г ([3], стр. 13), т. е. те классные показатели, которые в мегебском диалекте представлены в качестве экспонентов IV класса.

III кл. *bircis* «спастись», *bisis* «плакать», *bis* «сделаться».

II кл. *dircis* *disis* *dis*

I кл. *ircis* *isis* *is*

*x'unul liq* «женщина есть». Срв. *ada liw* «отец есть», *urci liw* «лошадь есть».

*rursi* «девушка», *guzi* «сестра» в урахинском диалекте относятся к классу женщин.



Мегебский диалект: dursi debķib «девушка умерла»,  
 акушинский » : rursi rebķib,  
 кубачинский » : jūsəe jibče.

Интересно отметить также, что классный показатель IV класса в мегебском диалекте употребляют и по отношению ко второму грам. классу, если хотят выразить уважительное отношение к женщине (так, например, обращается сын к матери, деверь к невестке и вообще мужчина к женщине):

daše! «пойдем!», вместо raše!  
 daķib «пришла», вместо raķib и т. д.

Характерно также, что муж, по обычаю, обращается к жене без подобного уважительного изменения грам. класса:

raše! «пойдем!», а не daše!  
 x'unul raķib «жена пришла», а не x'unul daķib и т. д.

Таким образом, в лакском языке — в большинстве его диалектов и в даргинском языке — в одном из его диалектов — ряд слов, означающих «девушку»||«дочь», «сестру», «двоюродную сестру»..., относится не ко второму грам. классу: в лакском — к третьему, а в мегебском диалекте даргинского языка они ныне составляют IV грам. класс.

Изменение классного экспонента — префиксального **d** в **r** — в мегебском диалекте привело бы к слиянию этих слов со вторым грам. классом, т. е. к унификации класса женщин (как это имеет место в других даргинских диалектах).

Пока что мегебской девушке, подобно лакской, после выхода замуж приходится постепенно изменять свою прамматику.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт языкознания

(Поступило 2.2.1973)

ენათმეცნიერება

აღ. აკოპიტოვი

დადესტნურ ენათა ლაკურ-დარგულ დარგულ გრამატიკულ  
 კლასთა ხმარების ერთი თავისებურების შესახებ

რ ე ზ ი უ მ ე

დადესტნური ენებიდან ლაკურში და დარგული ენის ერთ-ერთ დიალექტში — მეჭებურში — ზოგი სიტყვა („ქალიშვილი“, „და...“) ეკუთვნის არა მეორე გრამატიკულ კლასს (როგორც ეს გვაქვს სხვა დადესტნურ ენებში და, კერძოდ, დარგული ენის სხვა დიალექტებში), არამედ მესამე გრამატიკულ კლასს (ლაკურში) ან შეადგენს დამოუკიდებელ მეოთხე გრამატიკულ კლასს (მეჭებურში).

ქალიშვილი გათხოვების შემდეგ იცვლის თავის გრამატიკას — ნივთთა კლასიდან გადადის II კლასში.

მეჭებურში პატივისცემის გამოსახატავად მეოთხე გრამატიკული კლასის ნიშანი გამოიყენება აგრეთვე მეორე გრამატიკული კლასის ნიშნის ნაცვლად.

LINGUISTICS

A. A. MAGOMETOV

### ON ONE PECULIARITY IN THE USE OF GRAMMATICAL CLASSES IN THE LAK-DARGWA GROUP OF DAGESTANIAN LANGUAGES

#### Summary

In the Lak language and in the Meheb dialect of the Dargwa language some words ("girl", "sister", etc.) belong not to the II grammatical class (as is the case in other Dagestian languages, namely in all the other dialects of Dargwa), but to the III gr. cl. (in Lak) or form an independent IV gr. cl. (in Meheb). When a girl gets married she changes her grammatical class so that henceforward she belongs to the II gr. cl.

In the Meheb dialect the indicators of the IV gr. cl. are used instead of the II gr. class indicators, \* expressing a respectful attitude towards woman.

#### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. П. К. Услар. Лакский язык. Тифлис, 1890.
2. Г. Б. Муркелинский. Грамматика лакского языка. Махачкала, 1971.
3. П. К. Услар. Хюркилинский язык. Тифлис, 1892.
4. არნ. ჩიქობავა. საქ. მეცნ. აკად. მოამბე, ტ. III, № 4, 1942.
5. ვ. თოფურიძე. ენის მოამბე, XII, 1942.
6. ივ. ჯავახიშვილი. ქართული და კავკასიური ენების თავდაპირველი ბუნება და ნათესაობა. ტფილისი, 1937.





ბ. სინარშლიძე

ბანკარძომიზული ბანსაზღვრებითი ზედსართავი სახელმისი  
მოკვლეობითი ფორმები თანამედროვე გერმანულ ენაში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ. ახვლედიანმა 31.3.1973)

ზედსართავი სახელი, როგორც წესი, არსებით სახელს (ნაცვალსახელს) უკავშირდება. არსებითი სახელი საგანს აღნიშნავს, ზედსართავი კი განსაზღვრავს, აღწერს საგანს, ან იძლევა მის შეფასებას განსაზღვრული ნიშან-თვისების მიხედვით.

გერმანული ზედსართავი სახელის მორფოლოგიურ სტრუქტურაში შედის ბრუნვის, რიცხვის, სქესისა და ხარისხის გრამატიკული კატეგორიები, ზედსართავი სახელის ბრუნვის, რიცხვისა და სქესის კატეგორიები შეფარდებითი ხასიათისაა, ვინაიდან ისინი არ ასახავს ზედსართავის სემანტიკის რეალურ მოდიფიცირებას (თვისება არ შეიძლება შეიცვალოს ბრუნვის, რიცხვისა და სქესის მიხედვით) და შესაბამისი საზღვრული არსებითი სახელის გრამატიკულ კატეგორიებს ესადაგება. ზედსართავი სახელის ხარისხის კატეგორია კი აბსოლუტურია, რადგან იგი ზედსართავი სახელის სემანტიკითაა განპირობებული და საზღვრულ არსებით სახელზე არ არის დამოკიდებული.

ზედსართავი სახელის მორფოლოგიური სტრუქტურა ხასიათდება მკვეთრად გამოხატული მონოფლექსიურობით. მისთვის ნიშანდობლივია აგრეთვე ბრუნებადი და უბრუნველი ფორმების დაპირისპირება, რასაც უშუალოდ უკავშირდება ზედსართავი სახელის სინტაქსური ფუნქციების დიფერენცირება.

ზედსართავი სახელის განზოგადებულ გრამატიკულ მნიშვნელობაში იგულისხმება არსებითი სახელით გადმოცემული საგნისათვის დამახასიათებელი ნიშანი. შესაბამისად, ზედსართავი სახელის ძირითად ფუნქციას წარმოადგენს არსებითი სახელის განსაზღვრა. ზედსართავი სახელი წინადადებაში შეიძლება იყოს განსაზღვრება, პრედიკატივი, პრედიკატული და განკერძოებული განსაზღვრება. ზედსართავი სახელის განზოგადებული გრამატიკული მნიშვნელობის რეალიზაცია წინადადებაში ხდება განსაზღვრული მორფოლოგიურ-სტრუქტურული ფორმებით. სახელდობრ, განსაზღვრება გადმოიცემა ზედსართავი სახელის სრული ფორმით, პრედიკატივი და პრედიკატული განსაზღვრება — მოკლე ფორმით, განკერძოებული განსაზღვრება — მოკლე ან სრული ფორმით.

ზედსართავი სახელის მოკლე (უბრუნველი) ფორმა უპირისპირდება სრულ (ბრუნებად) ფორმას. მეორე მხრივ, განკერძოებული განსაზღვრებითი ზედსართავი სახელის მოკლე და სრული ფორმები უპირისპირდება განუკერძოებელი განსაზღვრებითი ზედსართავი სახელის სრულ ფორმას.

გერმანულ ენაში განუკერძოებელ ზედსართავულ განსაზღვრებასა და საზღვრულ არსებით სახელს შორის კავშირი ძალიან მტკიცეა. მსაზღვრელი საზღვრულთან ერთად ქმნის ერთიან სინტაქსურ ჯგუფს. სინტაქსური კავშირი ვლინდება არა მარტო მსაზღვრელსა და საზღვრულს შორის შეთანხმებაში, არამედ ზედსართავის პოზიციაშიც. როგორც ცნობილია, გერმანული განსაზღვრებითი ზედსართავის დამახასიათებელია მისი პოზიცია უშუალოდ საზღვრული არსებითი სახელის წინ. გერმანულ ენაში საზღვრული არსებითი სახელისადმი მსაზღვრელი ზედსართავის დამოკიდებულება ორი მომენტითაა განპირობებული: შეთანხმებითა და პოზიციით.



ზედსართავი სახელის მოკლე ფორმით განკერძოების შემთხვევაში, რომელიც ირრინციბი ირღვევა. განკერძოებული განსაზღვრებითი ზედსართავი სახელი აღარ ეთანხმება საზღვრულ არსებით სახელს და იცვლის პოზიციას:

(1) **Braune und pelzige Bienen** sumtten im Gezweig.

Bienen, **braun und pelzig**, sumtten im Gezweig. (A. Schulz, Anne, 265)

(2) Der **ernste und wortkarge** Gustav Stürck blickte den Freund an.

Gustav Stürck, **ernst und wortkarg**, blickte den Freund an.

(W. Bredel, Väter, 413)

პოზიციის შეცვლასთან დაკავშირებით ზოგჯერ ირღვევა მირთვის პრინციპიც. სახელლობრ, ზედსართავი სახელის მოკლე ფორმა უშუალოდ საზღვრულს კი არ მიერთვის, არამედ შორდება მას და დისტანციურ პრე-ან პოსტპოზიციამი გადადის:

(3) **Blaß und mager**, sah er aus, wie ein achtzehnjähriger Gymnasiast,...

(B. Kellermann, Der 9. November, 23)

(4) Endlich ging das Mädchen etwas näher, **bleich vor Angst**.

(B. Kellermann, Der Tunnel, 215)

მართალია მოკლეფორმიანი განკერძოებული ზედსართავი სახელი ფორმალურ გრამატიკულ კავშირს კარგავს საზღვრულ არსებით სახელთან, მაგრამ იგი ინარჩუნებს ზედსართავი სახელის განზოგადებულ გრამატიკულ მნიშვნელობას, რაც ვლინდება საზღვრულ სახელთან მის სემანტიკურ კავშირში: ფუტკრებია ყავისფერი და ბუსუსიანი და არა მათი ზუზუნი (1), გუსტავია სერიოზული და სიტყვაძუნწი და არა მისი მზერა (2).

სიტყვის გრამატიკული მნიშვნელობა და ფუნქცია ურთიერთკავშირშია და ერთმანეთს განაპირობებს. ამდენად ზედსართავი სახელის განზოგადებული გრამატიკული მნიშვნელობაც მის ფუნქციაზეა დამოკიდებული. ფუნქცია განაპირობებს ზედსართავი სახელის განზოგადებული გრამატიკული მნიშვნელობის კონსტრუირებას განსაზღვრული ფორმით.

შეთანხმების დარღვევის დროს განკერძოებული ზედსართავი სახელის მოკლე ფორმა კარგავს შეფარდებით გრამატიკულ კატეგორიებსაც, ე. ი. ბრუნვის, რიცხვისა და სქესის კატეგორიებს, მაგრამ ინარჩუნებს ხარისხის აბსოლუტურ კატეგორიას (რასაკვირველია, იგულისხმება ხარისხის კატეგორიის მქონე ზედსართავები):

(5) Der Direktor, **klüger** als sein Gefangener, beherrschte sich,...

(L. Feuchtwanger, Erfolg, 604)

ზედსართავი სახელის განკერძოებული მოკლე და განუკერძოებელი სრული ფორმების შეპირისპირება გვიჩვენებს, რომ მათი განზოგადებული გრამატიკული მნიშვნელობა იგივეობრივია (საგნის თვისების დასახელება), სამაგიეროდ განსხვავებულია ამ მნიშვნელობის რელიზაციის ფორმები. ზედსართავი სახელის განუკერძოებელი სრული ფორმის განზოგადებული გრამატიკული მნიშვნელობა გამოიხატება შეთანხმებითა და არსებითი სახელის წინა პოზიციით, განკერძოებულ მოკლე ფორმისა კი — მირთვითა და საზღვრულთან სემანტიკური კავშირით (1), (2), ან მხოლოდ სემანტიკური კავშირით (3), (4). შესაბამისად, განკერძოებული მოკლე ფორმა შეიძლება ჩაითვალოს განუკერძოებელი სრული ფორმის ფუნქციონალურ-სტრუქტურულ ვარიანტად.

რაც შეეხება განკერძოებულ სრულ ფორმას, მკვლევართა უმრავლესობის აზრით, იგი ნიშანდობლივი არ არის გერმანული ენისათვის და მხოლოდ პოეზიაში გვხვდება. ამ თვალსაზრისს მთლიანად ვერ გავიზიარებთ. განკერძოებული ზედსართავი სახელის სრული ფორმა გვხვდება პროზაულ ნაწარმოებებშიც, თუმცა განკერძოებულ მოკლე ფორმასთან შედარებით უფრო იშვიათად. ამასთანავე გვხვდება მისი ყველა შესაძლო ვარიანტი: განსა-



ზღვრული და განუსაზღვრელი არტიკლით, მხოლოდობით და მრავლობით რიცხვში, დადებით, შედარებით და აღმატებით ხარისხებში, და ზოგჯერ თავისუფალი დანართის სახითაც კი:

(6) Er war Josef, **der milde, kluge**. (L. Feuchtwanger, Jud Süß, 200)

(7) Er stand gepreßt an eine mächtige Haustür, **eine breitflügelige**.

(L. Feuchtwanger, Erfolg, 730)

(8) Inzwischen aber stehe das Toledaner Bistum, **das erste und reichste** in Spanien,... verweist. (B. Frank, Cervantes, 14)

(9) Simone sah die Leute, **die vertrauten und die fremden**.

(L. Feuchtwanger, Simone, 268)

(10) Man hatte andere Schiffe herangezogen, **große, mächtige**.

(L. Feuchtwanger, Erfolg, 500)

(11) Dabei hatte er die denkbar besten Chancen gehabt, viel **bessere** als er, **der Alte**,... (L. Feuchtwanger, Füchse im Weinberg, 682)

ნიმუშები ცხადყოფს, რომ განკერძობული ზედსართავის სრული ფორმა ინარჩუნებს ზედსართავი სახელისათვის დამახასიათებელ ოთხივე გრამატიკულ კატეგორიას, ე. ი. განუკერძობელი სრული ფორმის იდენტურია. იგივეობრივია ამ ფორმების განზოგადებული გრამატიკული მნიშვნელობაც (საგნის თვისების აღნიშვნა). მათ შორის განსხვავება მდგომარეობს პოზიციაში (განკერძობული სრული ფორმა ყოველთვის პოსტპოზიციურია), ზოგჯერ კი მითვისა (10), (11) და მონოფლექსიის პრინციპის დარღვევაში (7)—(9), ე. ი. განზოგადებული გრამატიკული მნიშვნელობის გამოხატვის ფორმებში. აქედან გამომდინარე, განკერძობული ზედსართავი სახელის სრული ფორმა შეიძლება ჩაითვალოს განუკერძობელი სრული ფორმის ფუნქციონალურ-პოზიციურ ვარიანტად.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(შემოვიდა 6.4.1973)

## ЯЗЫКОЗНАНИЕ

Г. Б. СИХАРУЛИДЗЕ

### МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМЫ ОБОСОБЛЕННЫХ ОПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПРИЛАГАТЕЛЬНЫХ В СОВРЕМЕННОМ НЕМЕЦКОМ ЯЗЫКЕ

Резюме

Обособленные определительные прилагательные в современном немецком языке встречаются в краткой и полной формах. Сопоставление обособленных кратких и полных форм с необособленными полными формами показывает, что обобщенное прагматическое значение этих форм идентично, различны лишь формы выражения прагматического значения.

Обособленную краткую форму можно считать функционально-структурным вариантом необособленной полной формы, а обособленную полную форму — функционально-позиционным вариантом.

G. B. SIKHARULIDZE

MORPHOLOGICAL FORMS OF DETACHED ATTRIBUTIVE  
ADJECTIVES IN MODERN GERMAN

## Summary

In Modern German detached attributive adjectives occur in short as well as in full forms. A comparison of detached short and full forms with nondetached full forms shows that generalized grammatical meaning of these forms is identical and that only the forms of expressing this meaning differ. The detached short form may be regarded as a functional-structural variant of a nondetached full form, the detached full form being its functional-positional variant.





М. З. ИНАШВИЛИ

## ЭПОХАЛЬНАЯ ДИНАМИКА КАРИЕСНОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ ЗУБОВ НА ПАЛЕОАНТРОПОЛОГИЧЕСКИХ И КРАНИОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ С ТЕРРИТОРИИ ГРУЗИИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии И. К. Пагава 5.3.1973)

Среди зубочелюстных заболеваний наиболее распространенным является кариес. Исследованию этого заболевания в пространстве и во времени в настоящее время придается особое значение. Изучение костного материала из древних могильников — единственный путь установления древних форм и эпохальной динамики кариеса, пародонтопатий, ортодонтальных заболеваний. К сожалению, состояние зубочелюстной системы у древнего населения Грузии не исследовано, несмотря на то что с территории Грузии собран и изучен достаточно обширный палеоантропологический материал. Для восполнения означенного пробела нами исследован палеоантропологический материал, охватывающий хронологически почти все периоды — с древнейших времен до настоящего времени. Данные о заболеваемости зубов по Грузии рассмотрены на фоне всего населения Кавказа; это дает представление об эпохальной динамике заболевания кариесом у древнего и современного населения Грузии и Кавказа. Всего нами обследовано 1305 черепов (7355 зубов).

Зубной кариес прослеживается на энеолитическом материале, найденном в Ахалцихе, а в эпоху ранней бронзы заболеваемость им незначительна. На материале позднебронзового периода число пораженных зубов невелико. Заболевание отмечается в основном на молярах и премолярах и локализуется на апроксимальных поверхностях, у шейки короночной части зуба, наибольшее распространение оно имело среди женщин 40—50 лет. При изучении серии из Армении (Севан) того же периода установлен такой же процент случаев. На материале переходного периода от бронзы к железу прослеживается некоторое возрастание числа случаев кариеса с локализацией дефекта на апроксимальной поверхности моляров и премоляров. Материалы, относимые к эпохе широкого освоения производства железа, также свидетельствуют об учащении случаев кариеса; поражение начинает захватывать и фронтальные зубы с преобладанием случаев патологии у пожилых мужчин. На основе изучения зубной системы позднееллинистического периода мы установили некоторое увеличение заболеваемости кариесом с обнаружением его в одинаковой частоте случаев у мужчин и женщин и появление его в молодом возрасте. Локализация на апроксимальной поверхности моляров и премоляров. На позднеантичной серии черепов отмечается некоторое снижение заболеваемости кариесом. Локализация на апроксимальной и вестибулярной поверхностях зубов. Кариес обнаруживается у мужчин как в молодом, так и в пожилом возрасте. При изучении зубной системы черепов раннего средневековья выявлено довольно большое число случаев кариеса с лока-



лизацией на апроксимальной, жевательной и вестибулярной поверхностях не только моляров и премоляров, но и фронтальных зубов. В ряде случаев наблюдалась кариозная полость на молочных зубах. Преобладание кариеса на черепах мужского пола, его распространение в молодом возрасте и, частота случаев возрастают по сравнению с предшествующими периодами. Еще большее распространение зубного кариеса отмечено в эпоху позднего средневековья. Как и в предыдущие века, поражение локализуется на апроксимальной и жевательной поверхностях моляров и премоляров с преобладанием у пожилых лиц мужского пола. В краниологических сериях Сиони XIV—XV и XVI—XVII вв. не отмечаются различия в локализации, группах зубов, а также в возрасте пораженных кариесом, однако выявляется хронологическое преобладание (примерно в 3 раза) заболевания в поздней серии. Согласно краниологическому материалу XV—XVI вв., распространенность зубного кариеса стабилизируется в горной зоне (Душети, Хевсурети). Поражение обнаруживается на фронтальных зубах лиц молодого возраста, включая и детский. Наблюдается большая распространенность заболевания в Джавахети и еще большая в Рустави того же периода. У населения Аджарии XVIII—XIX вв. показатель заболеваемости и число пораженных зубов по сравнению с предыдущими сериями выше, число случаев у лиц молодого возраста больше, локализация кариеса на жевательной поверхности чаще, распространяется кариес и на фронтальные зубы, а частота поражения у мужчин и женщин примерно одинакова. Исследование ингушской краниологической серии выявило значительное возрастание заболеваемости кариесом с преимущественным поражением жевательной поверхности основных зубов и распространением на фронтальные зубы. Заболевание чаще имело место у молодых лиц мужского пола, в нескольких случаях кариозный дефект был выявлен и у детей. У чеченцев заболеваемость зубным кариесом несколько ниже, чем у ингушей; различия же в группах пораженных зубов, локализации кариозного дефекта и возрасте не наблюдаются. При сравнении двух названных кавказских краниологических серий с грузинскими сериями горной зоны (Душети, Хевсурети) того же периода выявляется, что процентный показатель заболеваемости у чеченцев и ингушей гораздо выше, чем у грузин-горцев. Данные о грузинах горной зоны почти аналогичны данным осетинской краниологической серии соответствующего времени. В абхазской краниологической серии XIX в. частота заболеваемости кариесом вдвое ниже, чем в аджарской того же периода, локализация поражения чаще на апроксимальной поверхности моляров и премоляров, на фронтальных зубах поражение не отмечается, заболевание преобладает у женщин. Если во II тысячелетии до н. э. заболеваемость у грузин и армян (Севан) имеет одинаковую частоту, то в XX в., по краниологическим материалам (Бингел-Даг), у армян она гораздо ниже, чем у грузин (аджарская серия). Кариес в армянской серии обнаруживается в основном на жевательной поверхности моляров с преобладанием у мужчин.

Суммируя материалы о распространенности кариеса у древнего населения Грузии и сравнивая их с таковыми у других этнических групп Кавказа, можно сделать следующие выводы.

Зубной кариес обнаруживается в IV тысячелетии до н. э. В III тысячелетии до н. э. заболеваемость им незначительна. Во второй половине II тысячелетия до н. э. показатель кариеса довольно низкий; столь же низок он в изученной для сравнения синхронной серии из Армении. Некоторое увеличение кариеса наблюдается в первой половине I тысячелетия до н. э. во второй же половине увеличение выражено бо-



Динамика частоты кариеса зубов у древнего населения Грузии по палеоантропологическому материалу

Место обнаружения и хронология	К-во черепов	К-во зубов	К-во черепов с кариесом зубов	К-во кариозных зубов	% черепов с кариесом зубов	% кариозных зубов
Ахалцихе IV тыс. до н. э. (фрагм.)	—	144		1		0,69±0,69
Кикети (фрагм.), Твлепия, Квацхела (только зубы) III тыс. до н. э.	2	283	—	2		0,70±0,50
Самтавро XIII—X вв. до н. э.	32	332	4	5	12,5±5,85	1,51±0,67
Самтавро, Двани, Бебниси, Мидегасхеви X—VI вв. до н. э.	58	423	7	9	12,06±4,27	2,12±0,70
Самадло, Самеле-кде, Сиони, Самтавро IV—I вв. до н. э.	32	267	6	10	18,75±6,89	3,74±1,16
<b>Всего до н. э.</b>	<b>124</b>	<b>1305</b>	<b>17</b>	<b>27</b>	<b>13,72±3,05</b>	<b>2,72±0,45</b>
Самтавро, Рустави, Гомарети, Урбниси, Тетри-цкаро I—V вв. н. э.	32	220	3	3	9,37±5,15	1,36±0,78
Самтавро, Магранети, Мартази, Матани, Армази, Сиони V—X вв.	108	824	15	20	14,56±3,47	2,43±0,53
Рустави, Вапискваеби, Гавази, Сиони, Сагварджиле, Недзви XII—XIV вв.	155	490	21	28	13,55±2,74	5,71±1,05
Сиони XII—XIV вв.	20	93	1	1	5,00±4,87	1,08±1,07
Сиони XVI—XVIII вв.	31	126	3	4	9,68±5,21	3,17±1,56
Жинвали, Аргуни (дшуетская краниологическая серия) XV—XVI вв.	80	407	12	17	15,00±3,99	4,18±0,99
Шатли (Хевсурети) XVII в.	43	145	6	6	13,95±5,28	4,14±1,65
Руставская краниологическая серия XV—XVIII вв.	41	366	13	14	31,71±6,87	3,82±1,00
Котелия (Джавахеги) XVI в.	26	50	3	3	11,54±6,26	6,00±3,36
Аджарская краниологическая серия XVIII—XIX вв.	66	328	24	30	36,33±5,92	9,15±1,59
<b>Другие кавказские серии</b>						
Ингушская XVI—XVII вв.	137	415	29	37	21,17±3,49	8,92±1,40
Чеченская XVI—XVII вв.	24	136	6	10	25,00±8,84	7,35±5,15
Осетинская XVII—XVIII вв.	162	562	18	24	11,11±2,47	4,27±0,85
Абхазская XIX в.	70	419	11	20	15,71±4,35	4,77±1,04
Армянская (Севан) II тыс. до н. э.	34	121	1	2	2,94±2,89	1,57±0,82
Армянская (Бингал-Даг) XX в.	145	447	10	13	6,90±2,10	2,91±0,79

лее убедительно. В первой половине I тысячелетия н. э. показатель распространенности кариеса довольно низкий, во второй же половине он несколько увеличивается. Что касается первой половины II тысячелетия, то здесь аналогичный показатель достигает значительной величины. Вторая половина II тысячелетия на наших материалах представлена разными географическими зонами: в горной зоне по сравнению с предшествующим периодом показатель распространенности кариеса остается стабильным, на территории же Джавахети отмечается его значительное увеличение; в краниологических сериях Восточной и Западной Грузии в последующие столетия заболеваемость кариесом заметно увеличивается. В целом изучение кариеса зубов среди населения Гру-

зии показывает явную тенденцию к увеличению заболевания с древних времен до наших дней.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт истории, археологии  
 и этнографии  
 им. И. А. Джавахишвили

(Поступило 9.3.1973)

მეცნიერების ისტორია

მ. ინაშვილი

კბილის კარიესული დაავადების ეპოქალური დინამიკა საქართვე-  
 ლოს პალეანთროპოლოგიური და კრანეოლოგიური მასალების  
 მიხედვით

რეზიუმე

კარიესის გავრცელების შესწავლა (საქართველოს ტერიტორიაზე მოპო-  
 ვებული პალეანთროპოლოგიურ და კრანეოლოგიურ მასალაზე) იძლევა სა-  
 ქართველოს ძველ მოსახლეობაში დაავადების მატების აშკარა ტენდენციას  
 ძველი დროიდან თანამედროვეობამდე.

HISTORY OF SCIENCE

M. Z. INASHVILI

MILLENNIAL DYNAMICS OF DENTAL CARIES AS EXEMPLIFIED  
 BY PALEOANTHROPOLOGICAL AND CRANIOLOGICAL MATERIALS  
 FROM GEORGIA

Summary

Dental caries in Georgia is traceable to 4,000 B. C. In 3,000 B. C. the condition was insignificant. The index of caries for 2,000 B. C. is fairly low, as is the case with a synchronous series from Armenia studied for the purpose of comparison. Some increase of caries is observable in the first half of 1,000 B. C., being more pronounced in the second half. In the first half of 1,000 A. D. the index of the spread of caries is fairly low, somewhat increasing in the second half. Analogous indices attain considerable values in the first half of 2,000 A. D. In the following centuries a marked growth of the affection is observable in the craniological series of both eastern and western Georgia. On the whole, study of dental caries among the population of Georgia indicates a clearly defined growth trend since earliest times to the present day.



70-ე ტომის ავტორთა საძიებელი

- აგლაძე ი. 680  
 აგლაძე რ. 359  
 ალექსო-ოქეცსკი ო. 316  
 ანდრიანოვი კ. 624  
 ანდრონიკაშვილი თ. 626  
 ანელი ნ. 114  
 არეშიძე ქრ. 331, 339  
 არომიძე გ. 604  
 ასახენიშვილი ა. 399  
 ასათიანი ა. 463  
 ასლანიკაშვილი ნ. 383  
 აფაქიძე ნ. 495  
 ანობაძე თ. 284  
 ახობაძე რ. 95
- ბაკურაძე ა. 463  
 ბალავაძე ვ. 683  
 ბარაბანოვი ვ. 564  
 ბარაბაძე შ. 95  
 ბარამიძე გ. 60  
 ბარამიძე თ. 224  
 ბაუმბერგი ი. 584  
 ბერიშვილი გ. 600  
 ბერიშვილი ლ. 209  
 ბერიძე პ. 639  
 ბერუჩაშვილი ნ. 120  
 ბელელაძე ლ. 704  
 ბირკო ვ. 84  
 ბირიუკოვა-ეროვინა მ. 459  
 ბლუმბერგი ე. 356  
 ბოგატი ს. 27  
 ბოგდანკევიჩი ო. 64  
 ბოკერია ვ. 419  
 ბოკუჩავა ი. 564  
 ბონდარევა ი. 140  
 ბოყრაძე ნ. 467  
 ბოჭორიშვილი შ. 356  
 ბროუჩევი ფ. 88, 612  
 ბუიშვილი ლ. 584  
 ბუტკაძე ნ. 447
- ბაბაშვილი ნ. 680  
 ვარანინი ლ. 120  
 გელაშვილი კ. 491  
 გვარამაძე ნ. 328  
 გველესიანი ა. 80  
 გიორგაძე გ. 227  
 გოგორიშვილი ბ. 92  
 გოლუბევი ვ. 608
- გრიბოვა ი. 632  
 გულისაშვილი ბ. 239  
 გურგენი ა. 148, 407  
 გურგენი ი. 291  
 გუჯაბიძე გ. 120
- დავითაშვილი ე. 347  
 დავითაშვილი ნ. 412  
 დარასელია დ. 584  
 დარასელია ვ. 160  
 დარასელია ნ. 432  
 დარსაველიძე გ. 143  
 დაუშვილი ა. 392  
 დევდარიანი თ. 471  
 დევდარიანი მ. 187  
 დევდარიანი ც. 213  
 დეკანოსიძე გ. 114  
 დიდებულოძე დ. 440  
 დოლიძე ა. 339  
 დოლიძე ი. 651  
 დუგლაძე გ. 143  
 დურმიშიძე ს. 471
- მბრალიძე ა. 539  
 ებრალიძე ტ. 311  
 ედლაშვილი ი. 619  
 ერისთავი ვ. 608  
 ერისთავი ი. 475  
 ერისთავი ლ. 364
- მმართპატრიარქოვა ე. 130  
 ვარსიმეაშვილი ე. 136  
 ვაჩნაძე ე. 436  
 ვაჩნაძე ი. 104  
 ვეკუა ა. 744  
 ვერულაშვილი რ. 636
- ჯაალიშვილი მ. 467, 716  
 ზამთარაძე გ. 689  
 ზერავა ჯ. 296  
 ზვერვეი მ. 64  
 ზვიდაძე მ. 584  
 ზირაქაშვილი თ. 120  
 ზონენაშვილი ი. 300  
 ზოსიმოვი ნ. 580  
 ზურაბაშვილი მ. 735
- თაყვანიშვილი დ. 412  
 თათარიშვილი ლ. 644  
 თაქთაქიშვილი დ. 636  
 თელიაშვილი ა. 120  
 თევზაძე თ. 288  
 თევზაძე ნ. 280  
 თეთრუაშვილი მ. 544  
 თოფურია ზ. 484  
 თოფურია შ. 568  
 თუმბრაშიშვილი დ. 744  
 თხელიძე მ. 24
- ივანიძე პ. 639  
 იავორსკი ი. 323  
 იამზინი ი. 316  
 ივანოვი ი. 64  
 ივანოვი ვ. 591  
 ივლიჩი კ. 668  
 ინაშვილი მ. 756  
 იორამაშვილი დ. 100, 336  
 იორდანიშვილი გ. 203  
 იოსელიანი თ. 704  
 იოსელიანი კ. 619
- ქავთაძე მ. 194  
 კაკაბაძე მ. 552  
 კაკუშაძე ა. 656  
 კალატოზოვა გ. 432.  
 კალმენოვი ტ. 536  
 კამალოვა მ. 485  
 კანდელაკი ა. 171  
 კანდელაკი გ. 180  
 კაპანაძე-ჯანაშია თ. 191  
 კარახანოვი ლ. 140  
 კახაძე ა. 108  
 კახნიაშვილი ა. 100, 336  
 კახნიაშვილი ნ. 43  
 კეკელია ბ. 485  
 კვაჭაძე მ. 697  
 კვესელავა გ. 359  
 კვიციანიშვილი ვ. 339  
 კვიციანელია გ. 505  
 კიკვიძე ა. 331  
 კიკლასონია პ. 380  
 კიდურაძე კ. 455  
 კოზლოვი ი. 712  
 კოკოჩაშვილი ვ. 356  
 კოლსი ო. 712  
 კომისარენკო ნ. 364
- მიაძე გ. 423, 675  
 თავაძე ფ. 403

- კობლაძე რ. 712  
 კობლაძე დ. 230, 498  
 კობლაძე რ. 20  
 კორშაკი ვ. 632  
 კოტეჯა დ. 695  
 კოფმანი პ. 423  
 კრილაშვილი ი. 580  
 კუბლაშვილი ჯ. 347  
 კუსტოვა ტ. 639  
 კუშუხიძე ჯ. 364
- ლაცაბიძე ნ. 383  
 ლევინა ზ. 84  
 ლევინა მ. 92  
 ლევიშვილი თ. 672  
 ლეჟავა თ. 440  
 ლიძე ზ. 604  
 ლობჯანიძე ე. 171  
 ლოლაძე ნ. 114  
 ლურსმანაშვილი თ. 71
- მათიაშვილი მ. 615  
 მაისურაძე ნ. 632  
 მაისურაძე ჯ. 352  
 მაკარევიჩი თ. 564  
 მამაცაშვილი ნ. 124, 744  
 მანჯგალაძე მ. 120  
 მარგევი ბ. 399  
 მასი ე. 151, 416  
 მატინოვა მ. 580  
 მაძალუა ზ. 24  
 მახარაძე შ. 227  
 მაჰომეტოვი ა. 747  
 მგალობლიშვილი მ. 608  
 მგელაძე ბ. 632  
 მგერელიშვილი რ. 311  
 მელია ნ. 180  
 მელიქაძე ლ. 619  
 მელიქაძე ნ. 571  
 მესტვირიშვილი ა. 64  
 მინჯია მ. 580  
 მისკინი ნ. 586  
 მიქაძე ი. 47  
 მიშლიაევი ვ. 564  
 მურავიოვი ი. 639  
 მუხაძე მ. 656  
 მშვიდლობაძე მ. 220, 732  
 მხეიძე ე. 163  
 მხეიძე თ. 580
- ნადირაძე დ. 151, 416  
 ნაკაიძე შ. 675  
 ნამთალიშვილი მ. 316  
 ნარიკაშვილი ს. 183  
 ნასიბოვი მ. 30
- ნაცელიშვილი მ. 727  
 ნემცოვი ვ. 56  
 ნიკოლაიშვილი ნ. 664  
 ნორიკოვი ი. 356  
 ნოლაიდელი ა. 343, 624  
 ნოლაიდელი გ. 343, 624
- ილშანოვა კ. 608
- პაპავა გ. 632  
 პაპელიშვილი რ. 719  
 პლეპლერი მ. 399
- შლენტი ც. 479
- რამიშვილი რ. 685  
 რაფავა ლ. 175
- საბაშვილი შ. 591  
 საბელაშვილი შ. 626  
 სავარენსკი ე. 323  
 სამადაშვილი ა. 224  
 სამადაშვილი ზ. 708  
 სანაძე თ. 584  
 სარქისიანი ს. 648  
 საყვარელიძე ა. 427  
 სემიოხინა ა. 712  
 სეფიაშვილი ა. 556  
 სეფიაშვილი ნ. 664  
 სვანიძე თ. 92  
 სვანიძე ც. 368  
 სიმონიძე მ. 467  
 სირაძე შ. 209  
 სირიუკი ა. 95  
 სიხარულიძე გ. 749  
 სობჩინსკაია ნ. 203  
 სტეფანენკო გ. 716  
 სტრელნიკოვი ი. 52  
 სულავაძე თ. 175  
 სულაქველიძე გ. 595  
 სულუხია ვ. 227  
 სულხანიშვილი გ. 532  
 სურმავა ბ. 403
- ტარიელაძე ვ. 276  
 ტატიშვილი ი. 484  
 ტეპლიცი ე. 151, 416  
 ტიმჩენკო ა. 183  
 ტიხონოვა ტ. 84  
 ტურაშვილი ტ. 291  
 ტყეშელაშვილი რ. 343, 624
- უგრეხელიძე დ. 205, 471  
 უგულავა მ. 615  
 უგულავა ნ. 205
- ურტაძე ს. 624  
 ურუშაძე თ. 163
- შავლენიშვილი ი. 352  
 ფარსადანიშვილი ე. 440  
 ფარულავა გ. 501  
 ფირადაშვილი დ. 491  
 ფიფია ე. 739  
 ფრიდმანი ი. 92  
 ფურმანი ვ. 467, 716
- შავთარაძე ლ. 471  
 ქაჯაია დ. 183, 385  
 ქვლივიძე ლ. 209  
 ქოჩიაძე ზ. 567  
 ქუთათელაძე კ. 109, 636
- ლამბაშიძე რ. 372  
 ღონდაძე გ. 375  
 ღოღელიანი ლ. 155  
 ლუღუშაური ც. 88, 612
- შარალაშვილი ლ. 84  
 ყვავაძე დ. 604  
 ყვავაძე ე. 120
- შარაშენიძე თ. 35  
 შარაშიძე ლ. 484  
 შარაძე ზ. 604  
 შარიქაძე მ. 368  
 შელეგია რ. 47  
 შებელი ლ. 84  
 შონია ნ. 323  
 შულაია დ. 548
- ჩაგელიშვილი ვ. 108  
 ჩაღუნელი გ. 675  
 ჩან ზან მაი 68  
 ჩარტკიშვილი გ. 451  
 ჩივაძე გ. 331  
 ჩიკვაძე ვ. 202  
 ჩიქოვანი ე. 100, 336  
 ჩიქოვანი რ. 580  
 ჩიჩუა ბ. 383  
 ჩიჩუა გ. 644  
 ჩობანიანი ს. 276  
 ჩოგოვაძე თ. 343, 624  
 ჩუბინიძე თ. 399  
 ჩუმევესკაია ა. 632  
 ჩხატარაშვილი თ. 735  
 ჩხიკვიშვილი ვ. 168
- ცაგარეიშვილი გ. 143  
 ცინცაძე გ. 615  
 ცირამუა გ. 680  
 ციციშვილი ვ. 352



ძამბია ც. 209  
 ძიბიგური ა. 664  
 წილოსანი ზ. 427  
 ჭავჭავაძე ვ. 304, 311, 567  
 ჭავჭავაძე ო. 320  
 ჭანჭიჭავაძე ი. 441  
 ჭელიძე გ. 127  
 ჭელიძე ი. 575

ხეთოსი გ. 722  
 ხაზარაძე რ. 124  
 ხანანაშვილი ვ. 644  
 ხანთაძე ა. 80  
 ხატისკაცი გ. 644  
 ხაკაბურდიძე კ. 396  
 ხეჩინაშვილი ე. 331  
 ხვედელიძე ზ. 76  
 ხიდაშელი ნ. 595  
 ხიმშიაშვილი გ. 27

ჯაიანი გ. 560  
 ჯალღონია ე. 235  
 ჯანჭავაძე ი. 660  
 ჯაფარიძე კ. 352  
 ჯაფარიძე შ. 108  
 ჯიბლაძე თ. 120  
 ჯოხაძე დ. 719  
 ჯუღელი კ. 403  
 ჰამზა ფ. 39  
 ჰირალა ნ. ფ. 307

УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ 70-го ТОМА

Агладзе И. Н. 677  
 Агладзе Р. И. 357  
 Алешко-Ожевский О. П. 313  
 Андрианов К. А. 621  
 Андроникашвили Т. Г. 625  
 Анели Н. А. 113  
 Апакидзе Н. А. 493  
 Арешидзе Х. И. 329, 337  
 Арошидзе Г. М. 601  
 Арсенишвили А. Ю. 397  
 Асатиани А. В. 461  
 Асланикашвили Н. А. 381  
 Ахобадзе Р. Н. 93  
 Ахобадзе Т. И. 281  
 Бакрадзе А. Н. 461  
 Балавадзе В. К. 681  
 Барабадзе Ш. Ш. 93  
 Барабанов В. Н. 561  
 Барамидзе Г. А. 57  
 Барамидзе Т. Г. 221  
 Баумберг И. Б. 581  
 Бегеладзе Л. А. 701  
 Беридзе П. З. 637  
 Беришвили Г. П. 597  
 Беришвили Л. И. 211  
 Беручашвили Н. Л. 117  
 Бирюкоза-Ерогина М. А. 457  
 Блюмберг Э. А. 353  
 Богатый С. А. 25  
 Богданкевич О. В. 61  
 Бокерия В. Н. 417  
 Бокочадзе Н. Н. 465  
 Бокучава И. Т. 561

Бондарева И. Д. 137  
 Бочорншвили Ш. К. 353  
 Броучек Ф. И. 85, 609  
 Буишвили Л. Л. 581  
 Буркадзе Н. Н. 445  
 Бырько В. М. 81  
 Варсимашвили Э. В. 133  
 Вартпатрикова Э. Г. 129  
 Вачнадзе Е. А. 433  
 Вачнадзе И. А. 101  
 Векуа А. К. 741  
 Верулашвили Р. Д. 633  
 Габашвили Н. В. 677  
 Габисониа Г. Т. 737  
 Гамбашидзе Р. А. 369  
 Гаранин Л. С. 117  
 Гварамადзе Н. Д. 325  
 Гвелესიანი А. И. 77  
 Гელაშვილი К. Д. 489  
 Георгадзе Г. Е. 225  
 Гогелиანი Л. Д. 153  
 Гогоришвили П. В. 89  
 Голубев В. С. 605  
 Гошгадзе Г. С. 373  
 Грибова И. А. 629  
 Гуджабидзе Г. А. 117  
 Гудушаური Ц. Н. 85, 609  
 Гулисашვილი Б. А. 237  
 Гуревич А. С. 145, 405  
 Гуревич Ю. Ш. 289  
 Давиташვილი Е. Г. 345  
 Давиташვილი Н. С. 409  
 Дараселия В. Г. 157  
 Дараселия Д. М. 581

Дараселия Н. А. 429  
 Дарсавелидзе Г. Ш. 141  
 Даушვილი А. Н. 389  
 Девდარიანი М. Г. 185  
 Девდარიანი Т. В. 469  
 Девდარიანი Ц. Г. 216  
 Деканосидзе Г. Е. 113  
 Джанანი Г. В. 557  
 Джалагонია Е. К. 233  
 Джанджгава И. Д. 657  
 Джапаридзе К. Г. 349  
 Джапаридзе Ш. С. 105  
 Джибладзе Т. В. 117  
 Джохадзе Д. И. 717  
 Джугели К. И. 401  
 Дзadzამია Ц. Ш. 211  
 Дзидзигური А. А. 661  
 Дидебулидзе Д. Г. 437  
 Долидзе А. В. 337  
 Долидзе И. В. 649  
 Дугладзе Г. М. 141  
 Дурмишидзе С. В. 469  
 Жгенти Ц. Я. 477  
 Заалишвили М. М. 197, 465, 713  
 Замтарадзе Г. К. 691  
 Зверев М. М. 61  
 Звиаდაдзе М. Д. 581  
 Зераგия Д. П. 293  
 Зиракашвили Т. Г. 117  
 Зоненашვილი И. А. 297  
 Зосимов Н. К. 577  
 Зурабашვილი М. И. 733  
 Иванов В. В. 589



- Иванов И. И. 61  
 Илуридзе К. Г. 665  
 Инашвили М. З. 753  
 Иорамашвили Д. Ш. 97,  
 333  
 Иорданишвили Г. С. 201  
 Иоселиани К. Б. 617  
 Иоселиани Т. К. 701  
 Кавкасидзе М. Г. 193  
 Кавтарадзе Л. К. 469  
 Каджая Д. В. 181  
 Каджая Д. И. 383  
 Какабадзе М. А. 549  
 Какушадзе А. М. 653  
 Калатозова Г. Б. 429  
 Кальменов Т. Ш. 533  
 Камалова М. Н. 487  
 Канделаки А. А. 169  
 Канделаки Г. В. 177  
 Капанадзе-Джанашиа  
 Т. К. 189  
 Каралашвили Л. Г. 81  
 Қараханов Л. М. 137  
 Қахадзе А. Э. 105  
 Кахниашвили А. И. 97,  
 333  
 Кахниашвили Н. С. 41  
 Квавадзе Д. К. 601  
 Квавадзе Э. Ш. 117  
 Квачадзе М. Б. 700  
 Квеселава В. М. 357  
 Квирикашвили В. Л. 337  
 Квирквелия Г. Г. 508  
 Квливидзе Л. Л. 211  
 Кекелия Б. И. 487  
 Кигурадзе К. И. 453  
 Киквидзе А. В. 329  
 Киласония П. Ф. 377  
 Козлов Ю. П. 709  
 Кокочашвили В. И. 353  
 Кольс О. Р. 709  
 Комиссаренко Н. Ф. 361  
 Копаладзе Р. А. 709  
 Коплатадзе Д. К. 229,  
 497  
 Коплатадзе Р. Г. 17  
 Коршак В. В. 629  
 Котаева Д. В. 693  
 Кофман П. В. 421  
 Кочладзе З. Ю. 565  
 Криалашвили И. В. 577  
 Кублашвили Ж. Ш. 345  
 Кустова Т. Л. 637  
 Кутателадзе К. С. 111,  
 633  
 Кучухидзе Дж. К. 361  
 Лацабидзе Н. А. 381  
 Левина З. И. 81  
 Левина М. Г. 89  
 Лежава Т. А. 437  
 Лекишвили Т. Г. 669  
 Лиадзе З. Л. 601  
 Лобжанидзе Э. Д. 169  
 Лолодзе М. С. 113  
 Лурсманашвили О. В. 69  
 Магометов А. А. 745  
 Мадзагуа З. К. 21  
 Майсурадзе Д. П. 349  
 Майсурадзе Н. А. 629  
 Макаревич О. Б. 561  
 Мамацашвили Н. С. 121,  
 741  
 Манджавидзе М. В. 117  
 Маргиев Б. Г. 397  
 Масс Е. И. 149, 413  
 Матиашвили М. Г. 613  
 Матинова М. С. 577  
 Махарадзе Ш. К. 225  
 Мгалоблишвили М. Г.  
 605  
 Мгеладзе Б. М. 629  
 Мегрелишвили Р. Ш. 309  
 Меликадзе Л. Д. 617  
 Меликадзе Н. Л. 569  
 Мелия Н. С. 177  
 Мествиришвили А. Н. 61  
 Микадзе Г. В. 197  
 Микадзе И. С. 45  
 Минджия М. Л. 577  
 Миськин Н. А. 585  
 Муравьев И. А. 637  
 Мухадзе М. Г. 653  
 Мхеидзе Е. А. 161  
 Мхеидзе Т. Д. 577  
 Мшвидобадзе М. В. 217,  
 729  
 Мышляев В. Н. 561  
 Надирадзе Д. П. 149,  
 413  
 Накаидзе Ш. Г. 673  
 Намталишвили М. И.  
 313  
 Нарикашвили С. П. 181  
 Насибов М. Х. 29  
 Нацвлишвили М. Г. 725  
 Немцов В. А. 53  
 Николайшвили Н. А. 665  
 Ногайдели А. И. 341,  
 621  
 Ногайдели Г. А. 341,  
 621  
 Нориков Ю. Д. 353  
 Ольшанова К. М. 605  
 Павленишвили И. Я. 349  
 Папава Г. Ш. 629  
 Папелишвили Р. К. 717  
 Парсаданишвили Э. Г.  
 437  
 Парулава Г. Г. 503  
 Пяпиа И. К. 737  
 Пирадашвили Д. З. 489  
 Плеплер М. Л. 397  
 Рамишвили Р. М. 687  
 Рагава Л. П. 173  
 Сабашвили Ш. А. 589  
 Сабелашвили Ш. Д. 625  
 Саваренский Е. Ф. 321  
 Сакварелидзе А. В. 425  
 Самадашвили А. Г. 221  
 Самадашвили З. В. 705  
 Санадзе Т. И. 581  
 Саркисян С. Ш. 645  
 Сванидзе О. П. 89  
 Сванидзе Ц. И. 365  
 Семнохина А. Ф. 709  
 Сепиашвили А. Д. 553  
 Сепиашвили Н. Д. 661  
 Симонидзе М. Ш. 465  
 Сирадзе Ш. К. 211  
 Сирюк А. Г. 93  
 Сихарулидзе Г. Б. 751  
 Собчинская Н. М. 201  
 Стефаненко Г. А. 713  
 Стрельников Ю. А. 49  
 Сулакадзе Т. С. 173  
 Сулаквелидзе Г. К. 593  
 Сулухия В. С. 225  
 Сулханишвили Г. И. 529  
 Сурмава Б. М. 401  
 Тавадзе Г. У. 421  
 Тавадзе Г. Ф. 673  
 Тавадзе Ф. Н. 401  
 Тавхелидзе Д. С. 409  
 Тактакишвили Д. С. 633



- Тариеладзе В. И. 273  
 Татаришвили Л. И. 641  
 Татишвили И. Я. 481  
 Тевзадзе Н. Р. 277  
 Тевзадзе Т. Ш. 285  
 Тедиашвили А. Г. 117  
 Теплицкий Э. Ш. 149, 413  
 Тетрашвили М. Ф. 541  
 Тимченко А. С. 181  
 Тихонова Т. И. 81  
 Ткешелашвили Р. Ш. 341, 621  
 Топурия З. М. 481  
 Топурия Ш. Д. 665  
 Турашвили Т. В. 289  
 Тушабрамишвили Д. М. 741  
 Тхелидзе М. Г. 21  
 Угрехелидзе Д. Ш. 206, 469  
 Угулава М. М. 613  
 Угулава Н. А. 206  
 Уротадзе С. Л. 625  
 Урушадзе Т. Ф. 161  
 Фридман Я. Д. 89  
 Фурман В. Я. 465, 713  
 Хавтаси Д. Д. 721  
 Хазарадзе Р. Д. 121  
 Хамза Ф. 37  
 Хананашвили В. С. 641  
 Хантадзе А. Г. 77  
 Хатискаци Г. Н. 641  
 Хачапуридзе К. Т. 393  
 Хведелидзе З. В. 73  
 Хечинашвили Е. П. 329  
 Хидашели Н. Ш. 593  
 Химшиашвили Г. Н. 25  
 Хиралла Н. Ф. 305  
 Цагарейшвили Г. В. 141  
 Цилосани З. Н. 425  
 Цинцадзе Г. В. 613  
 Цирамуа Г. С. 677  
 Цицишвили В. Г. 349  
 Чавчанидзе В. В. 301, 309, 565  
 Чавчанидзе О. Н. 317  
 Чагелишвили В. А. 105  
 Чадунели Г. А. 673  
 Чан Хань Май 65  
 Чанкотадзе И. С. 443  
 Чарекишвили Г. М. 449  
 Челидзе Г. Ф. 125  
 Челидзе И. Ш. 573  
 Чивадзе Г. О. 329  
 Чикваидзе В. Н. 201  
 Чиковани Р. И. 577  
 Чиковани Э. Н. 97, 333  
 Чичуа Б. К. 381  
 Чичуа Г. К. 641  
 Чобанян С. А. 273  
 Чоговадзе Т. В. 341, 621  
 Чубинидзе Т. А. 397  
 Чумаевская А. Н. 629  
 Чхатарашвили Т. И. 733  
 Чхиквишвили В. И. 165  
 Шарадзе З. С. 601  
 Шарашенидзе Т. В. 33  
 Шарашидзе Л. К. 481  
 Шарикадзе М. З. 365  
 Шелегия Р. С. 45  
 Шепель Л. И. 81  
 Шония Н. Б. 321  
 Шулая Д. А. 545  
 Эбралидзе А. Д. 537  
 Эбралидзе Т. Д. 309  
 Эдилашвили И. Л. 617  
 Эристави В. Д. 605  
 Эристави И. Я. 473  
 Эристави Л. И. 361  
 Явич П. А. 637  
 Яворский И. Р. 321  
 Ямзин И. И. 313

## AUTHOR INDEX TO VOLUME 70

- Agladze I. N. 680  
 Agladze R. I. 359  
 Akhobadze R. N. 95  
 Akhobadze T. I. 284  
 Aleshko-Ozhevsky O. P. 316  
 Andrianov K. A. 624  
 Andronikashvili T. G. 627  
 Aneli N. A. 114  
 Apakidze N. A. 495  
 Areshidze Kh. I. 332, 340  
 Aroshidze G. M. 604  
 Arsenishvili A. Yu. 400  
 Asatiani A. V. 463  
 Aslanikashvili N. A. 384  
 Barabanov V. N. 564  
 Baramidze G. A. 60  
 Baramidze T. G. 224  
 Baumberg I. B. 584  
 Begeladze L. A. 704  
 Beridze P. Z. 640  
 Berishvili G. P. 600  
 Berishvili L. I. 211  
 Beruchashvili N. L. 120  
 Biriukova-Yerogina M. A. 460  
 Blyumberg E. A. 356  
 Bochorishvili Sh. K. 356  
 Bogaty S. A. 28  
 Bogdankevich O. V. 63  
 Bokeria V. N. 419  
 Bokochadze N. N. 468  
 Bokuchava I. T. 564  
 Bondareva I. D. 140  
 Broucek F. I. 88, 612  
 Buishvili L. L. 584  
 Burkadze N. N. 448  
 Byrko V. M. 84  
 Chaduneli G. A. 675  
 Chagelishvili V. A. 108  
 Chan Khanh Mai 68  
 Chankotadze I. S. 443  
 Charekishvili G. M. 451  
 Chavchanidze O. N. 320  
 Chavchanidze V. V. 304, 311, 567  
 Chelidze I. Sh. 575  
 Chichua B. K. 384  
 Chichua G. K. 644  
 Chikovani E. N. 100, 336  
 Chikovani R. I. 580  
 Chikvaidze V. N. 203



- Chivadze G. O. 332  
 Chkhatarashvili T. I. 736  
 Chkhikvshvili V. I. 168  
 Chobanyan S. A. 276  
 Chogovadze T. V. 344, 624  
 Chubinidze T. A. 400  
 Chumaevskaia A. N. 632
- Daraselia D. M. 584  
 Daraselia N. A. 432  
 Daraselia V. G. 160  
 Darsavelidze G. Sh. 144  
 Daushvili A. P. 392  
 Davtashvili E. G. 347  
 Davitashvili N. S. 412  
 Dekanosidze G. E. 114  
 Devdariani M. G. 187  
 Devdariani T. V. 471  
 Devdariani Ts. G. 216  
 Didebulidze D. G. 440  
 Dolidze A. V. 340  
 Dolidze I. D. 652  
 Dugladze G. M. 144  
 Durmishidze S. V. 471  
 Dzadzamia Ts. Sh. 211  
 Dzidziguri A. A. 664
- Ebralidze A. D. 539  
 Ebralidze T. D. 311  
 Edilashvili I. L. 620  
 Eristavi I. Ya. 475  
 Eristavi L. I. 364  
 Eristavi V. D. 608
- Fridman Ya. D. 92  
 Furman V. Ya. 468, 716
- Gabashvili N. V. 680  
 Gabisonia G. T. 740  
 Garanin L. S. 120  
 Gelashvili K. D. 491  
 Georgadze G. E. 227  
 Ghambashidze R. A. 372  
 Gogeliani L. D. 155  
 Gogorishvili P. V. 92  
 Golubev N. S. 608  
 Gongadze G. S. 375  
 Gribova I. A. 632  
 Gudushauri Ts. N. 88, 612  
 Gujabidze G. A. 120  
 Gulisashvili B. A. 240  
 Gurevich A. S. 148, 408  
 Gurevich Yu. Sh. 292  
 Gvaramadze N. D. 328  
 Gvelesiani A. I. 80
- Hamza F. 39
- Iluridze K. G. 668  
 Inashvili M. Z. 756  
 Iordanishvili D. Sh. 100, 336  
 Iordanishvili G. S. 203  
 Ioseliani K. B. 620  
 Ioseliani T. K. 704  
 Ivanov I. I. 63  
 Ivanov V. V. 591
- Jaiani G. V. 560  
 Jalagonia E. K. 235  
 Janjgava I. D. 660  
 Japaridze K. G. 352  
 Japaridze Sh. S. 108  
 Jibladze T. V. 120  
 Jokhadze D. I. 720  
 Jugeli K. I. 404
- Kajaia D. I. 388  
 Kajaia D. V. 184  
 Kakabadze M. A. 552  
 Kakhadze A. E. 108  
 Kakhniashvili A. I. 100, 336  
 Kakhniashvili N. S. 43  
 Kakushadze A. M. 656  
 Kalatozova G. B. 432  
 Kalmenov T. Sh. 536  
 Kamalova M. N. 488  
 Kandelaki A. A. 171  
 Kandelaki G. V. 180  
 Kapanadze-Janashia T. K. 192
- Karakhanov L. M. 140  
 Karalashvili L. G. 84  
 Kavkasidze M. G. 195  
 Kavtaradze L. K. 471  
 Kekelava B. I. 488  
 Khachapuridze K. T. 396  
 Khananashvili V. S. 644  
 Khantadze A. G. 80  
 Khatiskatsi G. N. 644  
 Khavtasi D. D. 723  
 Khazaradze R. D. 124  
 Khechinashvili E. P. 332  
 Kheralla N. F. 307  
 Khidasheli N. Sh. 595  
 Khimshvashvili G. N. 28  
 Khvedelidze Z. V. 76  
 Kiguradze K. I. 455  
 Kikvidze A. V. 332  
 Kilasonia P. F. 380
- Kochladze Z. Yu. 563, 590  
 Kofman P. V. 422  
 Kokochashvili V. I. 356  
 Kols O. R. 712  
 Komissarenko N. F. 364  
 Kopaladze R. A. 712  
 Koplataidze D. K. 230, 498
- Koplatadze R. G. 20  
 Korshak V. V. 632  
 Kotaeva D. V. 695  
 Kozlov Yu. P. 712  
 Krialashvili I. V. 580  
 Kublashvili Zh. Sh. 347  
 Kuchukhidze J. K. 364  
 Kustova T. L. 640  
 Kutateladze K. S. 112, 636  
 Kvachadze M. B. 700  
 Kvavadze D. K. 604  
 Kvavdze E. Sh. 120  
 Kveselava V. M. 359  
 Kvirikashvili V. L. 340  
 Kvirkvelia G. G. 508  
 Kvlividze L. L. 211
- Latsabidze N. A. 384  
 Lekishvili T. G. 672  
 Levina M. G. 92  
 Levina Z. I. 84  
 Lezhava T. A. 440  
 Liadze Z. L. 604  
 Lobzhanidze E. D. 171  
 Loladze M. S. 114  
 Lursmanashvili O. V. 71
- Madzagua Z. K. 24  
 Magometov A. A. 748  
 Maisuradze D. P. 352  
 Maisuradze N. A. 632  
 Makarevich O. B. 564  
 Makharadze Sh. K. 227  
 Mamatsashvili N. S. 124  
 Manjavidze M. V. 120  
 Margiev B. G. 400  
 Mass E. I. 152, 416  
 Matiashvili M. G. 615  
 Matinova M. S. 580  
 Megrelishvili R. Sh. 311  
 Melia N. S. 180  
 Melikadze L. D. 620  
 Melikadze N. L. 572  
 Mestvirishvili A. N. 63  
 Mgaloblishvili M. G. 608  
 Mgeladze B. M. 632  
 Mikadze G. V. 199



- Mikadze I. S. 48  
 Minjia M. L. 580  
 Miskin N. A. 586  
 Mkhaidze E. A. 163  
 Mkhaidze T. D. 580  
 Mshvidobadze M. V. 220,  
 732  
 Mukhadze M. G. 656  
 Muravyev I. A. 640  
 Myshlyaev V. N. 564  
 Nadiradze D. P. 152, 416  
 Nakaidze Sh. G. 675  
 Namtalishvili M. I. 316  
 Narikashvili S. P. 184  
 Nasibov M. Kh. 31  
 Natsvlishvili M. G. 727  
 Nemtsov V. A. 56  
 Nikolaishvili N. E. 664  
 Nogaideli A. J. 344, 624  
 Nogaideli G. A. 344, 624  
 Norikov Yu. D. 356  
 Olshanova K. M. 608  
 Papava G. Sh. 632  
 Papelishvili R. K. 720  
 Parsadanishvili E. G. 440  
 Parulava G. G. 504  
 Pavlenishvili I. Ya. 352  
 Pipia E. K. 740  
 Piradashvili D. Z. 491  
 Plepler M. L. 400  
 Ramishvili R. M. 687  
 Rapava L. P. 175  
 Sabashvili Sh. A. 591  
 Sabelashvili Sh. D. 627  
 Sakvarelidze A. V. 427  
 Samadashvili A. G. 224  
 Samadashvili Z. V. 708  
 Sanadze T. I. 584  
 Sarkisyan S. Sh. 648  
 Savarensky E. F. 323  
 Semyokhina A. F. 712  
 Sepiashvili A. D. 556  
 Sepiashvili N. D. 664  
 Sharadze Z. S. 604  
 Sharashenidze T. V. 36  
 Sharashidze L. K. 484  
 Sharikadze M. Z. 368  
 Shelegia R. S. 48  
 Shepel L. I. 84  
 Shonia N. B. 323  
 Shulaia D. A. 548  
 Sikharulidze G. B. 752  
 Simonidze M. Sh. 468  
 Siradze Sh. K. 211  
 Siryuk A. G. 95  
 Sobchinskaya N. M. 203  
 Stefanenko G. A. 716  
 Strelnikov Yu. A. 52  
 Sulakadze T. S. 175  
 Sulakvelidze G. K. 595  
 Sulkhanishvili G. I. 532  
 Sulukhia V. S. 227  
 Surmava B. M. 404  
 Svanidze O. P. 92  
 Svanidze Ts. I. 368  
 Taktakishvili D. S. 636  
 Tarieladze V. I. 276  
 Tatarishvili L. I. 644  
 Tatishvili I. Ya. 484  
 Tavadze F. N. 404  
 Tavadze G. F. 675  
 Tavadze G. U. 424  
 Tavkhelidze D. S. 412  
 Tchelidze G. F. 127  
 Tediashvili A. G. 120  
 Teplitski E. Sh. 152, 416  
 Tetrushvili M. R. 544  
 Tevzadze N. R. 280  
 Tevzadze T. Sh. 288  
 Tikhonova T. I. 84  
 Timchenko A. S. 184  
 Tkeshelashvili R. Sh. 344,  
 624  
 Tkhelidze M. G. 24  
 Topuria Sh. D. 668  
 Topuria Z. M. 484  
 Tsagareishvili G. V. 144  
 Tsilosani Z. N. 427  
 Tsintsadze G. V. 615  
 Tsiramua G. S. 680  
 Tsitsishvili V. G. 352  
 Turashvili T. V. 292  
 Ugrekhelidze D. Sh. 207,  
 471  
 Ugulava M. M. 615  
 Ugulava N. A. 207  
 Urotadze S. L. 627  
 Urushadze T. F. 163  
 Vachnadze I. A. 104, 436  
 Varsimashvili E. V. 136  
 Vartpatrikova E. G. 131  
 Verulashvili R. D. 636  
 Yamzin I. I. 316  
 Yavich P. A. 640  
 Yavorsky I. R. 323  
 Zaalishvili M. M. 199, 468,  
 716  
 Zamtaradze G. K. 692  
 Zeragia D. P. 296  
 Zhgenti Ts. Ya. 480  
 Zirakashvili T. G. 120  
 Zonenashvili I. A. 300  
 Zosimov N. K. 580  
 Zurabashvili M. I. 736  
 Zverev M. M. 63  
 Zviadadze M. D. 584

## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

1. В журнале «Сообщения АН ГССР» 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 ГССР.

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 ГССР принимаются непосредственно в редакции «Сообщений», статьи же других авторов представляются академиком или членом-корреспондентом АН ГССР. 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 должна быть представлена автором в двух экземплярах, в готовом для печати виде, на грузинском или на русском языке, по желанию автора. К ней должны быть приложены резюме — к грузинскому тексту на русском языке, а к русскому на грузинском, а также краткое резюме на английском языке. Объем статьи, включая иллюстрации, резюме и список цитированной литературы, приводимой в конце статьи, не должен превышать четырех страниц журнала (8000 типографских знаков), или шести стандартных страниц машинописного текста, отпечатанного через два интервала (статьи же с формулами — пяти страниц). Представление статьи по частям (для опубликования в разных номерах) не допускается. Редакция принимает от автора в месяц только одну статью.

5. 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 I настоящего положения.

6. 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.

7. Статья оформляется следующим образом: сверху страницы в середине пишутся инициалы и фамилия автора, затем — название статьи; 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.

8. Иллюстрации и чертежи должны быть представлены по одному экземпляру 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. Подрисовочные подписи, сделанные на языке основного текста, должны быть представлены на отдельном листе. Не следует приклеивать фото и чертежи к листам оригинала. На полях оригинала автор отмечает карандашом, в каком месте должна быть помещена та или иная иллюстрация. Не должны представляться таблицы, которые не могут уместиться 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.

9. Список цитированной литературы должен быть отпечатан на отдельном листе в следующем порядке. Вначале пишутся инициалы, а затем — фамилия автора. Если цитирована журнальная работа, указываются сокращенное название журнала, том, номер, год издания, а если цитирована книга, — полное название книги, место и 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 сносках 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.

10. 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).

11. 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 напечатать ее без визы автора.

12. Автору выдается бесплатно 25 оттисков статьи.

(Утверждено Президиумом Академии наук Грузинской ССР 10.10.1968; внесены изменения 6.2.1969)

Адрес редакции: Тбилиси 60, ул. Кутузова, 19, телефоны 37-22-16, 37-93-42.

Почтовый индекс 380060

Условия подписки: на год — 12 руб.

## ს გ ო რ ტ ა ს ა ქ უ რ ა დ ლ ე ბ ო ლ

1. ჟურნალ „საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბეში“ ქვეყნდება აკადემიოსთა 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 ცხოველთა, მცენარეთა ან სხვათა სისტემატიკაზე, თუ მასში მოცემული არაა მეცნიერებისთვის განსაკუთრებით საინტერესო შედეგები.

3. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიოსთა და წევრ-კორესპონდენტთა წერილები უშუალოდ გადაეცემა გამოსაქვეყნებლად „მოამბის“ რედაქციას, ხოლო სხვა ავტორთა წერილები ქვეყნდება აკადემიოსთა ან წევრ-კორესპონდენტთა წარდგინებით. როგორც წესი, აკადემიოსს ან წევრ-კორესპონდენტს „მოამბეში“ დასაბუქლად წელიწადში შეუძლია წარმოადგინოს სხვა ავტორთა არაუმეტეს 12 წერილისა (მხოლოდ თავისი სპეციალობის მიხედვით), ე. ი. თითოეულ ნომერში თითო წერილი. საკუთარი წერილი — რამდენიც სურს, ხოლო თანავტორებთან ერთად — არაუმეტეს სამი წერილისა. გამოჩაქლის შემთხვევაში, როცა აკადემიოსი ან წევრ-კორესპონდენტი მოითხოვს 12-ზე მეტი წერილის წარდგენას, საკითხს წყვეტს მთავარი რედაქტორი. წარდგინების გარეშე შემოსულ წერილს „მოამბის“ რედაქცია წარმოსადგენად გადასცემს აკადემიოსს ან წევრ-კორესპონდენტს. ერთსა და იმავე ავტორს (გარდა აკადემიოსისა და წევრ-კორესპონდენტისა) წელიწადში შეუძლია „მოამბეში“ გამოაქვეყნოს არა უმეტეს სამი წერილისა (სულ ერთია, თანავტორებთან იქნება იგი, თუ ცალკე).

4. წერილი წარმოდგენილი უნდა იყოს ორ ცალად, დასაბუქლად საეცებით მზა სახით, ავტორის სურვილისამებრ ქართულ ან რუსულ ენაზე, ქართულ ტექსტს თან უნდა ახლდეს რუსული და მოკლე ინგლისური რეზიუმე, ხოლო რუსულ ტექსტს — ქართული და მოკლე ინგლისური რეზიუმე. წერილის მოცულობა ილუსტრაციებითურთ, რეზიუმეებითა და დამოწმებული ლიტერატურის ნუსხითურთ, რომელიც მას ბოლოში ერთვის, არ უნდა აღემატებოდეს ჟურნალის 4 გვერდს (8000 სასტამბო ნიშანი), ანუ საწერ მანქანაზე ორი ინტერვალით გადაწერილ 6 სტანდარტულ გვერდს (ფორმულებიანი წერილი კი 5 გვერდს). არ შეიძლება წერილების ნაწილებად დაყოფა სხვადასხვა ნომერში გამოსაქვეყნებლად. ავტორისაგან რედაქცია ღებულობს თვეში მხოლოდ ერთ წერილს.

5. აკადემიოსთა ან აკადემიის წევრ-კორესპონდენტთა წარდგინება რედაქციის სახელზე დაწერილი უნდა იყოს ცალკე ფურცელზე წარდგინების თარიღის აღნიშვნით. მასში აუცილებლად უნდა აღნიშნოს, თუ რა არის ახალი წერილში, რა მეცნიერული ღირებულება აქვს მას და რამდენად უპასუხებს ამ წესების 1 მუხლის მოთხოვნას.

6. წერილი არ უნდა იყოს გადატვირთული შესავლით, მიმოხილვით, ცხრილებით, ილუსტრაციებითა და დამოწმებული ლიტერატურით. მასში მთავარი ადგილი უნდა ჰქონდეს დათმობილი საკუთარი გამოკვლევის შედეგებს. თუ წერილში გზადაგზა, ქვეთავების მიხედვით გადმოცემულია დასკვნები, მაშინ საჭირო არაა მათი განმეორება წერილის ბოლოს.

7. წერილი ასე ფორმდება: თავში ზემოთ უნდა დაიწეროს ავტორის ინიციალები და გვარი, ქვემოთ — წერილის სათაური. ზემოთ მარჯვენა მხარეს, წარმომდგენმა 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.

8. ილუსტრაციები და ნახაზები წარმოდგენილ უნდა იქნეს თითო ცალად კონვერტით. ამასთან, ნახაზები შესრულებული უნდა იყოს კალკაზე შავი ტუშით, წარწერები ნახაზებს უნდა გაუყეთდეს კალიგრაფიულად და ისეთი ზომისა, რომ შემცირების შემთხვევაშიც კარგად





იკითხებოდეს. ილუსტრაციების ქვემო წარწერების ტექსტი წერილის ძირითადი ტექსტის განაწილებას წარმოადგენს უნდა იქნეს ცალკე ფურცელზე. არ შეიძლება ფოტოებისა და ნახაზების დაწესება დედნის გვერდებზე. ავტორმა დედნის კიდეზე ფანქრით უნდა აღნიშნოს, რა ადგილას მოთავსდეს ესა თუ ის ილუსტრაცია. არ შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს ისეთი ცხრილი, რომელიც ავტორის ერთ გვერდზე ვერ მოთავსდება. ფორმულები მელნით მკაფიოდ უნდა იყოს ჩაწერილი ტექსტის ორივე ეგზემპლარში; ბერძნულ ასოებს ქვემოთ ყველაგან უნდა გაეყვას 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 ნიშნაგებიც (ინდექსები და ხარისხის მაჩვენებლები). რეზიუმეები წარმოდგენილ უნდა იქნეს ცალ-ცალკე ფურცლებზე. წერილში არ უნდა იყოს ჩასწორებები და ჩამატებები ფანქრით ან მელნით.

9. დამოწმებული ლიტერატურა უნდა დაიბეჭდოს ცალკე ფურცელზე. საჭიროა დაცულ იქნეს ასეთი თანმიმდევრობა: ავტორის ინიციალები, გვარი. თუ დამოწმებულია საყურანლო შრომა, ვუჩვენოთ ავტორის შემოკლებული სახელწოდება, ტომი, ნომერი, გამოცემის წელი. თუ დამოწმებულია წიგნი, აუცილებელია ვუჩვენოთ მისი სრული სახელწოდება, გამოცემის ადგილი და წელი. თუ ავტორი საჭიროდ მიიჩნევს, ბოლოს შეუძლია გვერდების ნუმერაციაც უჩვენოს. დამოწმებული ლიტერატურა უნდა დალაგდეს არა ანბანური წესით, არამედ დამოწმების თანმიმდევრობით. ლიტერატურის მისათითებლად ტექსტსა თუ შენიშვნებში კვადრატულ ფრჩხილებში ნაჩვენებია 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.

10. „მოამბეში“ გამოქვეყნებული ყველა წერილის მოკლე შინაარსი იბეჭდება რეფერატულ ავტორალზე. ამიტომ ავტორმა წერილთან ერთად აუცილებლად უნდა წარმოადგინოს მისი რეფერატი რუსულ ენაზე (ორ ცალად).

11. ავტორს წასაკითხად ეძლევა თავისი წერილის გვერდებზე 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.

12. ავტორს უფასოდ ეძლევა თავისი წერილის 25 ამონაბეჭდი.

(დამტკიცებულია საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის პრეზიდიუმის მიერ 10.10.1968; შეტანილია ცვლილებები 6.2.1969)

რედაქციის მისამართი: თბილისი 60, კუტუშოვის ქ. № 19; ტელ. 37-22-16, 37-93-42.

საფოსტო ინდექსი 380060

ხ ე ლ მ ო წ ე რ ი ს პ ი რ ო ბ ე ბ ი: ერთი წლით 12 მან.



6. 55/115

ՅՈՒՆ 1 ՅՅԵ.  
ЦЕНА 1 РУБ.

ИНДЕКС 76181  
ՀԱՅԿԱՆԱԳՐԱԿԱՆ ԿԵՆՏՐՈՆ