

524  
1983

ISSN—0132—1447



საქართველოს სსრ  
მეცნიერებათა აკადემიის

**მოაზგა**

**СООБЩЕНИЯ**

АКАДЕМИИ НАУК  
ГРУЗИНСКОЙ ССР

**BULLETIN**

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE GEORGIAN SSR

ტომი 109 ТОМ

№ 3

მარტი 1983 МАРТ

თბილისი • ТБИЛИСИ • TBILISI



524  
1983  
8. 109  
n3

საქართველოს სსრ  
მეცნიერებათა აკადემიის

გზაგაზაფხულის

СООБЩЕНИЯ

АКАДЕМИИ НАУК  
ГРУЗИНСКОЙ ССР

BULLETIN

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE GEORGIAN SSR

84

ტომი 109 ტომ

№ 3

მარტი 1983 МАРТ



ს ა რ ე დ ა კ ტ ი ო რ კ ო ლ ე გ ი ა

- ე. ანდრონიკაშვილი, ა. აფაქიძე, ა. ბიწაძე, ლ. გაბუნია (მთავარი რედაქტორის მოადგილე),
- თ. გამყრელიძე, ი. გვერდწითელი, ა. გუნია, ს. ღურმიშიძე, ა. თავხელიძე, ვ. კუპრაძე (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), ნ. ლანდია, გ. მელიქიშვილი, ვ. თყუჭავაძე,
- ა. ფრანგიშვილი, ა. ცაგარელი, გ. ციციშვილი, ა. ძიძიგური, შ. ძიძიგური,
- გ. ხარატიშვილი, ე. ხარაძე (მთავარი რედაქტორი), ნ. ჭავჭავაძე, გ. ჯიბლაძე

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

- Э. Л. Андроникашвили, А. М. Апакидзе, А. В. Бицадзе, Л. К. Габуния (заместитель главного редактора), Т. В. Гамкрелидзе, И. Г. Гвердцители, А. Л. Гуния, Н. А. Джавахишвили, Г. Н. Джигладзе, А. А. Дзидзигури, Ш. В. Дзидзигури, С. В. Дурмишидзе, В. Д. Купрадзе (заместитель главного редактора), Н. А. Ландия, Г. А. Меликишвили, В. М. Окуджава, А. С. Прангишвили, А. Н. Тавхелидзе, Е. К. Харадзе (главный редактор), Г. В. Харатишвили, А. Л. Цагарели, Г. В. Цицишвили

პასუხისმგებელი მდივანი ვ. შაბარაძე  
Ответственный секретарь Г. Е. Махарадзе

გადაეცა ისაწყობად 17.2.1983; ხელმოწერილია დასაბუქლად 12.5.1983; შეკვ. № 552; ანაწყობის ზომა 7×12<sup>3</sup>/<sub>4</sub>; ქაღალდის ზომა 70×108; ფიზიკური ფურცელი 14; სააღრიცხვო-საგამომცემლო ფურცელი 18,5; ნაბეჭდი ფურცელი 19,6; უე 05261; ტირაჟი 1520; ფასი 1 მან. 90 კაპ.

Сдано в набор 17.2.1983; подписано к печати 12.5.1983; зак. № 522; размер набора 7×12<sup>3</sup>/<sub>4</sub>; размер бумаги 70×108; физический лист 14; уч. издательский лист 18,5; печатный лист 19,6; УЭ 05261; тираж 1520; цена 1 руб. 90 коп.

\* \* \*

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

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

895/1

### შ ი ნ ა რ ს ი

#### მათემატიკა

- \*გ. არსენიშვილი, ნ. ზაალიშვილი. მრავალფაზიანი სისტემა მომსახურების ცვალებადი ინტენსივობით 467
- \*ნ. ნიკოლეიკო. სფეროზე მატრიც-ფუნქციათა ოჯახის კერძო ინდექსთა სისტემის მდგრადობის შესახებ 471
- \*ვ. ცხადაია. განსაკუთრებული ინტეგრალების შესახებ 475
- \*ს. სანელიძე. პარაკომაქტურ სივრცეთა ჰომოლოგიის თეორიის შესახებ 479
- \*თ. ქარჩავა. ფურიეს მწკრივების ბერნშტეინ-როგოზინსკის მეთოდით შეჯამება-დობის შესახებ 483

#### მათემატიკური ფიზიკა

- \*რ. კიკინაძე. მიკრობლარული სითხის სტაციონარული დინების განტოლების ფუნდამენტური ამონახსნი და მასთან დაკავშირებული პოტენციალები 487

#### ღრმაკვლევის თეორია

- \*ვ. კუტუხოვი. ღრეკადობის თეორიის ინტეგრალური განტოლებები უბან-უბან ლიაუნოვის ზედაპირებით შემოსაზღვრული არეებისათვის 491
- \*ლ. დობოჯაჯინიძე. ორი ღრეკადი სხეულის თანახემა ხისტი შეერთების და გაკუთრების უბნების არსებობისას 496

#### კიბერნეტიკა

- \*ვ. მაისტრენკო. განსაზღვრული სახის გრაფის წვეროების მაქსიმალური დამოუკიდებელი სიმრავლეების პოვნის მეთოდი 499
- \*რ. მითაიშვილი. საქალაქო სამზავრო ტრანსპორტზე მგზავრთა გადაყვანის უთანაბრობის მოსწრების შესახებ 504
- \*ი. ორლოვი, რ. ჩიტაშვილი. ციფრის კანონის სტატისტიკური აზრის შესახებ 508

#### ფიზიკა

- \*ი. პაპავა. რეკომბინაციული გამოსხივების პოლარიზაციისა და ინტენსივობის დამოკიდებულება დენის ვადამტანთა საშუალო სპინების ორიენტაციაზე CaAs-ის ტიპის ნახევარგამტარებში 512
- \*ლ. ლაფერაშვილი. დიკვარკები და სიმების ურთიერთქმედება კმღ-ში 515
- \*ლ. აბულაძე, ი. ბაუმბერგი, ო. საქსაგანსკი. სივრცითარხიანი მდნ ტრანზისტორი (თეორია) 520
- \*დ. მალაზონია, მ. მენაბდე. მყარ სხეულებში ზეიმანის და დიპოლურ ქვე-სისტემებს შორის კროს-რელაქსაციის საკითხის შესახებ 524

\* ვარსკვლავით აღნიშნული სათაური ეკუთვნის წერილის რეზიუმეს.

ბაბქანიძე სტბ. სპ.  
საქართველოს რესპ.  
ფიზ. მ. ბ. ლ. ი. მ. თ.

- \*ნ. ბ რ ა ი უ შ კ ო ვ ი ჩ ი, გ. მ ა ჩ ა ბ ე ლ ი. პულსარის მაგნიტოსფეროში ციკლოტრონული პოტენციური არამდგრადობის აღძვრის შესახებ 527
- \*ე. ქ უ თ ე ლ ი ა, ნ. ხ ა ს ი ა, გ. დ ა რ ს ა ე ლ ი ძ ე, ვ. ს ა ნ ა ძ ე. სპილენძით მდიდარი სპილენძ-მარგანცის შენადნობის შინაგანი ხახუნი და ნაზო სტრუქტურა 532
- \*ა. ბ ი ჩ ი ნ ა შ ვ ი ლ ი, ე. ვ ი ნ ტ ა ი კ ი ნ ი, ე. ლ ა ბ ა რ ტ ყ ა ვ ა. ერთგვაროვან და არაერთგვაროვან დეფორმირებულ დაბერებულ Mn—Cu შენადნობებში ფორმის აღდგენა და შექცევადი ცვლილება 535

### გეოფიზიკა

- \*თ. კ ე ლ ი ძ ე. არაერთგვაროვანი სისტემების სტრუქტურისადმი მგრძობიარე თვისებების თეორიის ჩამოყალიბების ძირითად პრობლემათა შესახებ 539
- \*ნ. ბ ე რ ა ძ ე. დასავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე წლის ცივ პერიოდში ნალექების ნახევარდღეღამური ჯამის სტატისტიკური სტრუქტურისა და პარამერიზაციის საკითხები 544
- \*თ. ტ ო რ ო შ ე ლ ი ძ ე. ატომური ენგბადის ვარიაციების შესახებ ტურბოპაუზის უბანში 5577 Å ემისიის დაკვირვებების საფუძველზე 548

### ზოგადი და არაორგანული ქიმია

- \*რ. გ ი გ ა უ რ ი, ე. ვ ა ჩ ნ ა ძ ე, ნ. ნ ა თ ე ნ ა ძ ე, მ. თ ა ლ ა კ ვ ა ძ ე. ვერცხლისწყლის (II) ბრომიდის კომპლექსები ზოგიერთ დიარილაკვილარსინთან 552

### ორგანული ქიმია

- \*ქრ. ა რ ე შ ი ძ ე (საქ. სსრ მეცნ. აკად. აკადემიკოსი), გ. ჩ ი ვ ა ძ ე, ლ. ბ ა ლ ა ხ ი შ ვ ი ლ ი, ლ. ჩ ხ ე ი ძ ე. ბენზოლის ალკილირება  $C_2—C_3$  სპირტებით და ოლეფინებით მოდიფიცირებული გუმბრინის მონაწილეობით 556
- \*ვ. კ ო რ შ ა კ ი (სსრკ მეცნ. აკად. აკადემიკოსი), გ. ბ ე რ ე ს ტ ნ ე ვ ა, დ. ბ ი ბ ი ლ ე ი შ ვ ი ლ ი, ზ. გ რ ი ბ კ ო ვ ა, ვ. ლ ო პ ი რ ე ვ ი, ლ. ვ ო ლ კ ო ვ ა. პოლი-N-მეთილპიდრაზიდის გარდაქმნის შესახებ მაღალ ტემპერატურებზე 560

### ფიზიკური ქიმია

- \*ფ. თ ა ვ ა ძ ე (საქ. სსრ მეცნ. აკად. აკადემიკოსი), ო. მ ი ქ ა ძ ე, ე. ქ უ თ ე ლ ი ა, ბ. ბ უ ლ ი ა, ნ. კ ე შ ე ლ ა ვ ა, თ. ძ ი ნ ძ ი ბ ა ძ ე. კათიონური დიფუზიის როლი ქრომის ფუძის მზურვლმდე შენადნობებზე დამკველი ფურჩის ფორმირებაში 563

### ელემენტოქიმია

- \*ჯ. გ ვ ე ლ ე ს ი ა ნ ი, ლ. რ უ ბ ე შ ი. ბიპოლარული ელექტროლიზების ელექტროდ-თაშორისი სივრცის იზოლირებისათვის თხევადი დიელექტრიკის შერჩევა 567

### ქიმიური ტექნოლოგია

- \*ჯ. ი ო ს ე ბ ი ძ ე, ლ. მ ე ლ ი ქ ა ძ ე (საქ. სსრ მეცნ. აკად. აკადემიკოსი), ლ. ლ ო მ ი ძ ე. მინერალურ ზეთში დისპერსული ანტიფრიქციული მინამატების ქიმიურად აქტიური ცვეთა და ავლეჯასაწინალო მინამატებისადმი მიმღებიაზობის გამოკვლევა 571

### ბიოლოგია

- მ. რ უ ბ ი ნ შ ტ ე ი ნ ი** (საქ. სსრ მეცნ. აკად. წევრ-კორესპონდენტი), შ. ა დ ა მ ი ა,
- გ. ბ ა ლ დ ა ს ა რ ი ა ნ ი, ვ. ა ზ უ გ უ შ უ ჯ ი ლ ი. ბოლნისის მდინიანი რაიონის სპილენძ-კოლჩედიანურ-ბარიტ-პოლიმეტალური საბადოების ზედა ცარცულ ვულკანიზმთან გენეტური კავშირის შესახებ 576
- ვ. ნ ა დ ი რ ა ძ ე, ნ. ი ა შ ვ ი ლ ი. ჭიათურის მანგანუმის საბადოს მადნების შედგენილობის შესახებ ახალი მონაცემები 580
- \*ზ. რ ა კ ა ნ ტ ი. ამიერკავკასიის მკვეთ ვულკანური მინების შესწავლა დერივატოგრაფიული მეთოდით 583
- ზ. ქ უ თ ე ლ ი ა. ახალი მონაცემები დიზის სტრატეგრაფიის შესახებ (სვანეთი) 585

### ჰიდრობიოლოგია

- \*ნ. ვ ა რ ძ ე ლ ა შ ვ ი ლ ი, ტ. გ ო ლ ჯ ბ ი, გ. ა რ ე შ ი ძ ე, თ. კ ე კ ე ლ ი შ ვ ი ლ ი, ნ. გ ა რ ს ე ვ ა ნ ი შ ვ ი ლ ი. საბურთალო-დიდომის დებრესის თერმული წყლების რადიოიზოტოპური მანახაივებლები 591

### საბადოთა დაწესება და გაფორმება

- \*ზ. კ ე კ ე ლ ი ძ ე. მბრუნავი მომენტის განსაზღვრა PKC ტიპის მობრუნებადი სპირისებისათვის 596

### მეტალოგია

- \*ფ. თ ა ვ ა ძ ე (საქ. სსრ მეცნ. აკად. აკადემიკოსი), ზ. ო ქ რ ო ს ც ვ ა რ ი ძ ე, ლ. თ ა ვ ა ძ ე, ც. ზ ა რ ა შ ვ ი ლ ი, ე. დ ო ლ ი ა შ ვ ი ლ ი, ქ. ბ ა რ ნ ო ვ ა. 03X18H2O ფოლადის ფაზურ მდგენელებზე სილიციუმის, მოლიბდენის, სპილენძისა და ნიობიუმის გავლენა მოწვის შემდეგ 600
- \*ვ. ვ ე რ ტ ო გ რ ა დ ს კ ი, ვ. მ უ ს ე ლ ი ა ნ ი, ვ. ს კ ა ზ ი ნ ი, რ. შ მ უ ლ ე ვ ი ჩ ი. თერმოციკლირებული ლითონებისა და შენადნობების თბო- და ელექტროგამტარობაზე გარემოს გავლენის შესახებ 603

### მანქანათმშენობლა

- \*რ. ა დ ა მ ი ა, მ. მ ი ქ ა უ ტ ა ძ ე, ს. მ ე ბ ო ნ ი ა. ავტომატდგანის გლინებში ლითონის შეტაცებისას დეფორმაციის კერაში დარტყმითი ურთიერთქმედების ძალების განსაზღვრის მეთოდიკა 608

### მცენარეთა ფიზიოლოგია

- ე. გ ი ო რ გ ო ბ ი ა ნ ი, შ. ქ ა ნ ი შ ვ ი ლ ი. გამობრძმედის გავლენა ვაზის ერთწლიან ლერწმებში ფოსფორის ნაერთთა ფორმების შემცველობაზე 609

### ბენეტიკა და სელექცია

- \*ნ. თ ო ი ძ ე. სტეროიდული ჰორმონების ფიტოგენეტიკური ეფექტი ადამიანის პერიფერიული სისხლის ლიმფოციტების კულტურაში 615

### ადამიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

- \*მ. მ ა ყ ა შ ვ ი ლ ი, ნ. შ ო ნ ი ა, ლ. გ ო მ ა რ თ ე ლ ი. კორძიანსხეულგადაკვეთილ კატების მოკლევადაინი მესხიერება 619

### ბიოფიზიკა

- \*თ. ზაალიშვილი, გ. კობახიძე. იონური ძალის ტემპერატურის და გ-აქტინის ტემპერატურული პრეინკუბაციის გავლენა სინთეზური აქტომიოზინის სუპერპრეციპიტაციასა და აბზაზურ აქტივობაზე 624

### ბიოქიმია

- \*ნ. ნუცუბიძე (საქ. სსრ მეცნ. აკად. წევრ-კორესპონდენტი), ნ. დავითაშვილი, ნ. აბაშიძე. კლინობტილოლიტის გავლენა სიმინდში აზოტის ასიმილაციაზე 727
- \*ქ. ქავჭავანიძე, გ. დავითაია, ჯ. მეშველიშვილი, ბ. ლომსაძე. ვირთავის ღვიძლის უჯრედების ორგანელებთან პროსტაგლანდინების დაკავშირების შესწავლის საკითხისათვის 631
- \*ო. ჯიშკარიანი, მ. ცარიციძე, ბ. ლომსაძე. ინტაქტური და სიმსივნემატარებელი ვირთავების ლიპიდების ინფრაწითელი სპექტრების შესწავლა 636

### ფიტოკათოლოგია

- \*ა. ბრეგაძე, მ. ქაჯაია. ატმის კლასტეროსპორიოზის აღრიცხვის ახალი მეთოდიკა 639

### ციტოლოგია

- \*გ. კვინიხიძე, ე. ახალკაცი, თ. კალანდარიშვილი. თავების თვალის ბადურის განვლითური უჯრედების ულტრასტრუქტურული ცვლილებების რაოდენობრივი ანალიზი სპეციბიკური გამლიზიანების საპასუხოდ 644

### მასპერიმენტული მედიცინა

- \*ბ. ხუდაიდატოვი. ქვედა ოლივების შიდაორგანული სისხლმომარაგება, მათი ფუნქციონალური დაძაბულობა და დაზიანების სიმპტომები 648

### ბალეოგრიოლოგია

- \*ე. ყვავაძე. Taxodiaceae-ს ოჯახის ზოგიერთი წარმომადგენლის მიერ გამოყოფილი მტვრის პროლუქტიულობის შესახებ 651

### არქეოლოგია

- ე. გავაშვილი. მუხრანის ველის ქვაწრიანი სამარხები 653
- \*გ. ლოგინოვი. აფხაზეთის ადრეული სამიწათმოქმედო სიმბოლიკა 658

## СО ДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИКА

Г. Л. Арсенишвили, Н. З. Заалишвили. Многофазовая система с меняющейся интенсивностью обслуживания	465
П. В. Николенко. Об устойчивости системы частных индексов семейства матриц-функций на сфере	469
В. Т. Цхадазя. Об особых интегралах	473
С. А. Санеблидзе. О теории гомологии паракомпактных пространств	477
Т. К. Карчава. О суммировании рядов Фурье методом Бернштейна-Рогозинского	481

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Р. К. Чичинадзе. Фундаментальное решение уравнения стационарного течения микрополярной жидкости и связанные с ним потенциалы	485
--	-----

### ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

В. Н. Кутрунов. Интегральные уравнения теории упругости для тел ограниченных кусочно-ляпуновскими поверхностями	489
Л. Г. Доборджгинидзе. Задача сжатия двух упругих тел при наличии участков сцепления и скольжения	493

### КИБЕРНЕТИКА

В. Е. Майстренко. Метод нахождения максимальных независимых множеств вершин графа определенного вида	497
Р. Л. Миташвили. О сглаживании неравномерностей перевозок на городском пассажирском транспорте	501
Ю. К. Орлов, Р. Я. Читашвили. О статистическом смысле распределения Ципфа	505

### ФИЗИКА

Ю. И. Палава. Зависимость поляризации и интенсивности рекомбинационного излучения от ориентации спинов носителей тока в полупроводниках типа СаAs	509
Л. В. Ланерашвили. Дикварки и взаимодействие струн в КХД	513

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



- Л. Д. Абуладзе, И. Б. Баумберг, О. Б. Саксаганский. МДП транзистор с объемным каналом (Теория) 517
- Д. В. Малазония, М. Г. Менабде. К вопросу о кросс-релаксации между зеемановской и дипольной спиновыми подсистемами в твердом теле 521
- Н. Браюшкович, Г. З. Мачабели. О возбуждении циклотронной потенциальной неустойчивости в магнитосферах пульсаров 525
- Э. Р. Кутелия, Н. И. Хасия, Г. Ш. Дарсавелидзе, В. В. Санадзе. Внутреннее трение и тонкая структура сплавов медь-марганец, богатых медью 529
- А. И. Бичинашвили, Е. З. Винтайкин, Э. К. Лабарткава. Восстановление и обратимое изменение формы при неоднородной и однородной деформации в состаренных сплавах Мп-Си 533

### ГЕОФИЗИКА

- Т. Л. Челидзе. Об основных проблемах построения теории структурно-чувствительных свойств неоднородных систем 537
- Н. И. Берадзе. Вопросы статистической структуры и параметризации полусуточных сумм осадков на территории Западной Грузии в холодный период года 541
- Т. И. Торошелидзе. О вариациях атомарного кислорода в области турбопаузы по наблюдениям эмиссии  $5577 \text{ \AA}$  ночного неба 545

### ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Р. Д. Гигаури, Е. С. Вачнадзе, Н. Г. Натенадзе, М. Г. Талаквандзе. Комплексы бромида ртути (II) с некоторыми диарилалкиларсинами 549

### ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Х. И. Арешидзе (академик АН ГССР), Г. О. Чивадзе, Л. И. Балахишвили, Л. З. Чхеидзе. Алкилирование бензола  $C_2-C_3$  спиртами и олефинами в присутствии модифицированного гумбрина 553
- В. В. Коршак (академик АН СССР), Г. Л. Берестнева, Д. В. Библишвили, П. Н. Грибкова, В. А. Лопырев, Л. И. Волкова. О превращении поли-N-метилгидразидов при высоких температурах 557

### ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Ф. Н. Тавадзе (академик АН ГССР), О. И. Микадзе, Э. Р. Кутелия, Б. П. Булия, Н. П. Кешелавა, Т. Г. Дзиндзибадзе. Роль катионной диффузии в формировании защитной пленки на жаростойких сплавах хрома 561

## ЭЛЕКТРОХИМИЯ

- Дж. Ф. Гвелесиань, Л. Л. Рубеш. Подбор жидкого диэлектрика для изоляции межэлектродного пространства в биполярном электролизере 565

## ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

- Д. С. Иосебидзе, Л. Д. Меликадзе (академик АН ГССР), Л. Ч. Ломидзе. Исследование приемистости дисперсных антифрикционных присадок в отношении химически активных противозносных и противозадирных присадок в минеральном масле 569

## ГЕОЛОГИЯ

- М. М. Рубинштейн** (член-корреспондент АН ГССР), Ш. А. Адамия, Г. П. Багдасарян, В. И. Гугушвили. О генетической связи медно-колчедано-баритполиметаллических месторождений Болнисского рудного района с позднемиоценовым вулканизмом 573
- В. Р. Надирадзе, Н. Г. Иашвили. Новые данные о составе руд Чиатурского марганцевого месторождения 577
- З. И. Ракант. Изучение кислых вулканических стекол Закавказья дериватографическим методом 581
- \* Ц. А. Кутелия. Новые данные по стратиграфии дизской серии (Сванетия) 588

## ГИДРОГЕОЛОГИЯ

- Н. С. Вардзелашвили, Т. В. Голуб, Г. Г. Арешидзе, Т. Г. Кекелишвили, Н. Д. Гарсеванишвили. Радиозоогонные характеристики термальных вод Дигсми-Сабурталинской депрессии (г. Тбилиси) 589

## РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ОБОГАЩЕНИЕ

- З. Ш. Кекелидзе. Определение момента вращения поворотных резцов типа РКС 593

## МЕТАЛЛУРГИЯ

- Ф. Н. Тавадзе (академик АН ГССР), З. Ш. Окросцваридзе, Л. Ф. Тавадзе, Ц. Г. Харашвили, Э. З. Долиашвили, К. В. Барнова. Исследование влияния кремния, молибдена, меди и ниобия на фазовый состав стали 03X18H20 после провоцирующего отжига 597
- В. А. Вертоградский, В. Ш. Муселиани, В. Е. Сказин, Р. С. Шмулевич. О влиянии среды на тепло- и электропроводность термоциклированных металлов и сплавов 601

## МАШИНОВЕДЕНИЕ

- Р. Ш. Адамия, М. М. Микаутадзе, С. А. Мебония. Методика определения сил ударного взаимодействия в очаге деформации при захвате гильзы валками автоматстана

605

## ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

- \* Э. Л. Георгобиани, Ш. Ш. Чанишвили. Влияние закаливания на содержание фосфорных соединений в однолетних побегах виноградной лозы

611

## ГЕНЕТИКА И СЕЛЕКЦИЯ

- Н. Ш. Тондзе. Цитогенетический эффект стероидных гормонов в культуре лимфоцитов периферической крови человека

613

## ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

- М. А. Макашвили, Н. Б. Шония, Л. К. Гомартели. Краткосрочная память у каллосотомированных кошек

617

## БИОФИЗИКА

- Т. М. Заалишвили, Г. Т. Кобахидзе. Влияние ионной силы, температуры и температурной преенкубации Г-актина на суперпреципитацию и АТФазную активность синтетического актомозина скелетных мышц лягушки

621

## БИОХИМИЯ

- Н. Н. Нуцубидзе (член-корреспондент АН ГССР), Н. А. Давиташвили, Н. Д. Абашидзе. Влияние клиноптилолита на ассимиляцию азота кукурузой

625

- К. Г. Чавчанидзе, Г. Ш. Давитая, Дж. Т. Мешвелишвили, Б. А. Ломсадзе. К вопросу изучения связывания простагландинов с органами клеток печени крыс

629

- О. С. Джишкариани, М. А. Царцидзе, Б. А. Ломсадзе. Изучение ИК-спектров липидов интактных крыс и крыс-опухоленосителей

633

## ФИТОПАТОЛОГИЯ

- А. Г. Брегадзе, М. Б. Каджая. Новая методика учета кластероспориоза персика

637

## ЦИТОЛОГИЯ

- Г. С. Қвинихидзе, В. В. Ахалкаци, Т. В. Қаландаришвили. Количественный анализ ультраструктурных изменений ганглиозных клеток сетчатки мыши под действием специфического раздражителя

641

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

- Б. Р. Худайдагов. Внутриорганный кровоснабжение нижних оливо, их функциональная напряженность и синдром их поражения 645

## ПАЛЕОБИОЛОГИЯ

- Э. В. Квавадзе. О пыльцевой продуктивности некоторых представителей семейства Taxodiaceae 649

## АРХЕОЛОГИЯ

- \* Э. И. Гавашели. Погребения с каменными кругами из Мухранской долины 655
- В. А. Логинов. Раннеземледельческая символика апсиды (по данным керамического производства) 657

## C O N T E N T S

### MATHEMATICS

G. L. Arsenishvili, N. Sh. Zaalishvili. A two-phase queueing system with changing intensity of the input flow	467
P. V. Nikolenko. On the stability of the system of partial indices of the matrix-function family on a sphere	471
V. T. Tskhadava. On singular integrals	475
S. A. Saneblidze. On the homology theory of paracompacta	480
T. K. Karchava. On the Bernstein-Rogosinski method of summability of Fourier series	483

### MATHEMATICAL PHYSICS

R. K. Chichinadze. On the fundamental solution of a problem of the stationary flow of a micropolar fluid and potentials connected with it	487
---	-----

### THEORY OF ELASTICITY

V. N. Kutrunov. Singular integral equations for the theory of elasticity in a domain with a piece-Lyapunov boundary	491
L. G. Doborjginidze. The problem of compression of two elastic bodies in the presence of coupling and sliding sections	496

### CYBERNETICS

V. E. Maistrenko. A method for finding maximum independent sets of certain type nodes	499
R. L. Mitaishvili. On smoothing out transportation irregularities on urban passenger traffic	504
Yu. K. Orlov, R. Ya. Chitashvili. On the statistical significance of Zipf's law	508

### PHYSICS

Yu. I. Papava. The dependence of polarization and intensity of recombination radiation on the carrier's spin orientation in GaAs-type semiconductors	512
L. V. Laperashvili. Diquarks and string interaction in QCD	516
L. D. Abuladze, I. B. Baumberg, M. B. Baumberg, O. V. Saksaganski. MIS FET with a bulk channel (theory)	520
D. V. Malazonia, M. G. Menabde. Concerning cross-relaxation between Zeeman and dipole spin subsystems in a solid	524
N. Brayushkovich, G. Z. Machabeli. On the excitation of cyclotron potential instability in the magnetospheres of pulsars	527



- E. R. Kutelia, N. I. Khasia, G. Sh. Darsavelidze, V. V. Sanadze. Internal friction and exact structure of copper-rich copper-manganese alloys 532
- A. I. Blichinashvili, E. Z. Vintaikin, E. K. Labartkava. The kinetic and character of martensite transformation in Mn-Cu alloys 536

### GEOPHYSICS

- T. L. Chelidze. On the basic principles of structure-sensitive properties of heterogeneous media 540
- N. I. Beradze. Problems of statistical structure and parametrization of semidiurnal sums of precipitation over the territory of Western Georgia during the cold period of the year 544
- T. I. Toroshelidze. Variations of the atomic oxygen in the turbopause region according to observations of the 5577 Å emission in nightglow 548

### GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

- R. D. Gigauri, E. S. Vachnadze, N. G. Natenadze, M. G. Talakvadze. Complexes of mercuric bromide (II) with some diarylalkylarsines 552

### ORGANIC CHEMISTRY

- Kh. I. Areshidze, G. O. Chivadze, L. I. Balakhishvili, L. Z. Chkheidze. Benzene alkylation by  $C_2-C_3$  alcohols and olefins in the presence of modified gumbrine 556
- V. V. Korshak, G. L. Berestneva, D. V. Bibileishvili, P. N. Gribkova, V. A. Lopyrev, L. I. Volkova. On the transformation of poly-N-methyl-hydrazides at high temperatures 560

### PHYSICAL CHEMISTRY

- F. N. Tavadze, O. I. Mikadze, E. R. Kutelia, B. P. Bulia, N. P. Keshelava, T. G. Dzindzibadze. The role of cation diffusion in the formation of a protective film of refractory thromium alloys 563

### ELECTROCHEMISTRY

- J. P. Gvelesiani, L. L. Rubesh. Selection of a liquid dielectric for the isolation of the interelectrode space in a bipolar electrolyzer 567

### CHEMICAL TECHNOLOGY

- J. S. Iosebidze, L. D. Melikadze, L. Ch. Lomidze. Research of chemically active wear of dispersive anti-friction additives in mineral oil and anti-destruction compatibility towards additives 572

### GEOLOGY

- M. M. Rubinstein, Sh. A. Adamia, G. P. Bagdasaryan, V. I. Gushvili. On the genetical relation of the copper pyritic-baritic-basemetal deposits of the Bolnisi ore region with Upper Cretaceous volcanism 576
- V. R. Nadiradze, N. G. Iashvili. New data on the composition of ores from the Chiatura deposits 580

Z. I. Rakant. investigation of Transcaucasian acid volcanic glasses by the method of thermal analysis

583

Z. A. Kutelia. New data on the stratigraphy of Dizi series (Svaneti)

588

#### HYDROGEOLOGY

N. S. Vardzelashvili, T. V. Golub, G. G. Areshidze, T. G. Kekeleshvili, N. D. Garsevanishvili. Radioisotopic characteristics of thermal waters in the Saburtalo-Digomi depression

592

#### EXPLOITATION OF DEPOSITS AND CONCENTRATION

Z. Sh. Kekelidze. Determination of the torque of PKC-type rotary cutters

596

#### METALLURGY

F. N. Tavadze, Z. Sh. Okrostsvavidze, L. F. Tavadze, Ts. G. Kharrashvili, E. Z. Doliashvili, K. V. Barnova. Investigation of the effect of Si, Mo, Cu and Nb on the phase composition of 03×18 H 20 steel after provoking annealing

600

V. A. Vertogradski, V. Sh. Museliani, V. E. Skazin, R. S. Shmulevich. On the effect of the medium upon the heat and electric conduction of thermocycling of metals and alloys

603

#### MACHINE BUILDING SCIENCE

R. Sh. Adamia, M. M. Mikautadze, S. A. Mebonia. A method for determining the forces of impact interaction in the deformation zone at the biting of the hollow by the plug-mill

608

#### PLANT PHYSIOLOGY

E. L. Georgobiani, Sh. Sh. Chanishvili. The effect of hardening on the content of phosphorous compounds in the annotinous shoots of grapevine

611

#### GENETICS AND SELECTION

N. Sh. Toidze. The cytogenetic effect of steroid hormones in the culture of human peripheral blood lymphocytes

615

#### HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

M. A. Makashvili, N. B. Shonia, L. K. Gomarteli. The short-term memory in callotomized cats

620

#### BIOPHYSICS

T. M. Zaalishvili, G. T. Kobakhidze. The influence of ionic strength, temperature and temperature preincubation of G-actin on the superprecipitation and ATPase activity of synthetic actomyosin

624

#### BIOCHEMISTRY

N. N. Nutsubidze, N. A. Davitashvili, N. D. Abashidze. The influence of clinoptilolite on the assimilation of maize nitrogen

628

- K. G. Chavchanidze, G. Sh. Davitaia, D. T. Meshvelishvili, B. A. Lomsadze. Towards the study of prostaglandin binding with rat liver cell organelles 632
- O. S. Jishkariani, M. A. Tsartsidze, B. A. Lomsadze. IR-spectra study of lipids of intact and tumour-bearing rats 636

#### PHYTOPATHOLOGY

- A. G. Bregadze, M. V. Kajaia. A new method for recording the shot-hole disease of peach 640

#### CYTOLOGY

- G. S. Kvinikhidze, V. V. Akhalkatsi, T. V. Kalandarishvili. Quantitative analysis of the ultrastructural changes of mice retinal ganglion cells under the influence of specific stimulation 644

#### EXPERIMENTAL MEDICINE

- B. R. Khudaydatov. The intra-organ blood supply of the lower olives, their functional tension and symptoms of damage 648

#### PALAEOBIOLOGY

- E. V. Kvavadze. On the pollen productivity of some representatives of the family Taxodiaceae 652

#### ARCHAEOLOGY

- E. I. Gavasheli. Stone-circle burials from the Mukhrani valley 655
- V. A. Loginov. Early agricultural symbols of Apsilia 659





УДК 51921

МАТЕМАТИКА

Г. Л. АРСЕНИШВИЛИ, Н. З. ЗААЛИШВИЛИ

МНОГОФАЗОВАЯ СИСТЕМА С МЕНЯЮЩЕЙСЯ  
 ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ОБСЛУЖИВАНИЯ

(Представлено академиком А. В. Бицадзе 13.1.1982)

1. Рассмотрим систему массового обслуживания с двумя последовательно расположенными обслуживающими устройствами. Входящий поток предполагается простейшим, а время обслуживания распределено по экспоненциальному закону. Первоначально требования в систему поступают с интенсивностью  $\lambda$ , первое устройство обслуживает с интенсивностью  $\mu_1$ , а второе — с интенсивностью  $\mu_2$ . Очередь перед первым и вторым обслуживающими устройствами неограничена. Если перед первым устройством длина очереди превысит  $r$ , то интенсивность обслуживания этого устройства меняется с  $\mu_1$  на  $\mu_1^*$ , до тех пор, пока в первой очереди число требований не станет меньше или равно  $r$ .

Рассматриваемую систему можно описать с помощью следующих соотношений:

$$\begin{aligned}
 p'(0, 0, t) &= -\lambda p(0, 0, t) + \mu_2 p(0, 1, t), \\
 p'(0, n_2, t) &= -(\lambda + \mu_2) p(0, n_2, t) + \mu_1 p(1, n_2 - 1, t) + \\
 &\quad + \mu_2 p(0, n_2 + 1, t), \quad (n_1 = 0, n_2 > 0); \\
 p'(n_1, 0, t) &= -(\lambda + \mu_1) p(n_1, 0, t) + \mu_2 p(n_1, 1, t) + \lambda p(n_1 - 1, 0, t), \\
 &\quad (n_1 = 1, 2, \dots, r; n_2 = 0) \\
 p'(n_1, 0, t) &= -(\lambda + \mu_1^*) p(n_1, 0, t) + \mu_2 p(n_1, 1, t) + \lambda p(n_1 - 1, 0, t), \\
 &\quad (n_1 = r + 1, r + 2, \dots, n_2 = 0) \\
 p'(n_1, n_2, t) &= -(\lambda + \mu_1 + \mu_2) p(n_1, n_2, t) + \mu_1 p(n_1 + 1, n_2 - 1, t) + \\
 &\quad + \mu_2 p(n_1, n_2 + 1, t) + \lambda p(n_1 - 1, n_2, t), \quad (1) \\
 &\quad (n_1 = 1, 2, \dots, r - 1; n_2 \geq 0); \\
 p'(r, n_2, t) &= -(\lambda + \mu_1 + \mu_2) p(r, n_2, t) + \mu_1^* p(r + 1, n_2 - 1, t) + \\
 &\quad + \mu_2 p(r, n_2 + 1, t) + \lambda p(r - 1, n_2, t), \quad (n_2 > 0); \\
 p'(n_1, n_2, t) &= -(\lambda + \mu_1^* + \mu_2) p(n_1, n_2, t) + \mu_1^* p(n_1 + 1, n_2 - 1, t) + \\
 &\quad + \mu_2 p(n_1, n_2 + 1, t) + \lambda p(n_1 - 1, n_2, t), \\
 &\quad (n_1 = r + 1, r + 2, \dots, n_2 > 0)
 \end{aligned}$$

где  $p(n_1, n_2, t)$  — вероятность того, что перед первым прибором находится  $n_1$  требований, а перед вторым —  $n_2$ .

Рассмотрим стационарный случай. Переходя в (1) к пределу  $t \rightarrow \infty$ , получаем следующую бесконечную систему линейных алгебраических уравнений:



$$\begin{aligned}
 & -\lambda p(0, 0) + \mu_2 p(0, 1) = 0, \\
 & -(\lambda + \mu_2) p(0, n_2) + \mu_1 p(1, n_2 - 1) + \mu_2 p(0, n_2 + 1) = 0, \quad (n_1 = 0, n_2 > 0) \\
 & -(\lambda + \mu_1) p(n_1, 0) + \mu_2 p(n_1, 1) + \lambda p(n_1 - 1, 0) = 0, \\
 & \quad (n_1 = 1, 2, \dots, r; n_2 = 0). \\
 & -(\lambda + \mu_1^*) p(n_1, 0) + \mu_2 p(n_1, 1) + \lambda p(n_1 - 1, 0) = 0, \\
 & \quad (n_1 = r + 1, r + 2, \dots; n_2 = 0) \quad (2) \\
 & -(\lambda + \mu_1 + \mu_2) p(n_1, n_2) + \mu_1 p(n_1 + 1, n_2 - 1) + \mu_2 p(n_1, n_2 + 1) + \\
 & \quad + \lambda p(n_1 - 1, n_2) = 0, \quad (n_1 = 1, \dots, r - 1; n_2 > 0) \\
 & -(\lambda + \mu_1 + \mu_2) p(r, n_2) + \mu_1^* p(r + 1, n_2 - 1) + \mu_2 p(r, n_2 + 1) + \\
 & \quad + \lambda p(r - 1, n_2) = 0, \quad (n_2 > 0). \\
 & -(\lambda + \mu_1^* + \mu_2) p(n_1, n_2) + \mu_1^* p(n_1 + 1, n_2 - 1) + \mu_2 p(n_1, n_2 + 1) + \\
 & \quad + \lambda p(n_1 - 1, n_2) = 0. \\
 & \quad (n_1 = r + 1, r + 2, \dots, n_2 > 0)
 \end{aligned}$$

Учитывая [1]

$$p(n_1, 0) = \rho_1^{n_1} p(0, 0), \quad (n_1 \leq r, n_2 = 0) \quad (3)$$

$$p(0, n_2) = \rho_2^{n_2} p(0, 0). \quad (n_2 > 0) \quad (4)$$

где  $\rho_1 = \frac{\lambda}{\mu_1}$ ,  $\rho_2 = \frac{\lambda}{\mu_2}$ . После многочисленных преобразований получим следующие решения для системы (2):

$$p(n_1, n_2) = \rho_1^{n_1} \rho_2^{n_2} p(0, 0), \quad (n_1 \leq r, n_2 \geq 0) \quad (5)$$

$$p(n_1, n_2) = \rho_1^r \rho_1^{*n_1-r} \rho_2^{n_2} p(0, 0). \quad (6)$$

$$(n_1 > r, n_2 \geq 0)$$

где

$$\rho_1^* = \frac{\lambda}{\mu_1^*}$$

Значения  $p(0, 0)$  вычисляются из условия

$$\sum_{\substack{n_1=0 \\ n_2=0}}^{\infty} p(n_1, n_2) = 1. \quad (7)$$

2. Аналогично рассмотренной задаче можно изучить двухфазовую систему массового обслуживания с простейшим входящим потоком и экспоненциально распределенными временами обслуживания, где меняется интенсивность обслуживания второго прибора в зависимости от величины очереди перед ним. Итак, если очередь между фазами больше  $r$ , то интенсивность обслуживания второго устройства меняется с  $\mu_2$  на  $\mu_2^*$ . В этом случае стационарные вероятности состояний системы имеют следующий вид:

$$p(n_1, n_2) = \rho_1^{n_1} \rho_2^{n_2} p(0, 0), \quad (n_1 \geq 0, n_2 \leq r) \quad (8)$$



$$p(n_1, n_2) = \rho_1^{n_1} \rho_2^{*n_2-r} \rho_2^r p(0, 0), \quad (9)$$

$$(n_2 > r, n_1 \geq 0)$$

где  $\rho_2^* = \frac{\lambda}{\mu_2}$ , а  $p(0, 0)$  можно высчитать из (7).

Тбилисский государственный университет

(Поступило 15.1.1982)

მათემატიკა

ბ. არსენიშვილი, ნ. ჯაალიშვილი

რამაზალფაზიანი სისტემა მომსახურების ცვალებადი ინტენსივობით

რ ე ზ ი შ ე

განხილულია ორფაზიანი სისტემა. რივი დასაშვებია ორივე ხელსაწყო-სთან. გამოთვლილია მდგომარეობათა სტაციონარული ალბათობები იმ შემთხვევებისათვის, როცა ხელსაწყოთა წინ არსებული რივის სიგრძისაგან დამოკიდებულებით იცვლება მომსახურების ინტენსივობა.

MATHEMATICS

G. L. ARSENISHVILI, N. Sh. ZAALISHVILI

A TWO-PHASE QUEUEING SYSTEM WITH CHANGING INTENSITY OF THE INPUT FLOW

Summary

A sequence of two server stations is considered. The intensity of the input flow depends on the length of the queue. The input flow is the simplest and the time is exponentially distributed.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Т. Л. Саати. Элементы теории массового обслуживания и их применение. М., 1971.



П. В. НИКОЛЕНКО

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ ЧАСТНЫХ ИНДЕКСОВ  
 СЕМЕЙСТВА МАТРИЦ-ФУНКЦИЙ НА СФЕРЕ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Б. В. Хведелидзе 25.1.1982)

Пусть  $H_{\mu}^{n \times n}(S^1)$  ( $H_{\mu}^n(S^1)$ ) — пространство матриц-функций (м. ф.) (вектор-функций) на единичной окружности, удовлетворяющих условию Гельдера с показателем  $\mu$ , где  $\mu \in (0, 1)$ ;  $T_+(T_-)$  — множество невырожденных м. ф. из  $H_{\mu}^{n \times n}(S^1)$ , допускающих невырождающееся аналитическое продолжение внутрь (во внешность, включая бесконечно удаленную точку) единичного круга;  $d_n: \mathbb{Z} \rightarrow \mathbb{Z}^n$  — диагональное отображение  $d_n(\lambda) = (\lambda, \lambda, \dots, \lambda)$ ;  $L_{\bar{\kappa}}$  — множество м. ф. из  $H_{\mu}^{n \times n}(S^1)$ , частные индексы (ч. и.)

которых образуют вектор  $\bar{\kappa}$  (подробнее изложение задач, связанных с факторизацией м. ф., имеется в [1 — 3]);  $I_{\bar{\kappa}}$  — диагональная м. ф. вида

$$\begin{pmatrix} t^{\kappa_1} & 0 \\ & t^{\kappa_2} \\ 0 & t^{\kappa_n} \end{pmatrix};$$

где  $\bar{\kappa} = (\kappa_1, \kappa_2, \dots, \kappa_n)$ ;  $\rho_{\bar{\kappa}}: T_- \times T_+ \rightarrow L_{\bar{\kappa}}$  — отображение, определяемое формулой

$$\rho_{\bar{\kappa}}(A_-, A_+) = A_- I_{\bar{\kappa}} A_+.$$

**Теорема 1.** *Тройка  $(T_- \times T_+, \rho_{\bar{\kappa}}, L_{\bar{\kappa}})$  образует локально тривиальное расслоение.*

Слоем расслоения является множество пар м. ф.  $(X_-, X_+)$ , удовлетворяющих условию  $X_- I_{\bar{\kappa}} X_+ = I_{\bar{\kappa}}$ . Описание этого множества см в работе [4].

Пусть  $A$  — м. ф., значком  $\widehat{A}$  обозначим соответствующий ей оператор  $\widehat{A}: H_{\mu}^n(S^1) \rightarrow H_{\mu}^n(S^1)$ ,  $\widehat{A} = A(t) P_+ + P_-$ , где  $P_{\pm}$  — прямая сумма проекторов  $\frac{1}{2}(I \pm S)$ ;  $S$  — сингулярный оператор:

$$(Sf)(t) = \int_{S^1} \frac{f(\tau)}{\tau - t} d\tau.$$

Через  $L_{\bar{\kappa}}(X)$  обозначим множество непрерывных отображений компакта  $X$  в  $L_{\bar{\kappa}}$ .

Пусть  $A \in L_{\bar{\kappa}}(X)$ , индекс (см. [5], стр. 125) соответствующего семейства сингулярных операторов обозначим через  $i_a(\widehat{A})$ .

Приведем теперь формулу для  $i_a(\widehat{A})$ , когда  $A \in L_{\bar{\kappa}}(S^{2n})$ . Сферу  $S^{2n}$  отождествляем с  $\mathbb{C}^n \cup \{\infty\}$ , где  $\mathbb{C}^n$  —  $n$ -мерное комплексное пространство.



Через  $\tilde{L}_{\bar{x}}(S^{2n})$  обозначим множество семейств  $A$  таких, что  $A_z(t) = A_0(t)$  при  $z \in \mathbb{C}^n$  и  $\|z\| \leq 2$ . Очевидно, что любой элемент  $A \in \tilde{L}_{\bar{x}}(S^{2n})$  гомотопируется к некоторому элементу  $\tilde{A} \in \tilde{L}_{\bar{x}}(S^{2n})$ .

Пусть  $A \in \tilde{L}_{\bar{x}}(S^{2n})$ , где  $\bar{x} = (d_{m_1}(x_1), \dots, d_{m_k}(x_k)) \stackrel{\text{def}}{=} (\underbrace{x_1, \dots, x_1}_{m_1}, \dots, \underbrace{x_k, \dots, x_k}_{m_k})$ ,

$x_i \neq x_j$  при  $i \neq j$ . Тогда из теоремы 1 и вида слоя следует, что семейство  $A$  допускает представление

$$A_z(t) = A_z^-(t) I_{\bar{x}} A_z^+(t), \quad (1)$$

где  $A_z^\pm(t)$  непрерывны при  $z \neq 0$  и

$$A_z^-(t) = A_0^-(t) \begin{pmatrix} Q_{11} \left( \frac{z}{\|z\|} \right) & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & Q_{kk} \left( \frac{z}{\|z\|} \right) \end{pmatrix}, \quad A_z^+(t) = \begin{pmatrix} Q_{11}^{-1} \left( \frac{z}{\|z\|} \right) & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & Q_{kk}^{-1} \left( \frac{z}{\|z\|} \right) \end{pmatrix} A_0^+(t) \quad (2)$$

при  $0 < \|z\| \leq 1$ . Здесь  $Q_{ii}$  задана на  $S^{2n-1} = \{z \in \mathbb{C}^n : \|z\| = 1\}$ , не вырождена и имеет размер  $m_i \times m_i$ .

Нетрудно доказать, что  $\sum_{i=1}^k \deg Q_{ii} = 0$  (определение степени отображения сферы в группу невырожденных матриц дано в [6]).

Через  $\Phi$  обозначим изоморфизм:  $K(S^{2n}) \xrightarrow{\Phi} \mathbb{Z} \oplus \mathbb{Z}$  (см. [7], стр. 162).

Теорема 2. Пусть  $A \in \tilde{L}_{\bar{x}}(S^{2n})$ . Тогда

$$\Phi(i_a(\tilde{A})) = \left( \sum_{i=1}^k x_i \deg Q_{ii}, \sum_{i=1}^k m_i x_i \right) = \left( \sum_{i \geq 2} (x_i - x_1) \deg Q_{ii}, \sum_{i=1}^k m_i x_i \right).$$

При доказательстве теоремы существенно используются формулы (1) и (2).

Далее предполагаем, что  $\sum_{i=1}^k m_i x_i = 0$  и, следовательно,  $i_a(\tilde{A}) \in$

$\in K(\tilde{S}^{2n}) \cong \mathbb{Z}$  (см. [7], стр. 155).

Следствие 1. Пусть  $A \in \tilde{L}_{\bar{x}}(S^{2n})$ , если  $m_i < n$  при всех  $i = 1, 2, \dots, k$  или только одно  $m_{i_0} \geq n$ , то  $\Phi(i_a(\tilde{A})) = 0$ .

Следствие 2. Пусть  $A \in \tilde{L}_{\bar{x}}(S^{2n})$ ,  $l$  — наибольший общий делитель всех тех  $x_i$ , для которых  $m_i \geq n$ . Тогда  $\Phi(i_a(\tilde{A}))$  кратно  $l$ .

Следствие 3. Пусть  $A \in \tilde{L}_{\bar{x}}(S^{2n})$ , где  $\bar{x} = (d_{m_1}(x_1), d_{m_2}(x_2))$  и  $m_i \geq n$  для  $i = 1, 2$ . Если  $A$  — стягиваемое семейство м. ф., то оно стягиваемо в  $\tilde{L}_{\bar{x}}(S^{2n})$ .

Используя формулы (1), (2) и теорему 2, легко доказать следующее утверждение.

Теорема 3. Пусть  $\bar{x} = (d_{m_1}(x_1), \dots, d_{m_k}(x_k))$ ,  $m_i \geq n$  и  $p_1, \dots, p_k$  —



произвольные целые числа, такие, что  $\sum_{i=1}^k p_i = 0$ . Тогда существует

$A \in L_{\bar{x}}(S^{2n})$ , такое, что  $\Phi(i_a(\widehat{A})) = \sum_{i=1}^k p_i x_i$ .

Определение. Будем говорить, что система ч. и.  $\bar{x} \left( \sum_{i=1}^k m_i x_i = 0 \right)$

$\alpha$ -устойчива для компакта  $X$ , если выполняется следующее условие. Для любого  $A \in L_{\bar{x}}(X)$  такого, что  $i_a(\widehat{A}) = \alpha$  существует  $\epsilon(A)$  такое, что для любого  $B \in L_{\bar{x}'}(X)$ , если размер  $\bar{x}'$  не меньше, чем размер  $\bar{x}$  и выполняется неравенство

$$\left\| B_z - \begin{pmatrix} A_z & 0 \\ 0 & I \end{pmatrix} \right\| < \epsilon(A),$$

то системы ч. и.  $B_z$  и  $\begin{pmatrix} A_z & 0 \\ 0 & I \end{pmatrix}$  совпадают.

Теорема 4. Вектор  $x$   $\alpha$ -устойчив ( $\alpha \neq 0$ ) для  $S^{2n}$  тогда и только тогда, когда он имеет вид

$$\bar{x} = (d_n(1), d_p(0), d_n(-1)), \quad p \geq 0.$$

Задача об устойчивости системы ч. и. для одной м. ф., в несколько иной постановке, решена в работе [4]. Этот результат существенно отличается от результата, полученного нами.

Ростовский государственный университет

(Поступило 29.1.1982)

მათემატიკა

პ. ნიკოლენკო

სწავროზე მატრიც-ფუნქციონათა ოჯახის კერძო ინდექსთა სისტემის მდგრადობის შესახებ

რეზიუმე

განხილულია მატრიც-ფუნქციონათა ოჯახი, რომელთა კერძო ინდექსები არაა დამოკიდებული ოჯახის პარამეტრზე. შესწავლილია ოჯახის კერძო ინდექსთა მდგრადობის საკითხი. დადგენილია ახალი ფორმულა მატრიც-ფუნქციონათა ოჯახის შესაბამის სინგულარულ ოპერატორთა ერთობლიობისათვის.

MATHEMATICS

P. V. NIKOLENKO

ON THE STABILITY OF THE SYSTEM OF PARTIAL INDICES OF THE MATRIX-FUNCTION FAMILY ON A SPHERE

Summary

Families of matrix-functions with partial indices not depending on the family parameter are considered. The question of the stability of partial indices of the family is studied. A new formula of the index of the family of singular operators corresponding to the matrix-function family is obtained.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. И. Мусхелишвили. Сингулярные интегральные уравнения. М., 1962.
2. Н. П. Векуа. Системы сингулярных интегральных уравнений. М., 1970.
3. Б. В. Хведелидзе. Современные проблемы математики, т. 7. М., 1975.
4. И. Ц. Гохберг, М. Г. Крейн. УМН, т. 13, вып. 2, 1958, 3—71.
5. М. Атья. Лекции по К-теории. М., 1967.
6. М. А. Шубин. Матем. сб., т. 84 (126), № 4, 1971, 537—558.
7. Д. Хьюзмоллер. Расслоенные пространства. М., 1970.



В. Т. ЦХАДАЯ

ОБ ОСОБЫХ ИНТЕГРАЛАХ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. В. Жижиашвили 18.2.1982)

Работа посвящена изучению поведения интегралов

$$a) \int_0^{\pi} \frac{|f(x+t) - f(x-t)|}{t} dt,$$

$$b) \int_0^{\pi} \frac{|f(x+t) - f(x)|}{t} dt,$$

$$c) \int_0^{\pi} \frac{|f(x+t) + f(x-t) - 2f(x)|}{t} dt.$$

Н. Н. Лузин ([1], стр. 531) доказал, что существует непрерывная функция, для которой интеграл а) равен  $+\infty$  для почти всех  $x$ .

Харди и Литтлвуд [2] указали пример непрерывной функции, для которой интеграл с) не существует почти для всех  $x$ , даже если внутри интеграла уберем знак модуля.

Затем Качмаж ([3], или [1], стр. 531) доказал существование непрерывной функции, для которой интегралы а) — с) равны  $+\infty$  для всех  $x$ . Он доказал, также, что существуют непрерывные функции, для которых интегралы в) и с) не существуют, даже если внутри интегралов уберем знаки модуля (см. также [4]).

Далее, П. Л. Ульянов [5] усилил последнее утверждение Качмажа в том смысле, что у функции, о которой идет речь в утверждении, ряд Фурье равномерно сходится.

Очевидно, что если  $\omega(\delta)$  — модуль непрерывности и

$$\int_0^{\pi} \frac{\omega(t)}{t} dt < \infty,$$

то для любой функции  $f \in H^{\omega}$  интегралы а) — с) сходятся для всех  $x$ .



Естественно, возникает вопрос: если  $\omega(\delta)$  такова, что

$$\int_0^{\pi} \frac{\omega(t)}{t} dt = \infty, \quad (1)$$

то что можно сказать о поведении интегралов а) — с) для  $f \in H^{\omega}$ .

Справедлива следующая

**Теорема.** Пусть  $\omega(\delta)$  — модуль непрерывности, удовлетворяющий условию (1). Тогда в классе  $H^{\omega}$  существует функция с абсолютнo сходящимся рядом Фурье, для которой интегралы а) — с) расходятся для почти всех  $x$ .

Укажем краткую схему доказательства теоремы.

Следуя А. И. Рубинштейну [6], последовательность натуральных чисел  $\{n_k\}$  называется  $\omega$ -лакунарной, если

$$\sum_{k=1}^N n_k \omega\left(\frac{1}{n_k}\right) = O\left(n_N \omega\left(\frac{1}{n_N}\right)\right)$$

и

$$\sum_{k=N}^{\infty} \omega\left(\frac{1}{n_k}\right) = O\left(\omega\left(\frac{1}{n_N}\right)\right)$$

при  $N \rightarrow \infty$ .

Мы строим для заданного  $\omega$ , удовлетворяющего условию (1),  $\omega$ -лакунарную последовательность  $\{n_k\}$  со свойствами

$$\sum_{k=1}^{\infty} \omega\left(\frac{1}{n_{k+1}}\right) \ln \frac{n_{k+1}}{n_k} = \infty$$

и

$$\sum_{k=1}^{\infty} \omega\left(\frac{1}{n_{k+2}}\right) \ln \frac{n_{k+1}}{n_k} < \infty.$$

Затем доказывается, что функция

$$f(x) = \sum_{k=1}^{\infty} \omega\left(\frac{1}{n_k}\right) \cos n_k x$$

удовлетворяет всем условиям теоремы.

Абхазский государственный университет

(Поступило 19.2.1982)

## 3. ცხადია

## ბანსაკუთრებულ ინტეგრალების უმსახებ

რ ე ზ ი უ მ ე

შრომა შეეხება  $a)$ — $c)$  ინტეგრალების ყოფაქცევის საკითხს. მტკიცდება, რომ თუ უწყვეტობის მოდული აკმაყოფილებს (1) პირობას,  $H^{\omega}$  კლასში მოიძებნება  $f$  ფუნქცია, რომლისთვისაც ეს ინტეგრალები განშლადია თითქმის ყველგან. ამასთან  $f$  ფუნქციის ფურიეს მწკრივი აბსოლუტურად კრებადია.

MATHEMATICS

V. T. TSKHADAIA

## ON SINGULAR INTEGRALS

## Summary

The behaviour of the integrals  $a)$ — $c)$  is considered. It is proved that if the modulus of continuity satisfies the condition (1), then there exists a function  $f$  in class  $H^{\omega}$  for which these integrals diverge almost everywhere. Moreover, the Fourier series of the function  $f$  is absolutely converging.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. К. Барн. Тригонометрические ряды. М., 1961.
2. G. Hardy, I. Littlewood. Proc. London Math. Soc., 24, 1925.
3. S. Kaczmarz. Studia Math., 3, 1931.
4. S. Mazurkiewicz. Studia Math., 3, 1931.
5. П. Л. Ульянов. Вестн. Моск. ун-та сер. матем., 5, 1959.
6. А. И. Рубинштейн. Матем. сб., 65, № 2, 1964.

С. А. САНЕБЛИДЗЕ

## О ТЕОРИИ ГОМОЛОГИИ ПАРАКОМПАКТНЫХ ПРОСТРАНСТВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. А. Берикашвили 6.5.1982)

Пусть  $P$  — категория пар  $(X, A)$  паракомпактных хаусдорфовых пространств, где  $A$  замкнуто в  $X$ .

Для теории гомологий  $H_*(X, A)$  на  $P$  рассмотрим следующую аксиому.

**Аксиома  $D$ .** Существует функториальная точная последовательность

$$0 \rightarrow \text{Ext}(\tilde{H}^{n+1}(X, A; \mathbf{Z}), G) \rightarrow H_n(X, A) \rightarrow \text{Hom}(\tilde{H}^n(X, A; \mathbf{Z}), G) \rightarrow 0,$$

где  $\tilde{H}^*$  — теория когомологий Александера—Чеха, а  $G$  — группа коэффициентов,  $G = H_0(*)$ .

Теории гомологий на  $P$ , удовлетворяющие аксиоме  $D$ , построены в [1—3].

Известно (см. [4]), что аксиома  $D$ , вместе с аксиомами Стиррода—Эйленберга однозначно характеризует теорию гомологий на категории  $S$  компактных хаусдорфовых пространств. Оказывается, что и на категории  $P$  имеет место

**Теорема.** Пусть  $H_*(X, A)$  и  $H'_*(X, A)$  — две теории гомологий на  $P$ , удовлетворяющие всем аксиомам Стиррода—Эйленберга и аксиоме  $D$ . Для всякого гомоморфизма групп коэффициентов  $t_{0(*)}: H_{0(*)} \rightarrow H'_{0(*)}$  существует единственный гомоморфизм  $t_*(X, A)$  теории  $H_*(X, A)$  в теорию  $H'_*(X, A)$ , продолжающий гомоморфизм  $t_{0(*)}$ .

Следовательно, если  $t_{0(*)}$  — изоморфизм, то  $t_*(X, A)$  — изоморфизм.

Наметим доказательство теоремы. Пусть  $\{N_\lambda(X); \pi_\lambda^\mu\}$  — обратный спектр, где  $N_\lambda(X)$  — геометрическая реализация нерва локально конечного замкнутого покрытия  $\{\bar{e}_i\}$  паракомпакта  $X$ ,  $\lambda = \{e_i\}$  разбиение множества  $X$  и симплициальные отображения  $\pi_\lambda^\mu: N_\mu(X) \rightarrow N_\lambda(X)$  однозначно определены по вписанности разбиений. Пусть  $N(X) = \varprojlim \{N_\lambda(X); \pi_\lambda^\mu\}$ .

Существует сюръективное отображение  $\omega: N(X) \rightarrow X$ , однозначно определенное следующим условием: если  $y = \{y_\lambda\} \in N(X)$  и  $\sigma_\lambda = (\bar{e}_1, \dots, \bar{e}_k)$  — минимальный симплекс из  $N_\lambda(X)$ , содержащий  $y_\lambda$ , то  $\omega(y) \in \bar{e}_1 \cap \dots \cap \bar{e}_k$ . Более того,  $\omega$  является совершенным отображением, поэтому  $N(X)$  — паракомпакт. Пусть  $N_p(X) = \varprojlim \{N_\lambda^p(X); \pi_\lambda^\mu\}$ , ( $N_\lambda^p(X)$  означает  $p$ -остов полиэдра  $N_\lambda(X)$ ), и  $\omega_p: N_p(X) \rightarrow X$  ограничение  $\omega$  на  $N_p(X)$ .

Непосредственным следствием теоремы Виеториса — Бегля об отображении и аксиомы  $D$  является следующее

**Предложение 1.** Гомоморфизм  $H_i(N_p(X)) \xrightarrow{\omega_p} H_i(X)$  есть изоморфизм при  $i < p - 1$ .



Пусть  $\tilde{S}^p$  обозначает конечный CW-комплекс с убытыми гомотопическими группами в размерностях  $p+1$  и  $p+2$ , полученный посредством приклеивания к  $p$ -сфере  $(p+2)$ - и  $(p+3)$ -мерных клеток.

Пусть  $z \in C^p(N_\lambda^{p+3}(X); Z)$  — коцикл,  $p \geq 1$ . Тогда можно определить такое непрерывное отображение  $\alpha_z^p: N_\lambda^{p+3}(X) \rightarrow \tilde{S}_z^p$ , которое остов  $N_\lambda^{p-1}(X)$  переводит в точку и  $\alpha_z^p[1] = [z]$ , где  $\alpha_z^p: \tilde{H}^p(\tilde{S}_z^p) \rightarrow \tilde{H}^p(N_\lambda^{p+3}(X))$  — индуцированный гомоморфизм. Определим отображение  $'g_\lambda^p \equiv \Pi \alpha_z^p: N_\lambda^{p+3}(X) \rightarrow \Pi \tilde{S}_z^p \equiv 'Z_\lambda^p(X)$ , где произведение берется по множеству всех коциклов  $z \in C^p(N_\lambda^{p+3}(X); Z)$ , и пусть  $Z_\lambda^p(X) \equiv \Pi_{\gamma < \lambda} 'Z_\gamma^p(X)$ , а  $\tilde{\pi}_\lambda^\mu: Z_\mu^p(X) \rightarrow Z_\lambda^p(X)$  проек-

ции,  $\mu > \lambda$ . Тогда  $\{Z_\lambda^p(X); \tilde{\pi}_\lambda^\mu\}$  — обратный спектр и имеем отображение  $\{g_\lambda^p\}: \{N_\lambda^{p+3}(X); \pi_\lambda^\mu\} \rightarrow \{Z_\lambda^p(X); \tilde{\pi}_\lambda^\mu\}$  обратных спектров, где  $g_\lambda^p = \Pi_{\gamma < \lambda} ('g_\gamma^p \circ \pi_\gamma^\lambda)$ .

Рассмотрим эпиморфизм  $g_\lambda^{p*}: \tilde{H}^p(Z_\lambda^p(X)) \rightarrow \tilde{H}^p(N_\lambda^{p+3}(X))$  и для каждого  $b \in \text{Ker } g_\lambda^{p*}$ ,  $b = (b_1, \dots, b_k)$ ,  $b_i \in Z$ ,  $1 \leq i \leq k$ , пусть  $\tilde{S}_b^p$  обозначает конечный CW-комплекс с убытыми гомотопическими группами в размерностях от  $p+1$  до  $k(p+3)$ , полученный посредством приклеивания к  $p$ -сфере клеток размерностей от  $p+2$  до  $k(p+3)+1$ . Существует отображение  $\beta_b^p: Z_\lambda^p(X) \rightarrow \tilde{S}_b^p$  такое, что  $\beta_b^p[1] = b$ , где  $\beta_b^p: \tilde{H}^p(\tilde{S}_b^p) \rightarrow \tilde{H}^p(Z_\lambda^p(X))$  — индуцированный гомоморфизм. Пусть  $'h_\lambda^p \equiv \Pi_b \beta_b^p: Z_\lambda^p(X) \rightarrow \Pi_b \tilde{S}_b^p \equiv 'B_\lambda^p(X)$ ,  $B_\lambda^p(X) \equiv \Pi_{\gamma < \lambda} 'B_\gamma^p(X)$ , а  $\tilde{\pi}_\lambda^\mu: B_\mu^p(X) \rightarrow B_\lambda^p(X)$  — проекции,  $\mu > \lambda$ . Тогда  $\{B_\lambda^p(X); \tilde{\pi}_\lambda^\mu\}$  — обратный спектр и определено отображение спектров  $\{h_\lambda^p\}: \{Z_\lambda^p(X); \tilde{\pi}_\lambda^\mu\} \rightarrow \{B_\lambda^p(X); \tilde{\pi}_\lambda^\mu\}$  равенствами  $h_\lambda^p = \Pi_{\gamma < \lambda} ('h_\gamma^p \circ \tilde{\pi}_\gamma^\lambda)$ .

Отображения  $\{g_\lambda^p\}$  и  $\{h_\lambda^p\}$  индуцируют отображения  $g^p: N_{p+3}(X) \rightarrow Z^p(X)$  и  $h^p: Z^p(X) \rightarrow B^p(X)$  обратных пределов соответствующих спектров. Композиция  $N_{p+3}(X) \xrightarrow{g^p} Z^p(X) \xrightarrow{h^p} B^p(X)$  гомотопна постоянному отображению; пусть  $L^p: N_{p+3}(X) \times I \rightarrow B^p(X)$  — такая гомотопия. Тогда обозначив через  $E^p(X)$  конус отображения  $h^p$ , (очевидно  $E^p(X)$  компактно), получаем некоторое отображение  $\theta^p(X): SN_{p+3}(X) \rightarrow E^p(X)$  ( $S$  означает надстройку), определенное равенством

$$\theta^p(X)([y, t]) = \begin{cases} L^p([y, t]), & 0 \leq t \leq \frac{1}{2} \\ [g^p(y), t], & \frac{1}{2} \leq t \leq 1. \end{cases}$$

Заметим, что  $\theta^p$  не определено однозначно, поскольку  $L^p$  не определено однозначно. Эта неоднозначность позволяет так выбрать  $\theta^p$ , чтобы было справедливо и второе утверждение нижеследующей леммы 1.

Лемма 1. Композиция  $\tilde{H}^{p+1} \circ E^p$  является функтором и отображение  $\theta^p$  индуцирует естественную эквивалентность функторов  $\theta^{p*}: \tilde{H}^{p+1} \circ E^p \rightarrow \tilde{H}^{p+1} \circ S \circ N_{p+3}$ . Гомоморфизм  $\theta^{p*}(X, A): \tilde{H}^p(E^p(X, A)) \rightarrow \tilde{H}^p(SN_{p+3}(X), SN_{p+3}(A))$  тривиален.



Теперь для каждого  $\lambda$  рассмотрим отображение  $N_{\lambda}^{p+3}(X) \rightarrow 'Z_{\lambda}^p(X) \vee 'Z_{\lambda}^{p+1}(X)$  такое, что композиции  $N_{\lambda}^{p+3}(X) \rightarrow 'Z_{\lambda}^p(X) \vee 'Z_{\lambda}^{p+1}(X) \rightarrow 'Z_{\lambda}^i(X)$ ,  $i = p, p + 1$ , гомотопны отображениям  $'g_{\lambda}^i : N_{\lambda}^{p+3}(X) \rightarrow 'Z_{\lambda}^i(X)$ ,  $i = p, p + 1$ . Тогда определено отображение  $\prod_{\lambda} N_{\lambda}^{p+3}(X) \rightarrow \prod_{\lambda} ('Z_{\lambda}^p(X) \vee 'Z_{\lambda}^{p+1}(X)) \equiv \equiv Z^p(X) \# Z^{p+1}(X)$ ; проекции  $Z^p(X) \# Z^{p+1}(X) \rightarrow Z^i(X)$  и отображения  $Z^i(X) \rightarrow B^i(X)$ ,  $i = p, p + 1$  определяют отображение  $h^p \# h^{p+1} : Z^p(X) \# Z^{p+1}(X) \rightarrow B^p(X) \times B^{p+1}(X)$  и композиция  $N_{p+3}(X) \subset \prod_{\lambda} N_{\lambda}^{p+3}(X) \rightarrow Z^p(X) \# Z^{p+1}(X) \rightarrow B^p(X) \times B^{p+1}(X)$  гомотопна постоянному отображению. Тогда обозначив через  $F^{p+1}(X)$  конус отображения  $h^p \# h^{p+1}$  ( $F^{p+1}(X)$  есть компакт), и используя те гомотопии  $L^p$  и  $L^{p+1}$ , которые определяют отображения  $\theta^p$  и  $\theta^{p+1}$  из леммы 1, получаем некоторое отображение  $\sigma^{p+1} : SN_{p+3}(X) \rightarrow F^{p+1}(X)$ . Имеется проекция  $\rho^{p+1} : F^{p+1}(X) \rightarrow E^{p+1}(X)$ .

Для теории гомологии  $H_*(X, A)$  рассмотрим композицию  $H_{p+1}(F^{p+1}(X), \rho^{p+1} F^{p+1}(A)) \rightarrow H_{p+1}(E^{p+1}(X), E^{p+1}(A)) \rightarrow \text{Hom}(\tilde{H}^{p+1}(E^{p+1}(X), E^{p+1}(A)), G)$ . Ядро этой композиции обозначим через  $A_{p+1}(X, A)$ . С использованием леммы 1 доказывается следующая

**Лемма 2.** Пусть  $p \geq 3$ .  $A_{p+1}$  является функтором и отображение  $\sigma^{p+1}$  индуцирует естественную эквивалентность функторов  $\sigma^{p+1} : H_{p+1} \circ S \circ N_{p+3} \rightarrow A_{p+1}$ .

Так как гомоморфизм  $t_0(*): H_0(*) \rightarrow H'_0(*)$  продолжается до единственного гомоморфизма  $t'_*(X, A) : H_*(X, A) \rightarrow H'_*(X, A)$  теории  $H_*(X, A)$  в теорию  $H'_*(X, A)$  на  $C$  и посредством  $t'_*(F^p(X), F^p(A))$   $A_p(X, A)$  переходит в  $A'_p(X, A)$ , ( $A'_p(X, A)$  соответствует теории  $H'_*(X, A)$ ), то используя изоморфизм надстройки, предложение 1 и лемму 2, легко видеть, что определяется единственное естественное преобразование функторов  $t_*(X, A) : H_*(X, A) \rightarrow H'_*(X, A)$  на  $P$ , продолжающий гомоморфизм  $t_0(*)$ .

**Лемма 3.** Естественное преобразование  $t_*(X, A)$  коммутирует с граничными операторами теорий  $H_*(X, A)$  и  $H'_*(X, A)$ .

Для доказательства леммы 3 строятся вспомогательные компактные пространства.

**Эта лемма завершает доказательство теоремы.**

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

(Поступило 14.5.1982)

გამომავლობა

ს. სანაბლიძე

პარაკომპაქტურ სივრცეთა ჰომოლოგიის თეორიის შესახებ

რეზიუმე

თუ  $H_*(X, A)$  ჰომოლოგიის თეორია პარაკომპაქტურ ჰაუსდორფის სივრცეთა კატეგორიაზე ( $A$  ჩაეტილია  $X$ -ში), რომელიც აკმაყოფილებს სტინროდ — აილენბერგის აქსიომებს და ამასთან გვაქვს ფუნქტორული ზუსტი მიმდევრობა.

$$0 \rightarrow \text{Ext}(\tilde{H}^{n+1}(X, A; Z), G) \rightarrow H_n(X, A) \rightarrow \text{Hom}(\tilde{H}^n(X, A; Z), G) \rightarrow 0,$$

სადაც  $\tilde{H}^*$  ალექსანდროვ—ჩეხის კოჰომოლოგიის თეორიაა, ხოლო  $G = H_0(*)$  კოეფიციენტების ჯგუფია, მაშინ  $H_*(X, A)$  ჰომოლოგიის თეორია ცალსახადა განსაზღვრული.

ესეი ჰომოლოგიის თეორიების მაგალითები მოცემულია [1—3]-ში.

MATHEMATICS

S. A. SANEBLIDZE

## ON THE HOMOLOGY THEORY OF PARACOMPACTA

### Summary

If  $H_*(X, A)$  is a homology theory on the category of paracompact Hausdorff spaces ( $A$  is closed in  $X$ ), satisfying the Eilenberg-Steenrod axioms, and it, in addition, we have a functorial exact sequence

$$0 \rightarrow \text{Ext}(\tilde{H}^{n+1}(X, A; Z), G) \rightarrow H_n(X, A) \rightarrow \text{Hom}(\tilde{H}^n(X, A; Z), G) \rightarrow 0,$$

where  $\tilde{H}^*$  is the Čech cohomology theory and  $G = H_0(*)$  is the coefficient group, then the homology theory  $H_*(X, A)$  is uniquely characterized. Examples of such theories are given in [1-3].

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. X. H. Инасаридзе. Труды Тбил. матем. ин-та, т. 41, 128, 1973, 128—242.
2. В. И. Кузьминов, И. А. Шведов. Сиб. матем. ж., т. 15, № 5, 1974, 1083—1102.
3. W. S. Massey. Amer. Math. Monthly, 85, 1978, 75-83.
4. Н. А. Берикашвили. ДАН СССР, т. 254, № 6, 1980, 1289—1291.



Т. К. ҚАРЧАВА

О СУММИРОВАНИИ РЯДОВ ФУРЬЕ МЕТОДОМ  
 БЕРНШТЕЙНА—РОГОЗИНСКОГО

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. В. Жижиашвили 23.6.1982)

Пусть  $S_n(x, f)$  — частная сумма ряда Фурье. Рассмотрим следующую величину:  $B_n(x, f) = \frac{1}{2} \{S_n(x + \alpha_n, f) + S_n(x - \alpha_n, f)\}$ , где  $\alpha_n > 0$ ,  $\alpha_n \rightarrow 0$ . Если  $B_n(x, f) \rightarrow f(x)$  при  $n \rightarrow \infty$ , то говорят, что ряд Фурье функции  $f$  суммируется в точке  $x$  методом Бернштейна—Рогозинского. Этот метод суммирования рассматривался многими авторами (см. обзорную статью С. Б. Стечкина в [1], стр. 479—492), но во всех работах рассматривался случай  $\alpha_n = O\left(\frac{1}{n}\right)$ , так как только в этом случае является рассматриваемый метод регулярным.

В настоящей работе рассматривается суммирование рядов Фурье методом Бернштейна—Рогозинского для классов функции  $H^\omega, H^\omega \cap V[v], C \cap V[v], V[v]$ , причем не обязательно  $\alpha_n = O\left(\frac{1}{n}\right)$ .  $H^\omega$  — класс тех непрерывных функций, для которых модуль непрерывности мажорируется заданным модулем непрерывности  $\omega$ , а  $V[v]$  — класс тех ограниченных функций, модуль изменения которых мажорируется заданным модулем изменения  $v$  (определение модуля изменения см. в [2]).

Имеет место следующая теорема.

**Теорема 1.** *Для того чтобы ряды Фурье класса  $H^\omega$  были равномерно суммируемы методом Бернштейна—Рогозинского, необходимо и достаточно выполнение условия*

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left\{ |\cos n\alpha_n| \cdot \|f - S_n(f)\|_C + \omega\left(\frac{1}{n}\right) \ln(n\alpha_n) \right\} = 0. \quad (1)$$

Для доказательства этой теоремы применяется оценка

$$\|f - B_n(f)\|_C \leq C \left\{ |\cos n\alpha_n| \cdot \|f - S_n(f)\|_C + \omega\left(\frac{1}{n}\right) \ln(n\alpha_n) + \omega(\alpha_n) \right\},$$

где  $C$  — некоторая постоянная.

Если  $\alpha_n = O\left(\frac{1}{n}\right)$ , то применяя оценку [3]

$$\|f - S_n(f)\|_C < C \left\{ \omega\left(\frac{1}{n}\right) \sum_{k=1}^{m_0(n)} \frac{1}{k} + \sum_{k=m_0(n)+1}^n \frac{v(k)}{k^2} \right\},$$

где  $m_0(n) = \max \left\{ m \in [1, n], \frac{\nu(m)}{m} \geq \omega \left( \frac{1}{n} \right) \right\}$ , получаем следующие результаты.

**Теорема 2.** Для того чтобы ряды Фурье класса  $H^\omega \cap V[\nu]$  были равномерно суммируемы методом Бернштейна—Рогозинского, необходимо и достаточно выполнение условия

$$\lim_{n \rightarrow \infty} |\cos(n \alpha_n)| \left\{ \omega \left( \frac{1}{n} \right) \sum_{k=1}^{m_0(n)} \frac{1}{k} + \sum_{k=m_0(n)+1}^n \frac{\nu(k)}{k^2} \right\} = 0.$$

**Теорема 3.** Для того чтобы ряды Фурье класса  $C \cap V[\nu]$  были равномерно суммируемы методом Бернштейна—Рогозинского  $\left( \alpha_n = O \left( \frac{1}{n} \right) \right)$ , необходимо и достаточно выполнение условия

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \cos(n \alpha_n) \sum_{k=[\mu(n)]}^n \frac{\nu(k)}{k^2} = 0, \quad (2)$$

для любого  $\mu(n) \rightarrow \infty$ .

Заметим, что при  $\cos(n \alpha_n) \rightarrow 0$ , то (2) эквивалентно условию

$$\sum_{k=1}^{\infty} \frac{\nu(k)}{k^2} < \infty,$$

а при  $\cos(n \alpha_n) \rightarrow 0$ , (5) можно переписать в виде

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \cos(n \alpha_n) \sum_{k=1}^n \frac{\nu(k)}{k^2} = 0.$$

Если функция  $f$  не является непрерывной, то в этом случае справедлива

**Теорема 4.** Пусть  $f \in V[\nu]$  и  $\nu(n) = o(n)$ . Тогда для того чтобы выполнялось равенство  $\left( \alpha_n = O \left( \frac{1}{n} \right) \right)$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} B_n(x, f) = \frac{f(x+0) + f(x-0)}{2}$$

в каждой точке для всех  $f \in V[\nu]$  необходимо и достаточно условие (2).



თ. კარჩავა

ფურიეს მწკრივების ბერნშტეინ — როგოზინსკის მეთოდით  
შეჯამებადობის შესახებ

რ ე ზ ი უ მ ე

განხილულია  $H^\omega$ ,  $H^\omega \cap V[\sigma]$ ,  $C \cap V[\sigma]$  და  $V[\sigma]$  კლასების ფურიეს  
მწკრივების ბერნშტეინ — როგოზინსკის მეთოდით შეჯამებადობის საკითხი.

MATHEMATICS

T. K. KARCHAVA

ON THE BERNSTEIN-ROGOSINSKI METHOD OF SUMMABILITY  
OF FOURIER SERIES

Summary

The question of summability of Fourier series of  $H^\omega$ ,  $H^\omega \cap V[\sigma]$ ,  
 $C \cap V[\sigma]$  and  $V[\sigma]$  classes is considered by means of the Bernstein-Rogosinski  
method.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. Харди. Расходящиеся ряды. М., 1951.
2. З. А. Чантурия. ДАН СССР, 214, № 1, 1974.
3. З. А. Чантурия. Матем. сб., 100, № 4, 1976.

Р. К. ЧИЧИНАДЗЕ

ФУНДАМЕНТАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ  
 СТАЦИОНАРНОГО ТЕЧЕНИЯ МИКРОПОЛЯРНОЙ ЖИДКОСТИ  
 И СВЯЗАННЫЕ С НИМ ПОТЕНЦИАЛЫ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. Г. Гегелиа 12.3.1982)

Рассмотрим линеаризованные уравнения стационарного течения вязкой несжимаемой микрополярной жидкости [1]

$$M(\partial_x) V(x) - G(\partial_x) p(x) + \rho \mathfrak{F}(x) = 0, \\ \operatorname{div} v(x) = 0, \quad (1)$$

где  $x = (x_1, x_2, x_3)$  — точка трехмерного евклидова пространства  $E_3$ ;  $V = (v, \omega)$  и  $\mathfrak{F} = (\mathfrak{F}, \mathfrak{G})$  — векторы (одно столбцевые матрицы);  $v$  — вектор скорости,  $\omega$  — вектор микровращения;  $\mathfrak{F}$  — массовая сила;  $\mathfrak{G}$  — массовый момент;  $p$  — давление;  $\rho$  — плотность;

$$M(\partial_x) = \| M_{ij}(\partial_x) \|_{6 \times 6} \equiv \left\| \begin{array}{cc} M^{(1)} & M^{(2)} \\ M^{(3)} & M^{(4)} \end{array} \right\|,$$

$$M^{(k)} = \| M_{ij}^{(k)} \|_{3 \times 3}, \quad k = 1, 2, 3, 4,$$

$$M_{ij}^{(1)} = (\mu + \alpha) \delta_{ij} \Delta, \quad M_{ij}^{(2)} = M_{ij}^{(3)} = -2\alpha \varepsilon_{ijk} \frac{\partial}{\partial x_k},$$

$$M_{ij}^{(4)} = \delta_{ij} [(\nu + \beta) \Delta - 4\alpha] + (\varepsilon + \nu - \beta) \frac{\partial}{\partial x_i \partial x_j};$$

$$G(\partial_x) = \| G_i \|_{6 \times 1}, \quad G_i = \frac{\partial}{\partial x_i}, \quad i = 1, 2, 3, \quad G_j = 0, \quad j = 4, 5, 6;$$

$\Delta$  — оператор Лапласа;  $\delta_{ij}$  — символ Кронекера;  $\varepsilon_{ijk}$  — символ Леви — Чивита;  $\mu, \alpha, \varepsilon, \nu, \beta$  — постоянные среды, удовлетворяющие условиям [1]

$$\mu > 0, \quad \alpha > 0, \quad 3\varepsilon + 2\nu > 0, \quad \nu > 0, \quad \beta > 0.$$

В элементарных функциях построено фундаментальное решение системы (1):

$$U(x) = \| U_{ij}(x) \|_{6 \times 6}, \quad Q(x) = \| Q_i(x) \|_{6 \times 1},$$

где

$$U(x) = \left\| \begin{array}{cc} U^{(1)} & U^{(2)} \\ U^{(3)} & U^{(4)} \end{array} \right\|, \quad U^{(k)} = \| U_{ij}^{(k)} \|_{3 \times 3}, \quad k = 1, 2, 3, 4,$$

$$U_{ij}^{(1)} = \frac{\delta_{ij}}{2\pi\mu} \left[ \frac{1}{|x|} - \frac{\alpha}{\mu + \alpha} \frac{e^{-k|x|}}{|x|} \right] + \frac{1}{4\pi\mu} \frac{\partial^2}{\partial x_i \partial x_j} \left[ \frac{\nu + \beta}{2\mu} \frac{e^{-k|x|} - 1}{|x|} - |x| \right],$$

$$U_{ij}^{(2)} = U_{ij}^{(3)} = \frac{1}{4\pi\mu} \varepsilon_{ijl} \frac{\partial}{\partial x_l} \frac{e^{-k|x|} - 1}{|x|},$$

$$U_{ij}^{(4)} = \frac{\delta_{ij}}{2\pi(\nu + \beta)} \frac{e^{-k|x|}}{|x|} +$$

$$+ \frac{1}{8\pi\alpha} \frac{\partial^2}{\partial x_i \partial x_j} \left[ \frac{e^{-\kappa|x|} - 1}{|x|} - \frac{\mu + \alpha}{\mu} \frac{e^{-k|x|} - 1}{|x|} \right],$$

$$k = \left( \frac{4\mu\alpha}{(\mu + \alpha)(\nu + \beta)} \right)^{1/2}, \quad \kappa = \left( \frac{4\alpha}{\varepsilon + 2\nu} \right)^{1/2};$$

$$Q_i(x) = -\frac{1}{2\pi} \frac{\partial}{\partial x_i} \frac{1}{|x|}, \quad i=1, 2, 3; \quad Q_j(x)=0, \quad j=4, 5, 6.$$

Каждый  $k$ -й столбец матрицы  $U$  и  $k$ -й элемент матрицы  $Q$ , взятые соответственно вместо  $V$  и  $p$ , удовлетворяют системе (1) при  $\mathfrak{P} \equiv 0$ ) в каждой точке  $E_3$ , кроме начала координат.

С помощью матриц  $U$  и  $Q$  построены объемные потенциалы и установлены их свойства.

Пусть  $\mathfrak{D}^+$  — конечная область из  $E_3$ , ограниченная поверхностью  $S$  и  $\mathfrak{D}^- \equiv E_3 \setminus \overline{\mathfrak{D}^+}$ , а  $n(y) = (n_1(y), n_2(y), n_3(y))$  — единичная нормаль на  $S$  в точке  $y$ , внешняя по отношению к  $\mathfrak{D}^+$ .

Назовем потенциалом простого слоя интегралы

$$\mathfrak{B}(\varphi)(x) = \int_S U(x-y) \varphi(y) d_y S, \quad a(\varphi)(x) = \int_S Q(x-y) \varphi(y) d_y S,$$

а потенциалом двойного слоя — интегралы

$$\mathfrak{B}(\varphi)(x) = \int_S [T(\partial_y, n) U(y-x) - N(y) * Q(y-x)]' \varphi(y) d_y S,$$

$$b(\varphi)(x) = \int_S [T(\partial_y, n) Q(x-y)] \varphi(y) d_y S,$$

где штрих над матрицей означает операцию транспонирования, а  $a * b$ , если  $a = (a_1, a_2, \dots, a_6)$  и  $b = (b_1, b_2, \dots, b_6)$  означает матрицу с элементами  $a_i b_j$  ( $i, j = 1, 2, \dots, 6$ );

$$N(y) = (n_1(y), n_2(y), n_3(y), 0, 0, 0);$$

$$T(\partial_y, n) = \|T_{ij}(\partial_y, n)\|_{6 \times 6} \equiv \begin{vmatrix} T^{(1)} & T^{(2)} \\ T^{(3)} & T^{(4)} \end{vmatrix},$$

$$T^{(h)} = \|T_{ij}^{(h)}\|_{3 \times 3}, \quad h = 1, 2, 3, 4,$$

$$T_{ij}^{(1)} = (\mu - \alpha) n_j \frac{\partial}{\partial x_i} + (\mu + \alpha) \delta_{ij} \frac{\partial}{\partial n}, \quad T_{ij}^{(2)} = -2\alpha \varepsilon_{ijk} n_k,$$

$$T_{ij}^{(3)} = 0, \quad T_{ij}^{(4)} = \varepsilon n_i \frac{\partial}{\partial x_j} + (\nu - \beta) n_j \frac{\partial}{\partial x_i} + (\nu + \beta) \delta_{ij} \frac{\partial}{\partial n}.$$

**Теорема 1.** Если  $S$  — кусочно-гладкая поверхность и  $\varphi$  суммируема на  $S$ , то пары  $[\mathfrak{B}(\varphi), a(\varphi)]$  и  $[\mathfrak{B}(\varphi), b(\varphi)]$  удовлетворяют системе (1), при  $\mathfrak{P} \equiv 0$ , в каждой точке  $E_3 \setminus S$  и принадлежат классу  $C^\infty(E_3 \setminus S)$ .

Пусть  $S \in \mathcal{L}_k(\alpha)$ ,  $l$  и  $k$  — целые числа  $0 \leq l < k$ ,  $0 < \beta < \alpha \leq 1$ . На основании результатов [2], доказываются следующие теоремы.



Теорема 2. Если  $\varphi \in C^{l,\beta}(S)$ , то  $\mathfrak{B}(\varphi)$  принадлежит классам  $C^{l+1,\beta}(\overline{\mathfrak{D}^+})$ ,  $C^{l+1,\beta}(\overline{\mathfrak{D}^-})$ , и  $\forall z \in S$ :

$$\lim_{D^\pm \ni x \rightarrow z} [T(\partial_x, n(z)) \mathfrak{B}(\varphi)(x) - N(z) a(\varphi)(x)] = \\ = \pm \varphi(z) + T(\partial_z, n(z)) \mathfrak{B}(\varphi)(z) - N(z) a(\varphi)(z).$$

Теорема 3. Если  $\varphi \in C^{l,\beta}(S)$ , то  $\mathfrak{B}(\varphi)$  принадлежит классам  $C^{l,\beta}(\overline{\mathfrak{D}^+})$ ,  $C^{l,\beta}(\overline{\mathfrak{D}^-})$ , и  $\forall z \in S$ :

$$\lim_{D^\pm \ni x \rightarrow z} \mathfrak{B}^\pm(\varphi)(x) = \mp \varphi(z) + \mathfrak{B}(\varphi)(z).$$

Теорема 4. Если  $\varphi \in C^{l,\beta}(S)$  ( $l \geq 1$ ), то  $a(\varphi)$  принадлежит классам  $C^{l,\beta}(\overline{\mathfrak{D}^+})$ ,  $C^{l,\beta}(\overline{\mathfrak{D}^-})$ , а  $b(\varphi)$  принадлежит классам  $C^{l-1,\beta}(\overline{\mathfrak{D}^+})$ ,  $C^{l-1,\beta}(\overline{\mathfrak{D}^-})$ .

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

(Поступило 3.6.1982)

მათემატიკური ფიზიკა

რ. შიჩინაძე

მიკროპოლარული სითხის სტაციონარული დინების განტოლების  
ფუნდამენტური ამონახსნი და მასთან დაკავშირებული  
პოტენციალები

რ ე ზ ი შ ე

აგებულია ბლანტი უკუშში მიკროპოლარული სითხის სტაციონარული  
დინების განტოლების ფუნდამენტური ამონახსნი. შემოყვანილია მოცულობითი და  
ზედაპირული პოტენციალები და შესწავლილია მათი თვისებები.

MATHEMATICAL PHYSICS

R. K. CHICHINADZE

ON THE FUNDAMENTAL SOLUTION OF A PROBLEM OF THE  
STATIONARY FLOW OF A MICROPOLAR FLUID  
AND POTENTIALS CONNECTED WITH IT

Summary

The fundamental solution of an equation of stationary flow of a viscous incompressible micropolar fluid is constructed. Solid and surface potentials are introduced and their properties studied.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. A. C. Eringen. J. Math. Mech. 16, 1, 1966.  
2. В. Д. Купрадзе, Т. Г. Гегელია, М. О. Башелейшвили, Т. В. Бурчуладзе. Трехмерные задачи математической теории упругости и термоупругости. М., 1976.

В. Н. КУТРУНОВ

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ ДЛЯ ТЕЛ,  
 ОГРАНИЧЕННЫХ КУСОЧНО-ЛЯПУНОВСКИМИ  
 ПОВЕРХНОСТЯМИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. Г. Гегелиа 19.2.1982)

Как известно [1—4], для построения сингулярных интегральных уравнений используется обобщенный интеграл Гаусса

$$I(p) = \int_S \widehat{\Gamma}_2(p, q) dS_q = -\delta(p) \widehat{E}, \quad (1)$$

где

$$\delta(p) = \begin{cases} 0, & p \in D^- \\ 1, & p \in S \\ 2, & p \in D^+, \end{cases} \quad (2)$$

$S$  — ляпуновская поверхность, ограничивающая конечную область  $D^+$ . Область  $D^-$  дополняет область  $D^+$  до пространства  $R_3$ . Через  $E$  обозначена единичная матрица. Функция  $\widehat{\Gamma}_2$  является тензором второго ранга

$$\widehat{\Gamma}_2(p, q) = \frac{1}{4\pi(1-\nu)R^3} \left[ (1-2\nu)(n_q R - R n_q - n_q \cdot R \widehat{E}) - 3 \frac{n_q \cdot R}{R^2} R R \right], \quad (3)$$

где  $\nu$  — коэффициент Пуассона;  $R = r_q - r_p$ ;  $r_q, r_p$  — радиус-векторы точек  $q$  и  $p$ ;  $R = |R|$ ;  $n_q$  — нормаль в точке  $q \in S$ , внешняя к поверхности  $S$ . Для записи формулы (3) использована символика прямого тензорного исчисления [4—6].

Если  $S$  — кусочно-ляпуновская поверхность, то для некоторого особого множества точек  $p \in S$  (ребер, конических точек, вершин многогранных углов) равенство (1) перестает быть верным.

Пусть точка  $P$  принадлежит указанному множеству. Вычислим интеграл Гаусса для этой точки. Опишем достаточно малым радиусом  $r$  сферу с центром в точке  $P$  и отбросим часть области  $D^+$ , вырезаемую этой сферой. Оставшаяся часть области  $D^+$  будет ограничена поверхностью  $S_r \cup \sigma$ , где  $S_r$  — часть сферической поверхности (пересечение сферы с областью  $D^+$ ), а  $\sigma$  — часть поверхности  $S$ . Так как точка  $P$  внешняя к объему, ограниченному поверхностью  $S_r \cup \sigma$ , то из формулы (1) следует

$$\int_{S_r \cup \sigma} \Gamma_2(p, q) dS_q = 0. \quad (4)$$

Разбивая интеграл (4) на два интеграла по поверхности  $\sigma$  и  $S_r$ ,



затем заменяя в интеграле по куску сферы  $S_r$  направление нормали  $n_q$  на противоположное и переходя к пределу, получаем

$$\widehat{T}(p) = \int_S \widehat{\Gamma}_2(p, q) dS_q = \lim_{r \rightarrow 0} \int_{S_r} \widehat{\Gamma}_2(p, q) dS_q. \quad (5)$$

Сферичность поверхности  $S_r$  позволяет упростить ядро  $\widehat{\Gamma}_2$ , перейти к криволинейному интегралу и осуществить предельный переход в формуле (5). Окончательный результат имеет вид

$$\widehat{T}(p) = -\frac{\widehat{E}}{2\pi} \left[ 2\pi - Q_n - \int_l (r'' \times r) \cdot dr \right] + \frac{1}{4\pi(1-\nu)} \int_l dr \times rr. \quad (6)$$

Контур  $l$  является линией пересечения сферы единичного радиуса и некоторой линейчатой поверхности, образованной всевозможными лучами, касательными к поверхности  $S$  в точке  $P$ .

Направления обхода контура  $l$  и нормали  $n_q$  к поверхности  $S_r$  согласованы по правилу правого винта. В формуле (6) через  $r$  обозначен радиус-вектор точек контура  $l$  с началом в точке  $P$ ;

$r''$  — вторая производная по длине дуги  $l$ ;  $Q_n = \sum_{i=1}^n (\pi - \alpha_i)$ , где через  $\alpha_i$

обозначены внутренние углы, образованные регулярными звеньями контура  $l$ ;  $n$  — число регулярных кривых, составляющих этот контур.

Формула (6) удобна для фактического вычисления интеграла Гаусса  $\widehat{T}(p)$ . В качестве ее следствия можно получить формулу (1) для произвольного расположения точки  $p$  и ляпуновской поверхности  $S$ . Дальнейшее упрощение выражения (6) возможно в конкретных частных случаях.

Пример. Пусть в бесконечно малой окрестности точки  $p$  поверхность  $S$  подобна многогранному углу. Тогда контуром  $l$  в формуле (6) будет контур сферического  $n$ -угольника, вырезаемого на единичной сфере указанным многогранником. Пусть  $R_i$  — радиус-векторы вершин сферического  $n$ -угольника, проведенные из точки  $p$ . Результат вычисления по формуле (6) будет следующим:

$$\widehat{T}(p) = -\frac{\widehat{E}}{2\pi} [2\pi - Q_n] - \frac{1}{4\pi(1-\nu)} \sum_{i=1}^n \frac{(R_i \times R_{i+1})(R_i + R_{i+1})}{1 - g_{i,i+1}}, \quad (7)$$

где  $g_{i,i+1} = (R_i \cdot R_{i+1})$  и  $R_{n+1} \equiv R_1$ . Нумерация векторов принята в соответствии с правилом обхода контура  $l$ .

Если точка  $p$  — вершина куба, то  $n = 3$ ,  $Q_3 = 3\pi/2$ ,  $R_1 = R_2 \times R_3$ ,  $R_2 = R_3 \times R_1$ ,  $R_3 = R_1 \times R_2$ ,  $g_{i,i+1} = 0$ .

Примем векторы  $R_1, R_2, R_3$  за орты базиса декартовой системы координат. Тензор  $\widehat{T}(p)$  в этом базисе имеет представление  $\widehat{T}(p) = A_{ij} P_i R_j$ , а его компоненты принимают известный [7] вид:

$$A_{ij} = -\frac{\delta_{ij}}{4} - \frac{1}{4\pi(1-\nu)} [\delta_{11}\delta_{j2} + \delta_{11}\delta_{j2} + \delta_{11}\delta_{j3} + \delta_{11}\delta_{j3} + \delta_{12}\delta_{j3} + \delta_{12}\delta_{j3}],$$



$$\delta_{ij} = \begin{cases} 0, & i \neq j \\ 1, & i = j. \end{cases} \quad (8)$$

На основании формул (6) и (7) можно легко получить и известные формулы для двугранного угла, вершины конуса, а также ряд новых.

Умение вычислять обобщенный интеграл Гаусса для кусочно-ляпуновских поверхностей позволяет записывать для таких поверхностей и интегральные уравнения основных задач теории упругости.

Для примера, уравнения первой внутренней ( $I^+$ ) и первой внешней ( $I^-$ ) задач имеют вид

$$[-\widehat{T}(p) + 2\widehat{E}] \cdot \Phi(p) + \int_S \Gamma_2(p, q) \cdot \Phi(q) dS_q = u(p), \quad (I^+)$$

$$-\widehat{T}(p) \cdot \Phi(p) + \int_S \Gamma_2(p, q) \cdot \Phi(q) dS_q = u(p). \quad (I^-)$$

В этих уравнениях  $\Phi(p)$  — искомая плотность потенциала, а  $U(p)$  — заданный на границе вектор перемещения. В частном случае ляпуновской поверхности  $\widehat{T}(p) \equiv -\widehat{E}$  и интегральные уравнения принимают известную форму [1—4].

Тюменский инженерно-строительный институт

(Поступило 19.2.1982)

დრეკადლობის თეორია

3. კუტრუნოვი

დრეკადლობის თეორიის ინტეგრალური განტოლებები უბან-უბან ლიაკუნოვის ზედაპირებით შემოსაზღვრული არეებისათვის

რ ე ზ ი უ მ ე

უბან-უბან ლიაკუნოვის ზედაპირებზე გავრცელებული გაუსის ინტეგრალის ანალიზურად გამოთვლის საფუძველზე მიღებულია სინგულარული ინტეგრალური განტოლებები ასეთივე ზედაპირებით შემოსაზღვრული დრეკადი არეებისათვის.

THEORY OF ELASTICITY

V. N. KUTRUNOV

SINGULAR INTEGRAL EQUATIONS FOR THE THEORY OF ELASTICITY IN A DOMAIN WITH A PIECE-LYAPUNOV BOUNDARY

Summary

Singular integral equations for the classical theory of elasticity are obtained for three-dimensional domains whose boundaries may have edges and vertexes.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. Д. Купрадзе, Т. Г. Гегелиа, М. О. Башелейшвили, Т. В. Бурчуладзе. Трехмерные задачи математической теории упругости. М., 1976, 664.
2. В. З. Партон, П. И. Перлин. Интегральные уравнения теории упругости. М., 1977, 311.
3. Ю. В. Верюжский. Численные методы потенциала в некоторых задачах прикладной механики. Киев, 1978, 183.
4. А. И. Лурье. Теория упругости. М., 1939.
5. Г. Корн, Т. Корн. Справочник по математике. М., 1978, 831.
6. В. И. Блох. Теория упругости. Харьков, 1964, 483.
7. В. Я. Адлудский. Динамика и прочность тяжелых машин, № 4, 1979, 91—97.





Л. Г. ДОБОРДЖИНИДЗЕ

ЗАДАЧА СЖАТИЯ ДВУХ УПРУГИХ ТЕЛ ПРИ НАЛИЧИИ  
 УЧАСТКОВ СЦЕПЛЕНИЯ И СКОЛЬЖЕНИЯ

(Представлено академиком Н. П. Векуа 9.6.1982)

На основе гипотезы Л. А. Галина [1] рассматривается обобщенная плоская задача Герца о соприкосании двух упругих тел, близких по форме к полуплоскостям.

Пусть упругие тела  $S_1$  и  $S_2$  (вообще говоря из различных материалов) под действием внешних сил, главный вектор которых обозначим через  $(P_0, T_0)$ , соприкасаются в плоскости  $z = t + iy$  вдоль участков  $[a, b]$  их границ. Предполагается, что отрезок контакта  $L'$  разбивается на три части  $L' = [a, a_1] \cup a_1, b_1 [ \cup [b_1, b]$ . Причем на  $L_0 = ]a_1, b_1 [$  имеет место сцепление, а на  $L_1 = ] [a, a_1] \cup [a_1, b_1 [$  — проскальзывание. Напряжения и вращение для рассматриваемых тел равны нулю на бесконечности.

Все величины, относящиеся к  $S_1$  и  $S_2$ , занимающие, соответственно, нижнюю и верхнюю полуплоскости, обозначим индексами 1 и 2.

Граничные условия задачи запишутся так [2]: ( $L = \{ot\}$ )

$$N_1(t) + iT_1(t) = N_2(t) + iT_2(t) = N(t) + iT(t), \quad N(t) > 0 \text{ на } L',$$

$$N(t) = 0, \quad T(t) = 0 \text{ на } L \setminus L', \quad (1)$$

$$T(t) = \rho N(t), \quad v_1^-(t) - v_2^+(t) = f(t) \text{ на } L_1, \quad (2)$$

$$u_1^-(t) = u_2^+(t) = 0, \quad v_1^-(t) - v_2^+(t) = f(t), \quad |T(t)| < k|N(t)| \text{ на } L_0. \quad (3)$$

Здесь  $N$  и  $T$  обозначают нормальную и касательную составляющие напряжения;  $\rho = k$  ( $k > 0$  — коэффициент трения) на  $[a, a_1]$ ;  $\rho = -k$  на  $[a_1, b_1]$ ;  $u, v$  — проекции смещения на оси  $ot$  и  $oy$ , соответственно;  $f(t) = f_1(t) - f_2(t)$ , где функции  $f_1$  и  $f_2$  характеризуют конфигурацию сжимаемых тел  $S_1$  и  $S_2$ . Принимается, что  $f' \subset H(L')$ .

Для решения задачи введем потенциалы  $\Phi_1(z), \Phi_2(z)$ , соответствующие  $S_1$  и  $S_2$  [2]. Тогда на основании формулы (14) работы [2]

$$N(t) + iT(t) = \Phi_1^+(t) - \Phi_1^-(t) = \Phi_2^-(t) - \Phi_2^+(t). \quad (4)$$

Из условия (1) после известных рассуждений получим

$$\Phi_2(z) = -\Phi_1(z). \quad (5)$$

Теперь воспользуемся известными формулами, приведенными в [2] и учтем в них равенство (5). Тогда задача сводится к отысканию кусочно-голоморфной функции  $\Phi_1(Z)$  по граничным условиям

$$\Phi_1^+(t) - \Phi_1^-(t) = (1 + i\rho)N(t), \quad \text{Im} [(\mu_1 \kappa_2 + \mu_2) \Phi_1^+(t) + (\mu_2 \kappa_1 + \mu_1) \Phi_1^-(t)] =$$

$$= 2\mu_1 \mu_2 f'(t) \text{ на } L_1, \quad (6)$$



$$(\mu_1 \alpha_2 + \mu_2) \Phi_1^+(t) + (\mu_2 \alpha_1 + \mu_1) \Phi_1^-(t) = 2i\mu_1 \mu_2 f'(t) \text{ на } L_0, \quad (7)$$

$$\Phi_1^+(t) - \Phi_1^-(t) = 0 \text{ на } L \setminus L'. \quad (8)$$

Сперва рассмотрим задачу

$$\Phi_1^+(t) = G\Phi_1^-(t) + F(t) \text{ на } L', \text{ где} \quad (9)$$

$$G = \begin{cases} 1 & \text{на } L_1 \\ -\frac{\mu_2 \alpha_1 + \mu_1}{\mu_1 \alpha_2 + \mu_2} & \text{на } L_0, \end{cases} \quad F(t) = \begin{cases} (1+i\rho)N(t) & \text{на } L_1 \\ \frac{2i\mu_1 \mu_2 f'(t)}{\mu_1 \alpha_2 + \mu_2} & \text{на } L_0. \end{cases} \quad (10)$$

Решение этой задачи, принадлежащее классу  $h(a, a_1, b_1, b)$  и исчезающее на бесконечности, дается формулой [3]

$$\Phi_1(z) = \frac{(1+i\rho)X(z)}{2\pi i} \int_{L_1} \frac{N(t) dt}{X(t)(t-z)} + \frac{\mu_1 \mu_2 X(z)}{(\mu_1 \alpha_2 + \mu_2) \pi} \int_{L_0} \frac{f'(t) dt}{X(t)(t-z)} + CX(z), \quad (11)$$

где

$$X(z) = (z - a_1)^{-\frac{1}{2} + i\beta} (z - b_1)^{-\frac{1}{2} - i\beta},$$

$$X(t) = X^+(t) = (t - a_1)^{-\frac{1}{2} + i\beta} (t - b_1)^{-\frac{1}{2} - i\beta}, \quad (12)$$

$$\beta_1 = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{\mu_2 \alpha_1 + \mu_1}{\mu_1 \alpha_2 + \mu_2}, \quad C = \frac{-T_0 + iN_0}{2\pi}. \quad (13)$$

Нам осталось удовлетворить второму условию (6), которому с использованием первого равенства (6), можно придать вид

$$[\mu_1(\alpha_2 + 1) + \mu_2(\alpha_1 + 1)] \operatorname{Im} \Phi_1^+(t) - (\mu_2 \alpha_1 + \mu_1) \rho N(t) = 2\mu_1 \mu_2 f'(t) \text{ на } L_1. \quad (14)$$

Подставим сюда предельное значение  $\Phi_1(z)$ , даваемое формулой (11).

Тогда после некоторых упрощений получим

$$\begin{aligned} \frac{\mu_2(\alpha_1 - 1) - \mu_1(\alpha_2 - 1)}{\mu_2(\alpha_1 + 1) + \mu_1(\alpha_2 + 1)} \rho N_0(t_0) + \frac{1}{\pi} \int_{L_1} \frac{N_0(t) dt}{t - t_0} + \frac{1}{\pi} \int_{L_1} \Gamma(t_0, t) N_0(t) dt = \\ = \sqrt{1+k^2} A(t_0), \end{aligned} \quad (15)$$

где  $A(t_0)$  — известная функция, задаваемая самой задачей,

$$\Gamma(t_0, t) = \quad (16)$$

$$= \left\{ \sqrt{1+k^2} \cos \left[ \arctg \rho + \frac{1}{2\pi} \ln \frac{\mu_2 \alpha_1 + \mu_1}{\mu_1 \alpha_2 + \mu_2} \ln \frac{(t_0 - a_1)(t - b_1)}{(t_0 - b_1)(t - a_1)} \right] - 1 \right\} \frac{1}{t - t_0},$$

а функция  $N_0(t)$  с искомым давлением  $N(t)$  связано соотношением

$$N_0(t) = \sqrt{(t - a_1)(t - b_1)} \cdot N(t). \quad (17)$$

Равенство (15) представляет собой действительное сингулярное интегральное уравнение для определения (с использованием (17)) искомого давления  $N(t)$  под штампом.

Для нашей цели мы должны искать решение уравнения (15) в классе  $h(a, a_1, b_1, b)$ . Данному классу соответствует индекс  $-2$ . Поэтому условия разрешимости (14) будут иметь вид

$$\int_{L_1} \frac{t_0^n}{\sqrt{(t_0 - a_1)(t_0 - b_1)}} \left[ \sqrt{1+k^2} A(t_0) - \frac{1}{\pi} \int_{L_1} \Gamma(t_0, t) N_0(t) dt \right] dt_0 = 0, \quad k=0, 1. \quad (18)$$

При помощи рассуждений, аналогичных [4], доказывается, что при соблюдении условия (18) уравнение (15) имеет единственное решение указанного класса.

Таким образом, из (15), (17), (18) и известного условия

$$\int_{L'} (N(t) + iT(t)) dt = N_0 + iT_0$$

найдем искомую функцию  $N(t)$  и определим параметры  $a, a_1, b_1, b$ . После этого поле напряжений на участке сцепления находится по формуле (4).

**Пример.** Рассмотрим важный для приложений случай, когда  $S_1$  и  $S_2$  сделаны из одного материала ( $\mu_1 = \mu_2, \lambda_1 = \lambda_2$ ). В этом случае уравнение (15) существенно упрощается и имеет вид (в частности, когда  $f(t) = t^2/R$  [2])

$$\frac{1}{\pi} \int_{L_1} \frac{N_0(t) dt}{t - t_0} = \frac{N_0}{\pi} - \frac{2\mu}{(\alpha+1)R} \left[ 2t_0^2 - (a_1 + b_1)t_0 + \frac{(a_1 + b_1)^2}{4} \right], \quad (20)$$

а условия разрешимости (18), как легко проверить, дают

$$b = -a, \quad \frac{N_0}{\pi} - \frac{\mu}{R(\alpha+1)} (a_1^2 + b_1^2 + 2b_1^2) = 0. \quad (21)$$

При соблюдении этих равенств элементарно находим решение уравнения (15) требуемого класса. Отсюда, с использованием (17), приходим к следующей формуле для  $N(t)$  на  $L_1$ .

$$N(t) = \frac{4\mu}{R(\alpha+1)} \sqrt{b^2 - t^2} \quad (22)$$

и, следовательно,

$$T(t) = \frac{4\mu\rho}{R(\alpha+1)} \sqrt{b^2 - t^2} \quad \text{при } t \in L_1. \quad (23)$$

После этого подставляем  $f(t) = t^2/R$  и первую формулу (22) в правую часть (11). Тогда из (4) находим значения  $N(t)$  и  $T(t)$  на участке сцепления  $L_0$  в виде

$$N(t) = -\frac{4\mu}{R(\alpha+1)} \sqrt{b^2 - t^2} + \frac{N_0}{\pi \sqrt{b_1^2 - t^2}}, \quad T(t) = \frac{T_0}{\pi \sqrt{b_1^2 - t^2}} \quad \text{на } ]a_1, b_1[. \quad (23)$$

Соотношения (22) и (23) подставим в условие (19). Это приводит к следующему нелинейному уравнению для определения  $b_1$ :

$$f(b_1) = b_1 \sqrt{b^2 - b_1^2} - b^2 \arcsin \frac{b_1}{b} + \frac{b^2 \pi}{4} = 0. \quad (24)$$

Решение (24) известным методом хорд уже во втором приближении дает достаточно точный результат

$$b_1 = 0,9205 b \quad (f(b_1) = -0,0054). \quad (25)$$

Найденное значение представляем в (21). Получаем

$$b = 0,7391 \sqrt{\frac{R(\alpha+1)N_0}{2\pi\mu}}, \quad b_1 = 0,6803 \sqrt{\frac{R(\alpha+1)N_0}{2\pi\mu}}. \quad (26)$$

Этим определены все искомые величины задачи.

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

(Поступило 11.6.1982)

დრეკადობის თეორია

ლ. დობორჯინიძე

ორი დრეკადი სხეულის თანახება ხისტი შეერთების და  
 გაცურების უბნების არსებობისას

რ ე ზ ი უ მ ე

ლ. გალინის [1] კიბოთეზის გათვალისწინებით განხილულია ჰერცის განზოგადებული ბრტყელი ამოცანა ორი დრეკადი სხეულის თანახების შესახებ, რომელთა ფორმა ახლოსაა ნახევარსიბრტყესთან.

THEORY OF ELASTICITY

L. G. DOBORJGINIDZE

THE PROBLEM OF COMPRESSION OF TWO ELASTIC BODIES IN  
 THE PRESENCE OF COUPLING AND SLIDING SECTIONS

Summary

A generalized plane Hertz problem of the contact of two elastic bodies—close in form to a half-plane—is solved on the basis of L. A. Galin's hypothesis.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Л. А. Галин. Контактные задачи теории упругости. М., 1953.
2. Н. И. Мухелишвили. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М., 1966.
3. Н. И. Мухелишвили. Сингулярные интегральные уравнения. М., 1968.
4. Л. Г. Доборджинидзе. Сообщения АН ГССР, 105, № 1, 1982.



В. Е. МАЙСТРЕНКО

## МЕТОД НАХОЖДЕНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ НЕЗАВИСИМЫХ МНОЖЕСТВ ВЕРШИН ГРАФА ОПРЕДЕЛЕННОГО ВИДА

(Представлено академиком В. В. Чавчанидзе 12.2.1982)

Числа независимости и связанные с ними подмножества вершин графа описывают важные структурные свойства графа и имеют непосредственное приложение при ведении проектного планирования исследовательских работ, размещении предприятий обслуживания, потребителей в энергосистемах, решении задач распознавания объектов, в кластерном анализе, численных методах таксономии, параллельных вычислениях на ЭВМ.

Методы нахождения максимальных независимых множеств вершин графа связаны с формированием независимых множеств и последующим вычеркиванием некоторых из них при условии, что последние содержатся в объемлющих их максимальных независимых множествах. С увеличением числа вершин такие методы становятся громоздкими.

В настоящей работе излагается метод нахождения числа независимости и максимальных независимых множеств нижеопределенного графа  $G$ . Решение рассматриваемого вопроса сводится к задаче целочисленного линейного программирования. В применении к рассматриваемому специфическому графу предлагаемый алгоритм более эффективен, чем известные алгоритмы такого рода.

Определение. Орграф  $G = (X, A)$ , где  $X$  — множество вершин,  $A$  — множество дуг, определяется тремя множествами номеров

$$I = \{i_1, i_2, \dots, i_k\},$$

$$J = \{j_1, j_2, \dots, j_e\},$$

$$L = \{l_1, l_2, \dots, l_r\}$$

таких, что  $i_k = j_1$ ,  $i_1 = j_e$ ,  $i_t \neq i_s$ ,  $j_t \neq j_s$  при любых  $t$  и  $s$  и  $t \neq s$ ,  $l_p \neq i_s$  и  $l_p \neq j_s$  при любых  $p$  и  $s$ .

Каждому номеру соотносится вершина, имеющая индексом этот номер. Каждая пара  $i_m, i_{m+1}$  определяет дугу  $(a_{i_m}, a_{i_{m+1}})$ . Каждая пара  $j_p, j_{p+1}$  определяет дугу  $(a_{j_p}, a_{j_{p+1}})$ , если не существует дуги, определяемой  $a_{i_m}$  и  $a_{i_{m+1}}$ , такой, что  $a_{j_p} = a_{i_{m+1}}$  и  $a_{j_{p+1}} = a_{i_m}$  или  $a_{j_p} = a_{i_m}$  и  $a_{j_{p+1}} = a_{i_{m+1}}$ . Множество  $L$  определяет изолированные вершины графа.

Граф  $G$  будем предполагать связным. Вершины, имеющие степени больше двух, будем называть отмеченными. К отмеченным будем от-  
32. „მეცნიერება“, ტ. 109, № 3, 1983



носить и вершины  $a_{i_1}$  и  $a_{j_1}$ . Путь, проходящий лишь через две отмеченные концевые вершины, назовем отмеченным. Этим двум последним соотнесем две двоичные переменные  $z_{1i}$  и  $z_{2i}$ . При этом условие  $z_{1i} = 1$ , например, будет означать, что соответствующая вершина графа принадлежит максимальному независимому множеству, а условие  $z_{1i} = 0$  будет определять противоположное событие. Пусть  $m_i$  есть число вершин, лежащих на отмеченном пути  $s_i$ , и пусть  $f(z_{1i}, z_{2i}, m_i)$  есть максимальное число неотмеченных и лежащих на пути  $s_i$  вершин, которое может быть отнесено к максимальному независимому множеству при условии, что относительно концевых вершин решен вопрос о принадлежности последних к этому множеству.  $f(z_{1i}, z_{2i}, m_i)$  можно выразить формулой

$$f(z_{1i}, z_{2i}, m_i) = \frac{m_i}{2} - \frac{1}{4} [(-1)^{m_i} + 3] + (-1)^{m_i} y_i - (z_{1i} + z_{2i}),$$

где  $y_i = |z_{2i} - z_{1i}|$  и  $m_i \geq 3$ .

Задача нахождения числа независимости графа  $G$  сводится к определению целочисленного максимума целевой функции

$$F = \sum_{i \in I_1} f(z_{1i}, z_{2i}, m_i) + \sum_{k \in I_2} (z_{1k} + z_{2k}),$$

где  $I_1$  — множество индексов всех отмеченных более чем двухвершинных путей графа  $G$ ;  $I_2$  — множество индексов всех отмеченных вершин.

Область, в которой ищется максимум, определяется ограничениями

$$z_{1i} \geq 0, \quad z_{1i} \leq 1, \quad z_{2i} \geq 0, \quad z_{2i} \leq 1,$$

$$z_{1i} + z_{2i} \leq 1, \quad \text{если } m_i = 2,$$

$$y_i + z_{1i} - z_{2i} \geq 0,$$

$$y_i - z_{1i} + z_{2i} \geq 0.$$

На переменные  $z_{1i}$ ,  $z_{2i}$ ,  $m_i$  налагается требование целочисленности.

Таким образом, нахождение наибольшего независимого множества и числа независимости свелось к задаче целочисленного линейного программирования.

Число переменных в нашей задаче равно  $n_1 + n_2$ , где  $n_1$  — число отмеченных вершин,  $n_2$  — число отмеченных более чем двухвершинных путей. Число ограничений равно  $2n_1 + 2n_2 + n_3$ , где  $n_3$  — число двухвершинных отмеченных путей.

Предлагаемый алгоритм дает тем больший эффект во времени и числе операций, чем значительнее доля отмеченных вершин во множестве вершин графа. Перечисление максимальных независимых множеств графа может быть организовано в одном цикле на множестве допустимых значений введенных двоичных переменных, причем при этом определяются и наибольшие независимые множества вершин графа без применения методов линейного программирования.

Отличие предлагаемого алгоритма от признанного одним из лучших алгоритма Брона и Кэрбоша [1] заключается еще и в том,

что в нем не используется дерево поиска, на каждом шаге получается максимальное независимое множество, отсутствуют шаги возвращения и операции сужения и расширения множеств вершин графа.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт кибернетики

(Поступило 12.2.1982)

კიბერნეტიკა

3. მაისტრენკო

ბანსაზღვრული სახის გრაფის წვეროების მაქსიმალური  
 დამოუკიდებელი სიმრავლების პოვნის მეთოდი

რეზიუმე

სტატიაში აღწერილია პროცესი, რომელშიც გრაფის წვეროების მაქსიმალური დამოუკიდებელი სიმრავლის აგება ხორციელდება ორზე მეტი ხარისხის მქონე გრაფის წვეროების გადარჩევის საფუძველზე.

წვეროთა რაოდენობისათვის, რომლებიც ერთდროულად განეკუთვნებიან მაქსიმალურ დამოუკიდებელ სიმრავლესა და ზემოთ ხსენებულ დამაბოლოებელი წვეროების მქონე მარტივ ორიენტირებულ ჯაჭვებს, მიღებულია ფორმულები. დამოუკიდებლობის რიცხვის პოვნა დაყვანილია მთელირიცხვითი პროგრამირების ამოცანაზე.

CYBERNETICS

V. E. MAISTRENKO

## A METHOD FOR FINDING MAXIMUM INDEPENDENT SETS OF CERTAIN TYPE NODES

### Summary

The attribution of orgraph nodes to independent sets is carried out through looking over the nodes of the graph with the degrees more than two. The formulae are derived for the quantity of nodes attributed to maximum independent sets and belonging to simple orpaths terminating in the above mentioned nodes.

Independency number determination is reduced to linear programming integer problem.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. C. Bron. J. Kerbosh. Comm. ACM, 16, 1973.

Р. Л. МИТАИШВИЛИ

## О СГЛАЖИВАНИИ НЕРАВНОМЕРНОСТЕЙ ПЕРЕВОЗОК НА ГОРОДСКОМ ПАССАЖИРСКОМ ТРАНСПОРТЕ

(Представлено членом-корреспондентом Академии В. К. Чичинадзе 21.6.1982)

Исследование потоков пассажиров на городском транспорте показывает, что существуют три характерных пика в течение суток и сглаживание одного из них должно повлиять на выравнивание остальных. Вместе с тем, в зависимости от местных условий, они по-разному отличаются друг от друга. Сглаживание пиков обеспечивает равномерную загрузку транспортных средств, облегчает работу транспортников, повышает эффективность их работы и позволяет выявить возможность без дополнительных капитальных вложений улучшить показатели работы городского транспорта.

Известно, что для сглаживания пиковых нагрузок при перевозках пассажиров прибегают к изменениям в расписании работы предприятий и организаций. Оценку этих изменений в последнее время осуществляют с помощью ЭВМ. Для этой цели разрабатываются специальная нормативно-справочная информация (модель транспортной сети и сопутствующие ей справочники), справочник предприятий и организаций, включающий начало работы, адрес и т. д., собираются данные о существующей маршрутной сети со своими характеристиками, а также материалы анкетного обследования большинства предприятий города, в которых указывается адрес местожительства работников и т. д.

Очевидно, что подготовка и обработка информации достаточно трудоемкий процесс и требует многочасовой работы современной ЭВМ и поэтому визуальное изменение расписаний с учетом накладываемых ограничений из-за большого объема вычислений может не дать искомый результат. Так, на самом деле, и бывает на практике. Для этого необходимы сходимые в реальном масштабе времени методы, обеспечивающие наибольшее возможное сглаживание (под сглаживанием понимается максимально возможное соответствие провозных возможностей потокам во времени).

Предлагаемый метод сглаживания подразумевает при заданных провозных способностях:

— разработку усовершенствованной маршрутной сети во времени;

— изменение начала работы определенного круга предприятий, путем переноса начала работы отдельных предприятий из одного временного интервала в другой в зависимости наличия резервных провозных возможностей.

В связи с этим в начале рассмотрим динамическую постановку



задачи составления маршрутов перевозок пассажиров во времени. При этом подразумевается, что разработанный алгоритм позволяет учитывать все практические ограничения. Например, по протяженности маршрута, возможность назначить начальный (конечный) пункт и т. д.

Пусть задана транспортная сеть  $(R, T)$ , где  $R = \{R_i\}$  — множество пунктов транспортной сети, а  $T = \{(R_i, R_j)\}$  — множество коммуникаций сети. Обозначим через  $\|l_{ij}\|$  матрицу кратчайших расстояний между произвольными  $R_i$  и  $R_j$ . Из  $R_i$  в  $R_j$  в интервале времени с  $t_k - t_{k-1}$  следует  $a_{ij}^{tk, k-1}$  пассажиров. Матрицу  $\|a_{ij}^{tk, k-1}\|$  назовем трехмерной матрицей парных корреспонденций.

Задача состоит в определении последовательности таких маршрутов, на которых при ограниченном количестве экипажей в данный период времени (вместимость каждого в простейшем случае из которых равна  $q$ ) и доставке пассажиров по наиболее экономным маршрутам [1] без пересадки, минимизируется суммарная их протяженность в сети.

Под суммарной протяженностью маршрутов понимается сумма произведений протяженности назначенных маршрутов на необходимое на маршруте количество подвижного состава, т. е.

$$p_n = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n q_{ij} l_{ij} \rightarrow \min,$$

где  $q_{ij}$  — количество экипажей на маршруте  $(R_i, R_j)$ .

Обозначим через  $u$  множество маршрутов, составляющих решения задачи. Предлагаемый метод оптимальной дальности назначения (МОНД) маршрутов заключается в построении множества  $u$  по следующим правилам:

— если  $l_{ij} = \max_{i, j} l_{ij}$  и  $a_{ij} \neq 0$ , тогда  $(R_i, R_j) \in U$ ; (1)

— если  $\forall a_{ij}^{tk, k-1} > \frac{q}{2}$  и на каждом шаге любой из назначенных маршрутов из  $R_i$  в  $R_{j+l}$  ( $l = \overline{1, n-j}$ ),  $(a_{ij} + a_{kp}) > q$ , ( $j = \overline{1, n}$ ), ( $k = \overline{1, n-1}$ ), ( $p = \overline{i+1, n}$ ), тогда  $(R_i, R_j) \in U$ ; (2)

— если  $i$  — начальный пункт,  $j$  — пункт, после которого

$$\sum_{p=j+1}^n a_{ip}^{tk, k-1} + \sum_{p=j+1}^n a_{2i}^{tk, k-1} + \dots + \sum_{p=j+1}^n a_{cd}^{tk, k-1} < q$$

не выполняется (1) и (2) и найдется хотя бы одна  $a_{cd}^{tk, k-1}$ , что  $t_{k, k-1} \rightarrow \min$ , тогда  $(R_i, R_j) \in U$ ; (3)

— если  $l_{ij} = \max_{i, j} l_{ij}$ , не выполняется (1), (2), (3) и найдется хотя бы одна  $a_{cd}^{tk, k-1}$ , что  $t_{k, k-1} \rightarrow \min$ , тогда  $(R_i, R_j) \in U$ ; (4)

—  $l_{ii} = \max_{i, j} l_{ij}$ , если найдется такая  $a_{cd}^{tk, k-1}$ , что  $t_{k, k-1} \rightarrow \min$  и экипаж

полностью забирает пассажиров по пути из  $R_i$  в  $R_j$ , тогда  $(R_i, R_j) \in U$ . (5)

При этом в каждом пункте посадки (включая начальный и все возможные остановки на протяжении маршрута) подвижной состав



заполняется с учетом установленной очереди. Предполагается, что каждый пункт представляет собой потенциальную остановку и систему массового обслуживания.

В зависимости от целей и наличия исходной информации возможны модификации алгоритма путем использования при расчетах некоторых из правил (1)—(5), что существенно упрощает расчеты и их трудоемкость.

МОНД и его модификации позволяют существенно снизить общий пробег подвижного состава. Для сравнения рассмотрим пример из [2]. Общий пробег по [2] составляет 700,8 км, по МОНД — 516,4 км. Использование только правил (1)—(2) дает 528,5 км, а (3)—(5)—533,9 км. Однако при использовании последних существенно уменьшается время на решение задачи.

Общие характеристики разработанной маршрутной системы по [2] и правилами (1)—(2) даны в нижеприведенной таблице.

Показатели маршрутной сети	I вариант	II вариант
Общий пробег, км	700,8	528,5
Средний коэффициент использования вместимости	0,54	0,61
Инвентарное количество подвижного состава, ед.	43	31
Коэффициент пересадочности	1,261	1,04
Маршрутный коэффициент	1,26	4,8
Время, необходимое на передвижение	97895	95038

Предположим, что для каждого периода решены задачи маршрутизации. Анализ результатов покажет полученные остатки пассажиров в трехмерной матрице первых корреспонденций. Изменением начала работы предприятий, расположенных в данном пункте в сторону имеющихся резерва провозных возможностей, получаем новое расписание работы организаций.

При отсутствии резервов, естественно, сглаживание пиковых нагрузок положительных результатов не дает.

При решении задачи изменения расписаний начала работы предприятий с целью сглаживания неравномерностей перевозок важнейшей проблемой является получение исходной информации и особенно построение матрицы парных корреспонденций.

В целом решение реальных задач наряду с формализованными решениями требует неформализованного вмешательства человека на основе оценки ограниченного количества вариантов как по разработке маршрутных систем пассажирского транспорта, так и по изменению времени работы организации.

## რ. მითაიშვილი

საქალაქო სამგზავრო ტრანსპორტზე მგზავრთა გადაყვანის  
შთანაბრობის მოსწორების შესახებ

## რეზიუმე

საქალაქო სამგზავრო ტრანსპორტზე პიკური დატვირთვის მოსწორების მიზნით შემუშავებულია მეთოდის, რომელიც უზრუნველყოფს სამარშრუტო სისტემის სრულყოფას და დაწესებულებათა მუშაობის დაწყების გადატანას წყვილ კორესპონდენციათა მატრიცის ნარჩენებიდან გამომდინარე. შეფასებულია შემუშავებული მეთოდი.

CYBERNETICS

R. L. MITAISHVILI

ON SMOOTHING OUT TRANSPORTATION IRREGULARITIES ON  
URBAN PASSENGER TRAFFIC

## Summary

A method designed to smooth out rush-hour irregularities on urban passenger transport has been developed. It ensures the perfection of the route system and shifting of the beginning of work of offices and enterprises on the basis of the residues of the matrix of twin correspondences. The proposed method is assessed.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Е. Г. Гольштейн, Д. Б. Юдин. Новые направления в линейном программировании. М., 1966, 21—26.
2. Сб. «Использование ЭВМ при организации автобусного сообщения в городах». Обзорная информация. М., 1973.

Ю. К. ОРЛОВ, Р. Я. ЧИТАШВИЛИ

## О СТАТИСТИЧЕСКОМ СМЫСЛЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЦИПФА

(Представлено академиком В. В. Чавчанидзе 12.3.1982)

В настоящее время хорошо известно, что при выборочном исследовании больших систем самой разнообразной природы (экономических, демографических, социальных, информационных, лингвистических, биологических и т. д. и т. п.) наблюдаются сходные закономерности их количественного состава, описываемые т. н. ранговыми распределениями. Общей особенностью этих распределений является то, что в каждой большой системе есть незначительное число элементов, обладающих очень высоким «статусом» в этой системе; по мере понижения статуса растет число элементов, имеющих этот статус. Другими словами, большинство в таких системах составляют не «среднячки», а «аутсайдеры».

Многие свойства таких систем определяются стабильностью пропорций между количеством отдельных элементов, при этом малое абсолютное (но относительно значительное) изменение численности даже редких элементов может привести к нарушению естественного равновесия, необходимого для функционирования всей системы. Такое явление обычно в биологических системах (см. также [1, 2]). Все это объясняет большое внимание, проявляемое в настоящее время исследователями к изучению законов равновесия больших систем на основе выборочного анализа их количественного состава из-за невозможности обследования таких систем сплошь. При этом относительные численности отдельных элементов системы выступают в роли вероятностей наблюдения данного элемента на каждом шаге эксперимента. Тем самым, с точки зрения стандартных понятий математической статистики, речь должна идти об оценке распределения вероятностей событий в генеральной совокупности по наблюдаемому распределению частот в выборке. С целью обнаружения общих законов равновесия внимание было обращено именно на ранговые распределения, свободные от наименований элементов: выборочные частоты упорядочиваются в ряд по убыванию их величин, нумеруются и номер величины (ранг) ставится в функциональную связь с самой величиной. Такие ранговые распределения, подсчитываемые на выборках из совершенно различных совокупностей, возможно сравнивать друг с другом с целью обнаружения общности их формы — выявления закона, диктующего самые общие пропорции элементов различной частоты.

Формально, если  $A_1, A_2, \dots, A_v$  — элементы совокупности с вероятностями  $p_1, p_2, \dots, p_v$  и  $\widehat{p}_1(N), \widehat{p}_2(N), \widehat{p}_v(N)$  — их наблюдаемые относительные частоты в выборке объема  $N$ , то ранговое распределение частот  $\widehat{p}_1(N) \geq \widehat{p}_2(N) \geq \dots \geq \widehat{p}_v(N)$  рассматривается обычно в качестве оценки теоретического рангового распределения  $p_1 \geq p_2 \geq \dots \geq p_v$ . Или, что эквивалентно,



эмпирическое структурное распределение  $g_N(p)$ , равное количеству различных элементов в выборке с относительной частотой, не меньшей  $p$  (см. [3]), рассматривается в качестве оценки теоретического структурного распределения  $G(p)$ , которое равно количеству элементов в совокупности с вероятностью, не меньшей  $p$  ( $g_N(p)$  и  $G(p)$ , как нетрудно обнаружить, представляют обратные функции к ранговым распределениям  $\widehat{p}_i$  и  $p_i$ ).

Если фиксирован объем выборки  $N$ , то ранговые распределения частот  $\widehat{p}_i$  (или структурные распределения  $g_N(p)$ ) обнаруживают большую устойчивость. Это явилось стимулом к выдвигению ряда законов, т. е. аналитических кривых, хорошо выравнивающих ряд  $\widehat{p}_i(N)$ , в качестве универсальных функциональных выражений для теоретического ряда  $p_i$  ( $i \geq 1$ ).

В настоящей работе будет рассмотрен закон Ципфа — один из самых первых, простых и распространенных законов такого рода. Он предлагает простую гиперболическую зависимость  $\frac{c}{i}$ , которая хорошо аппроксимирует во многих случаях эмпирическое ранговое распределение  $\widehat{p}_i(N)$ . Если использовать более удобную терминологию структурных распределений (свободную от искусственно введенной величины — ранга  $i$ ), то закон Ципфа соответствует структурной функции вида

$$g_N(p) = \frac{c}{p}. \quad (1)$$

Так как большинство наблюдаемых элементов составляют элементы редкие, часто закон Ципфа представляют в виде выражения для частотного спектра:

$$v_N(m) = \frac{cN}{m(m+1)}, \quad (2)$$

где  $v_N(m)$  — число различных элементов, каждый из которых появился в выборке объемом  $N$  ровно  $m$  раз. При этом параметр  $c$  должен быть подобран так, чтобы величина  $cN$  играла роль приближенного выражения для наблюдаемого «словаря»  $v_N = \sum_{m \geq 1} v_N(m)$  — количества всех различных элементов, появившихся хотя бы один раз в выборке объема  $N$ .

Трактовка закона Ципфа как выражения для теоретического рангового распределения  $p_i$  породила целый ряд попыток теоретического обоснования такого распределения как результирующего (предельного, асимптотического) в схеме кодирования длинного сообщения [4], в урновой схеме повторного выбора [5] и др. Но такая трактовка не оказывается состоятельной по той причине, что в относительно малых выборках из генеральных совокупностей с большим числом различных событий (элементов), с которыми мы имеем дело во всех тех исследованиях, где обнаруживается закон Ципфа, эмпирические ранговые (или структурные) распределения сильно смещены от соответствующих теоретических распределений, хотя и обладают исключительно малым среднеквадратическим отклонением от собственного математического ожидания [6].

Можно предложить следующий естественный критерий малости выборки: если допустить, что наблюдаемое структурное распределение



$g_N$  близко к теоретическому, и рассмотреть выборки из совокупности с таким распределением такого же объема  $N$ , то ожидаемый в такой выборке словарь  $M\widehat{v}_N$  и его дисперсия  $\sigma^2\widehat{v}_N$  будут соответственно равны<sup>(1)</sup>:

$$M\widehat{v}_N = \sum_{m \geq 1} v_N(m) (1 - e^{-m}); \quad \sigma^2\widehat{v}_N = \sum_{m \geq 1} v_N(m) (e^{-m} - e^{-2m}). \quad (3)$$

Это значит, что превышение отклонения  $v_N - M\widehat{v}_N$  над 3-сигмовым уровнем  $3\sigma\widehat{v}_N$  будет служить признаком смещения  $g_N(p)$  от теоретического  $G(p)$ . В случае хорошего удовлетворения закона Ципфа, как нетрудно рассчитать подстановкой (2) в (3),  $v_N - M\widehat{v}_N \simeq 0,212 v_N$ ,  $3\sigma v_N \sim \sqrt{v_N}$  и поэтому смещение значимо при сколько-нибудь больших значениях  $v_N$ .

Отсюда следует, что закон Ципфа можно трактовать только в смысле гипотетического теоретического вида ожидаемого значения эмпирического структурного распределения на выборках конечного объема, который начиная с этого места, мы будем обозначать буквой  $Z$ :

$$Mv_N(m) = - \int_0^{\infty} \frac{(pN)^m}{m!} e^{-pN} dG(p) = \frac{Mv_N}{m(m+1)}, \quad \text{при } N=Z. \quad (4)$$

Но такая трактовка естественно приводит к вопросу: какой гипотезе о теоретическом распределении  $G(p)$  соответствует выполнение закона Ципфа на выборках объема  $Z$ ?

Справедливо следующее утверждение:

*Закон Ципфа (в смысле (4)) выполняется на выборках объема  $N=Z$  из генеральной совокупности, описываемой структурным распределением*

$$G_Z(p) = V_Z Z \int_0^{\infty} e^{-pzx} \frac{x}{1+x} dx, \quad (5)$$

которое естественно назвать  $Z$ -распределением, причем  $V_Z$  служит значением ожидаемого «словаря» на объеме  $Z$ :

$$V_Z = Mv_Z.$$

Таким образом, существует лишь одно значение объема выборки, на котором выполняется закон Ципфа, т. е. верно соотношение (4), причем  $Z$  играет роль параметра теоретического распределения.

Вопросы оценки этого параметра на выборках объема, вообще говоря, отличающегося от  $Z$ , и подбора нормирующих констант подробно рассмотрены в [7—9]. Если объем выборки  $N$  существенно отличается от  $Z$ , то частотный спектр  $\widehat{v}_N(m)$  будет заметно отличаться от выражений (2), т. е. на таких объемах будут наблюдаться отклонения от закона Ципфа [7], которые ранее не находили удовлетворительного объяснения, в результате чего выдвигались разного рода альтернативные гипотезы.

<sup>(1)</sup> Общий вид выражений для ожидаемого частотного спектра и его ковариации в терминах структурного распределения, а также предельная теорема о распределении спектра на малых выборках в пуассоновском приближении приведены в [3].



Из всего изложенного следует, что теоретическим обоснованием закона Ципфа должна быть такая схема, результативным распределением которой в пределе будет получена не гиперболическая зависимость (1), непосредственно наблюдаемая на выборках, а структурное распределение вида (5).

Академия наук Грузинской ССР  
Институт кибернетики

Институт экономики и права

(Поступило 26.3.1982)

კიბერნეტიკა

ი. ორლოვი, რ. ჩიტაშვილი

ციფის კანონის სტატისტიკური აზრის შესახებ

რეზიუმე

ნაშრომში შემოტანილია — განაწილების ცნება, ისეთი გენერალური ერთობლიობისათვის, რომლის სასრული მოცულობის სტატისტიკურ შერჩევებზე ხორციელდება ციფის კანონი.

CYBERNETICS

Yu. K. ORLOV, R. Ya. CHITASHVILI

## ON THE STATISTICAL SIGNIFICANCE OF ZIPF'S LAW

### Summary

The notion of Z-distribution is introduced for a general population, such that Zipf's law is realized with samples of finite size.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. О. Ланге. Введение в эконометрику. М., 1964.
2. М. Г. Борода, Ю. К. Орлов. Сб. «Бессознательное. Природа, функции, методы исследования», т. III. Тбилиси, 1978.
3. Ю. К. Орлов, Р. Я. Читашвили. Сообщения АН ГССР, 108, № 2, 1982.
4. Б. Мандельброт. Сб. «Теория передачи сообщений». М., 1957.
5. D. de Solla Price. Journal of the American Society for Information science, vol. 27, № 5, 1976, 292-306.
6. Ю. К. Орлов, Р. Я. Читашвили. Сообщения АН ГССР, 108, № 3, 1982.
7. Ю. К. Орлов. Сб. «Вычислительная лингвистика». М., 1976.
8. Ю. К. Орлов. Сб. «Исследования в области вычислительной лингвистики и лингвостатики». М., 1978.
9. Ю. К. Орлов. Сб. «Научно-техническая информация», сер. 2, «Информационные потоки и системы», № 2, 1980.



Ю. И. ПАПАВА

## ЗАВИСИМОСТЬ ПОЛЯРИЗАЦИИ И ИНТЕНСИВНОСТИ РЕКОМБИНАЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ ОРИЕНТАЦИИ СПИНОВ НОСИТЕЛЕЙ ТОКА В ПОЛУПРОВОДНИКАХ ТИПА $GaAs$

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. И. Санадзе 23.12.1981)

1. Как хорошо известно, при поглощении циркулярно поляризованного света в полупроводнике рождаются электроны и дырки, ориентированные по спину. В полупроводниках типа  $GaAs$  сильное спин-орбитальное взаимодействие в валентной зоне приводит к быстрой релаксации спина дырок к его равновесному значению. В то же время средний неравновесный спин электронов релаксирует за гораздо более длинные времена, что, позволяет создать заметную неравновесную поляризацию электронов [1]. Ориентация электронных спинов обычно детектируется по поляризации рекомбинационного излучения [2—5].

Если эксперименты по оптической ориентации проводятся в не слишком сильных магнитных полях, то равновесная поляризация спинов электрона и дырки пренебрежимо мала и не влияет на рекомбинационное излучение. Однако в полях порядка нескольких десятков килоэрстед при гелиевых температурах равновесным значением спинов носителей уже нельзя пренебречь. Поляризация люминесценции и вероятность рекомбинации носителей оказываются зависящим от среднего спина дырок (спинзависящая рекомбинация).

В настоящей работе проведен теоретический анализ зависимостей поляризации рекомбинационного излучения и вероятности рекомбинации электрона и дырки от значений их средних спинов. Показано, что измеряя зависимость интенсивности и поляризации люминесценции от поляризации возбуждающего света, оказывается возможным определить значение равновесной поляризации носителей тока и неравновесную составляющую электронного спина.

2. Будем считать, что состояния электронов в зоне проводимости характеризуются блоховскими волновыми функциями с моментом  $j_1$ , а состояния в валентной зоне — функциями с моментом  $j_0$  (для  $GaAs$   $j_1 = 1/2$ ,  $j_0 = 3/2$ ).

Тогда для интенсивности люминесценции с вектором поляризации  $\vec{e}_\lambda$  имеем [3]

$$I_{\vec{e}_\lambda} = \sum_{mn\mu\nu} A_{nm}^{\nu\mu}(\vec{e}_\lambda) \sigma_{mn} f_{-\mu-\nu} \quad (1)$$

где  $\sigma_{mn}$ ,  $f_{-\mu-\nu}$  — компоненты матриц плотности электронов и дырок, соответственно,  $mn, -\mu-\nu$  — индексы, характеризующие проекцию спинов электрона и дырки на ось квантования;  $A_{nm}^{\nu\mu}$  — элементы матрицы наблюдения, определяемые соотношением

$$A_{nm}^{\nu\mu} = I_0 (j_{0\mu} | \vec{e}_\lambda \vec{d} | j_{1m}) (j_{0\nu} | \vec{e}_\lambda \vec{d} | j_{1n})^* \quad (2)$$

Здесь  $(j_{0\mu} | \vec{e}_\lambda \vec{d} | j_{1m})$  — матричный элемент оператора дипольного момента, вычисляемый на блоховских волновых функциях зоны проводимости и валентной зоны;  $I_0$  — коэффициент пропорциональности.





В дальнейшем удобно воспользоваться круговыми компонентами векторов  $\vec{e}_\lambda$  и  $\vec{d}$  (например,  $e_0 = e_z$ ,  $e_{\pm 1} = \pm (e_x \pm ie_y) / \sqrt{2}$ ). Тогда для скалярного произведения  $(\vec{e}_\lambda \vec{d})$  имеем

$$(\vec{e}_\lambda \vec{d}) = \sum_{q=0, \pm 1} e_q^* d_q,$$

а матричные элементы оператора  $d_q$ , согласно теореме Вигнера—Эккарта, даются соотношением

$$(j_0 \mu | d_q | j_1 m) = (-1)^{j_0 - \mu} \begin{pmatrix} j_0 & 1 & j_1 \\ -\mu & q & m \end{pmatrix} (j_0 \| d \| j_1) \quad (3)$$

где  $\begin{pmatrix} j_0 & 1 & j_1 \\ -\mu & q & m \end{pmatrix}$  — 3j-символы Вигнера;  $(j_0 \| d \| j_1)$  — т. н. приведенный матричный элемент оператора дипольного перехода, который зависит от индексов  $j_0$ ,  $j_1$ ,  $\kappa$  (у нас  $\kappa = 1$ ), но не зависит от индекса  $q$ . Для того чтобы явно выделить зависимость интенсивности люминесценции от средних моментов электронов и дырок, разложим матрицы плотности  $\sigma$  и  $f$  по неприводимым тензорным операторам  $T_q^\kappa$  [6, 7]:

$$\sigma_{mn} = \sum_{\kappa_e=0}^{2j_1} \sum_{q_e=-\kappa_e}^{\kappa_e} (-1)^{q_e} \sigma_{q_e}^{\kappa_e} (T_{-q_e}^{\kappa_e})_{mn} \quad (4)$$

$$f_{\nu\mu} = \sum_{\kappa_p=0}^{2j_0} \sum_{q_p=-\kappa_p}^{\kappa_p} (-1)^{q_p} f_{q_p}^{\kappa_p} (T_{-q_p}^{\kappa_p})_{\nu\mu}$$

где  $(T_q^\kappa)_{mn}$  выражается через 3j-символ Вигнера следующим образом:

$$(T_q^\kappa)_{mn} = (-1)^{j_0 - n} \frac{2\kappa + 1}{(2j + 1)^{1/2}} \begin{pmatrix} j & \kappa & j \\ -m & q & n \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Как хорошо известно, коэффициенты разложения  $\sigma_q^\kappa$  и  $f_q^\kappa$  прямо пропорциональны значениям средних моментов рассматриваемых частиц. Так, например,  $\sigma_0^0$  и  $f_0^0$  равны концентрациям электронов и дырок, а  $\sigma_q^1$  и  $f_q^1$  с точностью до постоянного множителя совпадают с их средними спинами:

$$\langle S_q \rangle = (-1)^q [j_1(j_1 + 1)]^{1/2} \cdot \sigma_q^1 / \sigma_0^0,$$

$$\langle J_q \rangle = (-1)^q [j_0(j_0 + 1)]^{1/2} \cdot f_q^1 / f_0^0. \quad (6)$$

Подставляя (2), (3), (4), (5), и (6) в (1), получаем

$$I_{\vec{e}_\lambda} = \frac{I_0 | (j_0 \| d \| j_1) |^2}{(2j_1 + 1)^{1/2} (2j_0 + 1)^{1/2}} \sum_{m_1 m_2 \nu} \sum_{\kappa_e \kappa_p q_e q_p q_1 q_2} (-1)^{q_1} e_{q_1}^* e_{q_2} (2\kappa_e + 1) \cdot \quad (7)$$

$$\cdot (2\kappa_p + 1) (-1)^{\kappa_p} \begin{pmatrix} j_1 & \kappa_e & j_1 \\ -m & -q_e & n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} j_0 & \kappa_p & j_0 \\ \mu & -q_p & \nu \end{pmatrix} \begin{pmatrix} j_0 & 1 & j_1 \\ -\mu & q_1 & m \end{pmatrix} \begin{pmatrix} j_0 & 1 & j_1 \\ -\nu & q_2 & n \end{pmatrix} \sigma_{q_e}^{\kappa_e} f_{q_p}^{\kappa_p}.$$

Это выражение дает искомую связь интенсивности люминесценции с поляризацией электронов и дырок. Однако для непосредственных расчетов формула (7) неудобна в виду ее громоздкости. С помощью несложных алгебраических преобразований оказывается возможным свести полученное соотношение к более компактному виду, содержащему 9j-символ

$$I_{\vec{e}_\lambda} = \frac{I_0 | (j_0 \| d \| j_1) |^2}{(2j_1 + 1)^{1/2} (2j_0 + 1)^{1/2}} \cdot \sum_{\kappa_e \kappa_p q_e q_p} (-1)^{2\kappa_p + 1} (2\kappa_p + 1) (2\kappa_e + 1) (2\kappa + 1) \cdot$$



$$\begin{pmatrix} \kappa & \kappa_p & \kappa_e \\ q & q_p & q_e \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} 1 & 1 & \kappa \\ j_0 & j_0 & \kappa_p \\ j_1 & j_1 & \kappa_e \end{Bmatrix} \rho_q^\kappa \sigma_{q_e}^{\kappa_e} f_{q_p}^{\kappa_p} \quad (8)$$

где

$$\rho_q^\kappa = \sum_{q_1 q_2} (-1)^{q_1} e_{q_1}^* e_{q_2} \begin{Bmatrix} 1 & 1 & \kappa \\ q_1 & -q_2 & q \end{Bmatrix} \quad (9)$$

— коэффициенты разложения поляризационного тензора люминесценции по неприводимым тензорным операторам [8].

Полученная формула для интенсивности рекомбинационного излучения носит общий характер. Как нетрудно увидеть, в случае рекомбинации электронов и дырок в полупроводниках типа арсенида галлия, когда электроны могут иметь моменты нулевого и первого порядка, а дырки — до третьего порядка включительно. Значения всех этих моментов входят в выражение для интенсивности. Для простоты, в дальнейших расчетах мы будем считать, что дырки характеризуются лишь двумя неравными нулю средними моментами: их концентрацией  $n_p$  и средним спином  $\vec{J}_p$ . Такая ситуация возникает, например, в не слишком сильных магнитных полях, когда средний спин дырок пропорционален первой степени отношения магнитного поля к температуре и имеет заметную величину, а момент второго порядка ( $\kappa_p=2$ , средний квадратурный момент дырок) пропорционален квадрату этого отношения и пренебрежимо мал. В этом случае для света, поляризованного по правому или левому кругу (+) или —, соответственно) имеем

$$I_{\pm} = \frac{I'_0 n_e n_p}{2} \left[ 1 - \frac{6}{5} (\vec{S}_e \vec{J}_p) - \frac{2}{5} (\vec{S}_e \vec{n}) (\vec{J}_p \vec{n}) \pm (\vec{S}_e \vec{n}) \mp (\vec{J}_p \vec{n}) \right], \quad (10)$$

где  $\vec{n}$  — единичный вектор в направлении распространения излучения,  $n_e$  и  $n_p$  — концентрации электронов и дырок, а  $\vec{S}_e$  и  $\vec{J}_p$  — значения их средних спинов;  $I'_0$  — новая константа, связанная с  $I_0$  соотношением

$$I'_0 = \frac{I_0}{12} |3/2 \|d\| 1/2|^2.$$

Используя (10), легко получить, что полная интенсивность люминесценции в направлении  $\vec{n}$

$$I_n = (I_+ + I_-)_n = I'_0 n_e n_p \left[ 1 - \frac{6}{5} (\vec{S}_e \vec{J}_p) - \frac{2}{5} (\vec{S}_e \vec{n}) (\vec{J}_p \vec{n}) \right], \quad (11)$$

а разность интенсивностей света поляризованного по правому и левому кругу

$$(I_+ - I_-)_n = I'_0 n_e n_p [(\vec{S}_e \vec{n}) - (\vec{J}_p \vec{n})]. \quad (12)$$

Видно, что как циркулярная поляризация люминесценции, так и ее интенсивность оказываются зависящими от значений средних спинов электрона и дырки. Экспериментальное определение зависимости  $I$  и  $(I_+ - I_-)$  от направления наблюдения дает возможность найти значение этих средних спинов. Следует, однако, заметить, что в экспериментах, как правило, исследуется лишь люминесценция в направлении обратном направлению распространения возбуждающего света (свет, падающий нормально на границу образца, претерпевает минимальное искажение, проходя через поверхность).

Поэтому непосредственно воспользоваться формулами (10)—(12) для определения  $\vec{S}_e$  и  $\vec{J}_p$  не удастся. Действительно, если спин электронов и дырок направлен вдоль оси наблюдения (ось  $Z$ ), то мы имеем три неизвестных —  $I'_0 n_e n_p$ ,  $S_z$ ,  $J_z$  и всего два уравнения (11, 12),

что явно недостаточно. Тем не менее, оказывается возможным определить состояния спиновых систем электронов и дырок, если измерить также зависимость интенсивности и поляризации люминесценции от знака поляризации возбуждающего света.

Как известно, при возбуждении светом  $\sigma_+$  в образце рождаются электроны со средним спином  $\langle S_z \rangle_0 = -0,25$ , а для света  $\sigma_- - \langle S_z \rangle_0 = 0,25$ . Значение среднего спина электронов в зоне проводимости при этом определяется отношением времени жизни электронов к времени спиновой релаксации  $\tau/\tau_s$  и термодинамически равновесным значением  $\langle S_z \rangle_T$ . Таким образом, в задаче оказываются четыре неизвестных  $I_0 n_e n_p$ ,  $\tau/\tau_s$ ,  $\langle S_z \rangle_T$ ,  $\langle J_z \rangle_T$  имеются две пары измерений интенсивности и поляризации люминесценции при различных поляризациях возбуждения. Это позволяет определить значения искомых величин. Соответствующие расчетные формулы существенно зависят от типа материала (полупроводник собственный,  $n$ -типа,  $p$ -типа). Поэтому задачу следует решать отдельно для каждого конкретного случая. Все эти конкретные расчеты будут основаны на формулах (11)—(12).

Тбилисский государственный университет

(Поступило 24.12.1981)

ფიზიკა

ი. პაპავა

რეკომბინაციული გამოსხივების კოლარეზაციისა და ინტენსივობის დამოკიდებულება დენის გადატანის საშუალო სპინების ორიენტაციაზე GaAs-ის ტიპის ნახევარგამტარებში

რეზიუმე

მიღებულია ზოგადი თეორიული გამოსახულება რეკომბინაციული გამოსხივების ინტენსივობისთვის, რომელიც საშუალებას იძლევა განისაზღვროს რეკომბინაციაში მონაწილე ნაწილაკთა საშუალო სპინი და მათი პოლარიზაცია.

PHYSICS

Yu. I. PAPAUA

## THE DEPENDENCE OF POLARIZATION AND INTENSITY OF RECOMBINATION RADIATION ON THE CARRIER'S SPIN ORIENTATION IN GaAs-TYPE SEMICONDUCTORS

### Summary

A general theoretical expression for the intensity of recombination radiation has been obtained. It has permitted to determine the average spins of recombined particles and its polarization.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. G. Lampel. Phys. Rev. Lett. 20. № 10, 1968, 491.
2. R. R. Parsons. Phys. Rev. Lett. 23, № 20, 1969, 1152.
3. М. И. Дьяконов, В. И. Перель. ЖЭТФ, 60, вып. 5, 1971, 1954.
4. А. И. Екимов, В. И. Сафаров. Письма в ЖЭТФ, 12, вып. 6, 1970, 293.
5. Б. П. Захарченя, В. Г. Флейшер, Р. И. Джигоев, Ю. П. Вещунов, И. Б. Русанов. Письма в ЖЭТФ, 13, вып. 4, 1971, 195.
6. М. И. Дьяконов. ЖЭТФ, вып. 6, 1964, 2213.
7. А. Эдмондс. Сб. «Деформация атомных ядер». М., 1958, 305.
8. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Теория поля. М., 1960.



Л. В. ЛАПЕРАШВИЛИ

## ДИКВАРКИ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СТРУН В КХД

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. А. Харадзе 16.12.1981)

В настоящей работе рассмотрение взаимодействия струн основано на представлении о рождении пары дикварк-антидикварк в глюонном поле струны, что способствует естественному описанию разрыва мезонной струны на барцион и антибарцион.

Согласно модели «мешка» МТИ [1, 2] плотность эффективного лагранжиана, описывающего адроны, содержит следующие члены:

$$L = L_{\text{кин}} + L_{KXD} + L_B + L_{U(1)A}, \quad (1)$$

где  $L_{\text{кин}}$  соответствует кинетическим членам кварков и глюонов;  $L_{KXD}$  описывает кварк-глюонное и глюон-глюонное взаимодействия;  $L_B$  — эффект невылетания из объема  $V$ , а  $L_{U(1)A}$  — вклад инстантонов малых размеров, которые нарушают аксиальную  $U(1)$ -симметрию. Группа МТИ исходила из предложения, что основной, непертурбативной частью лагранжиана является  $L_0 = L_{\text{кин}} + L_B$ , тогда как его пертурбативную часть составляет  $L_1 = L_{KXD} + L_{U(1)A}$ . При этом следует заметить, что  $L_0$  нарушает киральную симметрию лагранжиана из-за наличия в нем  $L_B$ .

В модели «мешков» Голдмана—Хаймекера [3] рассматривается альтернативная возможность: в качестве основного лагранжиана выбирается  $L_0 = L_{\text{кин}} + L_{KXD} + L_{U(1)A}$ , а  $L_B$  выступает в роли  $L_1$ , т. е. эффект невылетания рассматривается как пертурбативный, по крайней мере для адронов малой пространственной протяженности. При этом  $L_0$  кирально инвариантно, если пренебречь массами кварков. В такой модели  $L_0$  порождает связанные состояния кварка и антикварка —  $\sigma$ ,  $\pi$ ,  $V$ ,  $A$  — при условии  $\alpha_s > \alpha_s^{\text{крит}}$  ( $\alpha_s = g^2/4\pi$ ,  $g$  — кварк-глюонная константа связи). Формирование этих связанных состояний ожидается на расстояниях  $\sim 1$  Гэв<sup>-1</sup>. Очевидно, что на таких же расстояниях должны возникать связанные состояния кварк-кварковой системы, т. е. дикварки [4]. Весьма правдоподобно, что такое представление о дикварках соответствует эксперименту (см. например, [5]). В этой модели пион выступает как голдстоуновская частица при динамическом (спонтанном) нарушении киральной симметрии в 4-кварковом взаимодействии. Эффект невылетания ( $L_B$ ) нарушает киральную симметрию, в результате чего возникает масса пиона  $m_\pi \approx 120$  Мэв и увеличивается его радиус до  $3,5$  Гэв<sup>-1</sup> [3] (радиусы остальных мезонов-«мешков» лежат в области от 3 до 5 Гэв<sup>-1</sup>).

Теперь рассмотрим длинную трубку — вытянутый «мешок» — в качестве физически наблюдаемых высоколежащих на реджевской траектории резонансов. Линейная плотность энергии такой трубки, заполнен-

ной однородным хромоелектрическим полем [6—8], есть  $\rho = (2\pi\alpha')^{-1}$ , где  $\alpha'$  — универсальный наклон реджевской траектории. В такой трубке возможны рождение и аннигиляция кварк-антикварковых пар. Если пара, рождаясь, разлетается на расстояние

$$l_0 \sim 2M/\rho \quad (2)$$

( $M \approx 300$  Мэв — конstituентная масса кварка), то кварки материализуются и приводят к образованию двух трубок с кварком и антикварком на концах. Нетрудно оценить, что  $l_0 \sim 3$  Гэв<sup>-1</sup>. Таким образом, если мы имеем длинную трубку с диаметром  $d \sim 7$  Гэв<sup>-1</sup>, то в ней нет  $\pi$ ,  $\sigma$ ,  $V$ ,  $A$ , поскольку она разрывается прежде, чем образуются эти мезоны. Виртуальные  $q\bar{q}$ -пары, для которых расстояние между  $q$  и  $\bar{q}$  удовлетворяет условию  $l < l_0$ , присутствуют в трубке как фермионные степени свободы. Однако иная картина возникает при формировании дикварков. При возникновении в трубке двух пар  $q\bar{q}$ , когда расстояние между  $q$  и  $\bar{q}$  удовлетворяет условию  $l < l_0$ , а расстояние между  $q$  и  $q$  ( $\bar{q}$  и  $\bar{q}$ )  $\sim 1-3$  Гэв<sup>-1</sup>, тогда мы можем рассматривать этот случай как возникновение виртуальной дикварк-антидикварковой пары. Если расстояние между центрами масс дикварков удовлетворяет условию

$$l > 2M_{(qr)}/\rho \quad (3)$$

( $M_{(qr)}$  — эффективная масса дикварка;  $q, r$  — индексы аромата). Тогда дикварки материализуются и приводят к возникновению двух трубок-барионов. Вероятность рождения в трубке дикварк-антидикварковой пары (в единицу времени, в единицу объема) дается следующей формулой в случае скалярных (псевдоскалярных) дикварков [9]:

$$W_{(qr)} = \frac{\rho^2}{8\pi^3} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n^2} \exp\left(-\frac{n\pi M_{(qr)}^2}{\rho}\right). \quad (4)$$

Ниже мы будем рассматривать лишь цветной триплет псевдоскалярных дикварков, поскольку именно эта система является наиболее связанной системой из двух кварков [10], обладающей наименьшей массой. Согласно формуле (4) рождение дикварков, принадлежащих вышележащим уровням, гораздо менее вероятно.

Рассматривая струну как предельный случай вытянутого мешка, можно считать дикварки точечными (радиус дикварка  $\sim 0,7$  [5], а радиус трубки  $\sim 5$  Гэв<sup>-1</sup> [7]). Опишем дикварки локальными полями  $\Phi_{(qr)}^a(x)$  ( $a=1, 2, 3$  — индекс цвета). В присутствии дикварков имеем следующее уравнение движения для цветного глюонного поля  $F_{\mu\nu} = F_{\mu\nu}^A \lambda^A/2$ :

$$D_\mu F_{\mu\nu} = \sum_{q,r} \frac{g}{4} \left\{ \bar{\psi}_q \gamma_\nu \lambda^A \psi_q + \right. \\ \left. + \frac{i}{2M_{(qr)}} [(D_\nu \Phi_{(qr)})^+ \lambda^A \Phi_{(qr)} - \Phi_{(qr)}^+ \lambda^A (D_\nu \Phi_{(qr)})] \right\} \lambda^A, \quad (5)$$

где  $\psi_q$  — поле кварка с ароматом  $q$ .

Рассмотрим калибровочно-инвариантные операторы мезона — разомкнутой струны и бариона в конфигурации разомкнутой струны с кварком и дикварком на концах:



$$M_{q,r}(C_{xy}) = g \bar{\Psi}_q(y) P \exp \left[ ig \int_x^y A_\mu(x) dx^\mu \right] \Psi_r(x) \equiv$$

$$\equiv g \bar{\Psi}_q(y) U(x, y) \Psi_r(x), \tag{6}$$

$$B_{pq,r}(C_{xy}) = g \Phi_{(pq)}(y) U(y, x) \Psi_r(x). \tag{7}$$

Здесь предполагается, что барион рождается в конфигурации разомкнутой струны с кварком и дикварком на концах и далее приобретает Y-форму в результате распада дикварка.

Контур  $C_{xy}$  задается параметрическим уравнением струны:  $\chi^\mu = \chi^\mu(\tau, \sigma)$ . Как было показано в работе [11], вариация контура  $C_{xy}$  во времениподобном направлении приводит к следующему уравнению движения для мезонной струны:

$$\frac{\delta^2 M_{q,r}(C_{xy})}{\delta \chi_{\mu}(\sigma) \delta \chi^{\mu}(\sigma)} = \frac{[\chi'(\sigma)]^2}{(2\pi\alpha')^2} M_{q,r}(C_{xy}) +$$

$$+ ig \delta(\sigma - \sigma') \chi'_{\nu}(\sigma) \bar{\Psi}_q(y) P [D_\mu F_{\mu\nu}(\chi(\sigma) U(y, x))] \Psi_r(x). \tag{8}$$

Подставляя выражение (5) в (8) и совершая преобразования, аналогичные проведенным в работе [11], получаем следующее уравнение движения для разомкнутой струны (в формуле сохранены наимизшие степени  $g$ ):

$$\frac{\delta^2 M_{q,r}(C_{xy})}{\delta \chi_{\mu}(\sigma) \delta \chi^{\mu}(\sigma)} = \frac{[\chi'(\sigma)]^2}{(2\pi\alpha')^2} M_{q,r}(C_{xy}) + \sum_q \frac{g}{4m_q} \left\{ \left[ \frac{\widehat{\delta}}{\delta \chi(\sigma)} M_{q,n}(C_{x(\sigma),y}) \right] \times \right.$$

$$\times M_{n,r}(C_{x,x(\sigma)}) \widehat{X}'(\sigma) - \widehat{X}'(\sigma) M_{q,r}(C_{x(\sigma),y}) \left[ M_{n,r}(C_{x,x(\sigma)}) \frac{\widehat{\delta}}{\delta \chi(\sigma)} \right] \left. \right\} +$$

$$+ \sum_{q,r} \frac{g}{4M_{(qr)}} \chi'_{\mu} \left\{ \left[ \frac{\delta}{\delta \chi_{\mu}(\sigma)} \bar{B}_{p,r,s}(C_{x(\sigma),y}) \right] B_{r,s,q}(C_{x,x(\sigma)}) - \right.$$

$$\left. - \bar{B}_{p,r,s}(C_{x(\sigma),y}) \left[ \frac{\delta}{\delta \chi_{\mu}(\sigma)} B_{r,s,q}(C_{x,x(\sigma)}) \right] \right\}, \tag{9}$$

где  $\widehat{\chi} \equiv \gamma^\mu \chi_{\mu}$ ,  $\widehat{\delta} / \delta \chi \equiv \gamma^\mu \delta / \delta \chi^\mu$ .

Легко видеть, что роль константы взаимодействия струн  $MVB\bar{B}$  играет величина  $g_{(qr)} = g/M_{(qr)}$ , что аналогично константе взаимодействия мезонных струн, описываемой отношением  $g/m_q$  [11].

Академия наук Грузинской ССР  
Институт физики

(Поступило 25.12.1981)

ფიზიკა

ლ. ლაფიარაშვილი

ლიკვარკები და სიმების ურთიერთქმედება კჰ დ-ში

რეზიუმე

მეზონ-ბარიონ — ანტიბარიონული სიმების ურთიერთქმედების მულტიპლიკაციის კვარკ-გლიუონის ბმის მულტიპლიკა და დიკვარკის მასით.

L. V. LAPERASHVILI

## DIQUARKS AND STRING INTERACTION IN QCD

## Summary

The strength of the meson-baryon-antibaryon strings interaction is expressed through the quark-gluon coupling constant and diquark mass.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. A. Chodos, R. L. Jaffe, K. Johnson, C. B. Thorn, V. F. Weisskopf, Phys. Rev., D9, 1974, 3471.
2. T. de Grand, R. L. Jaffe, K. Johnson, T. Kiskis. Phys. Rev., D12, 1975, 2060.
3. T. Goldman, R. Haymaker. Preprint LA-UR-81-383, 1981; preprints CALT-68-791, CALT-68-782, 1981.
4. T. Matsumoto. Phys. Lett., 97B, 1980, 131.
5. Л. В. Лаперашвили. ЯФ, 35, № 3, 1982.
6. H. Bohr, H. B. Nielsen. Preprint NBI-HE-78-3, 1978.
7. E. G. Gurvich. Phys. Lett., 87B, 1979, 386.
8. A. Casher, H. Neuberger, S. Nussinov. Phys. Rev., D20, 1979, 179.
9. T. Schwinger. Particles, sources and fields, 1973.
10. H. Lipkin. Phys. Lett., 45B, 1973, 267.
11. Н. В. Борисов, М. В. Иоффе, М. И. Эйдес. Письма ЖЭТФ, 29, 1979, 506. Phys. Lett., 87 B, 1979, 101.

ФИЗИКА

Л. Д. АБУЛАДЗЕ, И. Б. БАУМБЕРГ, М. Б. БАУМБЕРГ,  
 О. В. САКСАГАНСКИЙ

МДП ТРАНЗИСТОР С ОБЪЕМНЫМ КАНАЛОМ (ТЕОРИЯ)

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. И. Санадзе 7.1.1982)

В связи с проводящимися в настоящее время в электронике интенсивными разработками тонкопленочных полевых транзисторов с изолированным затвором (МДП ПТ) [1, 2] представляет большой интерес теоретическое рассмотрение работы этих приборов с учетом физики процессов, протекающих на границе диэлектрик-полупроводник.

Целью настоящей работы являлось получение аналитических выражений для расчета вольт-амперной характеристики (ВАХ) МДП ПТ с учетом в явном виде плотности поверхностных состояний на границе раздела диэлектрик-полупроводник и встроенного заряда в диэлектрике.

Расчет ВАХ проводился в приближении «плавного» канала [3], что позволяло использовать одномерное уравнение Пуассона для каждой точки канала МДП ПТ вдоль оси  $y$  (рис. 1). Электрическое по-

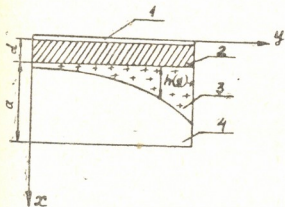


Рис. 1. Схематическое изображение МДП структуры: 1 — металл затвора, 2 — диэлектрик, 3 — ОПЗ, 4 — полупроводник

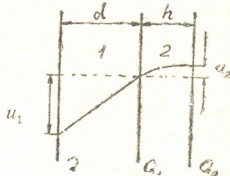


Рис. 2. Распределение потенциала в МДП структуре: 1 — диэлектрик; 2 — ОПЗ

ле в диэлектрике ПТ толщиной  $d$  и полностью обедненной области пространственного заряда (ОПЗ) толщиной  $h(y)$  полупроводника (толщиной  $a$ ) направлено вдоль оси  $x$ . Решение уравнения Пуассона при условии непрерывности электрической индукции на границе диэлектрик-полупроводник дает распределение потенциала  $\varphi(x)$  (рис. 2). При этом падение напряжения в слое диэлектрика и ОПЗ дается соответственно выражениями:

$$U_1 = \varphi(d) - \varphi(0) = -\frac{Qd}{\epsilon_d \epsilon_0}, \quad (1)$$

$$U_2 = \varphi(d+h) - \varphi(d) = \frac{Q_2^2}{2\epsilon_n \epsilon_0 q N_d}, \quad (2)$$

$$Q = -Q_1 - Q_2, \quad (3)$$





где  $Q$ ,  $Q_1$ , и  $Q_2$  — заряды на единицу площади на металле (затворе), поверхности раздела диэлектрик-полупроводник и слое ОПЗ, соответственно;  $\epsilon_d$ ,  $\epsilon_n$ ,  $\epsilon_0$  — диэлектрические постоянные диэлектрика, полупроводника и вакуума;  $q$  — заряд электрона, а  $N_d$  — концентрация носителей в полупроводнике.

Если учесть разность работ выхода электронов из металла и полупроводника, то при напряжении на затворе  $U_3=0$  относительно заземленного истока ( $U_u=0$ ) МДП ПТ «естественная» разность потенциалов  $\varphi_{MS}$  определяется как

$$\varphi(d+h) - \varphi(0) = \varphi_{MS}. \quad (4)$$

При  $U_3 \neq 0$  и текущем потенциале канала  $U=U(y)$  условие нейтральности (3) принимает вид

$$U - U_3 + \varphi_{MS} - \frac{Q_1 d}{\epsilon_0 \epsilon_d} = U_2 + 2 \sqrt{U_{30}} \frac{\tilde{d}}{a} \sqrt{U_2}, \quad (5)$$

где  $d = d \epsilon_n / \epsilon_d$ , а  $U_{30} = q N_d a^2 / 2 \epsilon_n \epsilon_0$  — напряжение, при котором толщина ОПЗ  $h$  достигает величины  $a$ .

Поскольку значение  $h(y)$  вдоль длины канала  $L$  МДП ПТ описывается выражением

$$h(y) = \frac{Q_2}{q N_d} = a \sqrt{\frac{U_2}{U_{30}}}, \quad (6)$$

то толщина проводящей части канала составляет величину  $a - h(y)$ .

Следуя [3], выражение для тока стока ПТ

$$I = q N_d Z v(y) [a - h(y)] \quad (7)$$

необходимо проинтегрировать по всей длине канала транзистора. В (7)  $Z$  — ширина канала ПТ, а  $v(y)$  — скорость носителей в канале. Для интегрирования (7) необходимо решить (5) относительно  $U_2$ , учитывая зависимость  $Q_1 = Q_1(U_2)$ .

Пусть  $Q_0$  и  $Q_{SS}$  — поверхностные плотности не зависящего от напряжения встроенного в диэлектрик заряда и заряда на поверхностных состояниях соответственно, а  $Q_1 = Q_0 + Q_{SS}$ .

В запрещенной зоне полупроводника поверхностные состояния распределены по энергии с некоторой плотностью

$$n_{SS}(\epsilon) = \Delta N_{SS} / \left( \frac{\Delta \epsilon}{q} \right), \quad (8)$$

где  $\Delta N_{SS}$  — число поверхностных состояний в энергетическом интервале  $\Delta \epsilon$ .

Как известно [4, 5], в верхней части запрещенной зоны полупроводника находятся поверхностные состояния акцепторного типа, а в нижней части — донорного, и существует некоторая энергия  $E_1$  в глубине полупроводника, разграничивающая эти области. Тогда на границе раздела с диэлектриком эта энергия будет  $E_1 + qU_2$ . Предполагая функцию распределения электронов ступенчатой, будем считать, что ниже уровня Ферми все состояния заняты, а выше — пусты. Тогда



$$Q_{SS} = -q \int_{E_1+qU_2}^{E_F} n_{SS}(E) d\left(\frac{E}{q}\right) = - \int_0^{q(\varphi_0-U_2)} n_{SS}(\epsilon) d\epsilon, \quad (9)$$

$$\text{где } \varphi_0 = \frac{E_F - E_1}{q}.$$

При  $U_2 > \varphi_0$  положение уровня Ферми оказывается ниже уровня  $E_1 + qU_2$ , что приводит к изменению знака поверхностного заряда и учитывается выражением (9).

Обозначив через  $V = U - U_3 + \varphi_{MS} - \frac{Q_0 d}{\epsilon_0 \epsilon_d}$  и полагая  $n_{SS}(\epsilon) = \text{const}$ , из (5) имеем

$$\sqrt{U_2} = \frac{1}{\beta} \left\{ -\sqrt{U'} + \sqrt{U' + \beta[V + (\beta - 1)\varphi_0]} \right\}, \quad (10)$$

$$\text{где } \beta = 1 + qn_{SS}d/\epsilon_0\epsilon_d, \quad U' = qN_d \tilde{d}^2 / 2\epsilon_n \epsilon_0.$$

Поскольку при изменении приложенного напряжения величина  $U_2$ , определяемая из (10), может быть меньше, равна или больше  $\varphi_0$ , то заряд поверхностных состояний соответственно будет меньше, равен или больше нуля. Это приводит к тому, что поверхностные состояния как бы стремятся «удержать» изгиб энергетических зон у поверхности полупроводника вблизи значения  $\varphi_0$ .

Интегрирование (7) с учетом вышесказанного приводит к выражению для тока стока МДП ПТ:

$$I = \frac{qN_d Z a \mu}{L} \left\{ \left(1 + \frac{\tilde{d}}{a\beta}\right) U_c - \frac{2\beta}{3\sqrt{U_{30}}} \left[ \left(\frac{U'}{\beta^2} + \frac{U'' + U_c - U_3}{\beta}\right)^{3/2} - \left(\frac{U'}{\beta^2} + \frac{U'' - U_3}{\beta}\right)^{3/2} \right] \right\}, \quad (11)$$

$$\text{где } U'' = \varphi_{MS} + (\beta - 1)\varphi_0 - \frac{Q_0 d}{\epsilon_0 \epsilon_d}, \quad \text{а } U_c \text{ — напряжение на стоке.}$$

В работе [6] получено выражение, аналогичное (11), однако не учитывающее заряд  $Q_0$  и вклад  $\varphi_{MS}$  и  $\varphi_0$  в ток в явном виде. Из (11) нетрудно получить выражение для  $U_0$  — напряжения на затворе, при котором толщина слоя ОПЗ  $h$  становится равной  $a$  в области стока МДП ПТ:

$$|U_0| = U_{30} \left(1 + 2 \frac{\tilde{d}}{a}\right) - \varphi_{MS} + \frac{Q_0 d}{\epsilon_0 \epsilon_d} + (\beta - 1)(U_{30} - \varphi_0). \quad (12)$$

Как видно из (12), величина  $U_0$  зависит от значения разности  $(U_{30} - \varphi_0)$ . Таким образом, наличие поверхностных состояний может приводить либо к увеличению, либо к уменьшению  $|U_0|$  и тока стока МДП ПТ по сравнению с  $n_{SS} = 0$ . В [6] рассмотрен случай  $n_{SS} \neq 0$ , приводящий лишь к увеличению  $|U_0|$  и  $I_c$ , что соответствует в нашем рассмотрении случаю  $U_{30} - \varphi_0 > 0$ .

Отметим, что при определенных соотношениях величин, входящих в (12), значение  $U_0$  может менять знак, либо оказаться равной нулю. При  $U_0 < 0$  реализуется случай МДП ПТ, работающего в режиме обеднения канала, а при  $U_0 > 0$  — в режиме его обогащения основными равновесными носителями.



ლ. აბულაძე, ი. ბაუმბერგი, მ. ბაუმბერგი, ო. საქსაგანსკი

სივრცითარხიანი მდნ ტრანზისტორი (თეორია)

რეზიუმე

მიღებულია იზოლირებულჩამკეტისანი თხელფენოვანი ველის ტრანზისტორის ვოლტ-ამპერული მახასიათებლის ანალიზური გამოსახულება. გათვალისწინებულია დიელექტრიკის მუდმივი მუხტი და დიელექტრიკ-ნახევარგამტარის საზღვარზე ზედაპირული მუხტის ცვლილება. ნაჩვენებია ზედაპირული მდგომარეობების გადამუხტვის გავლენა დენის სიდიდეზე. მიღებული გამოსახულებანი სამართლიანია არხის როგორც გაღარიბების, ისე გამდიდრების რეჟიმში მომუშავე ტრანზისტორებისათვის.

PHYSICS

L. D. ABULADZE, I. B. BAUMBERG, M. B. BAUMBERG,  
O. V. SAKSAGANSKI

MIS FET WITH A BULK CHANNEL (THEORY)

Summary

Analytical expressions describing I-V characteristics of a thin-film insulated data FET (MIS FET) have been obtained, taking into account the built-in charge at the insulator-semiconductor interface. The effect of surface state recharge on the MIS FET drain current value is shown. The expressions obtained are valid for MIS FETs operating both in depletion and enhancement modes of the channel.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. А. Скориков, А. В. Зеленцов, А. Ю. Падерин. Микроэлектроника, т. 10, вып. 3, 1981, 214.
2. L. J. Messick. JEEE Trans. on Electron Devices, vol. ED-24, 2, February 1981, 218.
3. W. A. Shockley. Proc. IRE, vol. 40, 1952, 1365.
4. С. М. Зи. Физика полупроводниковых приборов. М., 1973.
5. Н. Л. Дмитрук. Изв. вузов, Физика, № 1, 1980, 38.
6. D. L. Lile. Solid-State Electron, vol. 21, Oct. 1978, 1199.

Д. В. МАЛАЗОНИЯ, М. Г. МЕНАБДЕ

К ВОПРОСУ О КРОСС-РЕЛАКСАЦИИ МЕЖДУ ЗЕЕМАНОВСКОЙ И ДИПОЛЬНОЙ СПИНОВЫМИ ПОДСИСТЕМАМИ В ТВЕРДОМ ТЕЛЕ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. И. Санадзе 11.1.1982)

В теории магнитного резонанса в твердых телах с успехом применяется метод неравновесного статистического оператора (НСО) Д. Н. Зубарева [1]. Простейшей задачей, описываемой в рамках этого метода, является задача о кросс-релаксации между зеемановской и дипольной подсистемами. Хорошо известно, что в сильных постоянных магнитных полях  $H_0 \gg H_L$  (где  $H_L$  — локальное поле, обусловленное диполь-дипольным ( $d-d$ ) взаимодействием), в спиновой системе за короткий промежуток времени устанавливается квазиравновесное состояние, характеризующееся двумя различными спиновыми температурами зеемановской и дипольной подсистем. В дальнейшем релаксация идет путем медленного выравнивания этих температур. Вычисление кинетических коэффициентов этого процесса в низшем приближении по  $H_L/H_0$  проводилось в работе [2]. При этом в качестве операторов зеемановской и дипольной подсистем выбирались соответственно  $\mathbf{H}_z = -\omega_0 S_z$  и  $\mathbf{H}_d = \mathbf{H}_d^{(0)}$  (где  $\mathbf{H}_d^{(0)}$  — секулярная часть  $d-d$  взаимодействия [2]).

Для получения кинетических коэффициентов в высших приближениях по  $H_L/H_0$  основными являются две задачи: определение операторов подсистем и построения правильного разложения по степеням малого параметра  $H_L/H_0$ . В работах [3—5] производилось объединение зеемановского и несекулярного  $d-d$  гамильтонианов в одну подсистему. Как указывается в работе [6] такой выбор подсистемы не является правильным, вследствие чего, в выражениях для кинетических коэффициентов во втором порядке, полученных в [4], содержится нефизический результат, в виде сателлитов на нулевой частоте. В данной работе, на примере отмеченной выше задачи будет продемонстрирован метод построения операторов подсистем и получения кинетических коэффициентов в высших приближениях по  $H_L/H_0$ , основанный на методе усреднения Крылова—Боголюбова—Митропольского [7—9].

Рассматриваемая нами система описывается гамильтонианом

$$\mathbf{H} = \mathbf{H}_z + \mathbf{H}_d,$$

где  $\mathbf{H}_z = -\omega_0 S_z$ ;  $\mathbf{H}_d = \sum_{n=0, \pm 1, \pm 2} \mathbf{H}_d^{(n)}$ ; явный вид  $\mathbf{H}_d^{(n)}$  можно найти, например, в [10]. Неравновесный статистический оператор для данной системы в высокотемпературной приближении имеет вид [1]

$$\rho(t) = 1 - \beta_z(t) \bar{\mathbf{H}}_z - \beta_d(t) \bar{\mathbf{H}}_d + \int_{-\infty}^0 dt' \left\{ \sum_j \beta_j(t+t') K_j(t') + \sum_j \frac{d\beta_j(t+t')}{dt'} \bar{\mathbf{H}}_j(t') \right\}, \quad (1)$$



где  $\beta_z(t)$  и  $\beta_d(t)$  — обратные температуры зеemanовской и дипольной подсистем;  $K_j = i \sum_j [\mathbf{H}_d^{(n)}, \bar{\mathbf{H}}_j]$ . (Здесь и в дальнейшем индекс  $j$  принимает значения  $z$  и  $d$ .) Явный вид операторов зеemanовской  $\bar{\mathbf{H}}_z$  и дипольной  $\bar{\mathbf{H}}_d$  подсистем будет определен ниже.

Усредняя с помощью (2) уравнения баланса

$$\frac{d\bar{\mathbf{H}}_j(t)}{dt} = i [\mathbf{H}, \bar{\mathbf{H}}_j(t)], \text{ получаем}$$

$$\frac{d\beta_j}{dt} = -\frac{1}{Sp(\alpha_j^2)} \int_{-\infty}^0 dt' \sum_l \left\{ \beta_l(t+t') Sp(K_j K_l(t')) + \frac{d\beta_l(t+t')}{dt} \cdot Sp(\bar{\mathbf{H}}_l(t') K_j) \right\}. \quad (2)$$

Перейдем в уравнении (2) к Фурье-преобразованию

$$i \omega \beta_j(\omega) = \sum_l W_{jl} \beta_l(\omega), \quad (3)$$

где

$$W_{jl} = \frac{(1 - U_{kk}) V_{jl} + U_{jk} U_{kl}}{(1 - U_{jj})(1 - U_{kk}) - U_{jk} U_{kl}}, \quad (4)$$

$$V_{jl} = -\frac{1}{Sp(\mathbf{H}_j^2)} \int_{-\infty}^0 dt e^{i\omega t} Sp(K_j(t) K_l), \quad (5)$$

$$U_{jl} = \frac{1}{Sp(\mathbf{H}_j^2)} \int_{-\infty}^0 dt e^{i\omega t} Sp(\mathbf{H}_j(t) K_l). \quad (6)$$

Аналогичные уравнения получены в работе [11].

Для разложения входящих в (5) и (6) операторов  $K_j(t)$  и  $\bar{\mathbf{H}}_j(t)$  по степеням  $H_L/H_0$  используем метод, развитый в работе [9].

Будем исходить из уравнения для  $\tilde{K}_j(t)$  в представлении взаимодействия

$$\frac{d\tilde{K}_j(t)}{dt} = i [\tilde{\mathbf{H}}_d(t), \tilde{K}_j(t)]. \quad (7)$$

$$\tilde{K}_j(t) = e^{-i\mathbf{H}_z t} K_j e^{i\mathbf{H}_z t}; \quad \tilde{\mathbf{H}}_d = e^{-i\mathbf{H}_z t} \mathbf{H}_d e^{i\mathbf{H}_z t}. \quad (8)$$

Проведем каноническое преобразование, аналогичное проделанное в работе [9]

$$K_j^*(t) = \exp\{A^{(1)} + A^{(2)} + \dots\} \tilde{K}_j(t) \exp\{-A^{(1)} - A^{(2)} - \dots\}. \quad (9)$$

Мы будем вычислять кинетические коэффициенты с точностью до второго порядка по  $H_L/H_0$ . Для этой цели достаточно сохранить в (10)  $A^{(1)}$  и  $A^{(2)}$  [9]. (Выражения для  $A^{(1)}(t)$ ,  $A^{(2)}(t)$  и т. д. выбираются так, чтобы в соответствующем порядке в уравнении (11) исчезали явно зависящие от времени члены.)

Уравнение для  $K_j^*(t)$  имеет вид [9]

$$\frac{dK_j^*(t)}{dt} = i [\mathbf{H}_{\text{эфф}}, K_j^*(t)], \quad (10)$$

$$\text{где } \mathbf{H}_{\text{эфф}} = \mathbf{H}_d^{(0)} + \sum_{n \neq 0} \frac{1}{2n\omega_0} [\mathbf{H}_d^{(n)}, \mathbf{H}_d^{(-n)}]. \quad (11)$$



Из вида эффективного гамильтониана (11) видно, что в качестве дипольной подсистемы во втором приближении естественно взять  $\mathbf{H}_d + \mathbf{H}_{ds}^*$ , где

$$\mathbf{H}_{ds}^* = \sum_{n=\pm 1, \pm 2} \frac{1}{2n\omega_0} [\mathbf{H}_d^{(n)}, \mathbf{H}_d^{(-n)}]. \quad (12)$$

При выборе зеемановской подсистемы надо учесть, что поправка к дипольной подсистеме  $\mathbf{H}_{ds}^*$  дает отличный от нуля первый момент формы линии поглощения [6]:

$$M_1 = \frac{\omega_0^2}{2} \frac{Sp(\mathbf{H}_{ds}^*)^2}{Sp(\mathbf{H}_d^2)}. \quad (13)$$

Таким образом, оператор зеемановской подсистемы для вычисления кинетических коэффициентов во втором порядке по  $H_L/H_0$  следует брать в виде  $\bar{\mathbf{H}}_z = \mathbf{H}_z + M_1 S_z$ ,

где  $M_1$  определяется выражением (18). Соответствующую поправку надо внести и в дипольную подсистему  $\bar{\mathbf{H}}_d = \mathbf{H}_d^{(0)} + \mathbf{H}_{ds}^* - M_1 S_z$ .

Такой выбор подсистем полностью соответствует выбору, сделанному в работе [6].

С помощью (9) легко получить разложение для  $K_j^*(t)$  с точностью ( $H_L/H_0$ ):

$$\begin{aligned} K_j^*(t) = & i \sum_{n \neq 0} [\mathbf{H}_d^{(n)}, \bar{\mathbf{H}}_j](\bar{t}) - \sum_{n, m \neq 0} \frac{1}{m\omega_0} [\mathbf{H}_d^{(m)} [\mathbf{H}_d^{(n)}, \bar{\mathbf{H}}_j]](\bar{t}) + \\ & + \frac{1}{2} \sum_{n, m, k \neq 0} \frac{1}{mk\omega_0^2} [\mathbf{H}_d^{(m)} [\mathbf{H}_d^{(k)} [\mathbf{H}_d^{(n)}, \bar{\mathbf{H}}_j]]](\bar{t}) + \frac{1}{2} \sum_{n, k, m \neq 0} \frac{1}{km\omega_0^2} [[\mathbf{H}_d^{(m)}, \mathbf{H}_d^{(k-m)}] \times \\ & \times [\mathbf{H}_d^{(n)}, \bar{\mathbf{H}}_j]](\bar{t}) + \sum_{k, n \neq 0} \frac{1}{k^2\omega_0^2} [[\mathbf{H}_d^{(k)}, \mathbf{H}_d^{(0)}] [\mathbf{H}_d^{(n)}, \bar{\mathbf{H}}_j]](\bar{t}), \quad (14) \end{aligned}$$

где в правой части зависимость от времени определяется эффективным гамильтонианом (11). Аналогично можно получить разложение для  $\bar{\mathbf{H}}_j^*(t)$ .

Используя разложение (14) в аналогичное разложение для  $\bar{\mathbf{H}}_j^*(t)$  в (6) получим выражения кинетических коэффициентов (4) с точностью второго порядка  $H_L/H_0$ . Легко убедиться, что  $U_{jl}$  в нашем приближении равны нулю. Из-за громоздкости вида кинетических коэффициентов выпишем здесь выражение только для  $W_{dd}$ :

$$W_{dd} = \frac{\omega_0^2}{Sp(\bar{\mathbf{H}}_d)^2} \int_{-\infty}^0 dt e^{i\omega t} \left\{ \Gamma_1(t) + \Gamma_2(t) + \sum_{\alpha=3, 4, 5, 6} (\Gamma_\alpha(t) + \Gamma_\alpha(-t)) \right\}, \quad (15)$$

где

$$\Gamma_1(t) = - \sum_{n \neq 0} e^{-in\omega_0 t} Sp(\mathbf{H}_d^{(n)}(\bar{t}) \mathbf{H}_d^{(-n)}),$$

$$\Gamma_2(t) = \sum_{n, m \neq 0} \frac{(n+m)^2 (m-n)}{m^2 n} e^{-i(m+n)\omega_0 t} Sp([\mathbf{H}_d^{(n)}, \mathbf{H}_d^{(m)}](\bar{t}) [\mathbf{H}_d^{(-n)}, \mathbf{H}_d^{(-m)}]),$$

$$\Gamma_3(t) = - \sum_{n, m \neq 0} \frac{n}{m} e^{-in\omega_0 t} Sp([\mathbf{H}_d^{(n)}(\bar{t}), \mathbf{H}_d^{(m)}] [\mathbf{H}_d^{(l)}, \mathbf{H}_d^{(0)}]),$$



$$\Gamma_4(t) = \frac{1}{2} \sum_{n, m, k, l \neq 0} \frac{n^2}{mk} e^{-in\omega_0 t} Sp ([H_d^{(n)}(i), H_d^{(m)}] [H_d^{(l)}, H_d^{(k)}]),$$

$$\Gamma_5(t) = -\frac{1}{2} \sum_{n, m, k, l \neq 0} \frac{n^2}{mk} e^{-in\omega_0 t} Sp ([H_d^{(n)}(i), H_d^{(l)}] [H_d^{(m)}, H_d^{(k-m)}]),$$

$$\Gamma_6(t) = -\sum_{l, n, k \neq 0} \frac{n^2}{k^2} e^{-in\omega_0 t} Sp ([H_d^{(n)}(i), H_d^{(l)}] [H_d^{(k)}, H_d^{(q)}]),$$

$$B(i) = \exp \{it H_{\Phi\Phi}\} B \exp \{-it H_{\Phi\Phi}\}.$$

Выражение (15) в отличие от результатов [3, 4], не содержит сателлитов на нулевой частоте. Это свойство сохраняется и в более высоких порядках.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 28.1.1982)

ფიზიკა

დ. მალაზონია, ა. მენაბდე

მყარ სხეულებში ზემანის და დიპოლურ ქვესისტემებს შორის კროს-რელაქსაციის საკითხის შესახებ

რეზიუმე

განხილულია ძლიერ მაგნიტურ ველში  $H_0 \gg H_L$  ( $H_L$  — ლოკალური ველი) სპინურ სისტემაში ერთიანი ტემპერატურის დამყარების საკითხი.

PHYSICS

D. V. MALAZONIA, M. G. MENABDE

## CONCERNING CROSS-RELAXATION BETWEEN ZEEMAN AND DIPOLE SPIN SUBSYSTEMS IN A SOLID

### Summary

The title problem is discussed for the case when strong magnetic fields  $H_0 \gg H_2$  ( $H_2$  is a local field) are involved. The method of the Zubarev nonequilibrium statistical operator is used to describe the process. Using the Krylov-Bogolyubov-Mitropolski averaging method, a technique is proposed for finding spin subsystem operators and kinetic coefficients in higher orders of  $H_2/H_0$ . The kinetic coefficients have been calculated in the second order for  $H_2/H_0$ .

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Д. Н. Зубарев. Неравновесная статистическая термодинамика. М., 1971.
2. Б. Н. Провоторов. ЖЭТФ, 42, 1962, 882.
3. В. А. Скребнев. ЖЭТФ, 70, 1976, 560.
4. V. A. Skrebnev. Physica, 95, 1978, 113.
5. М. М. Кучеров. Сб. «Радиоспектроскопия твердого тела», Красноярск, 1976, 106.
6. Л. Л. Буишвили, Н. П. Гиоргадзе, М. Д. Звиададзе. ЖЭТФ, 72, 1977, 750.
7. Н. Н. Боголюбов, Ю.А. Митропольский. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. М., 1974.
8. Л. Л. Буишвили, М. Г. Менабде. ЖЭТФ, 77, 1981, 2435.
9. Л. Л. Буишвили, Е. Б. Волжан, М. Г. Менабде. ТМФ, 46, 1981, 251.
10. А. Абрагам. Ядерный магнетизм. М., 1963.
11. В. П. Калашников, Д. Н. Зубарев. ТМФ, 5, 1970, 406.



Н. БРАЮШКОВИЧ, Г. З. МАЧАБЕЛИ

## О ВОЗБУЖДЕНИИ ЦИКЛОТРОННОЙ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ В МАГНИТОСФЕРАХ ПУЛЬСАРОВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Д. Г. Ломинадзе 28.1.1982)

В последние годы большое внимание уделяется неустойчивостям, которые могут иметь место в магнитосферах пульсаров [1—5]. Предполагается, что в магнитосфере пульсара плазма течет вдоль открытых силовых линий магнитного поля (линий, выходящих за световой цилиндр) с релятивистскими скоростями. Эта плазма пронизывается пучком. Электроны и позитроны плазмы, находясь в сильном магнитном поле с  $B_0 \approx 10^{12}$  Гс, быстро теряют поперечный импульс. Одномерная функция распределения оказывается неустойчивой относительно развития электромагнитной циклотронной неустойчивости, которая, в свою очередь, приводит к квазилинейной диффузии [6]. Учет квазилинейной диффузии и слабой неоднородности магнитного поля приводит к возникновению эффективного питч-угла. При наличии питч-угла плазма может оказаться неустойчивой относительно возбуждения волн с частотами, близкими к циклотронным.

Здесь мы рассмотрим простейший случай возбуждения потенциальных волн в холодной электронно-позитронной плазме, распространяющихся поперек магнитного поля.

Таким образом, рассматривается холодная плазма, импульс частиц которой кроме продольной составляющей имеет и постоянную поперечную составляющую. Следовательно, в системе покоя плазмы ( $p_z = 0$ ) имеем частицы, вращающиеся по однородно распределенным в пространстве ларморовским кружкам с одинаковым радиусом и хаотически распределенной фазой. Проводимое исследование может оказаться полезным для моделей, развиваемых в работах [1—3] и других, у которых рассматривается холодная плазма с пучком частиц, имеющих только продольные скорости.

Исходным будем брать систему уравнений для каждого сорта частиц

$$\frac{\partial \bar{p}}{\partial t} + (\bar{v} \nabla) \bar{p} = e \left\{ \bar{E} + \frac{1}{c} [\bar{v} \bar{B}_0] \right\},$$

$$\frac{\partial n}{\partial t} + \text{div} (n \bar{v}) = 0, \quad (1)$$

$$\text{div} \bar{E} = 4\pi en,$$

где импульс  $\bar{p}$  и скорость  $\bar{v}$  частиц связаны друг с другом соотношением





$$\vec{p} = m\vec{v} / \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{1/2}.$$

Разбивая  $\vec{v}$  на  $\vec{v}_0$  и  $\vec{v}_1$ , где  $|\vec{v}_0| \gg |\vec{v}_1|$ , для величины  $v_0$  имеем  $v_{0x} = v_{0\perp} \cos(\Omega t + \Psi)$ ;  $v_{0y} = -v_{0\perp} \sin(\Omega t + \Psi)$ ;  $v_{0z} = \text{const.}$  (2)

Здесь  $\Omega = eB_0/mc \left(1 - \frac{v_0^2}{c^2}\right)^{1/2}$ ;  $\Psi$  — начальная фаза частицы. Для возмущенной величины  $\vec{v}_1$  получим

$$\begin{aligned} \left(\frac{d}{dt} + i(\vec{k}\vec{v})\right) \left\{ \frac{\vec{v}_1}{\left(1 - \frac{v_0^2}{c^2}\right)^{1/2}} + \frac{\vec{v}_0(\vec{v}_0\vec{v}_1)}{c^2\left(1 - \frac{v_0^2}{c^2}\right)^{3/2}} \right\} = \\ = \frac{e}{m} \left( \vec{E}_1 + \frac{1}{c} [\vec{v}_1\vec{B}_0] \right). \end{aligned} \quad (3)$$

Заметим, что начальные фазы хаотизированы так, что микроскопические токи, создаваемые вращением частиц, компенсируют друг друга.

Выражение, стоящее в фигурных скобках уравнения (3), представим в виде  $\vec{U}(t) \exp\left\{-i \int_0^t (\vec{k}\vec{v}_0) dt\right\}$ . Решая уравнение для  $U(t)$ , после некоторых преобразований найдём  $v_{1x}$ ,  $v_{1y}$ ,  $v_{1z}$ . Подставляя найденные решения в линеаризованные уравнения непрерывности и Пуассона после усреднения по  $\Psi$  в интервале  $[0, 2\pi]$  получим искомое дисперсионное уравнение при  $v_{0z} = 0$

$$\begin{aligned} 1 - \sum_a \frac{\omega_{Pa}^2}{k^2 c^2} \left(1 - \frac{v_{0a}^2}{c^2}\right)^{1/2} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} I_n^2\left(\frac{k_x v_{0\perp a}}{\Omega_a}\right) \times \\ \times \left\{ \frac{k_x^2 c^2 - n^2 \Omega_a^2}{(\omega - n\Omega_a)^2 - \Omega_a^2} + \frac{n^2 \Omega_a^4}{[(\omega - n\Omega_a)^2 - \Omega_a^2](\omega - n\Omega_a)^2} \right\} = 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Здесь  $\omega_{Pa}^2 = \frac{4\pi e_a^2 n_a}{m_a}$ ;  $I_m(z)$  — функция Бесселя.

При условии  $v_{0\perp}^2/c^2 \ll 1$  дисперсионное соотношение (4) переходит в уравнение, полученное в работе [7].

Из соотношения (4) при выполнении резонансного условия

$$\omega - s\Omega_a \beta \approx 0; \quad \beta = 1 / \left(1 - \frac{v_{0z}^2}{c^2}\right)^{1/2}; \quad v_{0z} \neq 0,$$

где  $S$  — фиксированное значение индекса (1, 2, ...), предполагая

$$s = 1, \quad \omega - \Omega_a \beta \approx i\gamma, \quad \gamma \ll \omega$$

найдем инкремент

$$\gamma = \pm \left| \frac{\omega_{Pa}}{c} \frac{\left(\Omega^2 - \omega^2 \frac{v_{0z}^2}{c^2}\right)^{1/2}}{\left(k_x^2 \beta^2 + \omega^2 \frac{v_{0z}^2}{c^2}\right)^{1/2}} \left( \frac{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}{1 + \frac{\omega_{Pa}^2}{\Omega^2}} \right)^{1/2} I_1\left(\frac{k_x v_{0\perp}}{\Omega}\right) \right|. \quad (5)$$



Максимум инкремента неустойчивости приходится на случай  $v_0/c=0,8$ .

С другой стороны, в случае сильного релятивизма ( $v_0 \rightarrow c$ ) из-за утяжеления массы происходит стабилизация этой неустойчивости.

Академия наук Грузинской ССР  
Абастуманская астрофизическая  
обсерватория

Университет г. Крагуевац  
Югославия

(Поступило 29.1.1982)

ფიზიკა

ბ. ბრაიუშკოვიჩი, გ. მაჩაბელი

პულსარის მაგნიტოსფეროში ციკლოტრონული პოტენციური არამდგრადობის აღძვრის შესახებ

რეზიუმე

განხილულია პოტენციური ტალღების აღზნება ციკლოტრონულ პოზიტრონულ პლაზმაში. აღზნება ხდება დამუხტული ნაწილაკების რელატივისტური ნაკადით, რომლის გავრცელების მიმართულება კუთხეს ქმნის მაგნიტურ ველთან. განხილულია შემთხვევა, როდესაც ტალღა მაგნიტური ველის მართობულად ვრცელდება და გამოთვლილია სათანადო ინკრემენტი. ნაჩვენებია, რომ ასეთი ტალღების აღზნება შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც კონის სიჩქარის მართობი მდგენელი რელატივისტურია. ძლიერი რელატივიზმის ( $v_0 \rightarrow c$ ) შემთხვევაში ხდება არამდგრადობის სტაბილიზაცია. ინკრემენტი აღწევს მაქსიმუმს  $\frac{v_0}{c} = 0,8$  პარამეტრის მნიშვნელობისათვის.

PHYSICS

N. BRAYUSHKOVICH, G. Z. MACHABELI

ON THE EXCITATION OF CYCLOTRON POTENTIAL INSTABILITY IN THE MAGNETOSPHERES OF PULSARS

Summary

The excitation of potential waves in cool electron-positron plasmas with a relativistic oblique current of charged particles relative to the magnetic field is considered. The case of perpendicular ( $k_z=0$ ) propagation of potential cyclotron waves has been analysed and the corresponding growth rate found. Excitation of such waves across the magnetic field was found to be possible only when the relativistic transversal velocity component of charged particles is present. The growth rate reaches the maximum under resonance conditions at  $V_0/c \approx 0.8$ . With an increase of the parameter  $V_0/c$  the growth rate falls sharply.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. P. E. Hardee, P. I. Morrison. *Ap. J.* 1979, 227, 252.
2. P. E. Hardee, W. K. Rose. *Ap. J.* 1976, 210, 533.
3. G. Benford, R. Bushauer. *Mon. Not. Roy. Astr. Soc.* 1977, 179, 189.
4. Д. Г. Ломинадзе, А. Б. Михайловский. *ЖЭТФ*, 76, 1979, 959.
5. Д. Г. Ломинадзе, Г. З. Мачабели, А. Б. Михайловский. *Физика плазмы*, 5, 1979, 1337.
6. Г. З. Мачабели, В. В. Усов. *Письма в АЖ*, 5, 1979, 445.
7. Г. З. Мачабели, Д. Д. Цхакая. *ЖТФ*, 42, 1972, 1343.



ФИЗИКА

Э. Р. КУТЕЛИЯ, Н. И. ХАСИЯ, Г. Ш. ДАРСАВЕЛИДЗЕ, В. В. САНАДЗЕ

ВНУТРЕННЕЕ ТРЕНИЕ И ТОНКАЯ СТРУКТУРА СПЛАВОВ  
МЕДЬ-МАРГАНЕЦ, БОГАТЫХ МЕДЬЮ

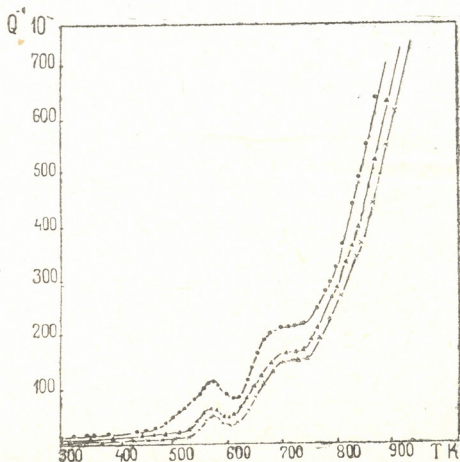
(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. И. Санадзе 4.2.1982)

Исследование сплавов медь—марганец, богатых медью, проведенное нами с помощью трансмиссионной электронной микроскопии, позволило обнаружить тонкие структурные изменения, происходящие при распаде ГЦК твердых растворов марганца в меди [1—3]. В связи с этим представляли интерес поиски корреляции между указанными изменениями структуры и свойства этих сплавов.

В данной работе была поставлена задача исследовать релаксационные явления в сплавах меди с 5,6; 15,7 и 23,9 ат. % марганца, методом внутреннего трения.

Внутреннее трение измеряли на прямом крутильном маятнике в интервале температур 20—700°C на частотах 1—3 гц, в вакууме  $\sim 10^{-4}$  мм рт. ст., при деформациях не более  $\epsilon = 5 \cdot 10^{-5}$ . Исходным состоянием исследованных сплавов служили резко закаленные с 830°C образцы, которым необходимая форма придавалась заранее, до термообработок. Часть образцов после резкой закалки изотермически отжигалась при 500 и 300°C 0,5 часа и 3 часа, соответственно.

Результаты измерения температурного хода внутреннего трения закаленных и изохронно отожженных сплавов Cu—5,6 ат. % Mn, Cu—15,7 ат. % Mn и Cu—23,9 ат. % Mn приведены на рис. 1, а, б и в. Видно, что на всех кривых  $Q^{-1}(T)$  выявлены по два пика, первый в районе 550 К и второй в районе 730 К в виде перегиба с площадкой.



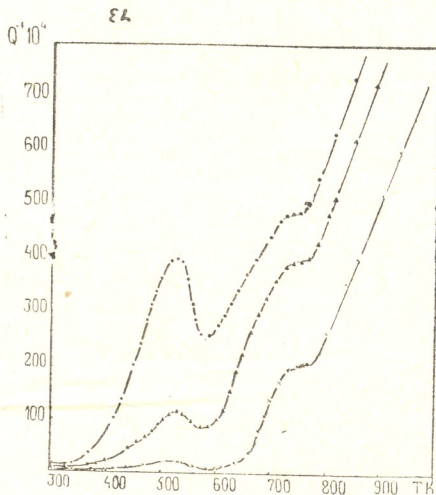
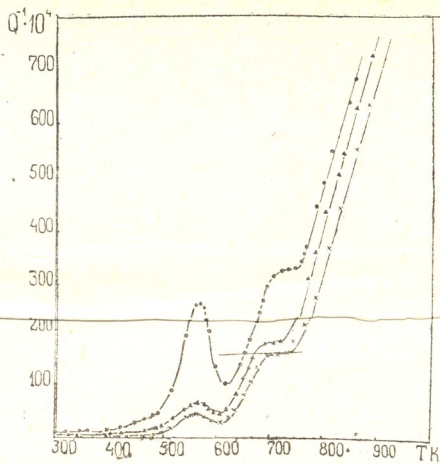


Рис. 1. Зависимость  $Q^{-1}(T)$  сплавов: а)  $\text{Cu} - 5,6 \text{ ат.}\% \text{ Mn}$ ; б)  $\text{Cu} - 15,7 \text{ ат.}\% \text{ Mn}$ ; в)  $\text{Cu} - 23,9 \text{ ат.}\% \text{ Mn}$ ; ● — закалка, ▲ — отжиг  $500^\circ\text{C} - 0,5 \text{ ч}$ , x — отжиг  $300^\circ\text{C} - 3 \text{ ч}$

Энергии активации, вычисленные по температуре максимума  $Q^{-1}$  [4] для процессов, ответственных за появление этих двух пиков, составили для низкотемпературных процессов  $\sim 1,35$  эв/ат. и  $\sim 1,8$  эв/ат. для высокотемпературных процессов. В поведении максимумов (как низкотемпературного, так и высокотемпературного) отмечается зависимость их величины от содержания компонентов. С увеличением кон-



центрации марганца увеличивается и высота пиков. Такая зависимость не коррелирует со стехиометрическим составом сплава ( $\text{Cu}_5\text{Mn}$  и  $\text{Cu}_3\text{Mn}$ ) и с возможностью образования дальнего упорядочения, что еще раз подтверждает вывод об отсутствии сверхструктуры в сплавах указанных составов, сделанный в работе [1]. Поэтому объяснение

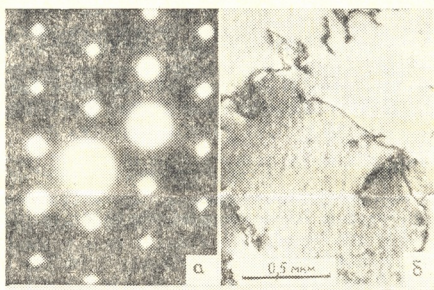


Рис. 2. а) Электронномикродифракционная картина сплава  $\text{Cu} - 23,9 \text{ ат.}\% \text{ Mn}$ ; отжиг  $400^\circ\text{C} - 350 \text{ ч}$ ; ось зоны  $\langle 110 \rangle$ ; б) изображение на трансмиссионном электронном микроскопе образца сплава  $\text{Cu} - 23,9 \text{ ат.}\% \text{ Mn}$ ; отжиг  $300^\circ\text{C} - 10 \text{ ч}$

обнаруженным особенностям сложного спектра  $Q^{-1}(T)$  надо искать в процессах распада, сопровождаемого тонкими структурными изменениями в сплавах исследуемой системы. Действительно, на начальных стадиях распада в резкозакаленных ГЦК твердых растворах системы  $\text{Cu}-\text{Mn}$ , богатых медью, на дифракционной картине быстрых электронов удастся выявить эффекты диффузного рассеяния (см. рис. 2,а),

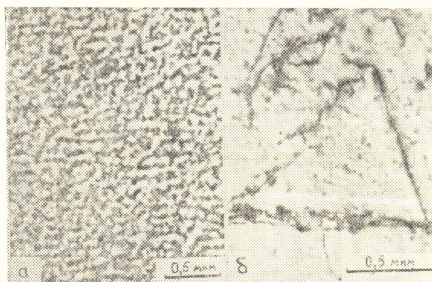


Рис. 3. Электронные микрофотографии: а) сплав  $\text{Cu} - 23,9 \text{ ат.}\% \text{ Mn}$ ; отжиг  $300^\circ\text{C} - 10 \text{ ч}$ ; б) сплав  $\text{Cu} - 15,7 \text{ ат.}\% \text{ Mn}$ ; отжиг  $300^\circ\text{C} - 10 \text{ ч}$

связанные с образованием локальных центров ( $\sim 10-20 \text{ \AA}$ ) ближнего расслоения. Формирование этих областей очевидно стимулируется закалочными вакансиями. Движением последних и действием поля напряжений обусловлено также изменение стабильной конфигурации дислокаций как стоков вакансий в закаленном сплаве (см. рис. 2,б).



По нашему мнению именно этими двумя факторами можно объяснить в исследованных сплавах поведение пика внутреннего трения в области температур  $\sim 550$  К.

Для обсуждения природы второго пика (перегиба с площадкой) наблюдаемого в области температур  $\sim 730$  К, экспериментальные данные были получены также методом трансмиссионной электронной микроскопии. В закаленных образцах после отжига в указанной области температур наблюдается распад твердого раствора сплава на области, богатые и бедные атомами марганца (идет расслоение) (см. рис. 3,а), требующий перемещения компонентов на расстояние, более чем межатомные. На более ранних стадиях распада в данной области температур наблюдается образование зон типа Гинье—Престона (см. рис. 3,б) размерами  $\sim 100$  Å.

Таким образом, сложный релаксационный спектр, обнаруженный для ГЦК твердых растворов системы Cu—Mn богатых медью, связан не с процессами атомного упорядочения, а с процессами распада (расслоения) и с кинетикой сопровождающих тонких структурных изменений в сплаве.

Грузинский политехнический институт  
им. В. И. Ленина

(Поступило 11.2.1982)

ფიზიკა

ე. კუთელია, ნ. ხასია, გ. დარსაველიძე, ვ. სანაძე  
სპილენძით მდიდარი სპილენძ-მარგანეცის შენადნობის შინაგანი  
ხახუნის და ნაწი სტრუქტურა

რეზიუმე

ერთფაზიანი სპილენძ-მარგანეცის შენადნობისათვის, მარგანეცის 5,6; 15,7 და 23,9 ატ.% შემცველობით, შესწავლილია შინაგანი ხახუნის ტემპერატურული სპექტრი. ნაწილობითი ნიმუშებისათვის აგებულ  $Q^{-1}(T)$  მრუდებზე ტემპერატურულ უბანში 550 და 730K აღმოჩენილია შინაგანი ხახუნის პიკები, რომელთა შესაბამისი აქტივაციის ენერგია  $\sim 1,35$  ევ/ატ. და  $\sim 1,8$  ევ/ატ.

PHYSICS

E. R. KUTELIA, N. I. KHASIA, G. Sh. DARSVELIDZE, V. V. SANADZE  
INTERNAL FRICTION AND EXACT STRUCTURE OF COPPER-RICH  
COPPER-MANGANESE ALLOYS

Summary

The temperature spectrum of internal friction was studied for single phase copper-manganese alloys with 5.6 at %, 15.7 at % and 23.9 at % manganese content. Peaks of internal friction with corresponding activation energies  $\sim 1.35$  eV/at and  $\sim 1.8$  eV/at were noted in 550 K and 730 K temperature regions on  $Q^{-1}(T)$  curves plotted for hardened samples. The observed characteristics of internal friction are explained by decay (separation) processes in copper-rich copper-manganese alloys.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Э. Р. Кутелия, Н. И. Хасия. Материалы VI всесоюзного совещания. Киев, 1979, 170—172.
2. Э. Р. Кутелия, В. Н. Керашвили, В. В. Санадзе. ФММ, 44, вып. 5, 1977, 1113—1116.
3. Э. Р. Кутелия, Н. И. Хасия, В. В. Санадзе. Сообщения АН ГССР, 100, № 3, 1980, 581—584.
4. А. С. Постников. Внутреннее трение в металлах. М., 1974, 302.



А. И. БИЧИНАШВИЛИ, Е. З. ВИНТАИКИН, Э. К. ЛАБАРТКАВА

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ОБРАТИМОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ФОРМЫ ПРИ НЕОДНОРОДНОЙ И ОДНОРОДНОЙ ДЕФОРМАЦИИ В СОСТАРЕННЫХ СПЛАВАХ Mn-Cu

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. С. Амаглобели 31.12.1982)

Восстановление формы в сплавах Mn-Cu неоднократно изучалось [1, 2]. Работы в основном касаются особенностей и характера восстановления формы в этих сплавах. Однако не исследованы эффект памяти формы (ЭПФ) и обратное изменение формы (ОИФ) в состаренных сплавах. Кроме того, не совсем ясны выводы, сделанные в работе [2] об исчезновении ЭПФ и ОИФ при старении, что противоречит классической теории, касающейся возникновения восстановления формы. Известно, что в состаренных сплавах имеется ГЦТ фаза [3]. Поэтому в них должен существовать ЭПФ.

С целью проверки этого положения нами были исследованы состаренные при 450 и 400°C образцы в виде пластинок толщиной до 1 мм.

Исследование ЭПФ и ОИФ сплавов с 79,6 вес.% Mn, состаренных при 400°C в течение 10 часов, проводилось в условиях различной пластической деформации: 0,6; 1,2; 1,9; 2,4; 3,2; 3,9%.

При высокой температуре (250—300°C), соответствующей кубической фазе, образцам придавались определенные формы, и при комнатной температуре они выпрямлялись. Нагрев образца приводит к частичному восстановлению формы. При охлаждении происходит обратное изменение формы. Оказалось, что состаренные сплавы, так же как и закаленные, обладают ЭПФ и ОИФ.

Сравнение с кривыми изгиба закаленных сплавов [1] показало, что старение приводит к увеличению отношения обратимой деформации к деформации восстановления формы. Как будет видно из дальнейшего изложения, причиной этого является упрочнение сплава в результате формирования зонной структуры. Очевидно, в состаренных сплавах микронапряжения, возникающие при восстановлении формы, релаксируют в меньшей степени.

Изменение среднего удельного изгиба в интервале температур 20—200°C при различной предварительной деформации изучалось на состаренном (400°C, 10 часов) сплаве с 79,6 вес.% Mn (рис. 1). Отмечен максимум восстановительных свойств при степени пластической деформации 2,5%. На закаленных сплавах этот максимум приходится на 2%.

В данной работе приводились опыты по выяснению влияния термообработки на величину удельного прогиба при одинаковой формирующей деформации 2,5% на сплавах 68,9 вес.% Mn и 79,6 вес.% Mn при температурах отпуска 400 и 450°C соответственно с выдержкой 5, 10, 20, 40 и 0,5, 1, 2, 4, 8 часов.

Результаты отпуска при 400°C приведены на рис. 2.

С увеличением времени отпуска возрастает деформация восстановления формы при ОИФ, что, по-видимому, вызвано появлением по всему объему ГЦК-ГЦТ термоупругого мартенситного превращения



[3], увеличением степени тетрагональности и упрочнением сплава. На поздней стадии старения деформация восстановления уменьшается, что обусловлено выпадением  $\alpha$ -Mn и уменьшением количества ГЦТ фазы мартенсита. Кроме того, появление  $\alpha$ -Mn приводит к релаксации напряжений и нарушает тетрагональность. В случаях равновесия  $\alpha$ -Mn +  $\gamma$ -твердый раствор Cu-Mn ЭПФ исчезает.

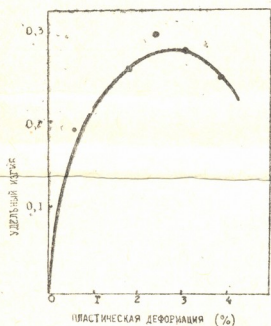


Рис. 1. Изменение среднего удельного изгиба в интервале температур 20—200°C для сплава Mn-Cu с содержанием 79,6 вес.% Mn, отпущенного при 400°C в течение 10 часов при различной предварительной деформации

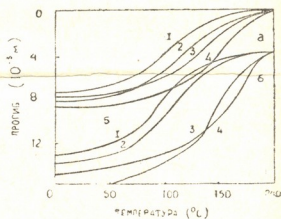


Рис. 2. Изменение прогиба от температуры для сплавов Mn-Cu с содержанием: а — 69,8 вес.% Mn, б — 79,6 вес.% Mn, отпущенных при 400°C в течение: 1—5 часов, 2—10 часов, 3—20 часов, 4—40 часов

Состаренные (450°C, 2 часа) сплавы Mn-Cu с 75 и 73,2 вес.% Mn были изучены после предварительной деформации на растяжение и сжатие. За меру восстановления деформации был принят коэффициент термического расширения. Измерения проводились на dilatометре «Linsis». Предварительно сжатые образцы по мере повышения температуры удлиняются, растяженные образцы — наоборот. По этим кривым подсчитывался коэффициент термического расширения в интервале температур 30—200°C по формуле

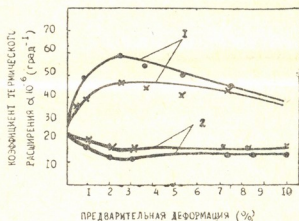
$$\alpha = \frac{\Delta l}{l} \cdot \frac{1}{\Delta T},$$

где  $\Delta l$  — абсолютное изменение длины от исходной  $l_0$  в интервале температур  $\Delta T$ . Результаты приведены на рис. 3. Кривая зависимости коэффициента термического расширения от предварительной пластической деформации имеет максимум при формирующей деформации выше 2,5%. В частности, при однородной деформации степень восстановления после максимума ухудшается не сразу, как это имеет место в случаях неоднородной деформации, а имеется интервал пластической деформации 3,5—7%, при котором восстановительные свойства постоянны, т. е. материал оказывает хорошую способность восстановления формы. В случаях неоднородной деформации после оптимальной формирующей деформации 2,5% (когда материал имеет максимум степени восстановления) происходит резкое ухудшение восстановления формы при последующих деформациях. Как известно, в случаях неоднородной деформации различные участки материала подвергаются неодинаковым деформациям. Так, например, в данном случае мате-



риал деформировался изгибом. Поэтому на выпуклой стороне происходит растяжение, а на вогнутой — сжатие. По мере углубления по толщине указанные деформации постепенно уменьшаются и даже может реализоваться нейтральный слой, где деформация равна нулю. При нагреве неоднородно деформированного материала (до 2,5%) области, где восстановление исходной формы осуществляется путем двойникновения, значительно преобладают над областями, где идет скольжение. Формирующей деформации 4% уже достаточно для того, чтобы «слабые области» (такими областями назовем те, в которых деформация при нагреве осуществляется путем скольжения) были значительно больше и соответственно восстановленные формы ухуд-

Рис. 3. Изменение коэффициента термического расширения от предварительной пластической деформации



шались. Причиной увеличения «слабых областей» при неоднородной деформации является тот факт, что вероятность движения дислокаций больше, чем при однородной деформации. Из рис. 3 видно, что большие деформации (до 7% в случаях однородной деформации) не могут сильно уменьшить число «сильных областей» (так назовем области, в которых восстановление формы происходит путем двойникновения) и соответственно степень восстановления ухудшается незначительно.

Таким образом, старение сплавов приводит не к исчезновению ЭПФ и ОИФ, а, наоборот, к их увеличению.

Грузинский политехнический институт  
им. В. И. Ленина

(Поступило 31.12.1982)

ფიზიკა

ა. ბიჩინაშვილი, ე. ვინტაიკინი, ე. ლაბარაძე

ერთგვაროვან და არაერთგვაროვან დეფორმირებულ დაბერებულ Mn—Cu შენადნობებში ფორმის აღდგენა და შექცევადი ცვლილება

რეზიუმე

ნაშრომში განსაზღვრულია დამახსოვრების ეფექტისა და ფორმის შექცევადი ცვლილების წარმოქმნის პირობები მანგანუმ-სპილენძის დაბერებულ შენადნობებში. დადგენილია აღდგენის დეფორმაციის გზარდა ნაწრთობ შენადნობებთან შედარებით. ერთგვაროვანად და არაერთგვაროვანად დეფორმირებული ნიმუშების შედარების საფუძველზე გაკეთებულია დასკვნა ამ შენადნობებში არაერთნაირი ტექსტურის შესახებ, რაც გავლენას ახდენს ფორმის აღდგენაზე.

A. I. BICHINASHVILI, E. Z. VINTAIKIN, E. K. LABARTKAVA

THE KINETICS AND CHARACTER OF MARTENSITE  
TRANSFORMATION IN Mn-Cu ALLOYS

## Summary

The title problem has been studied by the x-ray method at 350°, 400°, and 450°C. An heterogeneous system was found to behave as homogeneous. The thermoelastic character of martensite transformation was established both in hardened and in aged alloys, the transformation being of athermal nature and without the stabilization effect in evidence. A very slight hysteresis was present in tempered alloys, which was due to the fact that transformation in aged alloys occurs entirely through the change of martensite crystal sizes. A relationship has been established between lamination and the effect of admixtures.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Е. З. Винтайкин, В. А. Удовенко, А. И. Бичинашвили, Д. Ф. Литвин. ДАН СССР, 222, № 2, 1975, 322—325.
2. Е. М. Савицкий, Г. С. Бурханов и И. М. Заливин. ДАН СССР, 204, № 3, 1972, 593.
3. А. И. Бичинашвили, Е. З. Винтайкин, Д. Ф. Литвин, В. А. Удовенко. ФММ, 41, вып. 1, 1976, 130.

Т. Л. ЧЕЛИДЗЕ

## ОБ ОСНОВНЫХ ПРОБЛЕМАХ ПОСТРОЕНИЯ ТЕОРИИ СТРУКТУРНО-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ НЕОДНОРОДНЫХ СИСТЕМ

(Представлено академиком Б. К. Балавадзе 13.1.1982)

Расчет физических свойств неоднородных сред с учетом их структуры и состава является актуальной задачей петрофизики. Достаточно упомянуть, что с этой проблемой связано петрофизическое моделирование недр Земли и теоретическое обоснование предвестников горных ударов и других явлений, обусловленных геодинамическими процессами. Как известно, физические свойства неоднородных тел (смесей, композитов, горных пород) являются либо аддитивными (плотность, пористость, удельный вес, теплоемкость), т. е. представляют собой сумму произведений удельных свойств компонент на соответствующие парциальные объемы, либо структурно-чувствительными (электро- и теплопроводность, упругие модули, вязкость, коэффициенты диффузии и фильтрации и т. д.). Последние связаны с наличием в системе потоков тепла, электрического тока, массы и т. д. формальное сходство дифференциальных уравнений, описывающих эти потоки, при условии идентичной геометрии неоднородной системы и граничных условий на поверхностях раздела приводит к аналогии их решений, т. е. к консервативности вида формул для всего названного класса структурно-чувствительных свойств (СЧС).

В качестве основных параметров системы в формулы СЧС — их также определяют как феноменологические (кинетические) коэффициенты или обобщенную проводимость (ОП) — входят объемные доли компонент, их удельные свойства, и, в отличие от аддитивных свойств, фактор формы частиц (включений). Например, согласно Максвеллу [1] имеем для обобщенной проводимости матричной двухфазной системы

$$g = g_1 + (g_2 - g_1) \Phi_2 f_2, \quad (1)$$

где  $g_1$  и  $g_2$  — соответственно ОП компонент;  $\Phi_2$  — объемная доля включений;  $f_2$  — отношение полей внутри и вне включения, включающий в себя фактор формы, а также содержащий такой чувствительный к концентрации включений параметр, как эффективная ОП вмещающей среды  $g^*$ . Естественно, при малой концентрации включений  $g^* = g_1$ . Чем больше  $\Phi_2$  и различие между  $g_2$  и  $g_1$ , тем больше отличается  $g^*$  от  $g_1$ .

Следует, однако, подчеркнуть, что выражение типа (1) верно, если: 1) концентрация включений мала, 2) они изолированы и в среднем равноудалены (неагрегированы), 3) отсутствуют поверхностные слои, 4) включения представлены полидисперсными частицами подобной формы, 5) обобщенные проводимости постоянны во времени, т. е. нет переходных процессов.

В противном случае необходимо принимать во внимание указанные эффекты, что и делается путем учета взаимодействия включений [2], их агрегирования [3], образования сквозных кластеров — теория перколяции [4—6], введения тензорной [7] и комплексной [8] обобщенной проводимости, поверхностной ОП [9], а также стерических ограничений при заполнении вмещающей среды монодисперсными частицами [10].

Процедура получения формул ОП гетерогенных систем может быть основана на приближении самосогласованного поля [1, 2, 8], на вариационном подходе [11] и т. д. Метод самосогласованного поля в большинстве случаев приводит к хорошим результатам, однако и здесь встречаются определенные трудности при рассмотрении смесей типа тройной, состоящей из однородной матрицы, ориентированных анизометрических и сферических включений. В этом случае эффективная среда ( $g^*$ ) оказывается одновременно как бы анизотропной и изотропной, если использовать фактор формы обоих типов частиц [12]. Видимо, в этом случае среднее микроскопическое поле  $E_m$  в среде необходимо представлять как комбинацию скалярной  $E_s$  и тензорной  $E_t$  компонент:

$$E_m = \alpha_1 E_s + \alpha_2 E_t, \quad (2)$$

где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  — коэффициенты, уравнивающие ранги  $E_s$  и  $E_t$ ;  $\alpha_1 \sim f(E_t)$ ;  $\alpha_2 \sim \psi(E_s)$ . Можно также представить ОП неоднородной среды в компонентах по  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , учитывающих как скалярную часть  $E_m$ , так и ее тензорную компоненту:

$$g_i = g_{1i} \Phi_1 f_1 + g_{2i} \Phi_2 f_2 + g_{3i} \Phi_3 f_3, \quad (3)$$

$$i = x, y, z.$$

В приведенных выражениях (1)—(3) не учитывались поверхностные явления на границах раздела фаз [9, 12]. Если в системе имеются заметные поверхностные потоки, например, по поверхности включений, то влияние их может быть учтено добавлением к объемной удельной проводимости включений  $g_2$  добавочного члена вида  $2g_s/r$ , где  $g_s$  — поверхностная ОП,  $r$  — радиус включения. Наличие поверхностных потоков может привести к зависимости ОП системы от дисперсности включений, чего не предусматривают обычные формулы ОП неоднородных сред.

Теория ОП неоднородных сред должна также предусматривать возможность проявления переходных процессов (частотной дисперсии свойств), что обычно учитывается путем введения комплексных ОП [8].

Традиционные теории микрогетерогенных сред допускали возможность сохранения изолированности включений вплоть до самой высокой их концентрации. На деле, как показывает теория перколяции (протекания), процесс повышения концентрации включений, расположенных хаотически, неизбежно приводит вначале к появлению изолированных кластеров из включений, а при концентрации выше пороговой  $\Phi_c$  — к образованию бесконечного (сквозного) кластера. Влияние локального агрегирования на СЧС рассмотрено в работах [3, 12, 15]. Для смеси изометрических частиц бесконечный кластер образуется при  $\Phi_c = 0,3$ , т. е. достаточно иметь 0,3 по объему включений проводника в изоляторе, как обязательно образуется проводящий мостик и произойдет резкий скачок ОП, непредсказуемый по теории Максвел-

ла—Бруггемана. Для анизометрических частиц порог снижается до 0,05—0,07 [14]. С учетом перколяции проводимость системы из плохо-проводящей матрицы ( $g_1$ ) и хорошопроводящих включений ( $g_2$ )

$$g(\Phi) = g_1(1 - \Phi)^{-3} + [g_2'(\Phi - \Phi_c)^t - g_1(1 - \Phi)^{-3}] \int_{-\infty}^{\Phi = \Phi_c} \delta(\Phi - \Phi_c) d\Phi, \quad (4)$$

где  $g_2'$  — величина, близкая к  $g_2$ ;  $t \approx 1,5$  для трехмерных и 1,2 для двумерных систем;  $\delta$  — единичная функция [15]. Анализ выражения (4), свидетельствует, что если система находится близ порога перколяции, то небольшое изменение концентрации включений при слабом и плавном сжатии либо растяжении может вызвать резкий скачок ОП при пересечении порога перколяции  $\Phi_c$ , т. е. аномально высокую тензочувствительность системы. Экспериментально подобные скачки можно наблюдать в электропроводности, скорости упругих волн и т. д.

Наконец, немаловажно подчеркнуть, что наличие в системе поточков означает, что она находится в неравновесном состоянии, либо стационарном, либо, если имеют место переходные процессы — в нестационарном. Сильная неравновесность состояния системы означает, согласно представлениям термодинамики неравновесных систем [16], что в ней неизбежно появятся определенные структуры. Иначе говоря, в расположении включений и кластеров должна наблюдаться упорядоченность. Учет этого эффекта в теориях микрогетерогенных сред не проводился. Возможно, это удастся сделать опять-таки в рамках решеточных моделей теории перколяции. Тогда аспект упорядоченности будет отражен заданием определенной перколяционной решетки (квадратной, гексагональной, кубической и т. д.), а фактор случайности — вероятностным розыгрышем узлов или мостиков в заданной решетке.

Академия наук Грузинской ССР

Институт геофизики

(Поступило 28.1.1982)

გიოფიზიკა

თ. ზეილიძე

არაერთგვაროვანი სისტემების სტრუქტურისა და მგრძობიარე  
 თვისებების თეორიის ჩამოყალიბების ძირითად პრობლემათა  
 შესახებ

რ ე ზ ი ე ე

განხილულია არაერთგვაროვანი სხეულების განზოგადებული გამტარობის (ელექტროგამტარობის, სითბოგამტარობის, დრეკადი მოდულების, სიბლანტისა და ა. შ.) არსებული მაქსველ—გაგნერის თეორიის შეზღუდვები. ნაჩვენებია, რომ ეს თეორია ვერ ითვალისწინებს ისეთ მომენტებს, როგორცაა ზედაპირული გამტარობა, ჩანართების აგრეგირებისა და პერკოლაციის მოვლენა, ნაწილაკების პოლიდისპერსულობა, გარდამავალი პროცესების არსებობა და სხვ. მითითებულია ჩამოთვლილი ფაქტორების გათვალისწინების მეთოდები.

T. L. CHELIDZE

 ON THE BASIC PRINCIPLES OF STRUCTURE-SENSITIVE  
 PROPERTIES OF HETEROGENEOUS MEDIA

## Summary

It is shown that "classic" theories of generalized conductivities of heterogeneous systems do not take into consideration such features as surface conductivity, phenomena of clustering and percolation, polydispersity of particles, transient processes, etc. Some possible ways of taking into account these factors are analyzed.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. J. C. Maxwell. A Treatise of Electricity and Magnetism, v. 1. Oxford, 1904.
2. D. A. G. Bruggeman. Ann. Phys. B24 H. 7, 636, 666, 1935.
3. L. E. Nielsen. J. Appl. Phys, 41, n 11, 1970, 4626.
4. V. K. Schante, S. Kirkpatrick. Adv. Phys. 20, 1971, 325.
5. С. Киркпатрик. Сб. «Теория и свойства неупорядоченных материалов». М., 1977.
6. Б. И. Шкловский, А. Л. Эфрос. Электронные свойства легированных полупроводников. М., 1979.
7. E. H. Kerner. Proc. Phys. Soc. B69, № 440, 1956, 802.
8. Т. Ханан. Сб. «Эмульсии». Л., 1972, 313.
9. Т. Л. Челидзе, А. И. Деревянко, О. Д. Куриленко. Электрическая спектроскопия гетерогенных систем. Киев, 1977, 231.
10. А. С. Вавакин, Р. Л. Салганик. МТТ, № 3, 1975.
11. Z. Hashin, S. Shtrikman. J. Mech. Phys. Sol. 10, № 4, 1962, 343.
12. С. С. Духин, В. Н. Шилов. Диэлектрические явления и двойной слой в дисперсных системах и полиэлектrolитах. Киев, 1972, 205.
13. Т. Л. Челидзе, Ю. М. Колесников. Инженерно-физический журнал, № 3, 1983.
14. З. С. Авалиани, Т. Л. Челидзе. Геофизический журнал, № 5, 1981.
15. Т. Л. Челидзе. Физика Земли, № 3, 1981.
16. И. Пригожин. УФН, 131, № 2, 1980.



Н. И. БERAДЗЕ

## ВОПРОСЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ПОЛУСУТОЧНЫХ СУММ ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ ГРУЗИИ В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД ГОДА

(Представлено членом-корреспондентом Г. Г. Сванидзе 2.2.1982)

В связи с разработкой объективных методов краткосрочного прогноза элементов погоды актуальным является исследование пространственно-временной статистической структуры полей метеорологических элементов у земной поверхности, таких, как среднесуточная, максимальная и минимальная температура воздуха, облачность, осадки, ветер и т. п. Цель настоящей работы — расчет и анализ количественных характеристик пространственной структуры и исследование возможности параметризации полусуточных сумм осадков (за день от 6 до 18 часов и за ночь от 18 до 6 часов) в зимний период года (с 1 декабря до 1 марта) для территории Западной Грузии. Исходными данными для исследования послужили результаты наблюдений 24 метеорологических станций, расположенных на этой территории, за 10 зимних сезонов (с 1 декабря 1966 г. по 29 февраля 1976 г. включительно, всего 903 ночных и 903 дневных срока наблюдений осадков).

Отличительной особенностью рассматриваемых полусуточных сумм осадков, существенно затрудняющей их статистическое исследование, является резкая положительная асимметрия их функции распределения: модальное значение функции распределения смещено относительно среднего значения в сторону малых сумм осадков.

Чтобы в какой-то мере избавиться от этого недостатка, при обработке данных наблюдений мы использовали нелинейное преобразование наблюдаемых сумм осадков, извлекая из них корень четвертой степени и используя в последующих исследованиях положительную величину этого корня. В результате этого преобразования гистограмма распределения стала существенно ближе к гистограмме нормального распределения, так что при исследовании статистической структуры поля преобразованных сумм осадков оказалось возможным ограничиться расчетом первых двух моментов распределения, т. е. поля средних и ковариационной матрицы поля отклонений осадков от среднего.

Одним из важнейших элементов статистического исследования является, как известно, оценка надежности расчета статистических характеристик анализируемого поля и их устойчивости во времени. С этой целью все имеющиеся данные об осадках были разбиты на три отдельные выборки равного объема по 301 случаю в каждой выборке. Первая выборка охватывала период с декабря 1966 г. по декабрь 1969 г. включительно, вторая выборка — с января 1970 г. по январь 1973 г., а третья — с февраля 1973 г. по февраль 1976 г.

При сравнении результатов расчетов средних полей, полученных для каждой из 3 выборок, было найдено, что в целом они весьма сходны, что свидетельствует о большой надежности и устойчивости во времени результатов расчета полей средних.





При расчете карт дисперсий различия между 3 выборками оказались более существенными, чем для карт средних сумм осадков, но и здесь общее соответствие выборок друг другу было довольно хорошим.

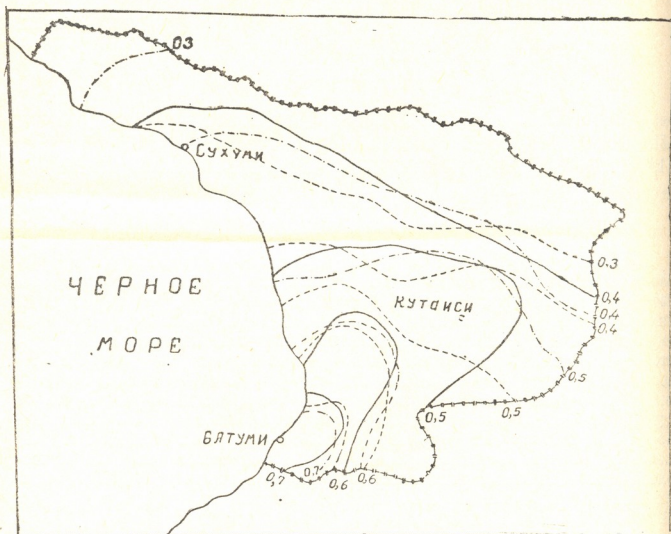


Рис. 1. Карта ковариаций отклонений полусуточной суммы осадков от среднего значения в г. Батуми с соответствующими величинами по другим станциям Западной Грузии за ночь по 3 выборкам.

Наиболее сложным для анализа является исследование пространственных корреляционных связей полусуточных сумм осадков. Учитывая малый временной интервал осреднения при расчете суммы выпавших осадков (12 часов) и большую сложность орографии рассматриваемой территории, можно было ожидать, что пространственные корреляционные связи окажутся низкими и неустойчивыми во времени. Результаты расчетов опровергли эти предположения. Наглядное представление о характере пространственных корреляционных связей можно получить из рисунка, на котором показаны величины ковариаций отклонений количества выпавших осадков от нормы в г. Батуми с соответствующими величинами на всех других станциях за ночь. Для дня получены сходные карты. Обращает на себя внимание то, что для всех станций ковариации положительны. Это свидетельствует о том, что после осадков для рассматриваемой территории, несмотря на сложность ее орографии, формируется, по-видимому, под влиянием одного общего синоптического процесса, что и приводит к большой связности поля осадков в пространстве. Этот результат кажется несколько неожиданным. Его возможное объяснение, однако, заключается в том, что, безусловно, существующие локальные неоднородности выпадающих здесь осадков значительно сглаживаются использованным нами нелинейным преобразованием (извлечением корня четвертой степени). Очаги сумм осадков, существенно превосходящих 1 мм, при этом преобразовании сильно сглаживаются в сторону их



уменьшения. В то же время области очень слабых осадков (около 0,1 мм) сглаживаются в обратном направлении, т. е. приближаются по величине к 1. Тем самым поле осадков в целом выравнивается и пространственные корреляционные связи для него возрастают.

Аналогичные высокие значения пространственных корреляций найдены в работе [1], где эффект сглаживания достигался большим временным усреднением сумм осадков (за месяц).

Это обстоятельство является благоприятным для параметризации поля осадков Западной Грузии в схемах объективного краткосрочного прогноза осадков. Расчет собственных чисел (см. таблицу) для ночи (величины для дня сходны с приведенными) и векторов показал, что во всех случаях максимальное собственное число примерно в 10 раз превосходит по величине следующее за ним собственное число, так что вклад в суммарную изменчивость поля осадков и ночью, и днем первого собственного вектора достигает примерно 80%. Все остальные собственные числа отличаются друг от друга гораздо меньше, значит, вклады соответствующих им собственных векторов в общую изменчивость поля осадков сравнимы между собой.

Собственные числа ковариационных матриц изменчивости осадков (положительных величин корня четвертой степени из полусуточной суммы осадков) за ночь по 3 выборкам

Выборки	Номера собственных чисел											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Первая	10,26	0,88	0,62	0,26	0,22	0,15	0,12	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
Вторая	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	9,42	1,14	0,44	0,30	0,21	0,17	0,12	0,11	0,09	0,08	0,07	0,07
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02
Третья	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	10,82	0,94	0,41	0,24	0,23	0,16	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02

Как уже упоминалось, все элементы пространственных ковариационных матриц оказались положительными. Как известно [2], в этих условиях первый собственный вектор должен иметь все компоненты одного знака. При расчете они действительно оказались все положительными. Можно интерпретировать этот вектор так, что для рассматриваемой территории в целом осадки или возрастают, или всюду одновременно убывают по сравнению со своими средними значениями. При этом возрастание или соответственно убывние осадков особо велико там, где в среднем осадки более значительны и более изменчивы, т. е. в первую очередь в районе г. Батуми.

Последующие векторы, рассчитанные по каждой из 3 выборок, как и первые, сходны между собой, что указывает на однородность процессов, приводящих зимой к выпадению осадков в Западной Гру-



зии в течение всех суток. Второй вектор по территории меняет знак. На севере рассматриваемой территории он положителен, на юге отрицателен. Таким образом, второй вектор описывает зональные различия в выпадении осадков на рассматриваемой территории. Третий вектор характеризует различия в выпадении осадков на западе и востоке территории. Последующие векторы характеризуют более мелкомасштабные особенности поля осадков.

Как уже отмечалось, второе и третье собственные числа по величине гораздо меньше первого и не намного больше последующих собственных чисел. Значит, вклады их в общую изменчивость поля осадков не очень велики. С другой стороны, изменение этих векторов от выборки к выборке заметно больше таких изменений для первого собственного вектора, что свидетельствует об их меньшей устойчивости во времени. Как следует из работы [3], это обстоятельство действительно должно иметь место, поскольку второе, третье и последующие собственные числа близки по величине. В то же время факт значительного превосходства по величине первого собственного числа, согласно [3], служит гарантией надежности расчета первого собственного вектора. Отсюда можно сделать вывод, что в схемах объективного краткосрочного прогноза погоды для параметризации поля осадков в Западной Грузии следует использовать только первый собственный вектор ковариационной матрицы поля осадков.

Грузинское республиканское управление  
по гидрометеорологии и  
контролю природной среды

(Поступило 4.2.1982)

გამოცემა

#### ბ. ბერალძე

დასავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე წლის ცივ პერიოდში ნალექების ნახევარდღეობრივი ჯამის სტატისტიკური სტრუქტურისა და პარამეტრიზაციის საკითხები

#### რეზიუმე

განხილულია დასავლეთ საქართველოს ზამთრის პერიოდში ნახევარდღეობრივი ჯამური ნალექების სტატისტიკური მახასიათებლის (კოვიარიაციული მატრიცების, მათი საკუთარი რიცხვებისა და ვექტორების) გამოთვლების შედეგები.

GEOPHYSICS

N. I. BERADZE

PROBLEMS OF STATISTICAL STRUCTURE AND PARAMETRIZATION OF SEMIDIURNAL SUMS OF PRECIPITATION OVER THE TERRITORY OF WESTERN GEORGIA DURING THE COLD PERIOD OF THE YEAR

#### Summary

The results of statistical estimation (matrices of covariation, their eigenvalues and vectors) of semidiurnal sums of precipitation during the cold period of the year are presented.

#### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Ж. Д. Алибегова, Э. Ш. Элизбарашвили. Статистическая структура атмосферных осадков в горных районах. Л., 1980.
2. Д. М. Сонечкин. Метеорология и гидрология, № 3, 1971.
3. В. И. Перфилов. Труды Гидрометцентра СССР, вып. 210, 1978.



Т. И. ТОРОШЕЛИДЗЕ

### О ВАРИАЦИЯХ АТОМАРНОГО КИСЛОРОДА В ОБЛАСТИ ТУРБОПАУЗЫ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ ЭМИССИИ 5577 Å НОЧНОГО НЕБА

(Представлено академиком Е. К. Харадзе 17.3.1983)

Данные о концентрациях атомарного кислорода в области 80—120 км и его вариаций во времени представляют большой интерес из-за связи с люминесценцией и химией атмосферы. Однако существующие экспериментальные методы определения вертикального профиля атомарного кислорода, связанные с запусками ракет, носят эпизодический характер и не дают сведений о возможных вариациях в пространстве и во времени.

В последние годы стали развиваться более простые наземные методы определения [O] по измерениям интенсивности эмиссии ночного неба [1—3], в которых вертикальное распределение концентраций атомарного кислорода на высотах турбопаузы аппроксимируется профилем Чепмена:

$$[O]_h = [O]_{\max} \exp 1/2 \left[ 1 - \frac{h-h_{\max}}{SH} - \exp \frac{-(h-h_{\max})}{SH} \right], \quad (1)$$

где  $h_{\max}$  — высота максимума концентрации [O]<sub>max</sub>; S — фактор перемешивания атмосферных составляющих (S=0,5 при полном перемешивании и S=0,86 при полном диффузионном разделении); H — высота однородной атмосферы.

В настоящей работе приводятся данные определения одного из основных параметров формулы (1) — высоты максимума слоя [O] по наблюдениям вариаций интенсивностей эмиссии 5577 Å одновременно из двух пунктов. Согласно работе [4],

$$h_{\max} = L \operatorname{ctg} \varphi \left( \frac{\Delta t_{1,2}}{\Delta t_0} \right), \quad (2)$$

где L — расстояние между пунктами наблюдений; φ — угол наблюдений;  $\frac{\Delta t_{1,2}}{\Delta t_0}$  — отношение интервалов времени между общими харак-

теристиками вариаций свечения в пересекающихся направлениях и между пунктами наблюдений. Наблюдения велись в Абастумани и Душети, расстояние между которыми 155 км. Фотометр в Абастумани был направлен на север, и эмиссия регистрировалась через каждые 7—8 мин [5]. Наблюдения в Душети велись с помощью четырехазимутального фотометра [6] в направлении на северо-восток, северо-запад, юго-запад и юго-восток под углом 45° с частотой отсчетов в каждом из направлений через 2 мин. Оптические оси фотометров в Абастумани и в Душети (направления на северо-запад и северо-восток) находились примерно в одной плоскости, и отбирались возмущения, нормаль фронта которых была близка к этой плоскости. Данные наблюдений для четырех ночей зимнего периода 1980—1981 гг. приведены на рис. 1, где по осям абсцисс отложено местное время, а по осям ординат — интенсивность эмиссии 5577 Å в релях.

Общие для Абастумани и Душети характерные вариации свечения отмечены вертикальными стрелками и соединены пунктирами. Определенные по формуле (2) значения высоты максимума слоя [O] с точ-



ностью  $\pm 2\%$  приведены в таблице. Высота максимума варьирует в пределах 88–102 км при средней высоте слоя около 96 км, что хорошо согласуется с результатами ракетных измерений [1–3].

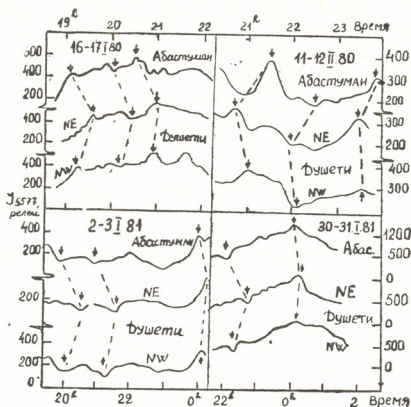


Рис. 1

От высоты максимума слоя можно перейти к построению вертикального распределения атомарного кислорода. Согласно [3], связь между  $h_{\max}$  и SH, основанная на эмпирических измерениях с ракет, имеет зависимость, представленную на рис. 2. Принимая наивероятнейшее значение для  $S=0,67$  [1, 3], определяем шкалу высот H и, следовательно, значение температуры T, нанесенное на верхней шкале рис. 2. Все данные внесены в таблицу.

Соотношение, связывающее интегральную интенсивность эмиссии 5577 Å с концентрацией атомарного кислорода в максимуме  $[O]_{\max}$ , определяется следующим выражением [1]:

$$I_{\max} = \frac{0,216 K_g (SH) [O]_{\max}^3}{1 + 0,8q_{G,O} [O]_{\max} / A_g - q_{G,O_2} [O_2] / A_g}, \quad (3)$$

где  $K_g = 1,4 \times 10^{-30} \exp[-650/T] \text{ см}^6 \text{ моль}^{-2} \text{ с}^{-1}$  — коэффициент скорости трехкомпонентной реакции, образующей атомы кислорода в состоянии ( $^1S$ );  $q_{G,O} = 5 \times 10^{-11} \exp[-305/T] \text{ см}^3 \text{ моль}^{-1} \text{ с}^{-1}$  — коэффициент скорости дезактивации  $O(^1S)$  с  $O(^3P)$ ;  $q_{G,O_2} = 4 \times 10^{-12} \exp[-865/T] \text{ см}^3 \text{ моль}^{-1} \text{ с}^{-1}$  — коэффициент Эйнштейна для перехода  $O(^1S) \rightarrow O(^1D)$ . Значения  $O_2$  брались из модели Яккия-77. Кубическое уравнение (3) относительно  $[O]_{\max}$  решалось методом Кардано.

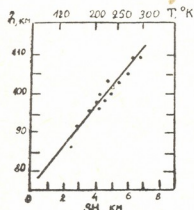


Рис. 2

Вычисленные значения  $[O]_{\max}$  приведены в таблице. Они оказались изменяющимися в пределах от  $1,34 \times 10^{11}$  до  $1,15 \times 10^{12}$  ат/см, что хорошо согласуется с ракетными измерениями [1–3].

Профили вертикального распределения  $[O]$  приведены на рис. 3. Как видно из рисунка, слои претерпевают заметные изменения в течение нескольких часов ночи. К полуночи, как правило, слой сужается и опускается, увеличивая концентрацию в максимуме.



Данные наблюдений одновременных вариаций эмиссии 5577 Å в Абастумани и Душети и измерений различных параметров атмосферы в области турбопаузы

Дата и время наблюдения	Интенсивность 5577 Å, релей	Высота макс. слоя, км	HS, км	H, км	T, °K	[O] <sub>max</sub> , п/см <sup>3</sup>	β	D, см <sup>2</sup> /с
16-17.I.80						× 10 <sup>11</sup>		× 10 <sup>8</sup>
19.20	350	102	5	7,5	242	2,6	0,25	1,85
20.30	500	93	3,4	5,1	164	4,0		
21.30	550	92	3,0	4,5	145	4,3		
11-12.II.80								
19.00	360	92	3,0	4,5	145	3,46		
21.30	370	95	3,6	5,4	174	3,0		
22.30	200	101	4,9	7,3	235	1,34		1,00
23.45	300	95	3,6	5,4	174	2,73	0,44	0,78
2-3.I.81								
20.00	120	100	4,7	7,0	225	1,21		
21.00	150	97,5	4,2	6,3	203	1,58		
00.15	400	93	3,4	5,1	164	3,6	1,26	0,34
30-31.I.81								
22.00	650	102,5	5,2	7,8	251	3,33		
00.15	1200	88	2,5	3,7	120	11,5	0,3	2,1

По величине вертикального сдвига и соответствующей вариации интенсивности эмиссии 5577 Å можно оценить величину коэффициента

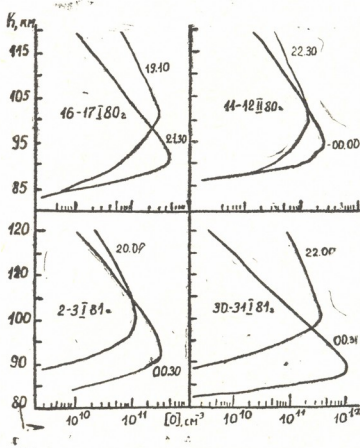


Рис. 3

β в выражении, полученном в работе [7], исходя из теории образования атомарного кислорода в переходной области:

$$I_{5577} = I_{0,5577} \exp \left( \frac{-\beta \Delta h}{H} \right), \quad (4)$$

где  $I_{0,5577}$  — начальная интенсивность эмиссии;  $\Delta h$  — величина вертикального сдвига слоя, км;  $H$  — высота однородной атмосферы. Величина коэффициента β по оценкам авторов [7] равнялась 2,14. Наши



საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

расчеты коэффициента  $\beta$  показывают (см. таблицу), что  $\beta$  не постоянен и ото дня ко дню меняется от 0,25 до 1,26, что, по-видимому, определяется взаимодействием нескольких процессов, в том числе турбулентной диффузией, вертикальной и горизонтальной скоростью перемещения [0]. В этой связи нами были оценены соответствующие коэффициенты турбулентной диффузии из выражения [8]

$$D_{\text{турб}} = (\Delta h)^2 / \Delta t, \quad (5)$$

где  $\Delta h$  — вертикальный сдвиг слоя;  $\Delta t$  — время этого сдвига. Значения  $D_{\text{турб}}$  приведены в последнем столбце таблицы. Как видно из данных, они оказались близкими к значениям коэффициентов молекулярной диффузии ( $\approx 10^8$  см<sup>2</sup>/с) [8]. Следует отметить наблюдающуюся обратную зависимость между определенными нами коэффициентами  $\beta$  и  $D_{\text{турб}}$ .

Академия наук Грузинской ССР  
Абастуманская астрофизическая  
обсерватория

(Поступило 17.3.1983)

გეოფიზიკა

თ. ტოროშელიძე

ატომური ჟანგბადის ვარიაციების შესახებ ტურბოპაუზის უბანში

5577 Å ემისიის დაკვირვებების საფუძველზე

რეზიუმე

აბასტუმანისა და დუშეთის სადგურებიდან ერთდროული დაკვირვებების საფუძველზე განსაზღვრულია 5577 Å ემისიის ფენის მაქსიმუმის სიმაღლე და მისი ვარიაციები ზამთრის ოთხი დამისათვის 1980—1981 წწ.

სიმაღლეებისათვის მიღებულ მნიშვნელობათაგან შეფასებულია ატომური ჟანგბადის მაქსიმალური კონცენტრაციები და მისი განაწილება 80—120 კმ სიმაღლეზე, ჩეპმენის ტიპის პროფილზე მიახლოებით.

GEOPHYSICS

T. I. TOROSHELIDZE

VARIATIONS OF THE ATOMIC OXYGEN IN THE TURBOPAUSE  
REGION ACCORDING TO OBSERVATIONS OF THE 5577 Å  
EMISSION IN NIGHTGLOW

Summary

On the basis of observations at two stations 115 km apart, the height on the maximum of the 5577 Å emission layer and its variations are determined for four winter nights of 1980-1981. From the height values obtained the maximum concentrations of atomic oxygen and its distribution at the altitude of 80-120 km are estimated through approximating a Chapman-type profile. The eddy diffusion and  $\beta$  coefficients are derived in the expression for a vertical shift of the layer.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. E. I. Reed, S. Chandra. J. Geophys. Res., 80, 1975, 3053.
2. М. В. Шагаев. Сб. «Полярные сияния и свечение ночного неба», № 29, 1981.
3. M. N. Rao, G. S. Murty. J. Atmos. Terr. Phys. Vol. 43, № 12, 1981, 1253.
4. Б. П. Потапов, Н. Н. Шефов. Авт. свид. № 773556. Бюлл. изобр., № 39, опубл. 23 октября 1980 г.
5. Л. М. Фишкова. Автореферат, докт. дисс. Тбилиси, 1974.
6. Р. И. Киладзе, Т. И. Торшелидзе, З. С. Шарадзе. Сообщения АН ГССР, 99, № 2, 1980.
7. T. Tomatsu, T. Nagata. Planet Space Sci., Vol. 10, 1963, 103.
8. S. Ismail, L. L. Gogger. Planet. Space Sci., Vol. 30, 1982, 112.

ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Р. Д. ГИГАУРИ, Е. С. ВАЧНАДЗЕ, Н. Г. НАТЕНАДЗЕ,  
М. Г. ТАЛАКВАДЗЕ

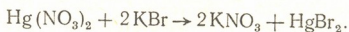
КОМПЛЕКСЫ БРОМИДА РТУТИ (II) С НЕКОТОРЫМИ  
ДИАРИЛАЛКИЛАРСИНАМИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. Г. Андроникашвили 12.2.1982)

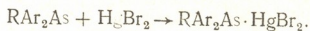
Начиная с 60-х гг. мышьяксодержащие органические соединения, подобно производным трехвалентного фосфора [1], широко применяются в качестве лигандов [2]. Хорошие комплексообразующие свойства проявляют не только третичные арсины [3], их галогенопроизводные [2], оксиды [4], сульфиды [5] и др., но и соли арсония [6]. Причем производные трехкоординированного мышьяка связь с комплексообразователем, как правило, осуществляют за счет неподделенной пары ( $4S_2$ ) электронов мышьяка [2], соли же арсония ведут себя подобно гелогенидам щелочных металлов. Такими широкими возможностями получения разнообразных комплексных соединений с мышьяксодержащими лигандами определяется бурное развитие химии комплексных соединений мышьяка [2—6].

Ранее [7] нами было показано, что взаимодействием третичных арсинов с хлоридом ртути (II) образуются продукты присоединения типа  $R_2RAs \cdot HgCl_2$ . Однако до настоящего времени в литературе очень мало сведений о комплексах бромида ртути (II) с несимметричными третичными арсинами [8], а с диарилалкиларсинами — вообще отсутствуют. Чтобы восполнить этот пробел и имея в своем распоряжении диарилалкиларсины, о синтезе и свойствах которых уже сообщалось [9—11], мы посвятили данную работу получению координационных соединений бромида ртути (II) с ди-*o*-толил-, ди-*n*-этилфенил- и ди-*a*-нафтилалкиларсинами, изучению их свойств и ИК-спектров поглощения.

Исходное вещество — бромид ртути (II) — было получено и очищено реакцией обмена по методике [12]:



Реакцию между комплексообразователем и вышеназванными мышьяксодержащими лигандами проводили в абсолютном спирте и дистиловом эфире. Оказалось, что из них более подходящим является эфир: при смешивании растворов реагирующих веществ через некоторое время образуются кристаллические вещества состава 1:1:



Исследование проводили при различных концентрациях и соотношениях исходных реагентов при нагревании или на холоду. Выяснилось, что изменение количественного соотношения между реагирующими веществами в довольно широких пределах (до 1:4 и наоборот), как правило, не влияет на состав целевых продуктов: во всех случаях образуется одно и то же по элементному составу вещество. Об идентичности образующихся продуктов можно судить и по тому, что смешение проб, полученных при различных количественных соотноше-





ниях, не изменяет температуру плавления. На ход реакции почти не влияет также повышение температуры раствора. Что же касается концентрации исходных веществ, то оказалось, что при применении разбавленных растворов реакция иногда протекает довольно медленно (20—60 дней). Поэтому в результате экспериментальных данных разработана следующая методика получения комплексных соединений: целевые продукты получают взаимодействием насыщенных растворов исходных веществ при комнатной температуре.

Комплексы бромида ртути (II) с диарилалкиларсинами  
 $RAr_2As \cdot HgBr_2$

№ п/п	R	Ar	Время реак- ции, сутки	Выход, %	Т. пл., °C	Найдено, %		Формула	Вычислено, %	
						Hg	Br		Hg	Br
1	CH <sub>3</sub> <sup>a</sup>	o-CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	13	94,6	190—191	31,28	25,05	C <sub>15</sub> H <sub>17</sub> AsBr <sub>2</sub> Hg	31,71	25,29
2	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	o-CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	20	92,4	188—189	30,46	24,30	C <sub>16</sub> H <sub>19</sub> AsBr <sub>2</sub> Hg	31,02	24,74
3	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	o-CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	20	95,8	189	30,26	24,22	C <sub>17</sub> H <sub>21</sub> AsBr <sub>2</sub> Hg	30,36	24,22
4	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	o-CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	20	92,5	192—193	29,39	22,83	C <sub>18</sub> H <sub>23</sub> AsBr <sub>2</sub> Hg	29,73	23,71
5	C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> <sup>б</sup>	o-CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	20	84,8	174—175	28,78	23,00	C <sub>19</sub> H <sub>25</sub> AsBr <sub>2</sub> Hg	29,13	23,23
6	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -CH <sub>2</sub>	o-CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	21	87,4	166	28,14	21,50	C <sub>21</sub> H <sub>21</sub> AsBr <sub>2</sub> Hg	28,31	22,57
7	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	p-C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	30	53,3	184—186	28,34	22,59	C <sub>19</sub> H <sub>25</sub> AsBr <sub>2</sub> Hg	29,13	23,23
8	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> <sup>в</sup>	p-C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	30	60,8	146—147	28,36	22,32	C <sub>20</sub> H <sub>27</sub> AsBr <sub>2</sub> Hg	28,55	22,77
9	изо-C <sub>5</sub> H <sub>11</sub>	p-C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	30	62,7	141—143	27,37	22,09	C <sub>21</sub> H <sub>29</sub> AsBr <sub>2</sub> Hg	27,99	22,32
10	изо-C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> <sup>г</sup>	α-C <sub>10</sub> H <sub>7</sub>	7	76,5	211—212	27,27	21,58	C <sub>23</sub> H <sub>21</sub> AsBr <sub>2</sub> Hg	27,38	21,83
11	изо-C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	α-C <sub>10</sub> H <sub>7</sub>	7	73,6	169—170	25,97	21,73	C <sub>24</sub> H <sub>23</sub> AsBr <sub>2</sub> Hg	26,86	21,43
12	C <sub>5</sub> H <sub>11</sub>	α-C <sub>10</sub> H <sub>7</sub>	14	80,5	210—211	26,19	21,11	C <sub>25</sub> H <sub>25</sub> AsBr <sub>2</sub> Hg	26,37	21,03
13	изо-C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> <sup>д</sup>	α-C <sub>10</sub> H <sub>7</sub>	14	84,6	219—221	26,21	20,82	C <sub>25</sub> H <sub>25</sub> AsBr <sub>2</sub> Hg	26,37	21,03
14	C <sub>7</sub> H <sub>15</sub>	α-C <sub>10</sub> H <sub>7</sub>	14	85,4	197—198	25,33	20,08	C <sub>27</sub> H <sub>29</sub> AsBr <sub>2</sub> Hg	25,43	20,28

Все синтезированные соединения, некоторые физико-химические константы которых приведены в таблице, представляют собой кристаллические вещества белого цвета, устойчивые на воздухе и при хранении. Как видно из данных таблицы, выходы комплексов бромида ртути (II) с ди-*o*-толил- и ди-*α*-нафтилалкиларсинами почти количественные и превышают выходы комплексов с ди-*п*-этилфенилалкиларсинами. Сравнительно малый выход последних, по-видимому, объясняется стерическим фактором и электроотрицательностью заместителя (этилового радикала) в *п*-положении у бензольного кольца. Следует отметить, что при этом полученные комплексы являются более крупнокристаллическими, чем все остальные (влияние скорости реакции).

а) Найдено, %: C 28,01; 28,23; H 2,50; 2,28. Вычислено, %: C 28,45; H 2,69.

б) Найдено, %: C 32,87; 33,02; H 3,45; 3,17; Вычислено, %: C 33,11; H 3,63.

в) Найдено, %: C 33,90; 33,45; H 3,90; 3,67. Вычислено, %: C 34,16; H 3,84.

г) Найдено, %: C 38,24; 37,89; H 2,77; 3,04. Вычислено, %: C 37,67; H 2,87.

д) Найдено, %: C 39,68; 39,81; H 3,64; 3,41. Вычислено, % C 39,44; H 3,29.

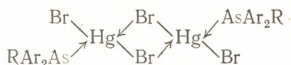


Исследуемые вещества хорошо растворяются в диметилформамиде и диметилсульфоксиде, сравнительно хуже — в ацетоне и нитрометане, практически не растворяются в воде, спирте, эфире, бензоле и других неполярных растворителях. С целью установления строения синтезированных соединений были сняты их ИК-спектры поглощения между пластинками из KBr. Спектры записывались на спектрофотометре UR-20 в области 400—3600 см<sup>-1</sup> с использованием обычной методики растирания образцов в вазелиновом масле. Волновые числа максимумов полос поглощения некоторых комплексов в качестве примеров даются ниже (см<sup>-1</sup>; п-перегиб; наиболее интенсивные полосы подчеркнуты):

( <i>o</i> -C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> As·HgBr <sub>2</sub> :	420, <b>445</b> , 512, 548, 660, 710, 730, 758, 805, 835, 875, 888, 995 (п), 1035, 1090, 1135, 1170, 1210, 1290, 1390, <b>1472</b> .
 C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	
( <i>n</i> -C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> As·HgBr <sub>2</sub> :	530, 605, 660, 718, 830 (п), 840, 877, 990, 1022, 1092, 1130, 1207, 1295 (п), 1390, 1414, 1475, 1605.
 C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	
( <i>α</i> -C <sub>10</sub> H <sub>7</sub> ) <sub>2</sub> As·HgBr <sub>2</sub> :	420, 468, 520, 540, 568, 623, 658, 730, <b>770</b> , <b>795</b> , 860, 885, 893, 960, 1035 (п), 1150, 1170, 1210, 1240, 1265, 1338, 1370 (п), 1385, <b>1475</b> , 1510, 1600.
 изо-C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	

Анализ ИК-спектров синтезированных соединений показал, что в них исчезают полосы поглощения в области 560—580 см<sup>-1</sup> (кроме изо-производных ди-*α*-нафтиларсина?!), что соответствуют связям As—C<sub>алиф</sub> в исходных арсинах. Этот факт указывает на то, что при образовании исследуемых комплексов протекает кватернизация мышьяка (Sp<sup>3</sup>-гибридизация), как это происходит в солях арсония [6].

Исходя из этого можно полагать, что, подобно комплексам хлорида ртути (II) с дифениларсином [13], исследуемые вещества являются димерными мостиковыми комплексами типа



Следует добавить, что предложенной структуре не противоречат и данные работы [14]. Исследование в этом направлении продолжается.

Взаимодействие бромиды ртути (II) с этилди-*o*-толилалкиларсином. К эфирному раствору 3,85 г бромиды ртути (II) добавляли эфирный раствор 3,05 г этилди-*o*-толилалкиларсина и оставляли при комнатной температуре в течение 20 дней. Выделяющееся белое кристаллическое вещество отфильтровывали, несколько раз промывали на фильтре сухим эфиром и сушили до постоянного веса в вакуум-эксикаторе над пятиокисью фосфора и парафином. Получили 6,37 г (92,4%) продукта присоединения с т. пл. 188—189°C (таблица, соединение 2).

Таким же путем были синтезированы и другие комплексы бромиды ртути (II) с диарилалкиларсинами (см. таблицу).



რ. ზიზაური, ე. ვაჩნაძე, ნ. ნათენაძე, მ. თალაკვაძე

## ვერცხლისწყლის (II) ბრომიდის კომპლექსები ზოგიერთ დიარილალკილარსინთან

რეზიუმე

შესწავლილია დი-ო-ტოლილ-, დი-პ-ეთილფენილ- და დი-α-ნაფთილალკილარსინების მოქმედება ვერცხლისწყლის (II) ბრომიდთან დიეთილის ეთერის არეში. ნაჩვენებია, რომ ამ დროს კარგი გამოსავლიანობით მიიღებიან შესაბამისი კომპლექსები შედგენილობით  $RAr_2As \cdot HgBr_2$ , რომელთა ანაგობა დადგენილია იწ-სპექტრების მეშვეობით. მოწოდებულია სინთეზობულ ნაერთთა სააღბათო სტრუქტურა.

## GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

R. D. GIGAURI, E. S. VACHNADZE, N. G. NATENADZE, M. G. TALAKVADZE,

## COMPLEXES OF MERCURIC BROMIDE (II) WITH SOME DIARYLALKYLARSINES

## Summary

The interaction of di-o-tolyl-, di-p-ethylphenyl- and di-α-naphthylalkylarylsines with mercuric bromide (II) in the ether medium has been studied. Corresponding complexes in the ratio 1:1 were obtained. The structure of the complexes obtained was established by IR spectroscopy.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. К. И. Туртэ, В. Н. Зубарев, В. Н. Шафнанский, Р. А. Стукан, Г. А. Попович. Коорд. химия, 6, 1980, 1217.
2. М. А. Инджия. Автореферат канд дисс. Тбилиси, 1978, 32.
3. А. П. Курбакова, Л. А. Лейтес, Е. Н. Зорина. Коорд. химия, 6, 1980, 1017.
4. D. M. L. Goodgame, M. Goodgame, F. A. Cotton. Inorg Chem., 1, 1962, 239, C. A. 57, 4302.
5. Б. Е. Абалонин, Ю. Ф. Гатилов, Г. И. Василенко. ЖОХ, 46, 1976, 813.
6. Р. Д. Гигаური, З. Л. Тигишвили, М. А. Инджия, Н. И. Гургენიძე, Б. Д. Чернокальский. ЖОХ, 50, 1980, 2514.
7. Р. Д. Гигаური, Б. Д. Чернокальский, Е. С. Вачнадзе, Л. И. Годердзишвили, Н. Г. Натенаძე. Сообщения АН ГССР, 95, № 2, 1979, 329.
8. R. S. Cass, G. E. Coates, R. G. Hayter. J. Chem. Soc., 1955, 4007, C. A. 50, 8498.
9. Р. Д. Гигаური, Л. И. Годердзишвили, Б. Д. Чернокальский, Т. Н. Шатакишвили. Сообщения АН ГССР, 96, № 3, 1979, 589.
10. Р. Д. Гигаური, М. А. Инджия, Б. Д. Чернокальский, М. М. Угулава. ЖОХ, 45, 1975, 2179.
11. Р. Д. Гигаური, М. А. Инджия, Б. Д. Чернокальский, М. М. Угулава, Ц. А. Сидамашвили. ЖОХ, 44, 1974, 1542.
12. Ю. В. Карякин, И. И. Ангелов. Чистые химические реактивы. М., 1955, 457.
13. D. S. Olson, J. Vjergum. Acta Chem. Scand., 20, 1966, 143, C. A. 64, 16712.
14. Л. М. Школьников, М. А. Порай-Кошиц, Н. М. Дятлова, В. Е. Заводник, В. К. Бельский, Я. Подлога. Коорд. химия, 6, 1980, 1281.



ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Х. И. АРЕШИДЗЕ (академик АН ГССР), Г. О. ЧИВАДЗЕ,  
 Л. И. БАЛАХИШВИЛИ, Л. З. ЧХЕИДЗЕ

АЛКИЛИРОВАНИЕ БЕНЗОЛА C<sub>2</sub>—C<sub>3</sub> СПИРТАМИ И  
 ОЛЕФИНАМИ В ПРИСУТСТВИИ МОДИФИЦИРОВАННОГО  
 ГУМБРИНА

В последние годы все большее применение в реакции алкилирования находят гетерогенные катализаторы, так как применение последних упрощает технологическую схему процесса, они легко отделяются от продуктов реакции и регенерируются.

Реакция алкилирования занимает видное место в нефтехимическом синтезе. Поэтому разработка и подбор нового катализатора с низкой себестоимостью, не вызывающего загрязнения окружающей среды в процессе приготовления и работы, не корродирующего аппаратуру и коммуникации, представляют особый интерес.

В данной работе представлены результаты исследования реакции алкилирования бензола хроматографической чистоты этанолом, изопропанолом, этиленом и пропиленом в присутствии модифицированного гумбрина. Модифицирование производили методом ионного обмена путем четырехкратной обработки гумбрина 0,15 н. раствором треххлористого алюминия [1].

Алкилирование бензола проводили в качающемся автоклаве с емкостью реактора 50 мл, при этом количество катализатора составляло 10% от веса превращаемого сырья, в проточной системе количество катализатора равнялось 50 мл.

Таблица 1

Условия и результаты алкилирования бензола этанолом в проточной системе (мольное отношение бензол:этанол=2:1)

Температура опыта, °С	Объемная скорость подачи смеси, час <sup>-1</sup>	Выход этилбензола от теории, % на этанол	Состав катализата, масс. %					
			Бензол	Этанол	Этилбензол	m-Дизтил-бензол	p-Дизтил-бензол	Триэтил-бензол
250	0,2	9,9	43	48	7	1	1	—
300	"	16,8	41	45	12	1	1	—
350	"	15,8	38	43	15	2	2	—
400	"	15,3	38	40	17	2	2	1
350	0,3	18,82	40	42	15	2	1	—

С целью нахождения оптимальных параметров процесса было исследовано влияние температуры реакции, давления, соотношения реагирующих компонентов, продолжительности опыта и объемной скорости подачи превращаемых веществ на выход целевых продуктов.

Состав полученных продуктов был идентифицирован методом ГЖХ [1].



Результаты исследования приведены в табл. 1—5. Как видно из табличных данных (табл. 1, 2), при алкилировании бензола этанолом и изопропанолом повышение температуры реакции до определенного предела оказывает благоприятное влияние на выход этил- и изопропилбензолов.

Таблица 2

Условия и результаты алкилирования бензола изопропанолом в проточной системе

Температура опыта, °С	Объемная скорость подачи смеси, час <sup>-1</sup>	Мольное отношение бензол: изопропанол	Выход изопропилбензола от теор., %	Состав алкилата масс. %						
				Бензол	Изопропанол	Изопропилбензол	m-o-Дипропилбензол	p-Дипропилбензол	Пропилбензол	Трипропилбензол
250	0,2	1:1	7,3	56	35	7	1	—	1	—
300	"	"	9,4	55	28	10	3	1	2	—
350	"	"	12,7	48	23	15	6	3	4	1
400	"	"	11,1	48	15	15	8	5	6	3
350	0,4	"	11,9	55	26	13	3	1	2	—
350	0,2	1:2	19,8	21	43	17	9	5	3	2

При алкилировании бензола с переходом от этанола к этилену увеличивается выход этилбензола в проточной системе (табл. 3), а также имеет место повышение количества диалкилбензолов.

Таблица 3

Условия и результаты алкилирования бензола этиленом в проточной системе (мольное отношение бензол:этилен=2:1)

Температура опыта, °С	Объемная скорость подачи смеси, час <sup>-1</sup>	Выход этилбензола от теор., % на этилен	Состав катализата, масс. %					
			Бензол	Этилбензол	m-o-Диэтилбензол	p-Диэтилбензол	Неидентифицированные	Триэтилбензол
200	0,2	10,6	81	14	2	2	1	—
250	"	24,3	77	16	3	2	2	—
300	"	25,1	74	17	3	4	1	—
350	"	21,6	77	15	3	3	2	—
400	"	18,7	74	15	4	4	2	1
300	0,3	27,1	77	18	2	2	1	—
300	0,4	23,8	81	15	1	2	1	—
300	0,5	19,8	85	12	1	1	1	—

Увеличение объемной скорости подачи смеси от 0,2 до 0,3 час<sup>-1</sup> вызывает повышение выхода этилбензола, а дальнейшее увеличение объемной скорости отрицательно сказывается на процессе алкилирования.

Нами было проведено сравнительное исследование алкилирования бензола этиленом в автоклаве.

При введении этилена начальное давление в системе поднимается до 6 атм, а при температуре 200° в течение 1,5 часов достигает максимума — 30 атм. После 2 часов давление постепенно начинает падать. Это говорит о том, что реакция интенсивнее протекает в течение первых 2 часов. Увеличение продолжительности опыта до 3—4 часов приводит к незначительному уменьшению количества этилбензола и повышению количества ди- и триалкилбензолов (табл. 4). С увеличе-



нием температуры реакции алкилирования бензола этиленом от 100 до 200° при прочих равных условиях опыта выход этилбензола повышается с 19,9 до 32,2 масс. % (табл. 4).

Таблица 4

Условия и результаты алкилирования бензола этиленом в автоклаве

Температура опыта, °С	Продолжительность опыта час.	Мольное отношение бензол: этилен	Выход этилбензола от теории, %	Состав катализата масс. %					
				Бензол	Этилбензол	<i>m-o</i> -Диэтилбензол	<i>n</i> -Диэтилбензол	Неидентифицированные	Триэтилбензолы
100	2	2:1	19,9	80	12	5	2	1	—
150	2	"	19,0	72	18	6	3	1	—
200	2	"	32,2	65	22	6	4	2	1
200	3	"	28,2	62	20	8	6	2	2
200	4	"	24,1	61	18	9	7	2	3
200	3	3:1	37,5	68	21	5	3	2	1

В начале опыта давление в системе было равно 6 атм, а в процессе реакции достигало 30 атм.

В оптимальных условиях опыта изменение отношения бензол: этилен от 2:1 до 3:1 благоприятно влияет на выход этилбензола.

При алкилировании бензола с переходом от этилена к пропилену улучшается процесс алкилирования, возрастает выход моноалкилпродукта от 32,2 до 37,5 масс. % (табл. 4 и 5), но селективность реакции уменьшается вследствие увеличения содержания диизопрпилбензолов. В продуктах реакции также обнаружен *n*-пропилбензол.

Таблица 5

Условия и результаты алкилирования бензола пропиленом в автоклаве (мольное отношение бензол:пропилен = 2:1)

Температура опыта, °С	Время опыта, час-1	Выход изопрпилбензола от теории, % на пропилен	Состав катализата, масс. %					
			Бензол	Изопрпилбензол	<i>m-o</i> -Диизопрпилбензол	<i>n</i> -Диизопрпилбензол	<i>n</i> -Пропилбензол	Триизопрпилбензол
100	1	15,0	87	10	3	—	—	—
150	"	17,2	84	12	4	—	—	—
200	"	21,5	64	16	12	2	3	3
250	"	20,7	56	18	16	2	4	4
200	2	37,5	42	26	16	5	3	4
250	"	23,8	47	23	18	6	5	6
*200	"	38,8	60	19	13	2	3	3

\* Мольное отношение бензол:пропилен=3:1.

Таким образом, проведенные исследования позволили разработать катализатор для алкилирования бензола спиртами и олефинами на основе гумбина модифицированием последнего, не вызывающий образования смолистых веществ.

Академия наук Грузинской ССР

Институт физической и

органической химии

им. П. Г. Меликишвили

(Поступило 4.2.1982)

ძრ. არეშიძე (საქ. სსრ. მეცნ. აკად. აკადემიკოსი), ბ. ჩივადზე, ლ. ბალახიშვილი,  
 ლ. ჩხეიძე

ბენზოლის ალკილირება  $C_2$ — $C_3$  სპირტებით და ოლეფინებით  
 მოდიფიცირებული გუმბრინის მონაწილეობით

რ ე ზ ი ე მ ე

შესწავლილია ბენზოლის ალკილირება ეთილენით, იზოპროპანოლით, ეთილენით და პროპილენით სამქლორიანი ალუმინით მოდიფიცირებულ გუმბრინის მონაწილეობით, თხევად და აირად ფაზაში.

მიღებული პროდუქტები შეიცავენ ძირითადად მონოხანაცვლებულ ალკილბენზოლებს. უმნიშვნელო რაოდენობით წარმოიქმნება დი- და ტრი-ალკილბენზოლები.

შერჩეულია ოპტიმალური პირობები მონოხანაცვლებული ალკილბენზოლების მისაღებად, რომელთა რაოდენობა იცვლება 10-დან 39%-მდე თეორიულის მიმართ.

ORGANIC CHEMISTRY

Kh. I. ARESHIDZE, G. O. CHIVADZE, L. I. BALAKHISHVILI, L. Z. CHKHEIDZE

BENZENE ALKYLATION BY  $C_2$ — $C_3$  ALCOHOLS AND OLEFINS  
 IN THE PRESENCE OF MODIFIED GUMBRINE

Summary

Benzene alkylation by ethanol, isopropanol, ethylene and propylene with aluminium trichloride in the presence of gumbrine in liquid and gas phase has been studied. The resulting products contain mainly monosubstituted alkyl-benzenes. Di- and tri-alkylbenzene formation in an insignificant amount also takes place. Optimal conditions are selected for the production of mono substituted alkylbenzenes. The number of these conditions ranges from 10 to 39% in relation to theory.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. О. Чивадзе, X. И. Арешидзе, Л. И. Балахишвили. Сообщения АН СССР, 95, № 2, 1979.

В. В. КОРШАК (академик АН СССР), Г. Л. БЕРЕСТНЕВА,  
Д. В. БИБИЛЕИШВИЛИ, П. Н. ГРИБКОВА, В. А. ЛОПЫРЕВ,  
Л. И. ВОЛКОВА

## О ПРЕВРАЩЕНИИ ПОЛИ-N-МЕТИЛГИДРАЗИДОВ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Ранее нами было обнаружено, что N-метил-N,N'-дibenзоилгидразин (NMG) — низкомолекулярный аналог поли-N-метилгидразида (ПНMG) — при термических воздействиях претерпевает не внутримолекулярную циклизацию, как предполагалось в [1], а межмолекулярную дегидратацию [2]. В связи с этим был изучен характер превращений, происходящих в N-метилгидразидных фрагментах макромолекул под влиянием термических воздействий. ПНMG был получен низкотемпературной поликонденсацией N,N-диметилгидразида терефталевой кислоты и дихлорангидрида терефталевой кислоты в среде N-метил-2-пирролидона, по общей методике синтеза полигидразидов [3].  $\eta_{\text{прив}}$  в диметилсульфоксиде (ДМСО) составляла 0,89 дл/г; элементный состав: вычислено, %: С 61,36; Н 4,55; N 15,9; найдено, %: С 61,30; Н 4,53; N 16,1. NMG был синтезирован по известной методике [4]. Изучение химических превращений, происходящих в диапазоне температур 150—350°C, проводили с помощью методической разработки, основанной на приемах реакционной газовой хроматографии [2] и ИК-спектроскопии. Термодеструкцию изучали в изотермических условиях в диапазоне температур 250—500°C, процесс проводили в вакууме  $10^{-3}$  тор, в запаянных ампулах; термоокислительную и термогидролитическую деструкцию — в том же температурном интервале в запаянных ампулах; количество воды и кислорода в условиях термогидролитической и термоокислительной деструкции составляло 2,5 моля на элементарное звено полимера. Время выдержки при каждой температуре во всех случаях составляло 30 мин; образующиеся при термодеструкции летучие продукты анализировал на хроматографе «Цвет-4» [5]. Изучение термического поведения ПНMG, свободного от сорбционной влаги, проведенное с помощью реакционной газовой хроматографии показало что при  $T=250^\circ\text{C}$  полимер претерпевает дегидратацию (рис. 1).

Величина степени дегидратации, оцениваемая отношением числа молей воды, выделившейся в данный момент, к общему количеству осново-молей терефталоил-N-метилгидразидных фрагментов, не превышала  $\sim 0,42$ . Образующийся в результате термической дегидратации полимер (ПНMG-T) был нерастворим в амидных растворителях, а при растворении в серной кислоте претерпевал, так же как и исходный ПНMG, глубокую деструкцию ( $\eta_{\text{прив}}$  0,5%-ного раствора при 25°C для ПНMG составляла 0,065 дл/г, а для ПНMG-T — 0,070 дл/г). Для анализа характера превращений, протекающих в реакционноспособных фрагментах макромолекул ПНMG, было проведено сравнительное изучение ИК-спектров полимеров, образующихся на разных этапах превращения. Анализ ИК-спектров показал, что процесс термической дегидратации ПНMG сопровождался практически полным исчезнове-



нием полос поглощения в области  $3200\text{--}3300\text{ см}^{-1}$  (валентные колебания NH-группы); в спектре образующегося вещества сохранялись полосы поглощения валентных колебаний  $\text{CH}_3$  группы  $2900\text{--}3000\text{ см}^{-1}$  и валентных колебаний карбонильной группы при  $1660\text{ см}^{-1}$  (интенсивность убывала незначительно) а в области валентных колебаний связи  $>\text{C}=\text{N}-$  появлялась полоса  $1565\text{ см}^{-1}$ , наблюдаемая также в

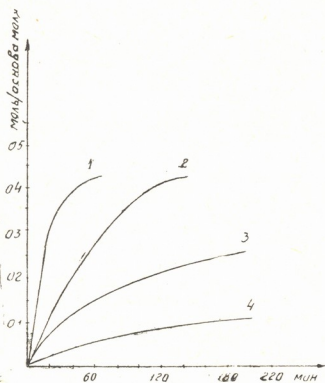
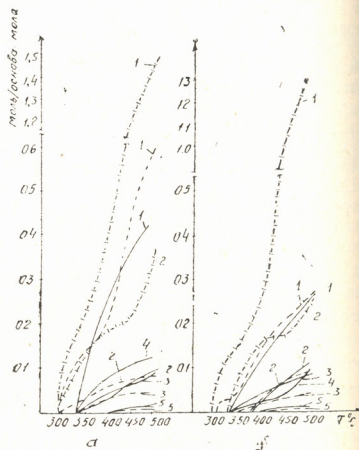


Рис. 1. Кинетические кривые термической дегидратации ПНМГ 1 —  $325^\circ\text{C}$ , 2 —  $300^\circ\text{C}$ , 3 —  $275^\circ\text{C}$ , 4 —  $250^\circ\text{C}$ .

случае межмолекулярной дегидратации НМГ [2], а в спектральной области  $700\text{--}1500\text{ см}^{-1}$  особых изменений не отмечалось. Согласно изложенным результатам, термическая дегидратация ПНМГ не

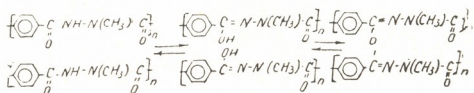
Рис. 2. Состав газообразных продуктов, образующихся при термической деструкции ПНМГ (а) и ПНМГ-Г (б) в течение 30 минутного прогрева при каждой температуре: (—) вакуум, (-:-:-:-) в среде  $\text{O}_2$ , (---) в атмосфере насыщенной парами воды. 1 —  $\text{CO}_2$ , 2 —  $\text{CO}$ , 3 —  $\text{CH}_4$ , 4 —  $\text{N}_2$ , 5 —  $\text{H}_2$



приводила к глубоким изменениям в структуре звена полимера. ИК-спектр полученного полимера отличался от ИК-спектра ПОД (наличие интенсивного поглощения в области  $1660\text{ см}^{-1}$ ), который образо



вался бы в случае внутримолекулярной циклизации в соответствии с [1]. Полученные результаты позволили считать, что термическая дегидратация ПНМГ, также как и в случае НМГ [2], связана с реализацией межмолекулярных взаимодействий, приводящих к образованию шитых структур согласно схеме:



Можно полагать, что такой характер взаимодействий обусловлен наличием в N-метилгидразидном фрагменте лишь одной группировки —NHCO— с подвижным атомом водорода. Для подтверждения этих представлений было проведено сравнительное изучение процесса термодеструкции в вакууме, атмосфере, насыщенной парами воды, и в среде кислорода ПНМГ, ПНМГ-Т, а также низкомолекулярных аналогов НМГ и НМГ-Т. Анализ полученных результатов указывает на идентичность развития процесса деструкции в этих соединениях (рис. 2, а, б). Начало разложения ПНМГ и ПНМГ-Т, также как в случае модельных соединений НМГ и НМГ-Т [2], наблюдалось в одной и той же области 325—350°C; при этом состав газообразных продуктов деструкции во всем диапазоне температур был идентичным — CO<sub>2</sub>, CO, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>. Из сопоставления количеств газообразных продуктов, образующихся в одинаковых условиях деструкции, следует, что реализация процесса межмолекулярной дегидратации в полимере и его низкомолекулярном аналоге не оказывала существенного влияния на характер разложения во всем исследованном интервале температур. Некоторые различия имели место лишь на начальных стадиях разложения: в случае ПНМГ и НМГ наблюдалось более интенсивное образование CO<sub>2</sub>. Изучение состава газообразных продуктов деструкции ПНМГ и ПНМГ-Т в атмосфере, насыщенной парами воды, показало, что начало разложения обоих полимеров несколько смещалось в область более низких температур и возрастала скорость деструкции. Так, если измеряемые количества CO<sub>2</sub> при нагревании ПНМГ и ПНМГ-Т в вакууме регистрировались при 350°C (0,005 и 0,030 моля/осново/моль соответственно), то в присутствие паров воды они регистрировались уже при 300°C до 0,07 моля/осново моль (ПНМГ) и 0,020 моля/осново моль (ПНМГ-Т), при этом скорость образования CO<sub>2</sub> возрастала в 1,5–2 раза. Это свидетельствует о легкости реализации гидролиза в N-метилгидразидных фрагментах полимера. Аналогичная картина отмечалась при деструкции полимеров в условиях окислительной деструкции. Состав продуктов термоокислительной деструкции ПНМГ и ПНМГ-Т качественно не отличался от состава продуктов, образующихся при разложении в вакууме, однако образование их наблюдалось также при 300°C (рис. 2, а, б). При этом заметно менялось их количественное соотношение. Так, при 400°C количества CO<sub>2</sub> и CO в условиях термоокислительной деструкции увеличивались в 4–5 раз. Полученные результаты, свидетельствующие об отсутствии заметных различий в термических свойствах ПНМГ и ПНМГ-Т, подтверждают, представление о том, что эти полимеры были построены из однотипных фрагментов.

Таким образом, из вышеизложенного следует, что при термических воздействиях ПНМГ, так же, как и его низкомолекулярный аналог, претерпевает в температурном интервале 250–330°C межмолекулярную дегидратацию, приводящую к образованию шивков между



макромолекулами, а при температурах, превышающих 330°C, наблюдается интенсификация деструкционных процессов, сопровождаемых разрывом основной полимерной цепи.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт элементоорганических соединений  
им. А. Н. Несмеянова

(Поступило 5.11.1982)

ორბანული ძიება

მ. კორშაკი (სსრკ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), ბ. ბიბილენშვილი,  
დ. ბიბილენშვილი, პ. ბიბილენშვილი, ვ. ლოპინიანი, ლ. ვოლკოვა

პოლი-N-მეთილჰიდრაზიდის გარდაქმნის შესახებ მაღალ  
ტემპერატურებზე

რეზიუმე

კვლევის თანამედროვე ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდების საშუალებით შესწავლილია პროცესები, რომლებიც მიმდინარეობენ პოლი-N-მეთილჰიდრაზიდზე (პნმჰ) თერმული ზემოქმედების დროს ტემპერატურულ ინტერვალში 150—500°C.

დადგენილია, რომ 250—330°C ტემპერატურულ ინტერვალში პნმჰ განიცდის მოლეკულათა შორის დეჰიდრატაციას, ხოლო როცა  $T \geq 330^\circ$ , დაიკვირვება პოლიმერული ჯაჭვის დესტრუქცია.

ORGANIC CHEMISTRY

V. V. KORSHAK, G. L. BERESTNEVA, D. V. BIBILEISHVILI, P. N. GRIBKOVA,  
V. A. LOPYREV, L. I. VOLKOVA

ON THE TRANSFORMATION OF POLY-N-METHYL-HYDRAZIDES  
AT HIGH TEMPERATURES

Summary

The processes occurring under thermal action on poly-N-methyl hydrazide in 150—500°C temperature range have been studied by modern physico-chemical methods. In 250-330°C temperature range poly-N-methyl hydrazides were found to undergo intermolecular dehydration, and at  $t \geq 330^\circ\text{C}$  destruction of polymer chain is observable.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Y. Iwakura, K. Uno, S. Hara, S. Kurosawa. J. Polym. Sci. A-1, vol. 6, 1968, 3357.
2. В. В. Коршак, Г. Л. Берестнева, Д. В. Бибиленшвили, Т. В. Кравченко, П. В. Петровский, Г. И. Тимофеева. Сообщения АН ГССР, т. 107, № 3, 1982.
3. A. H. Frazer, F. T. Wallenberger. J. Polym. Sci. vol. 2, 1964, 1147.
4. Brhuning. Ann, 12, 1889, 235.
5. М. В. Циргиладзе. Исследование деструкции полимеров, содержащих симметричные циклы. Канд. дисс., Москва, 1980, с. 40.
6. В. В. Коршак, В. А. Хомутов, Г. Л. Берестнева, И. П. Брагина. Высокомолекулярное соединение, т. А15, № 12, 1973, 2662.
7. Пат. 2257706 (ФРГ) Chem. Abstr. 1973, 79, 43592.

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Ф. Н. ТАВАДЗЕ (академик АН ГССР), О. И. МИКАДЗЕ, Э. Р. КУТЕЛИЯ,  
Б. П. БУЛИЯ, Н. П. КЕШЕЛАВА, Т. Г. ДЗИНДЗИБАДЗЕ

РОЛЬ КАТИОННОЙ ДИФфуЗИИ В ФОРМИРОВАНИИ  
ЗАЩИТНОЙ ПЛЕНКИ НА ЖАРСТОЙКИХ СПЛАВАХ ХРОМА

Как известно, при высокотемпературном окислении жаростойких сплавов хрома с лантаном формируется поверхностный слой, который состоит из кристаллитов окиси хрома и хромита лантана [1—3], причем основным фазовым составляющим окисной пленки является соединение  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Следовательно, дальнейший рост окисной пленки возможен в результате массопереноса через решетку  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Естественно, чем больше дефектов в соединении, тем быстрее протекают в нем транспортные процессы и, как следствие, тем быстрее растет пленка из такого соединения. Есть основания полагать, что полуторная окись хрома является почти стехиометрическим соединением и высокотемпературное разупорядочение ее структуры сводится к образованию катионных дефектов по Френкелю [4]. Отсюда вытекает, что в решетке  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  хотя катионная диффузия и должна доминировать над анионной, однако параметры ее должны быть невысокими.

В самом деле, согласно нашим измерениям, ионная проводимость в полуторной окиси хрома при  $1200^\circ\text{C}$  составляет всего лишь 0,3%. Еще более низкие значения параметров катионной диффузии в  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  обнаружены в работе американских исследователей [5].



Рис. 1. Электронная микрофотография окисной пленки, сформированной на поверхности сплава хрома с лантаном в среде кислорода при  $1200^\circ\text{C}$  в течение 10 часов; изображение во вторичных и отраженных электронах,  $E_0=15$  кВ; а — поперечный излом образца; б — внешняя граница образца

Практическое отсутствие ионной проводимости в  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  хорошо согласуется с тем фактом, что защищенный пленкой из этого соединения металл медленно окисляется при температурах, не превышающих



1000°C, т. е. начала сублимации окиси хрома [6]. Сплавы же, защищенные двухфазовым окисным слоем  $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{LaCrO}_3$ , отличаются исключительно высокой жаростойкостью, по крайней мере до 1200°C.

Как и следовало ожидать, параметры катионной диффузии хрома в хромите лантана оказались существенно ниже, чем в окиси хрома. Так, например, согласно нашим данным [7], ионная проводимость хромита лантана при 1200°C составляет не более 0,01%, а ионы хрома диффундируют через решетки  $\text{LaCrO}_3$  примерно в 40 раз медленнее, нежели через  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Поэтому формирование такой фазы в поверхностной пленке качественно улучшает ее защитные свойства, препятствуя дальнейшему окислению и испарению сплава.

При изучении морфологических особенностей строения окисной пленки в сканирующем электронном микроскопе было установлено, что в механизме утолщения окисного слоя на жаростойком сплаве хрома с лантаном определяющим фактором является диффузия ионов хрома через кристаллы окисла.

На рис. 1,а показана микрофотография поперечного излома окисленного образца, полученная с помощью растрового электронного микроскопа «Nanolab-7» фирмы «Opton». На этой микрофотографии отчетливо видно, что непосредственно к окисляемой поверхности, которой является внутренняя граница окалины, прилегает относительно плотно упакованный подслои, состоящий из мелких кристаллитов окиси хрома. На внешней же границе окалины образованы пластинчатые кристаллы  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  довольно больших размеров (в 3—5 раз крупнее исходных), имеющие ответвленные наросты таких же кристаллов. Важно при этом отметить, что ответвленные кристаллы окиси хрома лишены непосредственного контакта как с подложкой, так и с указанным подслоем окалины (см. рис. 1,б). Следовательно, наращивание окисного слоя на поверхности образца должно происходить благодаря диффузии ионов хрома через кристаллики  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , а фронтом реакции окисления должна являться граница раздела окалины с газом. С этим выводом качественно согласуется тот факт, что при окислении цилиндрических образцов легированного лантаном хрома довольно хрупкие внешние слои окалины в процессе роста не разрушаются. Если же предположить, что формирование новых слоев окалины происходит под ранее образовавшимися слоями, которые вследствие этого испытывают сдвигающие усилия и механически оттесняются наружу, тогда отдавливаемые внешние слои должны растрескиваться, особенно на кривой поверхности.

Таким образом, можно заключить, что удельный вклад диффузии катионов хрома в формирование и рост защитной пленки на жаростойких сплавах хрома с лантаном является определяющим. Встречная же диффузия кислорода через окисную пленку, по-видимому, в заметной степени не происходит.

Академия наук Грузинской ССР

Институт металлургии

им. 50-летия СССР

(Поступило 26.2.1982)



ფ. თავაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკად. აკადემიკოსი), ო. მიქაძე, ე. ჭუთელია,  
ბ. ბულია, ნ. კეშელავა, თ. ძინძიბაძე

კატიონური დიფუზიის როლი ქრომის ფუძის მხურვალეფეხე შენადნობებზე  
შენადნობებზე დამცველი ფურჩის ფორმირებაზე

რეზიუმე

ლანთანის შემცველი ქრომის ფუძის მხურვალეფეხე შენადნობების მა-  
ლტემპერატურული ქანგვისას წარმოშობილი დამცველი ფურჩის აგებულე-  
ბის მორფოლოგიური თავისებურებების კვლევისა და ამ ფურჩის შემადგენე-  
ლი ოქსიდური ფაზების ელექტროფიზიკური თვისებების შესწავლის შედე-  
გად დადგენილია, რომ დამცველი ფურჩის ფორმირებისა და ზრდის განმსა-  
ზღვრელი ფაქტორია ქრომის იონების დიფუზია ქრომის ქანგის კრისტალებ-  
ში, ხოლო ქანგვის რეაქციის ფრონტი მდებარეობს ფურჩისა და აირის გამ-  
ყოფ საზღვარზე.

PHYSICAL CHEMISTRY

F. N. TAVADZE, O. I. MIKADZE, E. P. KUTELIA, B. P. BULIA,  
N. P. KESHELAVA, T. G. DZINDZIBADZE

THE ROLE OF CATION DIFFUSION IN THE FORMATION OF A  
PROTECTIVE FILM OF REFRACTORY CHROMIUM ALLOYS

Summary

The morphological features of the structure of the protective film  
formed under high-temperature oxidation of chromium-lanthanum refractory  
alloys and electrophysical characteristics of film-making oxidic phases have  
been investigated. The diffusion of chromium ions through chromium oxide  
crystals was found to be the determining factor of protective film formation  
and growth, while the front of oxidation reaction is on the scale-gas interface.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Видмер, Юкава, Грант. Сб. «Тугоплавкие металлы и сплавы». М., 1965.
2. Ф. Н. Тавадзе, О. И. Микадзе. Изв. АН ГССР, сер. хим., 1, № 1, 1975.
3. Ф. Н. Тавадзе, Э. Р. Кутелия, О. И. Микадзе, А. Н. Ракицкий,  
Б. П. Булия, Н. П. Кешелавა. Сообщения АН ГССР, 98, № 3, 1980.
4. П. Кофстад. Отклонения от стехиометрии, диффузия и электропроводность в  
простых окислах металлов. М., 1975, 226.
5. W. C. Hagel, A. U. Seybolt. J. Electrochem. Soc. 108, 1961.
6. С. S. Tedmon. J. Electrochem. Soc. 113, № 8, 1966.
7. Б. П. Булия, Ф. Н. Тавадзе, О. И. Микадзе, С. Ф. Пальгуйев и др.  
Сообщения АН ГССР, 105, № 1, 1982.



Дж. Ф. ГВЕЛЕСИАНИ, Л. Л. РУБЕШ

## ПОДБОР ЖИДКОГО ДИЭЛЕКТРИКА ДЛЯ ИЗОЛЯЦИИ МЕЖЭЛЕКТРОДНОГО ПРОСТРАНСТВА В БИПОЛЯРНОМ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРЕ

(Представлено академиком Р. И. Агладзе 6.11.1981)

При конструировании биполярного электролизера для получения осыпающегося хрома электролизом хромовой кислоты возникла необходимость в подборе жидкого диэлектрика для электроизоляции межэлектродного пространства. Выбор жидкого диэлектрика определялся следующими требованиями: высокие диэлектрические свойства, химическая стойкость по отношению к электролиту, удельный вес более  $1,3 \text{ г/см}^3$ , низкая растворимость в воде, низкая летучесть. Кроме того, жидкий диэлектрик не должен вызывать коррозию металлических узлов электролизера, быть токсичным и взрывоопасным. Из известных органических растворителей и их галогенпроизводных [1] выбор ограничился семью образцами, приведенными в табл. 1. В последней графе таблицы приведены скорости испарения этих жидкостей, найденные экспериментально.

Таблица 1

Основные характеристики тяжелых диэлектрических жидкостей

№	Растворитель	Плотность, $\text{г/см}^3$	Температура кипения, $^{\circ}\text{C}$	Растворимость, $\text{г/100 см}^3$	Скорость испарения, $\text{л/м}^2 \cdot \text{час}^{(1)}$
1	Изобутил иодистый	1,60	120,4	н. р.	0,22
2	Четыреххлористый углерод	1,60	76,8	0,08 <sup>25</sup>	0,55
3	Метил иодистый	2,28	42,5	1,80 <sup>15</sup>	1,76
4	Иодбензол	1,88	188,6	9,43 <sup>30</sup>	0,07
5	Бутил бромистый	1,30	101,6	0,06 <sup>30</sup>	0,19
6	Этилен бромистый	2,17	131,7	0,43 <sup>30</sup>	0,18
7	Пропил иодистый	1,74	102,5	0,09 <sup>25</sup>	0,12

(<sup>1</sup> Определилась при температуре  $30^{\circ}\text{C}$ .)

С целью определения химического взаимодействия с электролитом известные количества жидкости были отобраны в бюксы и залиты сверху электролитом — раствором, содержащим  $100 \text{ г/л CrO} + 2,5 \text{ г/л H}_2\text{SO}_4$  ( $d=1,06 \text{ г/см}^3$ ). Закрытые бюксы с отмеченными границами раздела жидкостей выдерживались при комнатной температуре в течение 20 суток. По изменению цвета электролита или тяжелой жидкости судили о их химическом взаимодействии. Только в двух образцах произошло химическое взаимодействие: в боксах с иодистым метилом и изобутилом (электролит заметно потемнел в результате восстановления шестивалентного хрома).

В оставшихся жидкостях изучалась коррозия конструкционной стали (ст. 3), низкоуглеродистой стали марки КО8 и нержавеющей стали марки Н18Х9Т, использование которых наиболее вероятно для изготовления деталей конструкции электролизера и других аппаратов.

Для изучения коррозии образцы стальной размером  $10 \times 10 \times 1$  мм зачищались наждачной бумагой, обезжиривались, промывались, сушились и взвешивались. Затем на тонких ниточках завешивались в исследуемые жидкости, помещенные в бюксы с плотно закрывающимися крышками. В таком положении образцы выдерживались при комнатной температуре ( $25-30^\circ\text{C}$ ) в течение 237 часов. Продукты коррозии с них удалялись механически. Оставшаяся часть ржавчины стравливалась кратковременным окунанием образцов в горячий раствор разбавленной (1:3) серной кислоты. При этом с помощью контрольных образцов было установлено, что растворение самого образца не имело места.

Таблица 2

Коррозия образцов стали в тяжелых органических растворителях  
Температура  $25-30^\circ\text{C}$ , продолжительность 237 час.  
Образцы: № 1 — ст. 3, № 2 — ст. КО8, № 3 — Н18Х9Т

Растворитель	№ образца	Поверхность образца см <sup>2</sup>	Потеря веса, мг	Скорость коррозии г/м <sup>2</sup> .час	Примечание
Четыреххлористый углерод	1	1,94	17,0	0,3689	ржавый налет
	2	1,46	66,7	1,9235	ржавый осадок
	3	2,03	0,0	0	образцы без изменений
Иодбензол	1	1,76	17,8	0,4258	ржавый налет
	2	1,44	16,0	0,4680	ржавый налет
	3	1,96	0,0	0	образцы без изменений
Бутил бромистый	1	1,87	5,7	0,1283	легкий ржавый налет
	2	1,53	4,7	0,1290	растворитель пожелтел
	3	1,81	0,0	0	образец без изменений
Этилен бромистый	1	1,80	11,4	0,2666	ржавый налет
	2	1,40	2,1	0,0630	ржавый налет
	3	1,71	0,0	0	образец без изменений

Скорость коррозии определялась по убыли веса образца по формуле  $\rho = \frac{\Delta m}{S \cdot t}$ , где  $S$  и  $t$  — площадь и время контакта образца с коррозионной средой, соответственно;  $\Delta m$  — убыль веса образца. Полученные данные и результаты визуального наблюдения приведены в табл. 2. Из данных таблицы видно, что нержавеющая сталь Н18Х9Т во всех исследуемых жидкостях проявляет коррозионную стойкость. Ст. 3 и КО8 подвергаются заметной коррозии: в иодбензоле и бутиле бромистом они корродируют примерно с одинаковой скоростью. В четыреххлористом углероде скорость коррозии стали КО8 в 5 раз больше, чем ст. 3, а в этилене бромистом наоборот — ст. 3 корродирует в 4 раза сильнее, чем сталь КО8.

По плотности, температуре кипения и коррозионным свойствам предпочтение следует отдать бромистому этилену, однако по растворимости в воде он заметно уступает четыреххлористому углероду и бромистому бутилу. Наиболее подходящим для поставленной цели является четыреххлористый углерод, который в отличие от бромистого





стого бутила имеет значение как хороший и негорючий растворитель, производится в большом количестве и является доступным. Кроме того для предотвращения коррозии углеродистой стали в нем, найден [2, 3] эффективный ингибитор — бензойная кислота, которая при концентрации 0,01 моль/л полностью защищает углеродистую сталь от коррозии [3]. Важным достоинством четыреххлористого углерода является также то, что в нем хлопчатобумажные и синтетические диафрагменные ткани, винилпласт, полипропилен, оргстекло и др. проявляют высокую стойкость.

На основе вышеизложенного четыреххлористый углерод выбран в качестве конструкционного материала для биполярного электролизера.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт неорганической химии  
и электрохимии

(Поступило 13.11.1981)

ელექტროქიმია

ჯ. გველესიანი, ლ. რუბეში

ბიპოლარული ელექტროლიზერის ელექტროდთაშორისი სივრცის  
იზოლაციისათვის თხევადი დიელექტრიკის შერჩევა

რ ე ზ ი შ ე

თვითცვენადი ქრომის ფხვნილის მისაღებად გათვალისწინებული ბიპოლარული ელექტროლიზერისათვის კონსტრუქციულ მასალად მძიმე დიელექტრული სითხის შერჩევის მიზნით შესწავლილია ფოლადების სხვადასხვა ნიმუშის კოროზია ამ სითხეებში, აგრეთვე მათი ურთიერთქმედება ქრომმყავა ელექტროლიტთან. ჩატარებული კვლევის საფუძველზე შერჩეულია ოთხქლორიანი ნახშირბადი როგორც თხევადი დიელექტრიკი.

ELECTROCHEMISTRY

J. P. GVELESIANI, L. L. RUBESH

SELECTION OF A LIQUID DIELECTRIC FOR THE ISOLATION  
OF THE INTERELECTRODE SPACE IN A BIPOLAR  
ELECTROLYZER

Summary

The corrosion of various steel specimens, as well as the interaction of dielectric liquids with chromate electrolyte, has been studied with a view to selecting the heavy dielectric liquid as the constructional material of a bipolar electrolyzer designed for the production of shedding chromium powder. Carbon tetrachloride was chosen as the liquid dielectric.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Справочник химика, т. II, Л.—М., 1964.
2. И. Н. Путилова, С. А. Балезин, В. П. Баранник. Ингибиторы коррозии металлов. М., 1958, 63.
3. В. М. Чистяков, С. А. Балезин. ЖПХ, 1961, 2460.



Д. С. ИОСЕВИДЗЕ, Л. Д. МЕЛИКАДЗЕ (академик АН ГССР),  
Л. Ч. ЛОМИДЗЕ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЕМИСТОСТИ ДИСПЕРСНЫХ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПРИСАДОК В ОТНОШЕНИИ ХИМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ПРОТИВОИЗНОСНЫХ И ПРОТИВОЗАДИРНЫХ ПРИСАДОК В МИНЕРАЛЬНОМ МАСЛЕ

В настоящей работе изучены приемистость высокодисперсного углерода, получаемого электрокарбонизацией бензола (УЭКб), высокодисперсного углерода, получаемого при окислительном пиролизе метана (УПм), сажи ламповой (ПМ-15), графита (С-1) и дисульфида молибдена (МВЧ-1) к таким химически активным противоиловным и противозадирным присадкам, как ДФ-11 (ОСТ 38-129-73), ИНХП-21 (ТВ 38-00114-71), Сантолюб-493, ОЛОА-267 (фирмы Оробис), ОТИ (ОСТ 38-018-71) и Сульфол (МРТУ 6-03-113-64). При этом данные дисперсные антифрикционные материалы представлены в виде их 5%-ных суспензий в масле индустриальном 12 (ГОСТ 1707-50), являющихся оптимальными по смазывающим свойствам [1].

Испытания проводились на четырехшариковой машине трения в условиях, предусмотренных ГОСТом 9490-75, лишь с той разницей, что продолжительность каждого опыта вместо 10 сек составляла 2 часа, согласно разработанной нами методике [1].

Результаты данных исследований приведены в таблице.

Как видно из таблицы, химически активные присадки Сантолюб-493, ОЛОА-267 и ОТИ в оптимальных концентрациях улучшают смазывающие свойства 5%-ных суспензий УЭКб в масле индустриальном 12 только при осевых нагрузках ниже 710—890 Н, а Сульфол и ИНХП-21 не проявляют практически ощутимого эффекта. Вместе с тем, присадки Сантолюб-493 и ОЛОА-267 повышают нагрузку сваривания данной суспензии от 4000 до 5000 Н, а ИНХП-21 и Сульфол— до 6300 Н.

Наивысшую приемистость присадка высокодисперсного углерода УЭКб проявляет в отношении присадки ДФ-11. При добавлении 1% ДФ-11 к 5%-ной суспензии УЭКб в масле индустриальном 12, смазывающие свойства последнего при нагрузках ниже 710 Н незначительно улучшаются, однако при повышении концентрации данной присадки до 3—5%, эффект смазывающего действия масла существенно растет во всем диапазоне рассматриваемых осевых нагрузок. Вместе с тем, предел работоспособности данной суспензии повышается от 4000 до 5000 Н. Причем оптимальной концентрацией присадки ДФ-11 надо считать 3%, так как основной положительный эффект достигается при этой концентрации.

Таким образом, из испытанных разнообразных химически активных присадок, совместно с присадкой высокодисперсного углерода УЭКб целесообразно использовать, в первую очередь, присадку ДФ-11, которая проявляет значительный синергизм в отношении суспензии УЭКб. Остальные присадки в этом отношении малоэффективны. С другой стороны, сопоставление результатов испытаний масла инду-

Зависимость износа от нагрузки при длительном (2-часовом) испытании суспензионных масел на четырехшариковой машине

Исходное масло	Присадки		Осевая нагрузка, Н															
	наименование	% в масле	90	200	320	400	500	716	890	1260	1780	2500	3150	3550	4000	4470	5000	6300
			Средний диаметр явта износа, мм															
Индустриальное 12 (ГОСТ 1707-50) + 20% стабилизатора /3/ + 5% УЭКБ	ДФ-11	1,0	0,62	0,83	1,25	1,41	1,81	2,35	2,39	2,50	2,64	2,78	2,80	2,81	свар.			
		3,0	0,45	0,49	0,53	0,55	1,43	2,24	2,30	2,36	2,48	2,48	2,52	2,55	2,62	2,70	свар.	
		5,0	0,40	0,46	0,49	0,50	1,37	2,05	2,10	2,32	2,45	2,62	2,70	2,75	2,80	2,85	свар.	
	ИНХП-21	1,0		0,91	1,48	1,88	2,05	2,36	2,55	2,61	2,73	2,90	3,04	3,11	свар.			
		3,0		0,88	1,39	1,75	1,84	2,15	2,36	2,48	2,65	2,77	2,83	2,89	2,94	3,04	3,18	свар.
		5,0		0,89	1,42	1,80	1,92	2,25	2,49	2,59	2,68	2,88	2,93	2,98	3,16	свар.		
	Санто—Люб-493	1,0		0,68	0,75	0,86	1,51	2,66	2,93	3,04	3,15	3,37	3,41	3,48	свар.			
		3,0		0,60	0,71	0,77	1,28	2,50	2,75	2,85	2,96	3,16	3,24	3,24	3,30	3,34	свар.	
		5,0		0,62	0,73	0,79	1,39	2,58	2,80	2,95	3,08	3,28	3,32	3,41	свар.			
	ОЛОА-267	1,0		0,57	0,68	0,76	1,92	2,29	2,50	2,94	3,06	3,15	3,28	3,31	свар.			
		3,0		0,55	0,66	0,73	1,80	2,01	2,35	2,75	2,81	2,88	3,00	3,08	3,10	3,15	свар.	
		5,0		0,56	0,67	0,74	1,89	2,26	2,44	2,84	2,93	3,07	3,19	3,24	3,28	свар.		
	ОТП	1,0		0,80	0,93	0,99	1,52	1,78	2,87	3,05	3,38	3,66	свар.					
		3,0		0,77	0,83	0,93	1,34	1,86	2,65	2,84	3,11	3,43	3,55	3,65	свар.			
		5,0		0,79	0,90	0,97	1,45	1,58	2,73	2,92	3,26	3,51	3,70	свар.				
	Сульфол	1,0		0,99	1,59	1,78	2,25	2,41	2,66	2,81	2,93	2,99	3,00	3,08	3,12	свар.		
		3,0		0,94	1,38	1,67	2,0	2,24	2,48	2,60	2,76	2,80	2,82	2,83	2,90	3,01	свар.	
		5,0		0,96	1,47	1,72	1,98	2,36	2,56	2,74	2,87	2,86	2,95	3,01	3,05	свар.		
Индустриальное 12 (ГОСТ 1707-50) + 20% стабилизатора /3/ + 3% ДФ-11	УПМ	5,0	0,41	0,42	0,57	0,66	1,44	2,35	2,44	2,51	2,62	2,68	2,76	2,79	2,82	свар.		
	M <sub>0</sub> S <sub>2</sub>	5,0	0,42	0,47	0,50	0,52	0,94	2,37	2,38	2,44	2,58	2,60	2,86	3,00	свар.			
	Графит	5,0	0,47	0,54	0,58	0,61	1,65	2,49	2,50	2,69	2,77	2,85	свар.					
	Сажа ламп.	5,0	0,73	0,80	0,97	1,39	1,75	2,49	2,51	2,60	2,70	2,91	3,22	свар.				



стриального 12 со стабилизатором с указанными химически-активными присадками [1] и этих же композиций с присадкой высокодисперсного углерода УЭКБ показывают, что последний при низких нагрузках несколько ослабляет, а при высоких нагрузках усиливает смазывающую эффективность и одновременно с этим значительно повышает предельную работоспособность масла, содержащего химически-активные присадки. Например, для смазочных композиций масла индустриального 12 с 3% присадок каждой в отдельности ДФ-11, Сантолюб-493, ИНХП-21 или Сульфол от добавления к ним 5% УЭКБ средний диаметр пятна износа шариков при осевой нагрузке 200 Н увеличивается соответственно на 0,09; 0,18; 0,13 и 0,04 мм, при нагрузке 2500 Н уменьшается на 0,70; 0,27, 0,23 и 0,91 мм, а их нагрузки сваривания повышаются от 3150, 3150, 3550 и 3550 Н до 5000, 5000, 6300 и 6300 Н, соответственно.

Так что, в сумме работоспособность масла, содержащего химически-активные противозносные и противозадирные присадки увеличивается от добавления УЭКБ и охватывает более широкий диапазон нагрузок (от 710—890 Н до 4000—6300 Н против от 90 Н до 710—890 Н).

Проведенные исследования показали, что присадка ДФ-11 в количестве 3% положительно влияет также на смазывающие свойства 5%-ных суспензий высокодисперсного углерода УПм, сажи ламповой, графита и дисульфида молибдена в масле индустриальном 12. С добавлением 3% ДФ-11 нагрузка сваривания 5% суспензии дисульфида молибдена не меняется, а для 5% суспензии графита и сажи ламповой повышается соответственно от 2500 до 3150 Н и от 3150 до 3550 Н. Наиболее значительный синергизм присадка ДФ-11 проявляет в отношении присадки УПм. Так, например, для 5%-ной суспензии УПм в масле индустриальном 12 от добавления к ней 3% ДФ-11 при нагрузках 320 и 1780 Н средний диаметр пятна износа шариков меньше на 0,89 и 0,60 мм, а для 5%-ной суспензии УЭКБ, сажи ламповой, графита и дисульфида молибдена при нагрузке 320 Н — на 0,85; 0,44; 0,72 и 0,80 мм, а при 1780 Н — на 0,22; 0,01; 0,23 и 0,19 мм. Вместе с тем, приращение ее нагрузки сваривания составляет 1970 Н против 1000, 400 и 650 Н для 5% суспензии УЭКБ, сажи ламповой и графита соответственно.

Таким образом, доказана принципиальная возможность и эффективность совместного применения дисперсных антифрикционных и химически-активных противозносных и противозадирных присадок в минеральных маслах.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт физической и  
органической химии  
им. П. Г. Меликишвили

Грузинский политехнический институт  
им. В. И. Ленина

(Поступило 26.3.1982)

კიბიურე ტექნოლოგია

ჯ. იოსებია, ლ. მელიქაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი),  
ლ. ლომიძე

მინერალურ ზეთში დისპერსული ანტიფრიქციული მინამატების  
კიბიურად ატბიური ცვრთა და აბლუჯასაწინალო მინამატებისადმი  
მიმღებინაოგის ზამოკვლევა

რეზიუმე

ლაბორატორიულ პირობებში შესწავლილია ამორფული მაღალდისპერსულ-  
ლი ნახშირბადების, გრაფიტის, ჰვარტლის და მოლიბდენის დისულფიდის



მინამატების მიმღებთანობა სხვადასხვა ქიმიურად-აქტიური მინამატებისადმი და მათი ერთობლივი გავლენა მინერალური ზეთის ინდუსტრიალური 12-ის შემზეთ თვისებებზე.

CHEMICAL TECHNOLOGY

J. S. IOSEBIDZE, L. D. MELIKADZE, L. Ch. LOMIDZE

RESEARCH OF CHEMICALLY ACTIVE WEAR OF DISPERSIVE ANTI-FRICTION ADDITIVES IN MINERAL OIL AND ANTI-DESTRUCTION COMPATIBILITY TOWARDS ADDITIVES

Summary

Compatibility of highly dispersive carbon, graphite, soot and additives of molybdenum disulphide towards different chemically active additives and their joint influence on lubricity of *Industrialnoe-12* mineral oil is studied in laboratory conditions.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Л. Ч. Ломидзе, Д. С. Иосебидзе, Л. Д. Меликадзе. Сообщения АН ГССР, 101, № 1, 1981.



ГЕОЛОГИЯ

М. М. РУБИНШТЕИН (член-корреспондент АН ГССР),

Ш. А. АДАМИЯ, Г. П. БАГДАСАРЯН, В. И. ГУГУШВИЛИ

О ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ МЕДНО-КОЛЧЕДАННО-БАРИТ-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БОЛНИССКОГО РУДНОГО РАЙОНА С ПОЗДНЕМЕЛОВЫМ ВУЛКАНИЗМОМ

В Болнисском рудном районе в верхнемеловой известково-щелочной дацит-липаритовой толще расположен целый ряд медно-колчеданно-барит-полиметаллических месторождений и рудопроявлений, в том числе наиболее крупное в Грузии Маднеульское месторождение. Вопросы генезиса и возраста этих рудопроявлений и месторождений по сей день остаются дискуссионными. Одни исследователи считают, что их связь с верхнемеловой вулканической деятельностью — генетическая [1, 2], другие же предполагают лишь пространственную связь оруденения с вулканической верхнемеловой толщей [3—5]. Решение этой проблемы имеет большое практическое значение, так как, по существу, определяет направление поисковых и разведочных работ.

С целью разрешения этого вопроса в качестве объекта исследований были выбраны окolorудные метасоматиты, генетически связанные с оруденением, субвулканические и интрузивные тела, расположенные в верхнемеловой вулканогенной толще. В частности, в лабораториях Геологического института АН ГССР (табл. 1) и Института геологических наук АН АрмССР (табл. 2,3) были проведены измерения К—Аг возраста ряда образцов обеих групп пород.

Таблица 1

№ обр.	Образец, месторасположение	К %	нмм 3/2	Возраст, млн. лет
1-М	Кварц-серицитовый метасоматит, скв. 375, Маднеули	2,89 (5)	0,00893	79±5
2-М	Кварцево-гидрослюдистый метасоматит, скв. 49, Маднеули	4,12 (2)	0,01228 (3)	77±3
3-М	Кварц-серицитовый метасоматит, скв. 328, Маднеули	2,15 (2)	0,00790 (3)	94±7
1 Д	Гидромусковитовый метасоматит, Дарбази	3,00 (2)	0,01096 (3)	94±6
1-10	Кварцево-адуляровый метасоматит, Бнелихеви	9,36 (2)	0,03213 (3)	88±4
2-10	Гидромусковитовый метасоматит, Бнелихеви	4,24 (2)	0,01410 (3)	83±4

Полученные данные позволили установить, что возраст кварц-серицитовых и кварц-гидрослюдистых окolorудных метасоматитов колеблется от 77,3 до 98,9 млн. лет, не выходя за пределы позднего мела, что хорошо согласуется с известными геологическими фактами. В первую очередь это касается тесной пространственной связи оруденения с дифференцированным известково-щелочным позднемеловым



вулканизмом как в Болнисском, так и в других районах Малого Кавказа, Турции и Болгарии [6]. Другим важным геологическим фактом, хорошо согласующимся с геохронологическими данными, является наличие в составе верхнемеловых вулканитов Болнисского района обломков и гальки околорудных метасоматитов, широко представленных в окрестностях сс. Диди Дманиси и Вардисубани, а также на Маднеульском месторождении. Кроме того, полученные за последние годы результаты детальных литостратиграфических и структурных исследований, а также палеовулканических реконструкций указывают на пространственную связь оруденения с вулканоструктурами [7]; позднемеловой возраст оруденения подтверждается также материалами палеомагнитных исследований руд и рудовмещающих пород [8].

Таблица 2

№ обр.	Образец, месторасположение	К %		% радио-генного Ar <sup>0</sup>	Ar <sup>40</sup> см <sup>3</sup> /г 10 <sup>-6</sup>	Ar <sup>40</sup> г/г 10 <sup>-9</sup>	Ar <sup>0</sup>		Среднее значение возраста, млн. лет
		K <sup>40</sup> г/г 10 <sup>-6</sup>	K <sup>40</sup> 10 <sup>-3</sup>				Возраст, млн. лет		
Ш-3	Гидромусковитовый аргиллизит, Маднеульский карьер, II уступ (1978)	1,81	2,21	79,0	6,24	11,14	5,03	88,2	
Ш-4	Гидромусковитовый аргиллизит, Маднеульский карьер, II уступ (1978)	1,67	2,04	63,0	5,58	9,97	4,89	85,8	
Ш-5	Дацитовый туф с аргиллизированной основной массой, Маднеульский карьер, III уступ (1978)	0,40	0,17	11,0	0,54	0,96	5,65	98,7	
Д-20	Гидромусковит каолиновый, аргиллизит, Маднеульский карьер, II уступ (1979)	2,23	2,60	23,9 56,0	7,78 8,33	13,88 14,88	5,33 5,72	89,5 95,9	92,7
Д-33	Аргиллизит-гидрослюда, каолинит, кварц, Маднеульский карьер, I уступ (1979)	2,52	2,94	42,9 43,0	8,05 8,45	14,36 15,08	4,88 5,13	82,1 86,2	84,2
Б-26	Серицит-гидрослюдистый аргиллизит, Бектакарское месторождение	3,77	4,40	47,6 59,0	11,78 12,12	20,94 21,64	4,76 4,92	80,1 82,7	81,4
Б-39	Аргиллизированный и серицитизированный липарит, Бектакарское месторождение	7,08	8,06	50,2 70,0	22,12 22,97	39,48 41,00	4,78 4,96	80,5 83,5	82,0
Б-41	Серицит-гидрослюдистый аргиллизит, Бектакарское месторождение	2,15	2,51	44,0 46,0	7,52 7,49	13,43 13,38	5,35 5,33	89,8 89,5	89,7
Х-71	Кварц-серицитовый метасоматит, Баличское месторождение	2,08	2,43	30,7 48,0	6,94 7,03	12,39 12,55	5,10 5,17	85,7 86,9	86,3

Некоторые исследователи, как известно [3, 4], предполагают существование генетической связи рудообразования с субвулканическими интрузиями, и на основании этого оруденения датируются палеогеном. Для проверки этого предположения мы определили К—Ar возраст субвулканических тел и интрузий, размещенных на разных уровнях верхнемеловой вулканической толщи (табл. 3) с целью сопоставления их возраста с возрастом околорудных метасоматитов. Как видно из табл. 3, четко различаются две возрастные группы исследован-





ных пород: позднемеловая — 71—90 млн. л. и палеогеновая — 44—68 млн. л., что хорошо согласуется с геологической интерпретацией возраста этих тел [9].

Таблица 3

№ обр.	Образец, местонахождение	К %		% радио-генного Ar <sup>40</sup>	Ar <sup>40</sup> см <sup>3</sup> /г 10 <sup>-6</sup>	Ar <sup>40</sup> г/г 10 <sup>-9</sup>	Ar <sup>40</sup> /K <sup>40</sup> 10 <sup>-9</sup>		Возраст, млн. лет	Среднее значение возраста, млн. лет
		K <sup>40</sup>	K <sup>39</sup>				K <sup>40</sup>	K <sup>39</sup>		
X-38	Липаритовая жила, Бнелихви-Питаретское рудопроявление	4,28	4,99	45,5 56,0	12,17 12,62	21,72 22,52	4,35 4,51	73,4 76,0		75
X-44	Липаритовая жила, Бнелихви-Питаретское рудопроявление	4,24	4,95	33,5 39,0	11,75 11,46	20,95 20,46	4,24 4,13	71,6 69,8		71
X-22	Дацитовая жила, Ахкаланфское рудопроявление	1,72	2,01	26,5 31,0	4,63 4,90	8,26 8,75	4,12 4,36	69,6 73,5		71,5
B-22	Аргиллизированное субвулканическое тело, экструзия, Бектакарское месторождение	1,24	1,45	14,2 28,0	3,32 3,74	5,93 6,67	4,10 4,61	69,3 77,7		73,5
Ш-92	Липаритовое субвулканическое тело, Болнис	4,11	5,01	81,39 68,0	12,51 12,0	22,32 21,6	4,45 4,30	78,2 75,6		76,2
Ш-10	» »	4,17	5,02	62,09 61,0	12,74 11,8	22,74 21,0	4,46 4,12	78,4 72,5		77
Ш-11	Липаритовое субвулканическое тело, Рачисубани	3,33	4,06	60,4 56,0	10,09 9,9	18,02 17,6	4,43 4,33	77,8 76,0		
D-526	Дацитовое субвулканическое тело, Давид-Гареджское м-ние	3,56	4,15	53 48 32,2	11,09 11,04 10,77	19,80 19,70 19,23	4,77 4,74 4,68	80,3 79,8 77,8		79,3
X-21	Дацитовая жила, Самгретское рудопроявление	1,53	17,6	17,6 33,0	3,85 4,19	6,87 7,48	3,85 4,19	65,07 70,71		68
Ш-7	Липаритовое субвулканическое тело, Квеш	5,72	6,97	43,86 81,0	13,14 13,8	23,46 24,7	3,36 3,54	59,5 62,5		61
D-537	Липаритовое субвулканическое тело, Абульмульское м-ние	3,33	3,89	41,0 31,4	7,78 7,69	13,89 13,63	3,58 3,51	60,6 59,41		60
Ш-6	Кварцитовый диорит-порфирит, Баличский интрузив	0,95	1,16	22,9 34,0	2,03 1,86	3,62 3,33	3,12 2,87	55,20 50,80		53
Ш-7	» »	1,18	1,44	28,4 25,0	2,12 2,26	3,79 4,0	2,62 2,79	46,4 49,4		47,5
Ш-1	Липаритовое субвулканическое тело, с. Гантиади	4,015	4,9	57,0	7,64	13,6	2,78	46,3		47,4
Ш-2	» »	3,44	4,20	65,0	6,0	10,72	2,56	45,5		
Ш-1	Дацитовое субвулканическое тело, Квемо-Болнисское месторождение	0,98	1,15	10,0 8,25	1,66 1,67	2,96 2,98	2,59 2,61	44,0 44,4		44,2

Сопоставление К—Ar возраста околорудных метасоматитов и субвулканических тел отдельных месторождений и рудопроявлений показывает, что последние всегда моложе околорудных метасоматитов: возраст Баличского интрузива —  $51 \pm 2,3$  млн. л., тогда как возраст околорудных метасоматитов на Баличском месторождении —



86 млн. л., возраст липаритовой экструзии на месторождений Бек-такари — 73,5 млн. л., а возраст околорудных метасоматитов — 80—90 млн. л.; возраст липаритовых жил и экструзий на месторождении Бнелихеви — 68—75 млн. л., возраст же околорудных метасоматитов — 83—88 млн. л. Все это указывает на отсутствие генетической связи субвулканических интрузий и месторождений. В пользу этого свидетельствует и то, что дацитовые экструзии на Маднеульском месторождении содержат обломки околорудных метасоматитов.

Академия наук Грузинской ССР  
Геологический институт  
им. А. И. Джанелидзе

Академия наук Армянской ССР  
Институт геологических наук

(Поступило 16.4.1982)

ბოლოგია

მ. რუბინშტეინი | სკ. სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი,

შ. ადამია, ბ. ბაღდასარიანი, ვ. გუგუშვილი

ბოლნისის მაღნიანი რაიონის სკილენძ-კოლჩედანურ-ბარიტ-პოლიმეტალური საბალოების ზედა ცარცულ ვულკანიზმთან განეშური კავშირის შესახებ

რეზიუმე

ბოლნისის რაიონის ზედაცარცულ ვულკანურ წყებებში წარმოდგენილ მაღანომიჯნე მეტასომეტიტების და სუბვულკანური სხეულების K—Ar ასაკის განსაზღვრებმა, სხვა გეოლოგიურ და პალეომეგნიტურ მასალებთან ერთად, დადასტურა გამადნების გენეტური კავშირის არსებობა გვიანცარცულ ვულკანიზმთან.

GEOLOGY

M. M. RUBINSTEIN, Sh. A. ADAMIA, G. P. BAGDASARYAN, V. I. GUGUSHVILI

ON THE GENETICAL RELATION OF THE COPPER PYRITIC-BARITIC-BASEMETAL DEPOSITS OF THE BOLNISI ORE REGION WITH UPPER CRETACEOUS VOLCANISM

Summary

K-Ar age of ore-wall altered rocks and subvolcanic intrusions, occurring in Upper Cretaceous volcanic suites, confirmed, together with other geological and paleomagnetic data, the existence of a genetic relation of ore formation with Upper Cretaceous volcanism.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. А. Твалчрелидзе. Основные черты эндогенной металлогении Грузии. М., 1958.
2. Т. В. Иванецкий. Геология, минералогия и геохимия свинцово-цинковых и полиметаллических месторождений Грузии. Тбилиси, 1963.
3. В. Р. Надирадзе, Ю. И. Назаров. Сб. «Геологическое строение и металлогения Юго-Восточной Грузии». Тбилиси, 1963.
4. Ю. И. Назаров. Особенности формирования и прогноз глубинных (скрытых) месторождений медно-колчеданной формации Южной Грузии. М., 1966.
5. В. Г. Гогишвили. Советская геология, № 4, 1980.
6. Г. А. Твалчрелидзе. Рудные провинции мира (Средиземноморский пояс). М., 1972.
7. М. А. Апхазава, В. И. Гугушвили, Н. М. Дзоценидзе. Сообщения АН ГССР, 104, № 1, 1981.
8. Ш. А. Адамия, Б. З. Асанидзе, Р. А. Гамбашидзе, Г. Ш. Надарейшвили, Нгуен Тхи Ким Тхоа, Д. М. Печерский. Изв. АН СССР, сер. геол., 5, 1979.
9. Ш. А. Адамия, О. З. Дудаури. Сообщения АН ГССР, 24, № 4, 1961.

В. Р. НАДИРАДЗЕ, Н. Г. ИАШВИЛИ

## НОВЫЕ ДАННЫЕ О СОСТАВЕ РУД ЧИАТУРСКОГО МАРГАНЦЕВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

(Представлено академиком Г. А. Твалчрелидзе 11.3.1982)

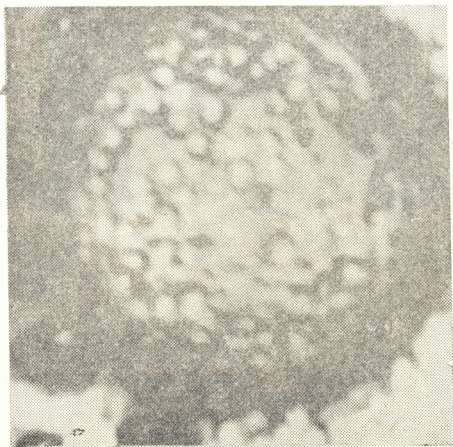
Источник рудного вещества служит важным критерием при изучении генезиса месторождения. Поэтому изучение источника марганца в осадочных месторождениях палеогенового возраста представляется актуальным. Помимо представления о привносе марганца при разрушении суш [1], существуют мнения о вулканогенном [2] и космогенном [3, 4] источниках марганца.

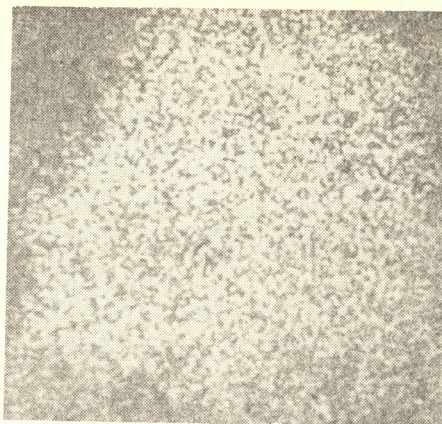
Чиатурское марганцевое месторождение расположено на плоскогорье, изрезанном каньонообразными ущельями притоков р. Квирила на ряд нагорий на северной периферии Дзирульского массива.

В геологическом строении района принимают участие кристаллические сланцы и филлиты докембрия, герцинские гранитоиды, кварцпорфиры с туфо- и лавобрекчиями верхнего палеозоя, мраморизированные известняки лейаса, порфирировая свита байоса, трансгрессивно перекрытая меловыми отложениями. На размытой поверхности известняков и глауконитовых песчаников верхнего мела залегают олигоценовые марганценозные и миоценовые осадки с переотложенными марганцевыми рудами, залегающими в чокракских песчаниках.

Марганценозные отложения, состоящие из подрудного, рудного (нижний олигоцен) и надрудного (средний и верхний олигоцен) горизонтов общей мощностью до 120 м, в пределах нагорья Перевиса прорваны экструзией плиоценовых базальтов.

Наиболее ценным разломом является Главный сброс, к юго-западу от которого марганценозные отложения размыты.





Рудный горизонт общей мощностью до 14 м, залегающий почти горизонтально, состоит из 3—25 рудных прослоев мощностью от нескольких до 50 см, перемежающихся с прослоями силицитов и глин, возрастающими в восточном направлении [5, 6].

Намечается закономерное фациальное изменение, связанное с углублением бассейна марганценакопления: прибрежная псиломелан-пиролюзитовая фация сменяется вглубь манганитовой, а на более глубоких участках морского дна — фацией карбонатных руд [5, 7]. Из этих руд магнитной сепарацией были выделены образования шаровидной формы (фото 1, 2). Магнитная масса по вещественному составу характеризуется двумя разновидностями: Fe—Mn—Cr и сульфидная.



Рис. 1. Распределение элементов, полученное на рентгеновском микроанализаторе «Сатеса» (ув.  $200\times 200$ ): а — картина в поглощенных электронах исследуемого участка аншлифа; б — рентгеновские изображения в лучах: I — Fe, II — Mn, III — Cr

Изучение шариков на рентгеноспектральном микроанализаторе «Сатеса» показывает, что основная масса в первом типе представлена железом, содержащим значительное количество марганца и хрома. Такая ассоциация металлов (Fe—Mn—Cr) характерна для метеоритов металлической фазы [8]. Железо образует шариковую оболочку, во внутренней стороне которой располагаются преимущественно мелкие марганцевые и хромовые частицы. Эти металлы в малом количестве встречаются и на верхней стороне оболочки. Указанное чередование металлов нечеткое, отмечается лишь тенденция закономерности. В некоторых шариках, помимо отмеченных металлов, установлены незначительные количества магния, никеля и кобальта.

Сульфидные шарики, образующие участковые скопления, легко наблюдаются под микроскопом. Они представлены сульфидами, в которых показатель отражения аналогичен наблюдаемому в моносульфиде железа. Отмеченные шарики состоят из железа и серы, соотношение которых 1:1 или 1:2, что соответствует троилиту и дисульфиду железа.

Особенности шарообразных включений в рудах Чиатурского марганцевого месторождения, так же как форма сферул, сосуществование и чередование в них железа, марганца и хрома, ассоциация в них никеля, кобальта и магния, существование некоторых сферул троилитового состава, позволяют считать их аналогами космогенных шариков, установленных в осадках дна океана [9, 10].

Эти данные свидетельствуют о правомочности дальнейшего развития взглядов о возможном участии космических процессов в образовании осадочных марганцевых руд.

## 3. ნადირაძე, ნ. იაშვილი

ჭიათურის მანგანუმის საბადოს მადნების შედგენილობის შესახებ  
ახალი მონაცემები

## რეზიუმე

განხილულია ჭიათურის მანგანუმის საბადოს მადნებიდან სეპარირებული მაგნიტური სფერულები.

ოკეანის ფსკერზე არსებულ კოსმოგენურ სფერულებთან შედარების საფუძველზე გამოთქმულია მოსაზრება ჭიათურის მანგანუმის მადნებიდან გამოყოფილი სფერულების კოსმოგენური ბუნების შესახებ.

GEOLOGY

V. R. NADIRADZE, N. G. IASHVILI

NEW DATA ON THE COMPOSITION OF ORES FROM THE  
CHIATURA DEPOSITS

## Summary

Magnetic spherules, separated from ores of the Chiatura deposits, have been investigated. On the basis of their comparison with cosmic spherules from the oceanic floor it is suggested that the spherules separated from the Chiatura deposits are of cosmic nature.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. Г. Бетехтин. Промышленные марганцевые руды СССР. М.—Л., 1946.
2. Г. С. Дзоценидзе. Роль вулканизма в образовании осадочных пород и руд. М., 1969.
3. В. Р. Надирадзе. Сообщения АН ГССР, 59, № 1, 1970.
4. В. Р. Надирадзе. Проблемы рудообразования, IV симпозиум, т. III. Варна, 1974.
5. А. Г. Бетехтин, Г. А. Авалиани, Д. П. Долидзе. Чиатурское месторождение марганца. М., 1964.
6. Н. И. Хамхадзе. XI съезд Межд. минералог. ассоциации. Тбилиси, 1978.
7. Г. А. Авалиани, Н. В. Нижарадзе, Н. М. Абакелия. Труды ГПИ им. В. И. Ленина, № 2, 1972.
8. B. Mason. Data of Geochemistry. Cosmochemistry. Part. 1, Washington, 1979.
9. G. Friedrich. Marine Geology № 20, 1976, 239-250.
10. J. D. H. Wiseman. Nature, № 4939, 1964, 1286.



З. И. РАКАНТ

## ИЗУЧЕНИЕ КИСЛЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ СТЕКОЛ ЗАКАВКАЗЬЯ ДЕРИВАТОГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

(Представлено академиком Г. А. Гвалчрелидзе 26.3.1982)

В кислых вулканических стеклах Закавказья исследовались процессы, протекающие при их нагревании. Изучались возможности дериватографического метода для решения некоторых геологических вопросов.

Изучению подверглись обсидианы и перлиты Параванского месторождения в Южной Грузии и Гегамского нагорья в Армении.

Геология Параванского месторождения перлитов описана Г. Я. Алибегашвили и Л. Г. Рцхиладзе [1]. Липаритовые вулканы Армении детально изучались С. Г. Карапетяном [2, 3], Б. М. Меликсетяном [3], В. В. Наседкиным [4] и др.

Образцы обсидианов и перлитов с указанных месторождений исследовались нами на дериватографе<sup>(1)</sup>. Полученные результаты представлены на рис. 1. Они несколько расходятся с ранее опубликованными данными [5, 6], в которых обычно приводятся дериватограммы с двумя эндотермическими пиками (в некоторых случаях пиков больше двух): низкотемпературным в интервале 200—400°C и высокотемпературным в интервале 500—850°C. Типичная дериватограмма приведена на рис. 2. Низкотемпературный эффект интерпретируется как результат потери перлитовой воды, высокотемпературный считается связанным с полиморфными превращениями минералов.

На дериватограммах изученных нами образцов, как это видно на рис. 1, имеются как эндо- так и экзотермические эффекты, причем в некоторых случаях низкотемпературные эндотермические пики совсем не проявлены. Следует отметить, что термические эффекты не сопровождаются изменениями интенсивности потери веса обсидианов и перлитов с невысоким содержанием воды. В то же время в перлитах с большим содержанием воды (4—5%) в некоторых случаях на кривых потери веса отмечаются перегибы симбатно с термическими эффектами [7].

Потеря воды начинается почти с самого начала нагревания образца и продолжается до 1000°C, хотя и происходит с разной интенсивностью. Тепловые же эффекты, проявленные на кривых ДТА, локализованы. Поэтому связывать их непосредственно с потерей воды, по-видимому, нельзя. Наличие эндо- и экзотермических эффектов в большинстве случаев трудно объяснить полиморфными превращениями минералов ввиду большого разброса температур пиков. Вероятнее всего, тепловые эффекты, фиксируемые на дериватограммах, являются результатом целого ряда процессов, происходящих при дегидратации. Так, эндотермические эффекты могут быть вызваны нарушением и перестройкой структуры стекла при нагревании, например разрывом микровакуолей [8], частичным вспучиванием стекла при температурах выше 850°C [9], появлением жидкой фазы при температурах порядка 900°C.

<sup>(1)</sup> Измерения выполнены в лаборатории КИМСа Ц. Георгадзе.



Сложнее понять природу экзотермических эффектов. Исследованные обсидианы рентгеноаморфны, поэтому трудно говорить о наличии полиморфных превращений минералов, однако не исключено, что происходящее при нагревании упорядочение структуры стекла является экзотермическим процессом. О таком упорядочении, по-видимому, говорит сжатие стекла в определенных температурных интервалах при его нагревании [9].

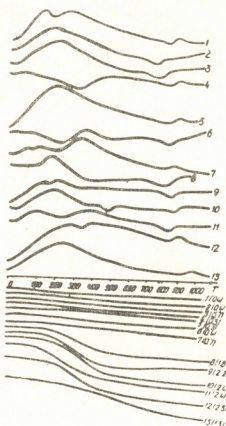
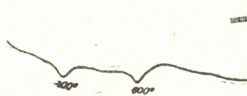


Рис. 1. Дериватограммы (ДТА и ТГ) обсидианов и перлитов Закавказья: 1, 2, 3—обсидианы; 8,9—перлиты Гегамского нагорья; 4, 5, 6, 7—обсидианы; 10, 11, 12, 13—перлиты Параванского месторождения, цифры в скобках — потери веса, %

Как показывает изучение ИК-спектров, при нагревании происходит некоторое перераспределение типов молекулярной воды, а именно уменьшение доли подвижной воды (полоса  $3000\text{ см}^{-1}$ ) и увеличение доли прочно связанной с каркасом стекла воды (полоса  $3400\text{ см}^{-1}$ ) [10]. Это, по-видимому, частично объясняется тем, что вскрытие вакуолей при нагревании образца не вызывает мгновенного удаления воды, так как при этом происходит увеличение активной поверхности стекла, на которой адсорбируются гидроксильные группы и молекулы

Рис. 2. Пример типичной дериватограммы кислого вулканического стекла (ДТА)



воды. Кроме того, вследствие неравномерного распределения воды в стекле может происходить втягивание ее в соседние микропоры и капилляры, насыщение которых для данной температуры не достигло предела. При этом возможно образование водородных связей с поверхностным гидроксильным слоем, что, как известно, является экзотермическим процессом. Такое объяснение, однако, в большей степени относится к низкотемпературным экзотермическим эффектам на кривых ДТА.

Все эти факты указывают на то, что при нагревании кислых вулканических стекол происходит целый ряд процессов, которые проявляются на дериватограммах. Поэтому к использованию последних для решения геологических вопросов надо подходить осторожно. Это относится, в частности, к вопросу о генетической принадлежности перлитов. Их подразделяют на первичные, если перлиты образова-





лись при гидратации расплава непосредственно после извержения, и вторичные, если они возникли при гидратации твердого стекла [11]. В классификации, предложенной В. В. Наседкиным, одним из критериев отнесения перлитов к первичным является присутствие на дериватограммах (на кривых ДТА) двух эндотермических пиков в температурных интервалах 100—200 и 500—600°, а к вторичным — одного пика при температурах 300—450°C. Перлиты как Параванского, так и Армянских месторождений отнесены им к первичным [11].

Полученные нами, а также некоторыми другими исследователями дериватограммы перлитов [12] не согласуются ни с одним из указанных в классификации типов. По нашему мнению, это объясняется сложностью процессов, протекающих при нагревании обсидианов и перлитов, фиксируемых на дериватограммах как суммарные эффекты, которые не всегда можно интерпретировать однозначно. Более определенные выводы можно сделать относительно перлитов с высоким содержанием воды. В этом случае термический эффект, вызванный потерей большого количества воды, перекрывает собой другие, энергетически менее емкие процессы.

Из приведенных данных следует, что наличие или отсутствие высокотемпературного эндотермического пика на дериватограмме не может служить основанием для подразделения стекол на перлитовый и обсидиановый типы, содержащие соответственно только низко- или высокотемпературную воду [2, 6].

Кавказский институт  
минерального сырья  
им. А. А. Гвалчрелидзе

(Поступило 26.3.1982)

გეოლოგია

ზ. რაკანტი

სამიკავკასიის მუხამე ვულკანური მინების შესწავლა  
დერივატოგრაფიული მეთოდით

რეზიუმე

მოყვანილია ამიერკავკასიის მუხამე ვულკანური მინების დერივატოგრაფიული განხილულია მათი გახურების დროს მიმდინარე პროცესები. დერივატოგრაფიულ ფიქსირებული ენდო- და ეგზოთერმული პიკები ასახვენ ამ პროცესების ჯამურ ენერგეტიკულ ეფექტს.

GEOLOGY

Z. I. RAKANT

INVESTIGATION OF TRANSCAUCASIAN ACID VOLCANIC GLASSES  
BY THE METHOD OF THERMAL ANALYSIS

Summary

The thermal curves of Transcaucasian acid volcanic glasses are presented and the processes occurring at their heating are discussed. The exo- and endothermal extrema of the curves reflect the bulk energetic effect of the processes involved.

## ՏՐՈՒՆԴԱԿՆԵՐ — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. Я. Алибегашвили, Л. Г. Рцхиладзе. Перлиты. М., 1981.
2. С. Г. Карапетян. Особенности строения и состава новейших липаритовых вулканов Армянской ССР. Ереван, 1972.
3. С. Г. Карапетян, Б. М. Меликсетян. Сб. «Перлиты». М., 1981.
4. В. В. Наседкин. Труды ИГЕМ АН СССР, вып. 98, 1963.
5. Н. В. Белов и др. Физико-химический анализ. Новосибирск, 1963.
6. М. А. Кашкай, А. И. Мамедов. Перлиты и обсидианы. Баку, 1961.
7. Н. И. Сергеев. Сб. «Перлиты». М., 1981.
8. А. И. Горшкови др. Сб. «Перлиты». М., 1981.
9. Вл. П. Петров. Сб. «Перлиты». М., 1981.
10. Т. А. Зиборова. Сб. «Перлиты». М., 1981.
11. В. В. Наседкин. Сб. «Перлиты». М., 1981.
12. В. Р. Израелян. Сб. «Перлиты». М., 1981.

ზ. ჭუთელია

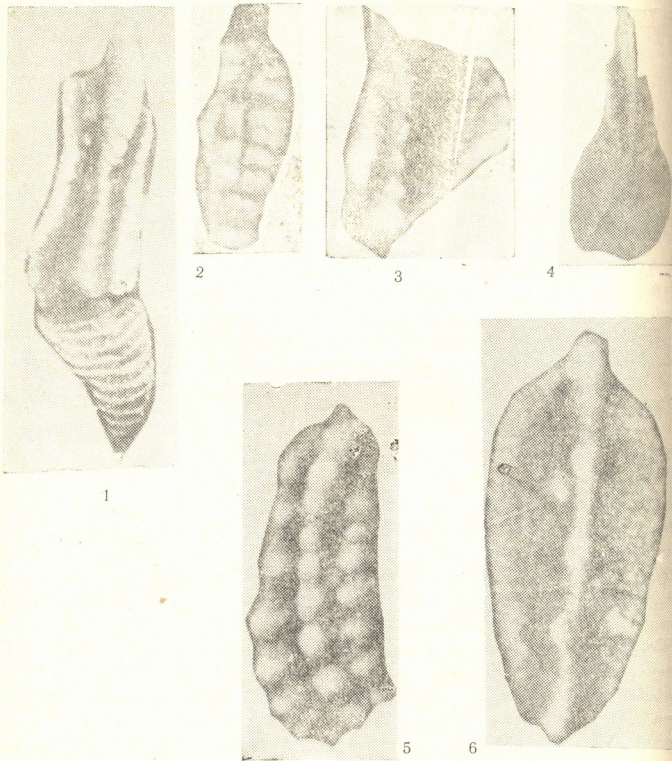
## ახალი მონაცემები დიზის სერიის სტრატობრაფიის შესახებ (სვანეთი)

(წარმოდგინა აკადემიკოსმა ლ. გაბუნამ 20.7.1982)

დიზის სერია, რომელიც შიშვლდება კავკასიონის სამხრეთ ფერდზე ორი, კულისებურად განლაგებულ ანტიკლინორიუმის გულში, მდინარე ენგურისა და ცხენისწყლის ხეობებში, წარმოადგენს საკმაოდ ერთფეროვან, დიდი სიმძლავრის თიხიან-ქვიშიან ფორმაციას, ვულკანიტების, სილიციტების და კარბონატული ქანების იშვიათი ლინზებითა და შუაშრეებით. სერია ინტენსიურად დისლოცირებული და მეტამორფიზებულია (კონტაქტური და რეგიონული მეტამორფიზმი), ფაუნით ღარიბი, ცუდად გაშიშვლებული; რელიეფი ძლიერ დანაწევრებულია. ყოველივე ამას ემატება სამარკირებო ჰორიზონტების არარსებობა, რაც ართულებს ამ ნალექების სტრატობრაფიის და ტექტონიკის შესწავლას.

სვანეთში ფაუნისტურად დახასიათებული პალეოზოოური პირველად გამოჰყო გ. აგალინმა 1930 წ., როცა ე. წ. მეტამორფული ფიქლების წყებაში იპოვა კარბონული ფაუნა. ამან დასაბამი მისცა დიზის სერიის ინტენსიურ შესწავლას და მისი სტრატობრაფიისა და სტრუქტურის გარკვევას. სტრომატოპორატების, ფუზულინიდების და მარჯნების ფაუნის საშუალებით ამ სერიაში სხვადასხვა დროს გამოყოფილ იქნა შუა-ზედადევონური, ქვემოკარბონული (ვიზეური), შუაკარბონული (ბაშკირულ-მოსკოვეური) ქვედაპერმული (საკმარული) და ზედაპერმული ასაკის ნალექები [1,2]. აღსანიშნავია, რომ მთელი ის ფაუნისტური ნაშთები, რაც კი სერიის გავრცელების არეში იქნა ნაპოვნი, უკავშირდება კირქვის ან გამარმარილოებული კირქვის ლინზებს. ეს თავის მხრივ ქმნის გარკვეულ სიძნელეებს, რამეთუ საჭიროა დამატებითი კვლევის ჩატარება იმის გამოსარკვევად, ადგილზეა ეს ლინზა თუ გადაადგილებული. არსებული სტრატობრაფიული მონაცემების საფუძველზე სხვადასხვა დროს იქმნებოდა სტრატობრაფიული თუ ტექტონიკური სქემები, რომელთაგან დღეისათვის აქტუალურია ორი [1,2]. ეს უკანასკნელნი ერთმანეთისაგან საკმაოდ განსხვავდებიან და ამის გამო ავტორებს სხვადასხვა მოსაზრება აქვთ სერიის სტრუქტურისა და ფორმირების ტექტონიკურ პირობებზე, რაც თავის მხრივ იწვევს აზრთა სხვადასხვაობას სამხრეთი ფერდის პალეოზოოურ-ტრიასული და იურული კომპლექსების ურთიერთდამოკიდებულებაზე. ყოველივე ამის გამო დღის წესრიგში დადგა სერიის უფრო დეტალური ფაუნისტური შესწავლის საკითხი, რისთვისაც გამოყენებულ იქნა კონოდონტური ანალიზის მეთოდი. ამ მიზნით ჩვენ დავსინჯეთ დიზის სერიაში არსებული კირქვისა და მარმარილოს ლინზები, კარბონატული ფიქლები და სილიციტები. კონოდონტური კომპლექსები ვიპოვეთ ბაკილდის ქედის სამხრეთ ფერდზე, მდ. გვაშხარის ხეობასა და მწვ. კირარის ჩრდილო პერიფერიაზე. ცალკეული ეგზემპლარების გამოყოფა მოხერხდა მდ. ლენურის, ხუმიფრერის და ლაილას ხეობებში. ბაკილდის ქედის სამხრეთ ფერდზე, წითელი კა-

უიანი ფიქლებისა და რადიოლარიტების დასტიდან გამოვყავით  
*Gondolella* cf. *donbassica* Koz., *Neognathodus* aff. *roundy* Cunnell., *Idiognathoides*  
 cf. *sinuatus* Harris at Hollingsworth., *Idiognathodus* sp.



ტაბულა I

1. *Polygnathus linguiformis linguiformis* Chatterton, ეგზ. 60 11,  
 მ. კირაბი, ნიმუში 20, X 30
2. *Idiognathodus* sp., ეგზ. 60 1, სოფ. ყვანა, ნიმ. 15, X 30
3. *Polygnathus* cf. *serotinus* Telford, ეგზ. 60 22, მდ. გვაშხარა,  
 ხიმ. 18, X 20
4. *Siphonodella crenulata* Cooper, ეგზ. 60 37, მ. კირაბი, ნიმ. 51,  
 X 40
5. *Polygnathus* cf. *laticostatus* Klapper, მდ. გვაშხარა, ნიმ. 60, X 50
6. *Gondolella donbassica* Koz., ეგზ. 60 6, სოფ. ყვანა, X 40

ეს კომპლექსი მკაფიოდ მიგვანიშნებს შემცველი ქანების შუაკარბონულ  
 ასაკზე კერძოდ, ეს არის ინტერვალი მოსკოვური სართულის კამირულ  
 და პოდოლსკის პორიზონტის ქვედა ნაწილებს შორის. მდ. გვაშხარას

ხეობაში, მუქი ნაცრისფერი სილიციტების დასტიდან გამოყოფილმა კომპლექსმა—*Polygnathus cf. serotinus* Telford., *Polygnathus angustipennatus* Bishoph at Ziegler, *Polygnathus cf. laticostatus* Klapper et Johnson, *Polygnathus cf. costatus* Klapper, *Polygnathus sp.* საშუალება მოგვცა დაგვეთარიღებინა შემცველი ქანები კონოლონტური ზონების *Polygnathus costatus patulus*—*Polygnathus costatus costatus* ინტერვალში, რაც შეესაბამება ეიფილური სართულის ქვედა ნაწილებს. მთა კირარის ჩრდილო ფერღზე, შავი, მკვრივი კაყების შუაშიდან ნაპოვნია კომპლექსი *Siphonodella crenulata* Cooper, რის საფუძველზეც ტრილის ეს ნაწილი თარიღდება როგორც ქვედატურნეულის ზედა ნაწილი. უფრო ჩრდილოეთით, ამავე ფერღზე, ასევე შავი რადიოლარიტებიდან გამოყოფილია *Polygnathus angustipennatus* Bishoph at Ziegler, ხოლო გამარმარილოებული კირქვის ლინზიდან — *Polygnathus Linguiformis Linguiformis* Chatt., რაც შესაბამისად მიუთითებს შემცველი ქანების ეიფელურ და ზედაემსურ—ქვედაეიფელურ ასაკზე. ცალკეული ეგზემპლარების გამოყოფა-პრეპარაცია დაკავშირებულია ძირითადად კირქვის ან მარმარილოს ლინზებთან. მდ. ლეშნურის და ზუმფერის შესართავთან არსებული მარმარილოს ლინზიდან გამოყოფილია ფორმა *Panderodus sp.*, რომელიც გვხვდება ფართო ინტერვალში ორდოვიციულიდან ქვედადეკონურის ჩათვლით. გავრცელების ფართო დიაპაზონი აქვს მეორე ფორმას *Adetognathus gigantus* Gunnell, რომელიც ნაპოვნია უფრო ჩრდილოეთით, აღნიშნული მდინარეების შესართავთან, მოპირდაპირე მხარეს — შუაკარბონული — ქვედაპერმული.

ამრიგად, კონოლონტების აღმოჩენის და მათი შესწავლის შედეგად მნიშვნელოვნად დაზუსტდა ღიზის სერიის სტრატეგრაფია: პალეონტოლოგიურად არის დასაბუთებული შუადეკონურზე ძველი [? ორდოვიციული — ქვედადეკონური], ტურნეული და შუაკარბონული ნალექები; უფრო დეტალურად დაწილდა შუადეკონური და ვიზეური ნალექები; ამავე დროს გაიზარდა საყრდენი ბიოსტრატეგრაფიული წერტილების რაოდენობა, რის შედეგად საშუალება გვექნება უკეთ გავშიფროთ ღიზის სერიის ტექტონიკური აგებულება.

კონოლონტების, აგრეთვე სილიციტებში აღმოჩენილი რადიოლარიების მიხედვით საშუალება მოგვცა ახლებურად მივუღვეთ ღიზის სერიის ფაციესური ანალიზის საკითხებს. კერძოდ, საფუძველი გვაქვს ვიფიქროთ, რომ ნალექდაგროვება ხდებოდა ღრმა ზღვის პირობებში. ამავე დროს უხეში ტერიგენული მასალის არსებობა რადიოლარიტებთან მორიგეობაში უნდა მიუთითებდეს ნაპირის და გადარეცხვის არეების სიახლოვეზე, ის ფაქტი, რომ ღიზის სერიის კონგლომერატების, გრაველიტების და ქვიშაქვების შემადგენლობაში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ამავე სერიის ამგები ქანების გადანარევი მასალა, მიუთითებს კონტრასტულ რელიეფზე — ღრმა აუზების ფარგლებში კუნძულების არსებობაზე. რაც შეეხება კარბონატულ ქანებში კონოლონტების სიღარიბეს — ეს კირქვების ბიოჰერმულ ხასიათზე უნდა მეტყველებდეს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ა. ჯანელიძის სახ.

გეოლოგიური ინსტიტუტი

З. А. КУТЕЛИЯ

## НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО СТРАТИГРАФИИ ДИЗСКОЙ СЕРИИ (СВАНЕТИЯ)

Резюме

Из кремнистых сланцев, силицитов и карбонатных пород дизской серии впервые выделены комплексы конодонтов, на основании которых существенно уточнена стратиграфия этих отложений: установлено наличие ордовика? — нижнего девона, турне и среднего карбона; более детально расчленены отложения среднего девона и визе.

GEOLOGY

Z. A. KUTELIA

## NEW DATA ON THE STRATIGRAPHY OF DIZI SERIES (SVANETI)

Summary

Conodont complexes have been identified for the first time in the siliceous shales, silicides and carbonaceous rocks of the Dizi series. This has permitted a precise determination of the stratigraphy of the indicated deposits. The presence of Ordovician (?)-Lower Devonian, Tournaisian and Middle Carboniferous is demonstrated; the Middle Devonian and Viséan deposits have been differentiated in greater detail.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Ш. А. Адамия. Доюрские образования Кавказа. Тбилиси, 1968.
2. М. Л. Сомин. Доюрское основание Главного хребта и южного склона Большого Кавказа. М., 1971.

ГИДРОГЕОЛОГИЯ

Н. С. ВАРДЕЛАШВИЛИ, Т. В. ГОЛУБ, Г. Г. АРЕШИДЗЕ,  
Т. Г. КЕКЕЛИШВИЛИ, Н. Д. ГАРСЕВАНИШВИЛИ

РАДИОИЗОТОПНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД  
ДИГОМИ-САБУРТАЛИНСКОЙ ДЕПРЕССИИ (г. Тбилиси)

(Представлено членом-корреспондентом Академии И. М. Буачидзе 24.6.1982)

Изучение специфических радиоизотопных аномалий, имеющих четкое выражение в виде определенных вариаций, и характера распределения элементов в подземных водах способствует выявлению изменений глубинных процессов и уточнению генезиса вод.

В качестве радиоизотопных индикаторов этих процессов в термальных водах Дигоми-Сабурталинской депрессии нами использованы радиоактивные элементы уранового ряда ( $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^4\text{He}$ ) стабильный и радиоактивный изотопы водорода ( $^2\text{H}$ ,  $^3\text{H}$ ) и гидрохимические компоненты ( $\text{CO}_3^{-2}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{PH}$ ,  $\text{Eh}$ ). Режимные наблюдения над концентрациями исследуемых элементов проводились в термальных скважинах Лиси № 5 и Сабуртало № 1, водоносный комплекс которых залегает на глубине

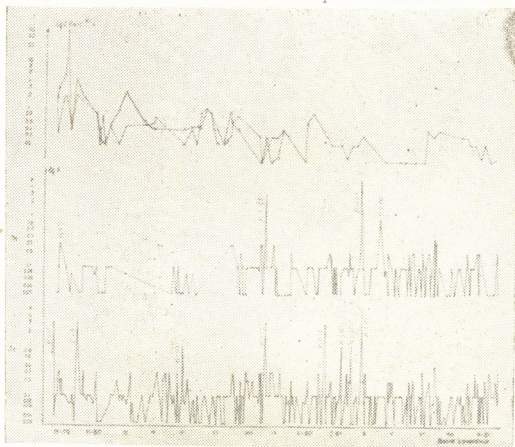


Рис. 1. Зависимость изменения содержания радия во времени в термальных скважинах Лиси № 5 и Сабуртало № 1 от сейсмической активности: — скв. Лиси № 5,  $\Delta$  — скв. Сабуртало № 1

1900—2800 м и представлен песчаниками, аргиллитами и туфитами нижнего эоцена, сцементированными хлоритизированным, пелитизированным и окварцованным вулканическим стеклом [1].

Не имея гидравлической связи с поверхностными водами региона, исследуемые воды при стабильной минерализации представляют собой сильнощелочные, сероводородные, карбонатно-хлоридные воды с постоянным катионным составом с превалированием щелочных элементов [2].

Радиоизотопные, гидрохимические и гидрогеологические характеристики термальных вод Дигони-Сабурталинской депрессии

Источники	Химический состав					PH	Eh	$^2\text{H}\%$	$^3\text{H}\cdot 10^{-11}$ к/л*	$\text{H}_2\text{S}$ мг/л
Лиси № 5	$M_{0,4} \frac{\text{CO}_3^{-2}55,6 \text{ Cl}^{-}27,8 \text{ H}_3\text{SiO}_4^{-}6,3 \text{ SO}_4^{-2}4,7}{\text{Na}^{+}73,2 \text{ Mg}^{+2}8 \text{ K}^{+}2,4 \text{ Fe}^{+2}1,6}$					9,6	-253	-107,2	2,30	4,40
Сабуртало № 1	$M_{0,3} \frac{\text{CO}_3^{-2}42 \text{ Cl}^{-}42 \text{ H}_3\text{SiO}_4^{-}5,3 \text{ SO}_4^{-2}5,3}{\text{Na}^{+}85,6 \text{ Ca}^{+2}10 \text{ K}^{+}2,5 \text{ Fe}^{+2}1,8}$					9,7	-211	-91,5	6,10	4,20
Источники	$^{238}\text{U}$ $\cdot 10^{-8}$ г/л	$^{226}\text{Ra}$ $\cdot 10^{-11}$ г/л	$^{222}\text{Rn}$ $\cdot 10^{-10}$ к/л	$^{210}\text{Pb}$ $\cdot 10^{-14}$ к/л	$^4\text{He}$ $\cdot 10^{-9}$ мг/л	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}^{**}$	t°C	$\frac{\text{Глубина скважины}}{\text{Глубина водосносного горизонта}}$	Водоносный комплекс	
Лиси № 5	3,20	0,43	11,96	1,22	19,50	$1,98 \pm 0,08$	58	$\frac{2250}{1908-2180}$	Аргиллиты, мергели. Нижний эоцен	
Сабуртало № 1	2,00	1,42	4,20	6,80	182,00	$1,85 \pm 0,09$	65	$\frac{2868}{2150-2860}$	Глины, туфы песчанки. Нижний эоцен	

\* Тритий измерен в ядерно-физической лаборатории Института физики АН ГССР.

\*\* Изотопный состав урана измерен в радиометрической лаборатории Института физики и математики АН КиргССР.



Щелочно-сероводородный геохимический барьер термальных вод ограничивает миграцию  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  и сопутствующих урану элементов [3], тогда как  $^{222}\text{Rn}$  и  $^4\text{He}$ , элементы нулевой группы, свободно мигрируют из породы.

Результаты радиоизотопных исследований, приведенные в таблице, указывают, что термальные воды, омывающие однотипный комплекс пород, характеризуются сходным химическим составом, однако различаются между собой как содержанием урана, продуктов его распада, дейтерия и трития, так и  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{PH}$  и  $\text{Eh}$ .

При существующих геохимических условиях определенный интерес представляют результаты режимных наблюдений над содержанием  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^4\text{He}$  и гидрохимическими компонентами в термальных скв. Лиси № 5 и Сабуртало № 1. Из графиков (рис. 1, 2) следует, что в термальных скв. Лиси № 5 и Сабуртало № 1 наблюдаются вариации в концентрации исследуемых компонентов. Однако уровень этих вариаций в гидротерме Сабуртало № 1 больше, чем в Лиси № 5.

Различия в уровнях вариаций  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^4\text{He}$  и других радиоизотопных параметров дают возможность предполагать, что скв. Лиси № 5 и Сабуртало № 1 обводняются по-разному. В водоносном горизонте, находящемся для термальной скв. Сабуртало № 1 на глубине 2150—2860 м, т. е. значительно глубже, чем водоносный горизонт для скв. Лиси № 5 (1908—2180 м), смешиваются воды более глубоких горизонтов. Затрудненный водообмен между этими горизонтами [3] ограничивает перераспределение вод, в результате чего не происходит уравнивание концентрации радиоизотопов. Интенсивный водообмен при смешивании, видимо, приводит к более активному вымыванию из пород радия и гидрохимических компонентов, чем гелия, который как инертный газовый компонент, привнесенный из глубин, продолжает пульсировать.

Поскольку вариации радиоизотопных показателей можно связать с изменением сейсмической активности региона [4—7], то мы попытались найти корреляцию между этими параметрами в радиусе 25, 50 и 100 км с площадью  $S_1=1960$ ,  $S_2=7850$  и  $S_3=31400$  км<sup>2</sup>. При изучении корреляционных зависимостей пользовались нормированной сейсмической активностью  $A$ , т. е. плотностью землетрясений определен-

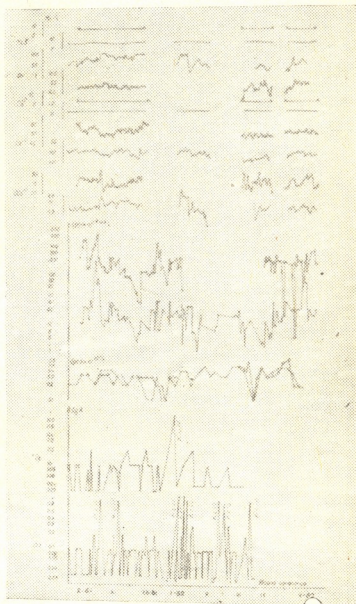


Рис. 2. Зависимость изменения содержания радия, гелия и гидрохимических компонентов во времени в термальных скважинах Лиси № 5 и Сабуртало № 1 от сейсмической активности: — скв. Лиси № 5, — скв. Сабуртало № 1



ного фиксированного энергетического класса, отнесенного к единице площади и времени (в нашем случае единица площади — 1000 км<sup>2</sup>, а времени — 1 сутки). Нормирование проводили на  $K=10$  по графику повторяемости [8]. На площади  $S_1$  плотность наблюдаемых землетрясений за период 1979—1982 гг. настолько мала, что корреляционную зависимость между сейсмической активностью  $A$  и концентрацией  $C$   $^{226}\text{Ra}$  и  $^4\text{He}$  не удалось выявить. Как следует из графиков, для площадей  $S_2$  и  $S_3$  корреляция между этими параметрами не наблюдается, коэффициент корреляции, вычисленный по регрессии, равен нулю.

На основании полученных результатов можно констатировать, что изменение напряженно-деформированного состояния в среде приводит в регионе к смешиванию более глубоких вод с термальными и неравномерному привносу  $^{226}\text{Ra}$  и  $^4\text{He}$ . В связи с затрудненным водообменом между водоносными горизонтами скв. Лиси № 5 и Сабуртало № 1 на изменение концентрации радиоизотопов активнее реагирует скв. Сабуртало № 1.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт геофизики

(Поступило 25.6 1982)

ჰიდროგეოლოგია

ბ. ვარდელაშვილი, ტ. ვოლუბი, გ. არეშიძე, თ. კეკელიშვილი,  
ბ. გარსევანიშვილი

საბურთალო-დიგომის დეპრესიის თერმული წყლების  
რადიოიზოტოპური მახასიათებლები

რეზიუმე

რადიოიზოტოპური მონაცემების საფუძველზე გამოტყეულია მოსაზრება საბურთალო-დიგომის დეპრესიის თერმული წყლების (ლისი № 5 და საბურთალო № 1) გენეზისის შესახებ.

HYDROGEOLOGY

N. S. VARDZELASHVILI, T. V. GOLUB, G. G. ARESHIDZE,  
T. G. KEKELISHVILI, N. D. GARSEVANISHVILI  
RADIOISOTOPIC CHARACTERISTICS OF THERMAL WATERS IN  
THE SABURTALO-DIGOMI DEPRESSION

Summary

On the basis of the radioisotopic data of depressive thermal waters in the Saburtalo-Digomi area a suggestion is made on the genesis of Lisi 5 and Saburtalo 1 wells.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. С. Вардзелашвили, А. Л. Хуцаидзе, Г. Г. Арешидзе. Сообщения АН ГССР, 99, № 2, 1980.
2. Н. С. Вардзелашвили, Г. Г. Арешидзе, М. Ш. Кавиладзе. Изотопные и радиометрические методы при поисках и разведке подземных вод. Киев, 1981.
3. Н. С. Вардзелашвили, Г. Г. Арешидзе, А. Л. Хуцаидзе. Сообщения АН ГССР, 107, № 2, 1982.
4. Ю. П. Булашевич, А. И. Чалов, Т. В. Тузова, В. М. Алехина, К. И. Меркулова, И. А. Светличная. Изв. АН СССР, сер. Физика Земли, 1, 1976.
5. В. С. Приходко, В. В. Гудзенко. Геол. ж., т. XXXVI, вып. 2, 1976.
6. П. И. Чалов, Т. В. Тузова, В. М. Алехина, К. И. Меркулова, И. А. Светличная. Изв. АН СССР, сер. Физика Земли, 9, 1976.
7. Т. В. Тузова, В. М. Алехина, П. И. Чалов. Изв. АН КиргССР, 1, 1977.
8. Э. А. Джибладзе. Энергия землетрясений, сейсмический режим и сейсмо-тектонические движения Кавказа. Тбилиси, 1980.



УДК 622.23.054.54

РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ОБОГАЩЕНИЕ

З. Ш. КЕКЕЛИДЗЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА ВРАЩЕНИЯ ПОВОРОТНЫХ РЕЗЦОВ ТИПА РКС

(Представлено академиком А. А. Дзидзигури 24.12.1981)

Детальное изучение свыше 2,5 тыс. отработанных резцов РКС-1 из разных угольных бассейнов страны позволяет сделать вывод, что более 50% резцов изнашиваются равномерно, так как они вращаются вокруг своей оси; в остальных же случаях наблюдается односторонний износ [1]. Последнее приводит к перегрузкам проходческого комбайна и снижает производительность машины.

Таким образом, задача обеспечения вращения резца при резании пород является весьма актуальной. В первую очередь необходимо установить причины и условия, обеспечивающие поворот резца вокруг своей оси в процессе взаимодействия с разрушаемой средой с резцедержателем. Вопрос об установлении условий вращения поворотных резцов с коническим керном как с углем, так и с породой уже изучался в КузПИ и в ИГД им. А. А. Скочинского [2]. Однако следует отметить, что ранее предложенные зависимости для определения моментов вращения, способствующих вращению резца, базировались на ошибочном представлении ряда влияющих факторов и полученные зависимости, как показал анализ, дают завышенные значения.

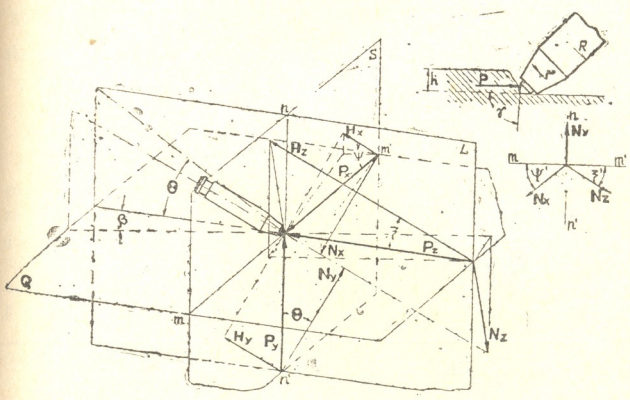


Рис. 1. Схема сил, действующих на поворотный резец

На рис. 1 представлена схема сил, действующих на поворотный резец типа РКС.



Разложим усилия резания  $P_z$ , подачи  $P_y$  и боковое  $P_x$  на составляющие, параллельные ( $H_z, H_y, H_x$ ) и перпендикулярные ( $N_z, N_y, N_x$ ) продольной оси реза.

Сумма моментов сил  $\Sigma M$ , т. е. момент вращения  $M_{вр}$ , действующих на резец, относительно оси его вращения определяется в виде

$$\Sigma M = M_{вр} = M_{кр} - M_c = \Sigma N_i r - (\Sigma H_i r + \Sigma N_i R) \mu, \quad (1)$$

где  $M_{кр} = \Sigma N_i r$ —крутящий момент в точке приложения усилий на головке керна, Нм;  $M_c = (\Sigma H_i r + \Sigma N_i R) \mu$ —момент сопротивления вращению реза в резцедержателе, Нм;  $\Sigma N_i, \Sigma H_i$ —сумма сил, действующих соответственно перпендикулярно и параллельно оси реза, Н;  $\mu$ —коэффициент трения скольжения для пары трущихся поверхностей;  $R$ —радиус цилиндрической части державки реза, м;  $r$ —радиус головки керна, к которому приложена результирующая осевая сила, м.

Величину указанного радиуса можно подсчитать по формуле

$$r = \frac{kh \sin \gamma/2}{\sin(\Theta + \gamma/2)}, \quad (2)$$

где  $k \leq 1$  — коэффициент, учитывающий место приложения нагрузок к керну и определяется графо-аналитическим способом в зависимости от толщины стружки  $h$ ;  $\gamma$ —угол заострения керна, град;  $\Theta$ —угол атаки реза, град.

Учитывая, что 80—85% усилий воспринимается керном, радиус приложения нагрузок  $r$ , в выражении (2) определяется радиусом керна и не может превышать его.

После некоторых преобразований слагаемые в формуле (1) можно представить в виде

$$\Sigma N_i = \sqrt{(N_y - N_z \sin \xi' - N_x \sin \psi')^2 + (N_x \cos \psi' - N_z \cos \xi')^2}, \quad (3)$$

$$\Sigma H_i = H_z + H_y + H_x, \quad (4)$$

где

$$N_z = P_z \sin \xi; \quad N_y = P_y \cos \Theta; \quad N_x = P_x \sin \psi;$$

$$N_z = P_z \cos \xi; \quad H_y = P_y \sin \Theta; \quad H_x = P_x \cos \psi;$$

$$\xi = \arccos(\cos \Theta \cos \beta); \quad \psi = \arccos(\cos \Theta \sin \beta);$$

$$\xi' = \arccos(\sin \beta / \sin \xi); \quad \psi' = \arccos(\cos \beta / \sin \psi);$$

$\xi, \xi', \psi, \psi'$ —пространственные углы, град;  $\beta$ —угол разворота реза в горизонтальной плоскости, град.

С учетом значений (2), (3), (4) и после некоторых преобразований получим итоговое значение момента вращения  $M_{вр}$

$$M_{вр} = \sqrt{\left( P_y \cos \Theta - P_z \sin[\arccos(\cos \Theta \cos \beta)] \sin \left\{ \arccos \frac{\sin \beta}{\sin[\arccos(\cos \Theta \cos \beta)]} \right\} - P_x \sin[\arccos(\cos \Theta \sin \beta)] \sin \left\{ \arccos \frac{\cos \beta}{\sin[\arccos(\cos \Theta \sin \beta)]} \right\} \right)^2 + (P_x \cos \beta - P_z \sin \beta)^2} \cdot \left( \frac{kh \sin \gamma/2}{\sin \Theta + \gamma/2} - R \mu \right) - (P_z \cos \Theta \cos \beta + P_y \sin \Theta + P_x \cos \Theta \sin \beta) \cdot \frac{\mu kh \sin \gamma/2}{\sin(\Theta + \gamma/2)}. \quad (5)$$



Таким образом, получена зависимость для определения момента вращения  $M_{вр}$ . Последнее может быть также определено из следующей зависимости (второй закон Ньютона для вращательного движения)

$$M_{вр} = J\varepsilon = \frac{mR^2}{2} \cdot \frac{d^2\varphi}{dt^2}, \quad (6)$$

где  $J = \frac{mR^2}{2}$  — момент инерции тела (с известным допущением резец типа РКС можно представить как цилиндрическое тело),  $кгм^2$ ;

$\varepsilon = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$  — угловое ускорение,  $с^{-2}$ ;  $m$  — масса резца,  $кг$ ;  $R$  — радиус цилиндрической части державки резца,  $м$ ;  $\varphi$  — угол поворота резца вокруг оси (фиксируется на осциллограммах с помощью потенциометра),  $град$ ;  $t$  — время поворота резца,  $сек$ .

Сопоставление мгновенных значений моментов вращения, определенных по формулам (5) и (6), показало их хорошую сходимость (рис. 2).

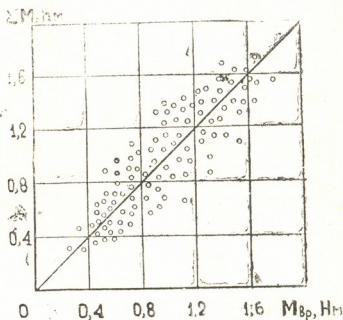


Рис. 2. Сопоставление мгновенных значений моментов вращения, определенных по формулам (5) и (6)

Анализируя формулу (5), приходим к заключению, что условия поворота резца улучшается при увеличении толщины срезаемой стружки  $h$ , угла заострения зерна  $\gamma$ , абсолютных значений всех составляющих усилий резания  $P_z$ ,  $P_y$  и  $P_x$ , которые возрастают с увеличением крепости разрушаемой породы. Угол разворота  $\beta$ , угол атаки  $\Theta$  в частных случаях могут как улучшать, так и ухудшать условия поворота резца вокруг своей оси.

В заключение следует отметить, что полученная зависимость (5) позволяет установить те причины и условия работы, которые приводят к увеличению поворота резца типа РКС вокруг своей оси.

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



ზ. კეკელიძე

მბრუნავი მომენტის განსაზღვრა PKC ტიპის მობრუნებადი  
საჭრისებრისათვის

რეზიუმე

ჩატარებულია PKC ტიპის მობრუნებადი საჭრისების თვითბრუნვის პირობების ანალიზი. განსაზღვრულია ქანების ჭრის დროს PKC ტიპის საჭრისების საკუთარი ღერძის ვარშემო ბრუნვისათვის საჭირო მბრუნავი მომენტის საანგარიშო ფორმულა.

EXPLOITATION OF DEPOSITS AND CONCENTRATION

Z. Sh. KEKELIDZE

DETERMINATION OF THE TORQUE OF PKC-TYPE ROTARY  
CUTTERS

Summary

The autorotation conditions of PKC-type rock-cutting tools are analyzed. A design formula has been obtained for determining the torque of PKC-type rotary cutters in the process of rock cutting.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. Н. Мельников, В. В. Курбатов, З. Ш. Кекелидзе. Науч. сообщ. ИГД им. А. А. Скочинского, вып. 166. М., 1978.
2. Ю. Г. Коняшин. Науч. сообщ. ИГД им. А. А. Скочинского, вып. 166, М., 1978.



УДК 669.018.8

МЕТАЛЛУРГИЯ

Ф. Н. ТАВАДЗЕ (академик АН ГССР), З. Ш. ОКРОСЦВАРИДЗЕ,  
 Л. Ф. ТАВАДЗЕ, Ц. Г. ХАРАШВИЛИ, Э. З. ДОЛИАШВИЛИ,  
 К. В. БАРНОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КРЕМНИЯ, МОЛИБДЕНА, МЕДИ  
 И НИОБИЯ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ СТАЛИ 03X18H20 ПОСЛЕ  
 ПРОВОЦИРУЮЩЕГО ОТЖИГА

Коррозионная стойкость сталей и сплавов определяется не только их химическим, но в значительной степени и фазовым составом. Выделение избыточных фаз в структуре сталей и сплавов при термообработке и сварке часто приводит к снижению общей коррозионной стойкости, возникновению межкристаллитной и структурно-избирательной коррозии. Современные нержавеющие стали, кроме основных легирующих элементов (хрома и никеля) для улучшения коррозионной стойкости в различных агрессивных средах, часто содержат также кремний, молибден, медь и ниобий. Перечисленные элементы по-разному влияют на фазовый состав сталей. В данной работе было исследовано влияние кремния, молибдена, меди и ниобия на фазовый состав хромоникелевой аустенитной стали 03X18H20 после отжига при 700°C в течение 10 часов, т. е. в состоянии склонности к межкристаллитной коррозии.

Таблица 1

Химический состав исследуемых сталей

Марочное обозначение сталей	Содержание элементов, % (вес)									
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	Cu	Nb	S	P
03X18H20	0,021	0,22	0,23	18,17	20,10				0,002	0,013
03X18H20Б	0,022	0,24	0,25	18,21	20,11			0,25	0,002	0,012
03X18H20СЗ	0,020	0,26	2,95	18,10	20,17				0,002	0,013
03X18H20СЗБ	0,028	0,24	3,21	18,21	20,00			0,28	0,002	0,015
03X18H20СЗДЗ	0,022	0,21	2,90	17,92	20,05		2,50		0,001	0,013
03X18H20СЗДЗБ	0,028	0,24	3,24	18,17	20,11		2,90	0,25	0,002	0,015
03X18H20МЗ	0,020	0,24	0,25	18,09	20,23	2,87			0,001	0,013
03X18H20МЗБ	0,020	0,22	0,25	18,14	20,17	2,93		0,20	0,002	0,013
03X18H20СЗМЗ	0,020	0,20	2,87	18,11	20,17	2,91			0,002	0,013
03X18H20СЗМЗБ	0,021	0,25	2,95	17,95	19,87	3,11		0,17	0,003	0,013
03X18H20ДЗ	0,022	0,23	0,30	17,97	19,88		2,63		0,002	0,015
03X18H20ДЗБ	0,022	0,25	0,54	17,90	19,95		2,78	0,25	0,002	0,014
03X18H20МЗДЗ	0,021	0,29	0,39	18,00	20,34	2,75	2,51		0,002	0,013
03X18H20МЗДЗБ	0,020	0,32	0,34	17,95	20,11	2,83	2,57	0,23	0,002	0,014

Стали выплавляли в 150 кг индукционной печи из чистых шихтовых материалов. Каждую плавку разливали в 35 кг изложницы с последовательным добавлением кремния, молибдена, меди и ниобия. Слитки ковали, а затем прокатывали на лист толщиной 10 мм. Химический состав исследуемых сталей приведен в табл. 1.

Таблица 2

Результаты дифференциального фазового, химического и рентгеноструктурного анализов анодных осадков, изолированных из исследуемых сталей

Марочное обозначение сталей	Количество фаз, %	Содержание элементов по массе, %						Фазовый состав по данным рентгеноструктурного анализа	Количество фаз, %	Содержание элементов по массе, %			Фазовый состав по данным рентгеноструктурного анализа
		Fe	Cr	Ni	Mo	Si	Cu			Nb	Mo	Ni	
03X18H20	0,20	0,08	0,11	0,01				Cr <sub>23</sub> C <sub>6</sub>					
03X18H20B	0,19	0,04	0,10	0,05				Cr <sub>23</sub> C <sub>6</sub>					Nb (C, N)
03X18H20C3	0,42	0,11	0,15	0,10		0,04		Cr <sub>23</sub> C <sub>6</sub>					
03X18H20C3Б	0,22	0,03	0,13	0,02		0,04		Cr <sub>23</sub> C <sub>6</sub>	0,56	0,49	0,01		Nb (C, N)
03X18H20C3Д3	0,88	0,31	0,33	0,12		0,05	0,05	Cr <sub>23</sub> C <sub>6</sub>					
03X18H20C3Д3Б	0,74	0,10	0,46	0,13		0,05	0,001	Cr <sub>23</sub> C <sub>6</sub>	0,55	0,48	0,01		Nb (C, N)
03X18H20M3	1,36	0,27	0,90	0,12	0,01			Cr <sub>23</sub> C <sub>6</sub> , $\chi$ -фаза					
03X18H20M3Б	0,29	0,10	0,11	0,06	0,01			Cr <sub>23</sub> C <sub>6</sub> , $\chi$ и $\sigma$ фазы	0,16	0,13		0,01	Nb (C, N)
03X18H20C3М3	2,33	0,41	0,70	0,06	0,24	0,35		Cr <sub>23</sub> C <sub>6</sub> , $\chi$ -фаза					
03X18H20C3М3Б	2,65	0,60	0,66	0,70	0,30	0,35		Cr <sub>23</sub> C <sub>6</sub> , $\chi$ и $\sigma$ фазы	0,50	0,27		0,19	Nb (C, N)
03X18H20Д3	0,35	0,10	0,13	0,01				Cr <sub>23</sub> C <sub>6</sub>					
03X18H20Д3Б	0,28	0,10	0,11	0,01				Cr <sub>23</sub> C <sub>6</sub>	0,17	0,15			Nb (C, N)
03X18H20М3Д3	0,47	0,10	0,15	0,11	0,04			Cr <sub>23</sub> C <sub>6</sub> , $\chi$ фаза					
03X18H20М3Д3Б	0,57	0,18	0,18	0,11	0,02			Cr <sub>23</sub> C <sub>6</sub> , $\chi$ и $\sigma$ фазы	0,27	0,22		0,98	Nb (C, N)





Основным режимом термической обработки была закалка в воде от  $1100^{\circ}\text{C}$  + отжиг при  $700^{\circ}\text{C}$  в течение 10 часов, вызывающий склонность данных сталей к межкристаллитной коррозии.

Избыточные фазы выделяли в широко применяемом неводном электролите-81 [1] с добавлением лимоннокислого аммония при плотности тока 0,6 А/М. Природу изолированных фаз определяли рентгеноструктурным анализом в камере РКД-57.

Количество, фазовый и химический состав анодных осадков, выделенных из исследуемых сталей, приведены в табл. 2.

По данным фазового и рентгеноструктурного анализов, все исследуемые стали после 10-часовой выдержки при  $700^{\circ}\text{C}$  содержат карбиды хрома типа  $\text{M}_{23}\text{C}_6$ . Стабилизированные ниобием стали одновременно содержат карбонитриды ниобия. В молибденсодержащих нестабилизированных ниобием сталях 03X18H20M3, 03X18H20C3M3 и 03X18H20M3Д3, наряду с карбидами хрома, обнаружена  $\chi$ -фаза, а в стабилизированных сталях 03X18H20M3Б, 03X18H20C3M3Б и 03X18H20M3Д3Б —  $\chi$  и  $\sigma$ -фазы.

При легировании стабилизированной ниобием стали 03X18H20B отдельно кремнием, молибденом и медью (табл. 2) незначительно увеличивается количество фаз. При этом практически не меняется количество хрома в анодном осадке вышеуказанных сталей и составляет 0,11—0,15%.

Комплексное легирование стали 03X18H20B кремнием и медью вызывает увеличение количества фаз до 0,74%. При этом значительно — до 0,46%, повышается также количество хрома в анодном осадке.

Более сильное влияние оказывает кремний в комплексе с молибденом (сталь 03X18H20C3M3Б). В данном случае количество фаз увеличивается от 0,19 до 2,65%. Заметно увеличивается также процентное содержание хрома, никеля, молибдена и ниобия в анодном осадке.

Из вышесказанного можно заключить, что кремний совместно с молибденом способствует значительному увеличению количества фаз в стали 03X18H20B и повышает содержание легирующих элементов в анодном осадке.

Комплексное легирование стали 03X18H20B молибденом и медью не оказывает существенного влияния как на количество фаз, так и на процентное содержание легирующих элементов в анодном осадке.

В нестабилизированных сталях (табл. 2) самое высокое количество фаз наблюдается для сталей 03X18H20M3 и 03X18H20C3M3 — соответственно 1,36, и 2,33%, для стали 03X18H20C3Д3 оно достигает 0,88%. В остальных сталях количество фаз увеличивается незначительно.

Фазовым, химическим и рентгеноструктурным анализом отожженных при  $700^{\circ}\text{C}$  в течение 10 часов исследуемых сталей установлено следующее:

1. Комплексное легирование кремнием и молибденом сталей 03X18H20 и 03X18H20B вызывает наибольшее увеличение количества фаз и содержания легирующих элементов в анодном осадке.

2. Все исследуемые стали содержат карбиды хрома типа  $\text{M}_{23}\text{C}_6$ .

3. Стабилизированные ниобием стали одновременно содержат карбонитриды ниобия.

4. Молибденсодержащие нестабилизированные ниобием стали 03X18H20M3, 03X18H20C3M3 и 03X18H20M3Д3, наряду с карбидами хрома, содержат  $\chi$ -фазу, а стабилизированные стали 03X18H20M3Б, 03X18H20C3M3Б и 03X18H20M3Д3Б, наряду с карбидами хрома и карбонитридами ниобия, —  $\chi$  и  $\sigma$  фазы.

Академия наук Грузинской ССР

Институт металлургии

им. 50-летия СССР

(Поступило 24.12.1981)

ფ. თავაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკად. აკადემიკოსი), ზ. ოკროსცვარიძე,  
 ლ. თავაძე, ც. ხარაშვილი, ე. დოლიაშვილი, კ. ბარნოვა

03X18H20 ფოლადის ფაზურ მდგენელებზე სილიციუმის,  
 მოლიბდენის, სპილენძისა და ნიობიუმის გავლენა მოწვის შემდეგ

### რეზიუმე

რენტგენოსტრუქტურული, ქიმიური და ფაზური ანალიზების მეთოდებით შესწავლილია სილიციუმის, მოლიბდენის, სპილენძის და ნიობიუმის გავლენა 03X18H20 ფოლადის ფაზურ მდგენელებზე 700°C-ზე 10-საათიანი მოწვის შემდეგ.

METALLURGY

F. N. TAVADZE, Z. Sh. OKROSTSVARIDZE, L. F. TAVADZE, Ts. G. KHARASHVILI,  
 E. Z. DOLIASHVILI, K. V. BARNOVA

### INVESTIGATION OF THE EFFECT OF Si, Mo, Cu AND Nb ON THE PHASE COMPOSITION OF 03X18H20 STEEL AFTER PROVOKING ANNEALING

#### Summary

The effect of Si, Mo, Cu and Nb on the phase composition of 03X18H20 steel after tempering at 700°C for 10 hours has been investigated. The data on the nature and quantity of the deposited excess phases are presented.

#### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. Ф. Лашко, Н. И. Еремин. Фазовый анализ и структура аустенитных сталей. М., 1957.

В. А. ВЕРТОГРАДСКИЙ, В. Ш. МУСЕЛИАНИ, В. Е. СКАЗИН,  
Р. С. ШМУЛЕВИЧ

## О ВЛИЯНИИ СРЕДЫ НА ТЕПЛО- И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ТЕРМОЦИКЛИРОВАННЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

(Представлено академиком Ф. Н. Тавадзе 6.1.1982)

Известно, что многие детали машин и приборов в процессе работы подвергаются циклическому нагреву-охлаждению и с течением времени испытывают разрушение в результате необратимых структурных изменений. Изменение свойств материалов при термоциклировании серьезно влияет на долговечность приборов и машин [1].

В электровакуумных приборах в качестве катодно-подогревательных узлов широко применяется вольфрам-ренийевый сплав ВР-20 (20 мас. % Re), работающий в режиме циклического нагрева-охлаждения. В связи с тем что изменение тепло- и электропроводности ВР-20 в процессе термоциклирования мало исследовано, представляло интерес изучить влияние циклического нагрева-охлаждения на указанные свойства этого сплава.

Настоящая работа является продолжением работ [2—4]. В [2] исследовано изменение электросопротивления вольфрама и его сплава с рением при комнатной температуре в режиме непрерывного и циклического нагрева. В [3], помимо изменения электросопротивления при высоких температурах, исследовано влияние термоциклирования и непрерывного нагрева на теплопроводность. Обнаружено, что и непрерывный, и циклический нагрев приводят к уменьшению значений переносных свойств исследуемых материалов. В [4] в экспериментах применена азотная ловушка, в результате чего получены меньшие, чем ранее, изменения тепло- и электропроводности вольфрама ВА и сплава ВР-20 в процессе термоциклирования и непрерывного нагрева.

Результаты [2—4] в совокупности с металлографическим анализом образцов до и после испытаний позволяют сделать вывод о том, что изменение тепло- и электропроводности при термоциклировании связано с двумя группами факторов. Первая группа — образование пор и макротрещин, подобных тем, которые характерны для протекания процесса усталости. Сюда же следует отнести накопление дефектов тонкой структуры. Вторая группа — науглероживание поверхностного слоя образцов и образование в нем карбидов. Поставщиком угле-

(1 Авторы считают важным указать на то, что в работе [4] допущена опечатка. Во втором абзаце стр. 153 вместе «изучением» следует читать «излучением». Рис. 3 и 6 следует поменять местами, при этом подрисовочные подписи остаются на месте.



рода являются пары масла, поступающие в вакуумную камеру из системы откачки. Термоциклирование инициирует науглероживание материала, толщина науглероженного слоя тем больше, чем длительнее термоциклирование.

В данной работе предприняты шаги для еще большего приближения «безмасляного вакуума» с целью более четкого выявления влияния на результаты первой из упомянутых групп факторов. Для этого в установке дополнительно установлена еще одна ловушка, заполняемая жидким азотом.

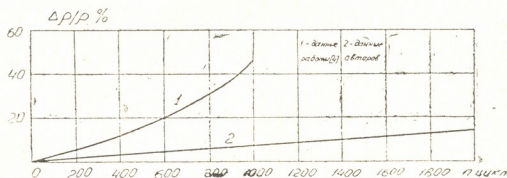


Рис. 1. Изменение электросопротивления сплава ВР-20 при температуре 1500°C после термоциклирования. Температура циклического нагрева 1800°C

Испытывались вольфрам-рениевые проволоки диаметром 0,3 мм. Термоциклирование осуществлялось в вакуумной камере при давлении  $5 \cdot 10^{-6}$ — $1 \cdot 10^{-5}$  мм рт. ст. Образец нагревался прямым пропусканием переменного электрического тока до 1800°C с выдержкой 60 сек, затем следовал период охлаждения в течение 60 сек до 150°C и т. д. Электросопротивление измерялось через каждые 100 циклов с погрешностью  $\pm 1\%$ , теплопроводность — через 500 циклов с погрешностью  $\pm 5\%$ .

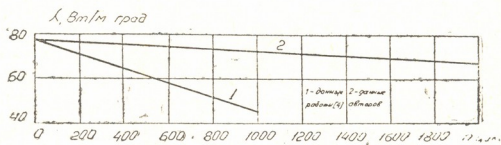


Рис. 2. Изменение теплопроводности сплава ВР-20 при температуре 1500°C после термоциклирования. Температура циклического нагрева 1800°C

Результаты исследования показали, что с применением дополнительной азотной ловушки рост электросопротивления в режиме термоциклирования существенно уменьшился. Коэффициент теплопроводности изменился также намного меньше. Это хорошо видно из рис. 1 и 2. На этих же рисунках для сравнения представлены результаты изменения электросопротивления и коэффициента теплопроводности сплава ВР-20 из работы [4].

Таким образом установлено, что в процессе циклического нагрева-охлаждения происходит изменение тепло- и электропроводности туго-



плавких металлов и сплавов, причем с загрязнением среды чужеродными примесями интенсивность изменения указанных свойств металлов и сплавов существенно возрастает.

Грузинский политехнический институт  
им. В. И. Ленина

(Поступило 8.1.1982)

მეტალურგია

3. ვერტოგრადსკი, 3. მუსელიანი, 3. საკაზინი, რ. შმულევჩი

თერმოდინამიკური ლითონებისა და შენადნობების თბო- და ელექტროგამტარობაზე გარემოს გავლენის შესახებ

რ ე ზ ი მ ე

დადგენილია, რომ თერმოდინამიკების პროცესში ლითონების და შენადნობების თბო- და ელექტროგამტარობის ცვლილების ინტენსიურობა გარემოს გაჭუჭყიანებით საგრძნობლად იზრდება.

METALLURGY

V. A. VERTOGRADSKI, V. Sh. MUSELIANI, V. E. SKAZIN, R. S. SHMULEVICH

ON THE EFFECT OF THE MEDIUM UPON THE HEAT- AND ELECTRIC CONDUCTION OF THERMOCYCLING OF METALS AND ALLOYS

Summary

It has been ascertained that in the process of thermocycling the intensity of variation of heat and electric conduction of metals and alloys increases substantially with the contamination of the medium with impurities.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Е. М. Савицкий, Г. С. Бурханов. Монокристаллы тугоплавких и редких металлов и сплавов. М., 1972.
2. В. Ш. Муселиани, В. А. Вертоградский, В. Е. Сказин, Р. С. Шмелевич. ТВТ, 15, № 5, 1977.
3. В. Ш. Муселиани, В. А. Вертоградский, В. Е. Сказин, Р. С. Шмелевич. Сб. «Физико-химические свойства сплавов рения». М., 1979.
4. В. Ш. Муселиани. Сообщения АН ГССР, 94, № 1, 1979.

Р. Ш. АДАМИЯ, М. М. МИКАУТАДЗЕ, С. А. МЕБОНИЯ

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ УДАРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ОЧАГЕ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ЗАХВАТЕ ГИЛЬЗЫ ВАЛКАМИ АВТОМАТСТАНА

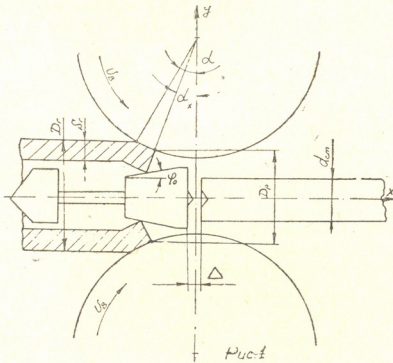
(Представлено академиком Д. С. Тавхелидзе 14.1.1982)

Опыт работы автоматстанов трубопрокатных установок показывает, что при захвате металла валками вследствие ударного взаимодействия гильзы с системой оправка-стержень возникают большие осевые усилия, вызывающие чрезмерный изгиб стержня, повреждение оправки и смятие поверхности наконечника стержня, что обуславливает значительное снижение долговечности указанных деталей. Особенно сильные удары, приводящие к поломкам деталей, возникают при неудовлетворительной установке оправок в очаг деформации, в частности, когда при захвате гильзы валками имеется значительный зазор между оправкой и наконечником стержня. Естественно, соударение этих двух холодных тел при высокой скорости перемещения гильзы с оправкой вызывает значительный рост силы удара.

В связи с этим оценка сил ударного взаимодействия при захвате гильзы валками автоматстана и разработка мероприятий по их снижению является весьма актуальной.

В данной работе рассматриваются два возможных случая ударного взаимодействия гильзы с системой оправка-стержень при захвате металла валками:

- 1) при плотном прилегании оправки к стержню,
- 2) при наличии зазора между оправкой и стержнем.



1. Вначале рассмотрим случай плотного прилегания оправки к стержню. Так как в этом случае зазор  $\Delta$  (см. рис. 1) между оправкой и стержнем равен нулю, то имеет место пластический удар гильзы об оправку, который, вследствие высокой пластичности нагретого до 1100—1150°C металла, сопровождается значительным смятием передней кромки гильзы по периметру ее контакта с оправкой.

Усилие на контакте определяется формулой

$$P_k = \sigma_{см} \cdot F_k, \quad (1)$$

где  $\sigma_{см}$  — напряжение смятия, которое в данном случае приравнивается сопротивлению материала пластической деформации при данных температурно-скоростных условиях деформирования, т. е.  $\sigma_{см} = \sigma_s$ ;

$F_k$  — площадь поверхности контакта оправки с гильзой в момент удара, величина которой равна произведению ширины  $b$  контактной поверхности на длину  $l$  контакта гильзы с оправкой, т. е.  $F_k = bl$ .

Как показано на рис. 2, ширина контактной поверхности  $b$ , равная длине отрезка  $AB$ , является функцией величины смятия кромки

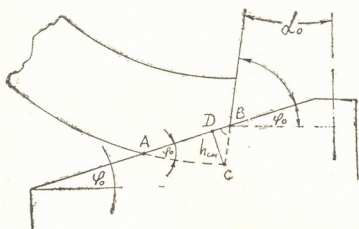


Рис. 2

$h_{см}$ , равной длине отрезка  $CD$ .

Выразим  $b$  через  $h_{см}$ .

Из  $\triangle ABC$  имеем:  $b = AB = AD + DB$ ; из  $\triangle ADC$ :  $AD = h_{см} \text{Ctg } \varphi_0$ , где  $\varphi_0$  — угол конусности оправки.

Из  $\triangle DBC$  имеем:  $DB = h_{см} \text{Ctg } (90^\circ - \alpha_0 - \varphi_0)$ .

Тогда  $DB = h_{см} \cdot \text{tg } (\alpha_0 + \varphi_0)$ .

В итоге имеем  $b = h_{см} [\text{tg } (\alpha_0 + \varphi_0) + \text{Ctg } \varphi_0]$ .

Длина контактной поверх-

ности гильзы с оправкой определяется по известной формуле [1]:

$$l = (\pi - \theta_k) (D_p - S_r);$$

где  $\theta_k$  — угол выпуска калибра:  $D_p$  — наружный диаметр гильзы в конце зоны редуцирования;  $S_r$  — толщина стенки гильзы.

Таким образом,  $F_k = h_{см} [\text{tg } \alpha_0 + \varphi_0] + \text{Ctg } \varphi_0] (\pi - \theta_k) (D_p - S_r)$ .

Выражение в скобках определяется размерами гильзы, инструмента и геометрией калибра, поэтому для данного сортамента оно постоянно; обозначим его через  $A$ . Тогда

$$P_k = \sigma_{см} A h_{см}. \quad (2)$$

Работа усилия  $P_k$  пластического смятия на перемещении  $h_{см}$  определяется интегралом

$$A_{пл} = \int_0^{h_{см}} P_k dh = \int_0^{h_{см}} \sigma_{см} A h_{см} dh = \sigma_{см} \frac{A h_{см}^2}{2}.$$

Эта работа численно равна кинетической энергии гильзы, движущейся со скоростью перемещения металла в очаге деформации за вычетом части энергии, восстанавливающейся при ударе, т. е.

$$\sigma_{см} \cdot \frac{A h_{см}^2}{2} = (1 - k) \frac{m v_x^2}{2}. \quad (3)$$

Здесь  $k$  — коэффициент восстановления скорости при ударе;  $v_x$  — скорость переднего конца гильзы в момент удара, величина которой определяется формулой [1]

$$v_x = \frac{\pi D_{\min} n \cdot \omega}{60} \cdot \frac{D_p}{D_r}.$$

Где  $D_{\min}$  — диаметр валков автомата по дну калибра;  $\omega$  — условный коэффициент опережения;  $D_p$  — диаметр трубы в конце зоны редуцирования  $D_r$  — диаметр гильзы.



Подставив в выражение (3) величину  $h_{cm} = \frac{P_k}{A\sigma_{cm}}$ , после некоторых преобразований получим формулу для определения усилия ударного взаимодействия оправки со стержнем для случая пластического удара:

$$P_k = \frac{\pi D_{min} n \omega}{60} \cdot \frac{D_p}{D_r} \sqrt{m [\operatorname{tg}(\alpha_0 + \varphi_0) + C \operatorname{tg} \varphi_0] (\pi - \theta_k) (D_p - S_r) \sigma_{cm} (1 - k)}; \quad (4)$$

2. Рассмотрим теперь случай неплотного прилегания оправки к стержню. В этом случае зазор  $\Delta$  (см. рис. 1) не равен нулю, вследствие чего возникает удар оправки о наконечник стержня (так называемый холодный удар).

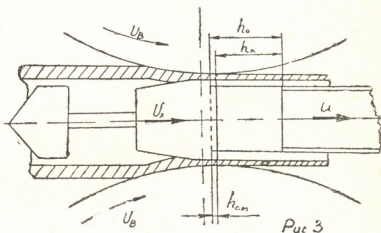
Усилие ударного взаимодействия в этом случае, так же как и при первом, определяется формулой (1), однако напряжение смятия

$$\sigma_{cm} \text{ вычисляется по известной формуле [2]: } \sigma_{cm} = \frac{v_x}{a} E \sqrt{\frac{r}{1 + \frac{r}{3}}}$$

Здесь  $a$  — скорость распространения звука в данном теле;  $E$  — модуль Юнга;  $v_x$  — скорость гильзы;  $r$  — отношение весов соударяемых тел (веса гильзы с оправкой к весу стержня).

Площадь поверхности контакта оправки и наконечника стержня определим по схеме на рис. 3. Как видно из этого рисунка, в результате удара оправки с гильзой об наконечник стержня

наконечник получает незначительное пластическое смятие  $h_{cm}$ , в результате чего его высота уменьшается от  $h_0$  до  $h_k$ ; при этом площадь его поверхности увеличивается от  $F_0$  до  $F_k$ . Согласно закону постоянства объема можно напи-



сать,  $F_0 h_0 = F_k \cdot h_k$ . Откуда  $F_k = \frac{h_0}{h_k} F_0$ .

Работа усилия пластического смятия  $P_k$  на перемещении  $h_{cm}$  вы-

$$\text{ражается интегралом } A_n = - \int_{h_0}^{h_k} P_k dh = \sigma_{cm} F_0 h_0 \ln \frac{h_0}{h_k}.$$

Эта работа численно равна кинетической энергии гильзы, движущейся со скоростью перемещения металла в очаге деформации за вычетом энергии упругой деформации стержня при его изгибе в момент удара:

$$W_k - W'_k = \frac{mv_x^2}{2} - \frac{(M + m) u^2}{2}.$$

Здесь  $m$  — масса гильзы с оправкой;  $M$  — масса стержня;  $v_x$  — скорость перемещения гильзы, которую приблизительно можно приравнять скорости прокатки;  $u$  — скорость соударяющихся тел в конце I фазы удара.

В результате имеем

$$\sigma_{cm} F_0 h_0 \ln \frac{h_0}{h_k} = \frac{mv_x^2 - (M + m) u^2}{2}. \quad (5)$$



В этом выражении отношение  $\frac{h_0}{h_k} = \frac{F_k}{F_0}$ .

Площадь  $F_k$  выразим через силу удара  $P_k$  и напряжение  $\sigma_{см}$  на контакте:  $F_k = P_k / \sigma_{см}$ .

Тогда

$$\frac{h_0}{h_k} = \frac{P_k}{\sigma_{см} \cdot F_0} \quad (6)$$

Подставив (6) в (5), получим

$$\sigma_{см} F_0 h_0 \ln \frac{P_k}{\sigma_{см} F_0} = \frac{m v_x^2 - (M+m) u^2}{2}$$

После некоторых преобразований получаем окончательную формулу для определения усилия ударного взаимодействия в очаге деформации автоматстана при наличии зазора между оправкой и стержнем:

$$P_k = \sigma_{см} F_0 \exp \frac{m (v_x^2 - u^2) - M u^2}{2 \sigma_{см} F_0 h_0} \quad (7)$$

Расчет сил ударного взаимодействия по вышеприведенной методике показывает, что в случае неполной досылки оправки в очаг деформации, т. е. когда в момент удара гильзы об оправку имеется зазор между оправкой и стержнем, сила удара при прокатке труб диаметром 127 мм и толщиной стенки 4,5 мм получается равной  $P_k = 81$  тонн, в то время как в случае точной досылки оправки в очаг деформации при прокатке труб того же типоразмера сила удара значительно меньше и составляет  $P_k = 36$  тонн.

Можно сделать вывод, что с целью повышения стойкости системы оправка-стержень необходимо создание таких механизмов смены оправок, которые обеспечивали бы точную, беззазорную установку оправок в очаг деформации.

Грузинский политехнический институт  
им. В. И. Ленина

(Поступило 11.2.1982)

მანქანათმშენებლობა

რ. ადამია, მ. მიკაუტაძე, ს. მებონია

ავტომატდგანის გლინებში ლითონის შეტაცებისას დეფორმაციის კერაში ღარტყმითი ურთიერთქმედების ძალების განსაზღვრის მეთოდობა

რ ე ზ ი უ მ ე

შემოთავაზებულია ლითონის გლინებში შეტაცებისას მილსაგლინი აგრეგატების ავტომატდგანის დეფორმაციის კერის ელემენტების ურთიერთდარტყმითი ძალების მნიშვნელობათა განსაზღვრის საინჟინრო მეთოდობა.

MACHINE BUILDING SCIENCE

R. Sh. ADAMIA, M. M. MIKAUTADZE, S. A. MEBONIA

A METHOD FOR DETERMINING THE FORCES OF IMPACT INTERACTION IN THE DEFORMATION ZONE AT THE BITING OF THE HOLLOW BY THE PLUG-MILL

Summary

A method has been developed for determining the forces of the impact interaction of the hollow with the structural elements of the deformation zone at the biting of the metal by the plug-mill rolls of a pipe-rolling plant.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. П. Чекмарев, В. М. Друян. Теория трубного производства. М., 1976.
2. Н. А. Кильчевский. Теория соударения твердых тел. М., 1949.



მცენარეთა ფიციოლოგია

ბ. ბიორბოგინი, შ. ჰანიშვილი

**გამობრძმედის გავლენა ვაზის ერთწლიან ლერწმებში ფოსფორის ნაერთთა ფორმების შემცველობაზე**

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. კეცხოველმა 26.3.1982)

ვაზის წლიური განვითარების ციკლში დაბალი ტემპერატურების მიმართ გამობრძმედა არის რთული, განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი მოვლენა, რომლის სრულყოფილ გავლანზეც დიდადა დამოკიდებული მისი ყინვაგამძლეობა [1]. როგორც ცნობილია, დაბალი ტემპერატურის მიმართ გამობრძმედის დროს, რომელიც ორ ფაზად მიმდინარეობს, მცენარეში ხდება ფიციოლოგიური ბიოქიმიური გარდაქმნები, რის შედეგადაც შესაძინევედ იმატებს ყინვისადმი მცენარის გამძლეობა [2].

ლიტერატურაში არსებული მონაცემები, რომელიც ეხება ერთ- და მრავალწლიან მცენარეებში ფოსფორის ნაერთების ცვლის შესწავლა მათ ყინვაგამძლეობასთან დაკავშირებით, მიუთითებს ამ ნაერთთა საკმაოდ მნიშვნელოვან როლზე მცენარეთა გადაზამთრების საქმეში [3—9].

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ჩვენ გვიანტერესებდა დაბალ ტემპერატურაზე გამობრძმედის დროს ვაზის ერთწლიან ლერწმებში ფოსფორის ნაერთთა შემცველობაში მომხდარი ცვლილებების შესწავლა და ამ ცვლილებების შესაძლო კორელაცია საცდელი ჯიშების ყინვაგამძლეობასთან.

საცდელად აღებული გექონდა აღმოსავლეთ საქართველოში გავრცელებული ძირითადი საწარმოო ჯიშების — რქაწითელის, ჩინურის, საფერავის და გორული მწვანის ერთწლიანი ლერწმები. აღნიშნული ჯიშების ხელოვნური გამობრძმედა ჩატარდა დეკემბერში. გამობრძმედის I ფაზის გავლისათვის საჭირო ტემპერატურული რეჟიმი და მისი მოქმედების ხანგრძლივობა იყო  $+3^{\circ}$  (3 დ.-ლ),  $0^{\circ}$  (7 დ.-ლ), სულ 10 დღე-ღამე. მეორე ფაზისათვის კი  $-3^{\circ}$  (4 დ.-ლ),  $-5^{\circ}$  (4 დ.-ლ),  $-8^{\circ}$  (2 დ.-ლ),  $-11^{\circ}$  (1 დ.-ლ),  $-14^{\circ}$  (1 დ.-ლ), სულ 12 დღე-ღამე.

მიღებული შედეგების განხილვა გვიჩვენებს, რომ გამობრძმედის პირველი ფაზის გავლის შემდეგ საკონტროლოსთან შედარებით (იხ. ცხრილი) ყველა საცდელი ჯიშის ლერწმებში შეინიხნევა მინერალური და თავისუფალი ნუკლეოტიდების ფოსფორის მატების ტენდენცია. ფოსფორის ყველა დანარჩენი ნაერთის-მჟავაში ხსნადი ორგანული, ნმ, ფოსფოლიპიდების ფოსფორის შემცველობა კი ყველა ჯიშში (გორული მწვანის გარდა) მეტნაკლებად დაკლებულია. გამობრძმედის მეორე ფაზის შედეგების პირველ ფაზასთან შედარება გვიჩვენებს, რომ მეორე ფაზის შემდეგ ყველა ჯიშში მეტ-ნაკლებად მოიმატა ფოსფოლიპიდების შემცველობამ, რაც გამობრძმედით უჯრედში ხელს უნდა უწყობდეს მემბრანული სტრუქტურების გაძლიერებულ სინთეზს [10]. მოიმატა მჟავაში ხსნადი ორგანული ფოსფორის შემცველობამაც (გამონაკლისია გორული მწვანე). მომატებულია ნუკლეინის მჟავების ფოსფორის



შემცველობა საფერავსა და გორულ მწვანეში. ყველა ჯიშში დაკლებულია მინერალური ფოსფორის შემცველობა. არცერთ საკვლევ ჯიშში აღარ გვხვდება თავისუფალი ნუკლეოტიდების ფოსფორი.

ფოსფორის ნაერთთა ფორმების შემცველობა ვაზის ლერწებში, მგ%

ფოსფორის ფორმები	ვაზის ჯიში			
	რქაწითელი	ჩინური	საფერავი	გორული მწვანე
გამობრძმდამდე				
მინერალური	20	42	37	18
მყავაში ხსნადი ორგანული	119	131	118	112
თავისუფალი ნუკლეოტიდები	10	7	0	4
ნმ	42	42	38	33
ფოსფოლიპიდები	55	51	61	60
გამობრძმედის I ფაზის შემდეგ				
მინერალური	24	52	42	22
მყავაში ხსნადი ორგანული	109	110	91	114
თავისუფალი ნუკლეოტიდები	11	11	4	6
ნმ	38	36	37	33
ფოსფოლიპიდები	50	47	58	44
გამობრძმედის II ფაზის შემდეგ				
მინერალური	23	42	33	15
მყავაში ხსნადი ორგანული	135	116	115	108
თავისუფალი ნუკლეოტიდები	0	0	0	0
ნმ	33	29	41	35
ფოსფოლიპიდები	60	50	64	55

გამობრძმედის მეორე ფაზის გავლის შემდეგ საკვლევ ჯიშებს შორის თავს იჩენს ერთგვარი განსხვავება. გამობრძმედის ორივე ფაზის გავლის შემდეგ საკონტროლოსთან შედარებით რქაწითელში მომატებულია მყავაში ხსნადი ორგანული, ლიპიდური და მინერალური ფოსფორი. შესამჩნევად დაკლებულია მყავაში ხსნადი ორგანული და ნმ ფოსფორი, ფოსფორის სხვა ნაერთების შემცველობა საკონტროლოს დონეზეა. საფერავში მომატებულია ნმ და ლიპიდების ფოსფორი. ფოსფორის დანარჩენი ფორმების შემცველობა საკონტროლოსთან შედარებით შემცირებულია. გორულ მწვანეში მომატებულია მხოლოდ ნუკლეინის მყავების ფოსფორი, ფოსფორის ყველა სხვა ნაერთის შემცველობა კი შემცირებულია.

ჩვენი ცდების შედეგები ძირითადად ეთანხმება ლიტერატურაში არსებულ მონაცემებს იმის შესახებ, რომ დაბალ ტემპერატურაზე გამობრძმედილი მცენარეები გამოირჩევიან მყავაში ხსნადი ორგანული ფოსფორის, ნუკლეოპროტიდების, ფოსფოლიპიდების და მინერალური ფოსფორის მეტი შემცველობით [5, 9, 11, 12]. აღნიშნულ ნაერთებს კი გარკვეული მნიშვნელობა აქვს მცენარეთა უკეთ გადაზამთრების საქმეში. ამაზე უნდა მიუთითებდეს ბუნებრივ პირობებში შემოდგომის ბოლოს და ზამთრის დასაწყისში წინა თვე-



ებთან შედარებით ვაზის ერთწლიან ლერწებში საერთო, მყავაში ხსნადი ორგანული, ლიპიდური და ნაწილობრივ მინერალური ფოსფორის აბსოლუტური რაოდენობის მატებაც, რაც ჩვენს მიერ შემჩნეული იყო ვაზის ერთწლიან ლერწებში ფოსფორის ნაერთთა წლიური დინამიკის შესწავლისას [13].

ამრიგად, როგორც გამოკვლევამ გვიჩვენა, ჩვენი საცდელი ვაზების ლერწებში გამობრძმედა არ იწვევს მასში არსებული საერთო ფოსფორის ფრაქციებში განაწილების ჩვეული სურათის ძირეულ შეცვლას, მაგრამ ხელს უწყობს (უფრო მეტად ყინვაგამძლე რქაწითელში) ფოსფორის ზოგიერთი ისეთი ნაერთის (ფოსფოლიპიდები, მყავაში ხსნადი ფოსფორის ორგანული ნაერთები, მინერალური ფოსფორი) რაოდენობრივ მატებას, რომელიც ხელსაყრელია მცენარის უკეთ გადაზამთრებისათვის.

აღნიშნული ცვლილებები, გამობრძმედის დროს ვაზის ერთწლიანი ლერწებში ფოსფორის ნაერთთა ფორმების გადანაწილებაში, ერთგვარად კორელაციაშია გამობრძმედის შედეგად ჩვენს მიერ აღებული ვაზის საცდელი ჯიშების ყინვაგამძლეობის გაზრდასთან.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
ბოტანიკის ინსტიტუტი

(შემოვიდა 2.4.1982)

## ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Э. Л. ГЕОРГОБИАНИ, Ш. Ш. ЧАНИШВИЛИ

### ВЛИЯНИЕ ЗАКАЛИВАНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ ФОСФОРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ОДНОЛЕТНИХ ПОБЕГАХ ВИНОГРАДНОЙ ЛОЗЫ

Резюме

Промышленные сорта виноградской лозы Ркацители, Чинури, Сперави и Горули мцване подверглись воздействию фаз закаливания в искусственных условиях. Для прохождения I фазы побеги подверглись воздействию низких положительных температур от  $+3^{\circ}$  до  $0^{\circ}\text{C}$  в течение 10 дней, а вторая фаза протекала в течение 12 дней при ступенчатом понижении температур от  $-3^{\circ}$  до  $-14^{\circ}\text{C}$ . Оказалось, что закаливание способствует у более морозостойкого сорта Ркацители повышению содержания фосфолипидов, кислоторастворимого органического и неорганического фосфора. Эти изменения в перераспределении форм фосфора в определенной мере коррелируют с повышением морозоустойчивости сортов винограда.

PLANT PHYSIOLOGY

E. L. GEORGOBIANI, Sh. Sh. CHANISHVILI

### THE EFFECT OF HARDENING ON THE CONTENT OF PHOSPHOROUS COMPOUNDS IN THE ANNOTINOUS SHOOTS OF GRAPEVINE

Summary

Commercial varieties of the grapevine Rkatsiteli, Chinuri, Saperavi and Goruli mtsvane were subjected to hardening in artificial conditions. During the first phase the shoots were exposed to low positive tem-



peratures from  $+3^{\circ}\text{C}$  to  $0^{\circ}\text{C}$  from ten days, the second phase lasted 12 days, during which the temperature was gradually lowered from  $-3^{\circ}\text{C}$  to  $-14^{\circ}\text{C}$ . In the course of both phases of hardening the annottinous shoots of the test plants did not show any radical changes in their characteristic fractionation of total phosphorus, but hardening promoted—mainly in the more winterhardy variety Rkatsiteli—an increase of the content of phospholipids soluble in acid organic and inorganic phosphorus. The mentioned changes in the distribution of phosphorous forms correlate, to some extent, with the increase in winterhardiness of grapevine varieties.

#### ՄՈՇՈՐԱԾՄԵՐ — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. К. С. Погосян. Экологические особенности морозоустойчивости виноградного растения. Ереван, 1975.
2. И. И. Туманов. Физиологические основы зимостойкости культурных растений. М.—Л., 1940.
3. К. А. Сергеева. Труды Ин-та экологии растений и животных, вып. 62, 1968.
4. С. Я. Мининберг. Автореферат докт. дисс. Киев, 1968.
5. Т. Х. Левит. Автореферат канд. дисс. Кишинев, 1971.
6. А. П. Хохлова. Сб. «Состояние воды и энергетический обмен растений». Казань, 1975.
7. Е. А. Яблонский. Физиология растений, 22, вып. 5, 1975.
8. Т. П. Решетникова, Д. Ф. Проценко, О. И. Колоша. Сб. «Устойчивость растений к неблагоприятным температурным условиям среды». Киев, 1976.
9. С. А. Марутян. Биохимические аспекты формирования и диагностики морозоустойчивости виноградного растения. Ереван, 1978.
10. D. Siminovich, B. Rheoume, K. Romero, M. Lepage. Cryobiology, 2, 1968.
11. О. А. Красавцев. Тезисы докладов Всесоюзного научно-методического совещания по морозоустойчивости винограда. Ереван, 1978.
12. А. Ф. Кириллов, Т. Х. Левит и др. Тезисы докладов Всесоюзного научно-методического совещания по морозоустойчивости винограда. Ереван, 1978.
13. Ш. Ш. Чанишвили, Э. Л. Георгобнани, М. В. Киквидзе. Тезисы докладов III конференции биохимиков Средней Азии и Казахстана. I. Дужанб, 1981.

Н. Ш. ТОИДЗЕ

## ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ СТЕРОИДНЫХ ГОРМОНОВ В КУЛЬТУРЕ ЛИМФОЦИТОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Д. И. Джохадзе 26.3.1982)

В последнее время пристальное внимание исследователей привлекает вопрос о возможной роли стероидных гормонов в возникновении генетических нарушений [1]. Сравнительно хорошо изучен вопрос о тератогенном и канцерогенном действиях этих веществ [2, 3], тогда как их мутагенное влияние еще недостаточно освещено. Между тем, основательное изучение цитогенетического действия стероидных гормонов послужит важным подспорьем для суждения о целесообразности их широкого применения с лечебной целью. Поэтому мы поставили перед собой задачу исследовать цитогенетический эффект трех широко распространенных стероидов, относящихся к глюкокортикоидам, — дексаметазона, гидрокортизона и преднизолона — в культуре лимфоцитов периферической крови человека, культивируемой по методике Мурхеда [4].

Растворы изучаемых препаратов вводились в культуральную смесь на 24-м часу культивирования. Использовались четыре концентрации данных гормонов —  $10^{-7}$ М,  $10^{-6}$ М,  $10^{-5}$ М и  $10^{-4}$ М ( $10^{-7}$ М соответствует терапевтической концентрации). Контролем служили культуры лимфоцитов, в которые добавлялся физиологический раствор.

Как видно из таблицы, все три исследуемых препарата повышают количество метафаз с нарушенным набором хромосом. При терапевтической концентрации этот показатель для дексаметазона составляет  $4,4 \pm 0,5\%$ , для гидрокортизона —  $3,4 \pm 0,1\%$  и для преднизолона —  $4,2 \pm 0,5\%$  (при контрольном —  $2,0 \pm 0,6\%$ ). Десятикратное увеличение концентрации данных веществ ( $10^{-6}$ М) максимально увеличивает количество ненормальных метафаз (до  $8,2 \pm 1,3\%$  при применении дексаметазона, до  $5,0 \pm 0,8\%$  — гидрокортизона и до  $8,6 \pm 0,9\%$  — преднизолона). Концентрация  $10^{-5}$ М снижает количество ненормальных метафаз. В сравнительно меньшей мере понижается оно при применении преднизолона ( $7,4 \pm 3,0\%$ ). Максимально применяемая при исследовании концентрация препаратов ( $10^{-4}$ М) вызывает резкое снижение количества ненормальных метафаз. При этом оно особенно понижено при применении дексаметазона ( $2,4 \pm 0,2\%$ ).

Если рассмотреть действие данных гормонов в целом, то на фоне повышения общего уровня ненормальных метафаз можно заметить избирательное увеличение доли метафаз с количественно измененными хромосомными наборами, обнаруживаются метафазы с разной ploидностью. Так, например, применение терапевтической концентрации дексаметазона индуцирует всего  $0,2 \pm 0,2\%$  полиплоидных клеток, а применение такой же концентрации преднизолона —  $1,6 \pm 0,2\%$  (см. таблицу). Максимальное число таких клеток встречается при концентрациях указанных веществ  $10^{-6}$ — $10^{-5}$ М. В этом отноше-

нии особенно отличается преднизолон в концентрации  $10^{-6}$ М (повышает количество клеток данного типа до  $5,4 \pm 0,3\%$ ) с преобладанием метафаз с 92 хромосомами. Меньше всего полиплоидных клеток индуцирует гидрокортизон — при его концентрации  $10^{-5}$ М встречается  $1,6 \pm 0,1\%$  клеток данного типа.

Действие кортикостероидных гормонов на лимфоциты увеличивает также число анеуплоидных клеток, но не столь значительно, как количество полиплоидных клеток (см. таблицу). Гидрокортизон и преднизолон повышают количество анеуплоидных клеток до 1,2—1,6%, тогда как дексаметазон — всего лишь до 0,8—1,0%.

Зависимость количества ненормальных метафаз от возрастающих концентраций стероидных гормонов в культуре лимфоцитов периферической крови человека на 500 метафаз

Вид гормона	Концентрация препарата, М	Количество ненормальных метафаз, %	Метафазы с количественными изменениями хромосом, %		Метафазы с абберациями хромосом, %	
			анеуплоидные	полиплоидные	хроматидного типа	хромосомного типа
Дексаметазон	$10^{-7}$ М	$4,4 \pm 0,5$	$0,4 \pm 0,1$	$0,2 \pm 0,2$	$3,0 \pm 0,1$	$0,8 \pm 0,1$
	$10^{-6}$ М	$8,2 \pm 1,3$	$1,0 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,7$	$3,8 \pm 0,3$	$1,2 \pm 0,1$
	$10^{-5}$ М	$6,2 \pm 0,8$	$0,8 \pm 0,2$	$2,6 \pm 0,4$	$1,8 \pm 0,1$	$1,0 \pm 0,1$
	$10^{-4}$ М	$2,4 \pm 0,2$	$0,6 \pm 0,1$	—	$1,4 \pm 0,3$	$0,4 \pm 0,1$
Гидрокортизон	$10^{-7}$ М	$3,4 \pm 0,1$	$1,0 \pm 0,1$	$1,0 \pm 0,1$	$1,0 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,1$
	$10^{-6}$ М	$5,0 \pm 0,8$	$1,2 \pm 0,3$	$1,2 \pm 0,1$	$1,8 \pm 0,5$	$0,8 \pm 0,3$
	$10^{-5}$ М	$6,6 \pm 0,5$	$1,6 \pm 0,3$	$1,6 \pm 0,1$	$2,0 \pm 0,2$	$1,4 \pm 0,1$
	$10^{-4}$ М	$3,0 \pm 0,6$	$0,6 \pm 0,1$	$0,6 \pm 0,2$	$1,4 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,1$
Преднизолон	$10^{-7}$ М	$4,2 \pm 0,5$	1,0	$1,6 \pm 0,2$	$0,6 \pm 0,1$	$1,0 \pm 0,1$
	$10^{-6}$ М	$8,6 \pm 0,9$	$1,2 \pm 0,3$	$5,4 \pm 0,3$	$1,4 \pm 0,2$	$0,6 \pm 0,2$
	$10^{-5}$ М	$7,4 \pm 3,1$	$1,6 \pm 0,2$	$3,0 \pm 0,9$	$1,2 \pm 0,04$	$1,6 \pm 0,4$
	$10^{-4}$ М	$6,0 \pm 1,6$	$1,6 \pm 0,4$	$2,2 \pm 0,2$	$0,8 \pm 0,1$	$1,4 \pm 0,1$
Контроль		$2,0 \pm 0,2$	$0,6 \pm 0,1$	—	$1,4 \pm 0,3$	—

В значительной степени увеличивается количество метафаз с хроматидными абберациями при применении дексаметазона в концентрациях  $10^{-7}$ М— $10^{-6}$ М, достигая соответственно  $3,0 \pm 0,1\%$  и  $3,8 \pm 0,3\%$ . Наблюдается также незначительное увеличение количества метафаз с абберациями хромосомного типа, особенно при концентрации  $10^{-5}$ М всех трех исследуемых гормонов.

Сравнивая данные зависимости выхода хромосомных мутаций от вида и концентрации гормона, можно заметить следующие закономерности: 1) обращает на себя внимание изменение общего количества ненормальных метафаз в зависимости от концентрации гормонов; 2) изменение количества ненормальных метафаз происходит в основном за счет полиплоидных клеток.

Общепринято, что полиплоидные клетки образуются вследствие выпадения или блокировки веретена [5]. В этой связи интересным представляется гипотеза Эллисона, согласно которой в нарушении функционирования веретена определенную роль играют ферменты лизосом [6]. К тому же, глюкокортикоиды вызывают стабилизацию мембраны лизосом, вследствие чего уменьшается выход лизосомных



ферментов [7]. Стабилизирующее действие глюкокортикоидов особенно проявляется на лизосомах клеток лимфоидной ткани [8].

Если учесть важную роль стероидных гормонов в регуляции активности лизосом, то можно сделать предположение о косвенном механизме воздействия этих веществ на клеточное деление — стабилизация лизосомной мембраны препятствует нормальному делению клетки. Исходя из этого можно полагать, что действие глюкокортикоидов на лизосомные мембраны вместе с другими механизмами является одной из причин нарастания количества клеток с полиплоидным набором хромосом. Таким образом, при действии дексаметазона, гидрокортизона и преднизолонa наблюдается дозозависимое изменение количества ненормальных метафаз в культуре лимфоцитов периферической крови человека.

Тбилисский государственный  
медицинский институт

(Поступило 30.4.1982)

გენეტიკა და სელექცია

ბ. თოიძე

სტეროიდული ჰორმონების ციტოგენეტიკური ეფექტი ადამიანის პერიფერიული სისხლის ლიმფოციტების კულტურაში

რეზიუმე

შესწავლილია დექსამეტაზონის, ჰიდროკორტიზონის და პრედნიზოლონის მზარდი კონცენტრაციების ( $10^{-7}$ — $10^{-4}$ M) ციტოგენეტიკური ეფექტი ადამიანის პერიფერიული სისხლის კულტურაში. დექსამეტაზონი და პრედნიზოლონი  $10^{-6}$ — $10^{-5}$ M კონცენტრაციისას იწვევენ არანორმალური უჯრედების საერთო რაოდენობის მომატებას (ძირითადად პოლიპლოიდური უჯრედების ხარჯზე). პრედნიზოლონი  $10^{-6}$ M კონცენტრაციისას ინდუცირებს პოლიპლოიდის მაქსიმალურ დონეს —  $5,4 \pm 0,6\%$  (საკონტროლო კულტურებში პოლიპლოიდური უჯრედები არ გვხვდება).

GENETICS AND SELECTION

N. Sh. TOIDZE

## THE CYTOGENETIC EFFECT OF STEROID HORMONES IN THE CULTURE OF HUMAN PERIPHERAL BLOOD LYMPHOCYTES

### Summary

The cytogenetic effect of steroid hormones (dexamethasone, hydrocortisone and prednisolone) in the culture of human peripheral blood lymphocytes in increasing concentrations ( $10^{-7}$ — $10^{-4}$ M) has been studied. Dexamethasone and prednisolone in concentrations of  $10^{-6}$ — $10^{-5}$  M cause an increase of the total number of abnormal cells, mainly at the expense of polyploid cells. A maximal level of polyploidy is induced by prednisolone in concentration  $10^{-6}$  M, reaching  $5.4 \pm 0.6\%$  (polyploid cells are absent in the control).



## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES



1. J. F. Fraumeni, R. W. Miller. *J. Natl. Cancer Inst.*, 48, 1972, 1270.
2. А. И. Кудрин, Т. А. Бабкина, Ю. В. Пашин. *Акуш. и гинек.*, 11, 1978, 52—57.
3. R. M. Shah, A. A. Travill. *Teratology*, 13, 1, 1976, 71-74.
4. P. S. Moorhead, P. C. Nowell. *Exptl. Cell Res.*, 20, 3, 1960, 613-616.
5. W. Ya. Brodsky, I. V. Uruvaeva. *Int. Rev. Cytol.*, 50, 1977, 275-332.
6. A. C. Allison, L. Mallucci. *Nature*, 203, 4949, 1964, 1024-1027.
7. G. Weissmann. *Feder. Proc.*, 23, 9, 1964, 1038-1044.
8. П. В. Сергеев, Р. Д. Сейфулла, Т. А. Кольчинская. *Бюлл. эксп. биол. и мед.*, 75, 1, 1973, 47—50.



ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

М. А. МАКАШВИЛИ, Н. Б. ШОНИЯ, Л. К. ГОМАРТЕЛИ

КРАТКОСРОЧНАЯ ПАМЯТЬ У КАЛЛОЗОТОМИРОВАННЫХ КОШЕК

(Представлено членом-корреспондентом Академии А. Н. Бакурадзе 26.3.1982)

В 1967 г. В. М. Мосидзе [1] были проведены эксперименты на собаках с целью изучения влияния перерезки переднемозговых комиссур на краткосрочную память. Было показано, что подобная операция, а также изолированная перерезка мозолистого тела заметно ухудшают краткосрочную память в сторону уменьшения периода отсрочки.

Однако до сегодняшнего дня малоизученным остается вопрос о значении межполушарного взаимодействия отдельных областей зрительной коры для краткосрочной памяти. В настоящей работе сделана попытка исследования данного вопроса путем изучения изменений краткосрочной памяти после перерезки отдельных частей мозолистого тела, при помощи которых, как известно [2], устанавливается межполушарная связь между различными участками коры.

В экспериментальной камере кошек приучали осуществлять дифференцированные побежки к одной из трех кормушек на показ пищи. После упрочения навыка определяли максимальный период отсрочки для каждого животного. Затем кошкам № 1 и 2 перерезали под небуталовым наркозом сплениальную часть мозолистого тела (МТ), а кошкам № 3, 4 и 5 — как сплениальную часть, так и тело МТ. Опыты возобновляли спустя неделю после операции. При наблюдении за восстановлением фоновой величины периода отсрочки применяли редкие пробы (2 раза в неделю). По окончании работы животных забивали, мозг фиксировали в растворе формалина и проверяли точность хирургической операции.

При установлении максимального периода отсрочки оказалось, что у кошки № 1 указанный период составлял 5 мин, у № 2—3 мин, № 3—4 мин, № 4—3,5 мин, № 5—3 мин.

После операции поведение животных не отличалось от поведения их интактных сородичей. Кошки не утратили способности к дифференцированным побежкам к кормушке на показ пищи. Нарушения деятельности мозга были выявлены при проверке сохранения фоновой величины периода отсрочки. Для наглядности рассмотрим график 1.

Как видно из графика, максимум периода отсрочки на 8-й день после операции для кошки № 1 равнялся 1 мин, а для кошки № 2 — меньше 1 мин. Отметим также, что у обеих животных весьма быстро возникали восстановительные процессы. Так, уже на 16-й день после операции период отсрочки у кошки № 1 достигал 2 мин. Кошка № 2 начала осуществлять правильные побежки при 2-минутной отсрочке на 20-й день. Восстановление фонового периода не заняло много времени и наступило для кошки № 1 на 24-й день, № 2 — на 28-й день после операции.

График 2 отражает результаты наблюдений над остальными животными.

Можно заметить, что в данном случае восстановительные процессы дали о себе знать несколько позднее. Так, у кошки № 3 увеличение послеоперационного периода отсрочки наступило на 40-й день пос-



ле операции, № 4 — на 20-й день, № 5 — на 50-й день после операции. Полное восстановление фонового периода отсрочки наступило для кошки № 3 на 70-й день, № 4 — на 58-й и № 5 — на 80-й день после операции.

Морфологическая проверка, проведенная Н. К. Тотиадзе, подтвердила точность хирургической операции.

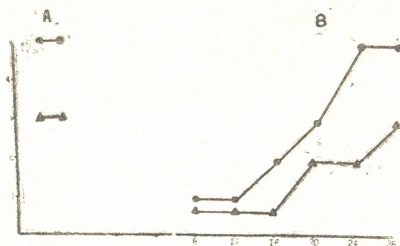


Рис. 1. На оси ординат — величина периода отсрочки, на оси абсцисс — дни наблюдений, А — период отсрочки до операции, В — после операции

Полученные результаты можно сформулировать следующим образом: перерезка МТ ухудшает краткосрочную память кошек на зрительное восприятие пищи и ее местоположения; дефицит памяти гораздо продолжительнее при комбинированной перерезке сплениальной части (валика) и тела МТ по сравнению с изолированной перерезкой сплениальной части МТ.

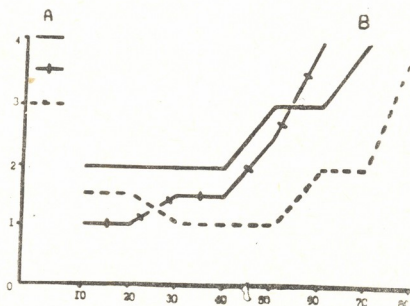


Рис. 2. Обозначения те же, что на рис. 1

В. М. Мосидзе [3, 4] высказал мнение о значении постоянного обмена между полушариями сенсорной информацией для краткосрочной памяти. Можно думать, что изменения краткосрочной памяти кошек в нашем случае наступают вследствие прекращения транскаллозального взаимодействия зрительных корковых областей.

Вместе с тем, результаты исследования наталкивают на мысль о различной роли межполушарного взаимодействия различных корковых областей для краткосрочной памяти.



Для отсроченных реакций кошек на зрительный раздражитель особо важное значение имеют зрительные ассоциативные поля [5, 6], а также поля 5 и 7 новой коры [6]. Известно [2], что основная часть каллозальных волокон от полей 18 и 19 проходит через тело МТ. О каллозальных связях полей 5 и 7 мало известно, однако топографическое расположение этих корковых областей дает основание думать, что каллозальные волокна от полей 5 и 7 также проходят через тело МТ. Исходя из этого надо думать, что перерезка тела МТ вызывает ухудшение краткосрочной памяти кошек на зрительное восприятие пищи и ее местоположения вследствие прекращения транскаллозального взаимодействия ассоциативных зрительных полей и полей 5 и 7 с противоположными симметричными и несимметричными участками коры. Валик МТ содержит в основном волокна от поля 17 коры [4]. Эти волокна являются основным путем для межполушарного обмена зрительной информацией, своего рода дополнительным зрительным трактом [4]. Перерезка валика МТ в определенных случаях ухудшает зрительное восприятие [4], отрицательно влияет на глубинное зрение и т. д. Возможно, это явилось причиной изменения отсроченных реакций в нашем случае. Вместе с тем, быстропроходящий дефицит краткосрочной памяти указывает на несущественность изменений зрительного восприятия после перерезки валика. Кроме того, взаимодействие поля 17 двух полушарий, очевидно, не играет специфической роли для краткосрочной памяти.

Таким образом, мы склонны думать, что специфическую роль для краткосрочной памяти на зрительное восприятие пищи и ее местоположения у кошек играет транскаллозальное взаимодействие ассоциативных зрительных полей и полей 5 и 7 новой коры.

Академия наук Грузинской ССР

Институт физиологии  
им. И. С. Бериташвили

(Поступило 26.3.1982)

ალამიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

ა. გაყაზვილი, ნ. ზონია, ლ. გოგართელი

კორძიანსხეულგადაკვეთილი კატების მოკლევადიანი მახსიერება

რ ე ზ ი უ მ ე

შრომის მიზანს წარმოადგენდა კატების მოკლევადიანი მეხსიერებისათვის ახალი ქერქის სხედასხვა უბნის ტრანსკალოზალური ურთიერთქმედების მნიშვნელობის დადგენა.

აღმოჩნდა, რომ კორძიანი სხეულის სპლენიური ნაწილის გადაკვეთა ხანმოკლე აქვეითებს მოკლევადიან მეხსიერებას. კორძიანი სხეულის სპლენიური ნაწილის და სხეულის გადაკვეთა კი საკმაოდ ამცირებს დაყოვნების დროს.

გამოთქმულია მოსაზრება, რომ კატების მოკლევადიანი მეხსიერებისათვის გარკვეული მნიშვნელობა აქვს მხედველობითი ასოციაციური ქერქის და მე-7 და მე-5 ველების ტრანსკალოზალურ ურთიერთქმედებას.

М. А. МАКАШВИЛИ, Н. В. ШОНИЯ, Л. К. ГОМАРЕЛИ

## THE SHORT-TERM MEMORY IN CALLOTOMIZED CATS

## Summary

Section of the splenium of the corpus callosum impairs the long-term memory of cats. A more long-lasting deficit occurs after the section of the splenium and truncus. It is suggested that trancallosal interrelation of the visual associative cortex and 5 and 7 cortical areas is important for the cat's short-term memory.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. М. Мосидзе. Автореф. докл. на XI науч. сессии Ин-та физиол. АН ГССР. Тбилиси, 1967.
2. Ф. Н. Макаров. Архив анат., гистол. и эмбриол., № 7, 55, 1968, 48—54.
3. В. М. Мосидзе. ЖВНД, 8, № 2, 1958, 254—260.
4. В. М. Мосидзе, Р. С. Рижинашвили, Н. К. Тотибадзе, З. Ш. Кеванишвили, К. К. Акбардия. Расщепленный мозг. Тбилиси, 1972.
5. И. С. Бериташвили. Память позвоночных животных, ее характеристика и происхождение. Тбилиси, 1972.
6. М. М. Хананашвили. Экспериментальное исследование центральных механизмов зрительной функции. М., 1962.

Т. М. ЗААЛИШВИЛИ, Г. Т. КОБАХИДЗЕ

## ВЛИЯНИЕ ИОННОЙ СИЛЫ, ТЕМПЕРАТУРЫ И ТЕМПЕРАТУРНОЙ ПРЕИНКУБАЦИИ Г-АКТИНА НА СУПЕРПРЕЦИПИТАЦИЮ И АТФазную АКТИВНОСТЬ СИНТЕТИЧЕСКОГО АКТОМИОЗИНА СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ ЛЯГУШКИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии А. Н. Бакурадзе 25.12.1981)

Принято, что в основе сократительного акта и суперпреципитации лежат идентичные конформационные превращения сократительных белков, однако механизм и природа процесса суперпреципитации полностью не выяснены.

Зависимости скорости и степени суперпреципитации и скорости актомиозиновой АТФазы от различных условий и параметров реакционной среды неоднократно сопоставлялись в целях установления, в какой степени суперпреципитация обуславливается гидролизом АТФ. Коминц [1] отметил расхождение этих величин для природного актомиозина в области высоких концентраций АТФ. Оказалось, что в определенных условиях АТФазная активность актомиозина держится на высоком уровне при полном отсутствии суперпреципитации. Подобная картина наблюдалась и в случае комплекса тяжелый мермиозин-актин. Активация АТФазы актином отмечается и при полной диссоциации комплекса [2].

Значительные разобщения кривых зависимостей скорости суперпреципитации и АТФазной реакции от ионной силы и температуры были найдены и для синтетического актомиозина кролика [3, 4]. Поэтому есть основания предположить, что в определенных условиях для осуществления суперпреципитации не используется вся мощность механохимической системы.

В предыдущей работе нами исследовалось влияние концентрации АТФ, ионов магния и рН на скорость суперпреципитации и АТФазную активность синтетического актомиозина лягушки *Rana Ridibunda* [5], а в данной работе мы задались целью исследовать влияние ионной силы, температуры и температурной преинкубации Г-актина на механическую и ферментативную активность синтетического актомиозина.

Способ получения сверхчистых препаратов актина, миозина и синтетического актомиозина, а также методики определения АТФазной активности и скорости суперпреципитации актомиозина подробно изложены в предыдущем сообщении [5]. Для изучения влияния преинкубации Г-актина на суперпреципитацию и АТФазную активность синтетического актомиозина раствор Г-актина выдерживался в продолжение 10 мин при определенной температуре и после охлаждения актин переводился в фибриллярную форму добавлением в раствор сухого хлористого калия до 0,5 М. Для образования актомиозина при  $I=0,5$  три весовые части миозина смешивались с одной частью Ф-актина и ионная сила диализом доводилась до  $I=0,05$ .

Степень Г—Ф-превращения оценивалась вискозиметрическим методом. Вязкость измерялась вискозиметром Оствальда при 20°C. Время истечения бидистиллята было равно 200 сек.



На рис. 1 дана зависимость скорости суперпреципитации (I) и АТФ-азной реакции (II) от ионной силы при  $5 \cdot 10^{-4}$  М MgATФ. Как видно из рисунка, скорость суперпреципитации при 0,005 М KCl минимальна, по мере возрастания концентрации она возрастает и достигает своего максимального значения при 0,075 М KCl. При последующем повышении концентрации ионов калия скорость суперпреципитации снижается и сходит на нет при 0,2 М KCl. Несмотря на то что при 0,05 М KCl скорость АТФазной реакции максимальна, при этой ионной силе скорость суперпреципитации существенно отличается от своего максимального значения и наблюдается лишь слабая суперпреципитация. Из этого следует, что для срабатывания механохимической системы, помимо ферментативной активности, необходимы ионы калия, придающие сократительной системе определенный положительный заряд и конформацию.

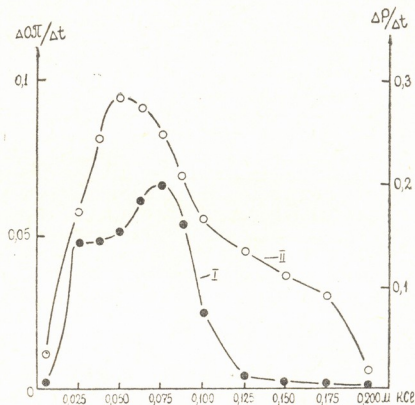


Рис. 1. Зависимость скорости суперпреципитации (I) и АТФ-азной активности (II) реконструированного актомиозина от концентрации хлористого калия. На оси ординат: слева — скорость суперпреципитации ( $\Delta OP/\Delta t$  в  $I_0/I/C$ ), справа — скорость АТФазной реакции ( $\Delta P/\Delta t$  в мкг/сек), реакционная смесь (5 мл) содержала  $5 \cdot 10^{-4}$  М  $MgCl_2$ ,  $5 \cdot 10^{-4}$  М АТФ и 2,5 мг актомиозина; pH 7,5; температура 25°C

Как видно из рис. 2, максимальная скорость суперпреципитации отмечается при 37°C, в то время как оптимум активируемой ионами магния АТФазной активности актомиозина лежит при 27°C. При 27°C скорость АТФазной реакции достигает максимального значения, скорость же суперпреципитации незначительна. Вероятно, часть энергии, освобожденной в результате ферментативной реакции, диссипируется без выполнения механической работы. Выше 27°C имеет место более резкое разобщение этих зависимостей, при  $t \geq 40^\circ C$  наблюдается лишь незначительная АТФазная активность, тогда как скорость суперпреципитации все еще остается на высоком уровне.

На рис. 3 дана зависимость Г—Ф-превращения актина, суперпреципитации и АТФазной активности синтетического актомиозина, реконструированного из препаратов миозина и преинкубированного актина, от температуры преинкубации. Как видно из рисунка, суперпреципитация (I) и АТФазная активность (II) синтетического актомиозина



зина, реконструированного из миозина и преинкубированного актина, при концентрации актомиозина 0,5 мг/мл практически не меняются

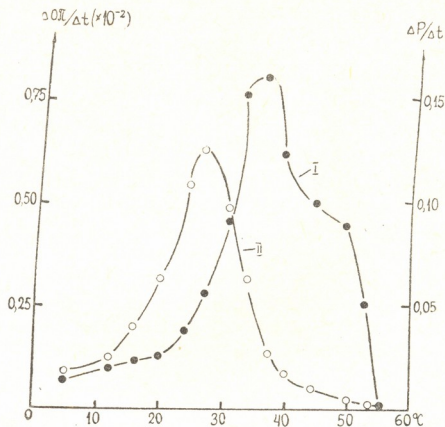
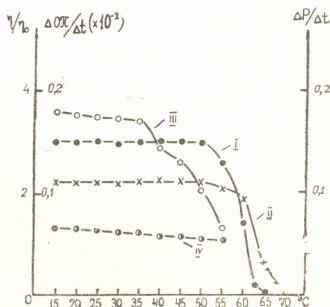


Рис. 2. Зависимость скорости суперпреципитации (I) и АТФ-азной активности (II) синтетического актомиозина от температуры. Условия и обозначения те же, что на рис. 1. Реакционная среда содержала  $5 \cdot 10^{-4}M$   $MgCl_2$ ,  $5 \cdot 10^{-4}M$  АТФ и 2,5 актомиозина; рН 7,5; 0,05M KCl

при преинкубации актина до  $55^\circ C$ , а относительная вязкость Ф-актина (III) начиная с  $35^\circ C$  редко падает. Это указывает на то, что для су-

Рис. 3. Зависимость Г—Ф-превращения актина и суперпреципитации синтетического актомиозина, реконструированного из препаратов миозина и преинкубированного актина, от температуры преинкубации. На оси абсцисс — температуры преинкубации Г-актина, на оси ординат: слева — скорость суперпреципитации ( $\Delta OP/\Delta t$ ) и относительная вязкость ( $\eta/\eta_0$ ) Ф-актина (III) и Г-актина (IV), справа — скорость АТФ-азной реакции ( $\Delta P/\Delta t$ ). Реакционная среда содержала  $5 \cdot 10^{-4}M$   $MgCl_2$ ,  $5 \cdot 10^{-4}M$  АТФ и 2,5 мг актомиозина; рН 7,5; 0,05M KCl; температура  $20^\circ C$



перпреципитации вовсе не требуются длинные цепи Ф-актина, необходимая для суперпреципитации структура может образоваться из миозина и полимеризованного актина с более короткими цепями.



თ. ზაალიშვილი, გ. კობახიძე

იონური ძალის, ტემპერატურის და გ-აქტინის ტემპერატურული პრეინკუბაციის გავლენა სინთეზური აქტომიოზინის სუპერპრეციპიტაციასა და ატფაზურ აქტივობაზე

რეზიუმე

სუფთა აქტინისა და მიოზინისაგან რეკონსტრუირებული სინთეზური აქტომიოზინის სუპერპრეციპიტაციის სიჩქარე მაქსიმუმს აღწევს 0,075 M KCl, ხოლო ატფაზური რეაქციის სიჩქარე — 0,05M KCl. სინთეზური აქტომიოზინის სუპერპრეციპიტაციის მაქსიმალური სიჩქარე შეიმჩნევა 37°C-ზე, მაშინ როდესაც მისი Mg-აქტივირებადი ატფაზური აქტივობის მაქსიმუმია 27°C. მიოზინისა და პრეინკუბირებული აქტინისაგან რეკონსტრუირებული აქტომიოზინის სუპერპრეციპიტაცია და ამ კომპლექსის მაგნიუმის იონებით აქტივირებადი ატფაზური აქტივობის სიჩქარე პრაქტიკულად არ იცვლება პრეინკუბაციით 50°C-მდე, მაშინ როდესაც 35°C პრეინკუბირებული გ-აქტინიდან მიღებული ფ-აქტინი ხასიათდება ნორმალურთან შედარებით მნიშვნელოვნად დაბალი სიბლანტით.

BIOPHYSICS

T. M. ZAALISHVILI, G. T. KOBAKHIDZE

THE INFLUENCE OF IONIC STRENGTH, TEMPERATURE AND TEMPERATURE PREINCUBATION OF G-ACTIN ON THE SUPERPRECIPITATION AND ATPase ACTIVITY OF SYNTHETIC ACTOMYOSIN

Summary

The superprecipitation rate of synthetic actomyosin reconstructed from pure actin and myosin preparations reached the maximum at 0.075 KCl and the rate of ATPase reaction at 0.05 KCl. The maximum rate of superprecipitation on synthetic actomyosin is observed at 37°C, while the maximum of Mg-activated ATPase activity is at 27°C.

The superprecipitation rate of actomyosin reconstructed from myosin and preincubated actin and the rate of Mg-activated ATPase activity of this complex does not practically change by preincubation up to 50°C, while F-actin, obtained from G-actin preincubated at 35°C, is characterized by rather low viscosity than normal.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. D. R. Kominz. J. Biol. Chem., 9, 1970, 1792-1798.
2. М. Вагану, F. Jaisle. J. Biochim. Biophys. Acta., 41, 1960, 192-198.
3. Н. А. Гачечиладзе, М. М. Заалишвили, Ц. А. Курдованидзе. Сообщения АН ГССР, 60, № 3, 1970, 701—704.
4. Н. А. Гачечиладзе, М. М. Заалишвили. Сообщения АН ГССР, 66, 1972, № 3, 673—676.
5. Т. М. Заалишвили, Г. Т. Кобахидзе. Сообщения АН ГССР, 103, № 1, 1981, 165—168.

Н. Н. НУЦУБИДЗЕ (член-корреспондент АН ГССР),  
Н. А. ДАВИТАШВИЛИ, Н. Д. АБАШИДЗЕ

## ВЛИЯНИЕ КЛИНОПТИЛОЛИТА НА АССИМИЛЯЦИЮ АЗОТА КУКУРУЗОЙ

Необходимость рационального использования азотных удобрений растениями поставила на повестку дня поиск новых методов и средств для увеличения степени их усвоения, равномерной подачи и пролонгации питания различными минеральными и органическими формами азотных и других удобрений.

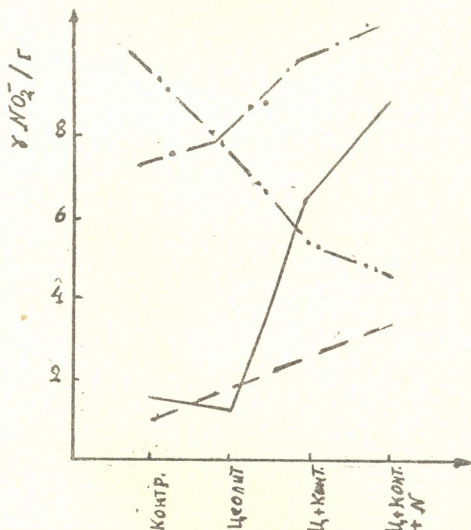


Рис. 1. Активность НР 10-дневных проростков кукурузы:  
— в корнях (кварцевый песок); — в корнях (чернозем); — в листьях (песок); — в листьях (чернозем)

Хотя влияние природных цеолитов на различные растения исследуется с давних пор [1, 2], вопрос об уровне метаболических путей их действия до сих пор не решен. Внимание исследователей обращалось в основном на урожайность подопытных растений. Цеолиты применялись как отдельно, так и вкуче с НРК различных концентраций.

Предлагаемая работа посвящена изучению влияния клиноптилолита (из Дзегви) на усвоение азота различных форм, активности  
40. „მეცნიერება“, ტ. 109, № 3, 1983

ферментов ассимиляции азота и таких показателей, как всхожесть, накопление биомассы, включение меченого азота и содержание форм азота.

Объектом исследования была взята кукуруза сорта Аджаметис тетра. Опыты ставили на 10-дневных проростках кукурузы в лабораторных и полевых условиях при вегетации. Лабораторные опыты проводили на растениях, выращенных в кварцевом песке, подзолистой почве и черноземе. При этом клиноптилолит добавляли по 50 г на 1 м<sup>2</sup> посева. В полевых условиях опыты ставили с применением клиноптилолита из расчета 2, 4, 6 т/га посева, в некоторых вариантах опыта вместе с цеолитом вносили NPK (N<sub>90</sub> P<sub>90</sub> K<sub>30</sub>+N<sub>30</sub> подкормка), последний вносили и без цеолита. При исследовании поглощения двуокиси азота проростки кукурузы помещали в камеру, в которую впускали 0,25% NO<sub>2</sub>, экспозиция составляла 30 мин. Активность нитратредуктазы определяли по Мульдеру [3], глутаматдегидрогеназную активность — спектрофотометрическим методом по скорости окисления НАД-Н при 340 нм [4]; общий азот — по Кьельдалю, формы азота — по общепринятым методам [5], белки — по Лоури [6].

При сопоставлении данных, полученных при использовании кварцевого песка и чернозема с добавлением клиноптилолита и источника азота — 0,036M NaNO<sub>3</sub>, было обнаружено, что при добавлении цеолита к кварцевому песку активность увеличивается как в корнях, так и в листьях, как в вариантах без азота, так и с азотом. Влияние цеолита менее сказывается в опытах с черноземом, в корнях при добавлении цеолита и азота активность НР увеличивается, а в листьях, наоборот, уменьшается, что указывает на задержку излишка нитратного азота на цеолите (рис. 1).

Накопление биомассы в тех же опытных вариантах дало следующую картину. В контроле выращенные в кварцевом песке и подзолистой почве проростки кукурузы дали в 2 раза меньше биомассы, чем выращенные на черноземе. В вариантах с цеолитом на кварцевом песке и подзолистой почве было получено резкое увеличение биомассы, особенно при добавлении азота, причем эффект лучше проявлялся с кварцевым песком, тогда как чернозем давал даже отрицательные результаты.

Таблица 1

Влияние клиноптилолита на активность НР при подаче NO<sub>2</sub> в среду прорастания кукурузы сорта Аджаметис тетра (активность НР в  $\mu\text{м}$  NO<sub>2</sub><sup>-</sup> на 1 г материала)

Органы растения	В среде 0,25 % NO <sub>2</sub> , экспозиция 30 мин							
	Клиноптилолит + кварцевый песок				Кварцевый песок			
	Выдержка после опыта в часах							
	1	2	6	24	1	2	6	34
Корни	1,7	3,1	1,5	7,4	1,1	1,8	1,8	0,85
Стебли	9,7	3,9	3,0	1,6	3,6	5,3	2,9	0,4
Листья	27,7	14,7	4,7	2	27,8	4,2	2,5	2,7

Наряду с нитратным азотом, было исследовано влияние клиноптилолита на активность НР в проростках кукурузы при внесении в среду прорастания на 0,5 часа 0,25% двуокиси азота. После экспозиции с NO<sub>2</sub> растения выдерживали с экспозицией 1, 2, 6 и 24 часа. В корнях, стеблях и листьях кукурузы при добавлении клиноптилолита происходит увеличение активности НР на протяжении всей экспозиции, что указывает на поглощение клиноптилолитом двуокиси азота, которую растение применяет как нитрат- субстрат для НР



ферментной системы, в течение длительного времени, тогда как без цеолита кварцевый песок, видимо, не смог задержать ее в достаточной степени (табл. 1).

Были проведены полевые опыты со взятием проб на активность ферментов ассимиляции азота с применением различных доз клиноптилолита, с вариантами 4 т/га цеолита с N<sup>-</sup> РК и NPK без клиноптилолита. Растения, взятые в фазе кущения, показали, что внесение 4—6 т/га цеолита резко увеличивает активность НР как в листьях, так и в корнях, тогда как NPK с цеолитом и без него не меняет резко показатель активности НР. В репродуктивной стадии, когда подача азота в растение почти прекращается, резко уменьшается активность НР в корнях и отчасти в листьях, где высокая активность НР отмечается в контрольном растении, так как в этом периоде только в ней продолжается усвоение азота.

Глутаматдегидрогеназная активность определялась в тех же вариантах опыта в фазе кущения. В репродуктивной фазе активность ГДГ резко уменьшается (табл. 2).

Клиноптилолит в более высоких дозах и варианты с добавлением NPK резко увеличивают активность ГДГ.

Таблица 2

Влияние клиноптилолита на активность НР и удельную активность ГДГ в проростках кукурузы сорта Аджаметис тетра (активность НР в  $\mu\text{м NO}_2^-$  на 1 г материала)

Ферменты	Органы растения	Фазы вегетации	Контроль	Цеолит				
				2 т/га	4 т/га	6 т/га	Цеолит 4т/1га + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>30</sub> + N <sub>30</sub> подкормка	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>30</sub> + N <sub>30</sub> подкормка
НР	Корни	Кущение	8,4	18,3	20,7	21,8	9,7	13,4
	Листья		23,8	26,5	28,6	31,2	22,6	26,2
ГДГ	Корни		588,24	388,35	777,78	792,08	980,39	1000,00
НР	Корни	Репродуктивная	1,1	0,97	0,2	0,37	1,13	0,78
	Листья		28,0	25,2	19,73	13,8	20,7	2,6

Надо отметить, что при применении клиноптилолита увеличивается также степень всхожести семян, при длительной подкормке возрастает включение меченого азота, что указывает на усиление ассимиляции азота, наряду с показателями активности НР.

Средние дозы клиноптилолита усиливают активность НР и ГДГ ферментных систем растений кукурузы. Увеличивается всхожесть семян, наблюдается накопление биомассы, стимулируются процессы ассимиляции азота и включение меченого азота в азотсодержащие соединения кукурузы, пролонгируется подача азота. Эффект действия клиноптилолита лучше проявляется при их применении для бедных минеральными органическими веществами почв.

6. ნუცუბიძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი),  
 6. დავითაშვილი, ნ. აბაშიძე

## კლინოპტილოლიტის გავლენა სიმინდში აზოტის ასიმილაციაზე

რეზიუმე

გამოკვლეულია სიმინდის ჯიშის — აჯამეთის თეთრას აზოტის ასიმილაციის პროცესზე კლინოპტილოლიტის გავლენა ლაბორატორიულ და საველე ცდებში. ნაჩვენებია, რომ კლინოპტილოლიტის გავლენით ნიტრატრედუქტაზულ და გლუტამატდეჰიდროგენაზული ფერმენტული სისტემები აქტივირდებიან. აზოტის სხვადასხვა წყაროს მცენარის მიერ შეთვისება კლინოპტილოლიტის გავლენით უფრო პროლონგირებულია. ეს დადგენილია როგორც ნიტრატის, ისე აზოტის ჟანგეულის შემთხვევაში, რომელთა იმობილიზაცია ნიადაგში ცეოლიტის მეშვეობით უფრო მყარია.

საველე ცდებში კლინოპტილოლიტის მოქმედება უფრო გამოხატულია გეგეტაციის პირველ ნახევარში, როდესაც მცენარე მეტად საჭიროებს აზოტით გამოკვებას. ამ შემთხვევაში უკეთეს შედეგებს იძლევა კლინოპტილოლიტის სუსულაო და მაღალი დოზები.

BIOCHEMISTRY

N. N. NUTSUBIDZE, N. A. DAVITASHVILI, N. D. ABASHIDZE

## THE INFLUENCE OF CLINOPTILOLITE ON THE ASSIMILATION OF MAIZE NITROGEN

Summary

The influence of clinoptilolite on the nitrogen assimilation process of the maize variety "Adjametis tetri" in laboratory and field conditions has been investigated. It is shown that under the influence of clinoptilolite the nitrate reductase and glutamate dehydrogenase enzyme systems are activated and nitrogen assimilation by plants is prolonged. This has been established for both nitrate and nitrogen dioxide, the immobilization of which in the soil is more stable under the influence of the zeolite. In field conditions the influence of clinoptilolite is more pronounced during the first period of vegetation, when the plant is more in need of nitrogen feeding. In this case the best results were achieved with average and high concentrations of clinoptilolite.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. H. Minato. Koatsugasu, № 5, 1968, 159-166.
2. Г. В. Цицишвили. Труды Симпозиума по применению природных цеолитов в сельском хозяйстве. Тбилиси. 1980, 335—342.
3. E. L. Mulder, H. Voxma, W. Van Veen. Plant Soil. 10. 1959, 335-342.
4. В. И. Яковлева, В. Л. Кретович, М. Г. Гильманов. Биохимия, 29, 1964, 463—471.
5. А. Н. Белозерский, Н. Н. Проскуряков. Практическое руководство по биохимии растений, М., 1951.
6. O. H. Lowry *et al.* J. Biol. Chem., 193, 1951, 265-269.

К. Г. ЧАВЧАНИДЗЕ, Г. Ш. ДАВИТАЯ, Дж. Т. МЕШВЕЛИШВИЛИ,  
Б. А. ЛОМСАДЗЕ

## К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ СВЯЗЫВАНИЯ ПРОСТАГЛАНДИНОВ С ОРГАНЕЛЛАМИ КЛЕТОК ПЕЧЕНИ КРЫС

(Представлено членом-корреспондентом Академии Д. И. Джохадзе 16.2.1982)

В последнее время в литературе появляется все больше экспериментальных данных, указывающих на участие простагландинов в первичных механизмах различных патологических процессов. Интерес исследователей обуславливает тем фактом, что простагландины играют значительную роль в функциях различных мембран [1]. Показано, что простагландины находятся в тесной взаимосвязи с циклическими нуклеотидами и эта взаимосвязь, вероятно, является важной для развития ряда патологических процессов [2]. Вместе с тем, известно, что местом действия простагландина  $E_1$  являются биологические мембраны и особенно те, которые связывают ионы  $Ca^{++}$  [3]. В то же время установлено, что простагландины вызывают конформационные изменения белков мембраны, которые могут быть отражением изменений функционального статуса белка мембраны, с одной стороны [4], и причиной нарушения взаимодействия белок-липидного комплекса, с другой [5]. Простагландины избирательно воздействуют на лизосомальную мембрану, вызывая высвобождение ферментов лизосом [6]. Обнаружено также увеличение концентрации простагландинов в местах инфекций с одновременным увеличением количества лейкоцитов и макрофагов [7]. Этот факт дал основание высказать предположение о том, что во время инфекций из лейкоцитарных лизосом высвобождаются фосфолипазы, которые затем, атакуя фосфолипиды клеточных мембран, отрывают арахидоновую кислоту, которая превращается в простагландины соответствующей ферментной системой.

Обзор литературных данных показывает, что мало изучен вопрос о природе связывания простагландинов с органеллами клеток, когда в связывании ведущую роль могут играть различие состава и свойств мембран органелл. В связи с этим было интересно изучить распределение меченного тритием простагландина  $E_1$  ( $^3\text{НПГЕ}_1$ ) в различных тканях белых крыс и в органеллах клеток, а также природу взаимосвязи простагландинов с исследуемыми органеллами.

Материалом исследования служили белые беспородные крысы весом 100—120 г, которые внутривенно вводили меченый простагландин  $E_1$  в дозе  $0,5 \cdot 10^{-5}$  мМ для изучения распределения в различных тканях животных. Распределение  $^3\text{НПГЕ}_1$  изучали в органеллах клеток печени крыс — в митохондриях, лизосомах и микросомах. Для этого к гомогенату печени крыс в опытах *in vitro* добавляли  $^3\text{НПГЕ}_1$



в дозе 88 мкМ и последовательно выделяли органеллы по методу Саванта и др. [8]. Связывание  $^3\text{НПГЕ}_1$  органеллами клеток изучали в инкубационной среде, содержащей 100 мМ NaCl, 6 мМ KCl, 2 мМ CaCl<sub>2</sub>, 3 мМ MgCl<sub>2</sub>, 10 мМ глюкозы, 100 мМ сахарозы, 30 мМ трифосфатного буфера (рН 7,4) при непрерывном встряхивании на 37°C. Параллельно изучали сорбцию  $^3\text{НПГЕ}_1$  органеллами клеток при 0°C в среде, содержащей 0,32 М сахарозы. Реакцию останавливали охлаждением проб на -2—-4°C. Разница между этими величинами составляла величину истинного связывания  $^3\text{НПГЕ}_1$  в исследуемых пробах. После центрифугирования (18000 g 15 мин) осадок промывали холодной инкубационной средой и гомогенизировали последовательно. Радиоактивность определяли на сцинтилляционном счетчике SL-30 (Франция) в гомогенатах исследуемых проб. Для этого в пробы добавляли сцинтилляционную жидкость, содержащую 3 мл этанола, 7 мл толуола, 0,5% 2,5-дифенилоксазола (PPO) и 0,01 1,4-бис-12-(фенил)-бензола (POPOP). Белок определяли по Лоури [9].

Изучение распределения  $^3\text{НПГЕ}_1$  в тканях и органеллах клеток печени крыс (для тканей распределение выражается в нМ/г свежей ткани, для органелл клеток печени крыс — в нМ/мг белка).

Исследуемая ткань и органеллы	Распределение $^3\text{НПГЕ}_1$
Печень	0,297
Селезенка	0,253
Сердце	0,175
Легкие	0,170
Почки	0,000
Лизосомы	0,327
Митохондрии	0,047
Микросомы	0,031

Примечание: 10 000 импульсов соответствует 1 нМ.

В таблице приведены результаты распределения  $^3\text{НПГЕ}_1$  в различных тканях и органеллах крыс. Оказалось, что  $^3\text{НПГЕ}_1$  в значительной степени обнаруживается в печени (0,297 нМ), а также в селезенке (0,253 нМ). В меньшей степени  $^3\text{НПГЕ}_1$  выявляется в сердце и легких (0,175 и 0,170 нМ соответственно). Следует отметить, что в почках не обнаружен простагландин, что, вероятно, является следствием быстрого метаболизирования  $^3\text{НПГЕ}_1$  в исследуемой ткани. В связи с тем что наибольшее распределение простагландина наблюдалось в печени, дальнейшее определение накопления  $^3\text{НПГЕ}_1$  проводили в лизосомах, микросомах и митохондриях печени крыс. Таблица показывает, что из всех изучаемых органелл в лизосомах имеет место наибольшее распределение  $^3\text{НПГЕ}_1$ , которое составляет 0,327 нМ, в то время как в митохондриях и микросомах накопление простагландина значительно ниже (0,047 и 0,031 нМ соответственно). Увеличение уровня распределения меченого простагландина в лизосомах, видимо, является следствием того, что в клетке они выполняют детекторную функцию по отношению к экзогенным веществам. Для выяснения природы распределения нами было изучено связывание  $^3\text{НПГЕ}_1$  митохондриями, микросомами и лизосомами клеток печени крыс (рис. 1, кривые а, б,



в). Обработка полученных экспериментальных данных методом «двойных обратных величин» по Лайнуверу—Берку показала, что связывание  $^3\text{H}\text{PGE}_1$  органеллами клеток печени крыс подчиняется кинетике Михаелиса—Ментен. Было найдено, что связывание  $^3\text{H}\text{PGE}_1$  в большей степени наблюдается в микросомальной фракции, коэффициент которой составляет 0,16 нМ, в то время как в лизосомах он равен 0,18 нМ. Следует отметить, что в митохондриях наблюдается низкий уровень связывания (0,3 нМ). Полученные нами экспериментальные данные свидетельствуют о том, что  $\text{PGE}_1$  обладает высоким сродством к микросомам, что, вероятно, следует объяснить тем, что в микросомах имеются мощные ферментные системы биосинтеза простагландинов.

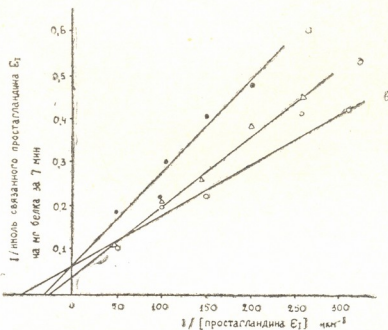


Рис. 1. Кинетика захвата простагландина  $\text{E}_1$  органеллами клеток печени крыс по Лайнуверу—Берку (данные 5—6 опытов; а — лизосомы, б — микросомы, в — митохондрии)

Таким образом, анализ полученных нами экспериментальных данных свидетельствует о химической взаимосвязи между органеллами клеток печени крыс и простагландинами, которая, по всей вероятности, осуществляется через структурные компоненты мембран клеточных органелл.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 25.3.1982)

ბიოქიმიკა

ა. ზავახანიძე, ბ. ღვინთაია, ჯ. მუხომელიძე, ბ. ლოხასაძე

ვიკრთაბვის ღვიძლის უჯრედების ორგანელბთან  
პროსტაგლანდინების დაკავშირების შესწავლის საკითხისათვის

რ ე ზ ი უ მ ე

ნაჩვენებია პროსტაგლანდინ  $\text{E}_1$ -ის დაკავშირება ვირთაგვის ღვიძლის უჯრედების ორგანელბების ფრაქციებში. აღმოჩნდა, რომ მიკროსომებსა და ლიზოსომებს აქვთ უფრო დიდი უნარი დაკავშირონ პროსტაგლანდინი  $\text{E}_1$  ვიდრე მიტოქონდრიის ფრაქციებს.



K. G. CHAVCHANIDZE, G. Sh. DAVITAIA, D. T. MESHVELISHVILI  
B. A. LOMSDZE

## TOWARDS THE STUDY OF PROSTAGLANDIN BINDING WITH RAT LIVER CELL ORGANELLES

### Summary

The binding of prostaglandin E<sub>1</sub> with rat liver cell organelle fractions is shown. The microsomes and lysosomes were found to possess higher ability for prostaglandin E<sub>1</sub> binding than do mitochondrial fractions.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Е. Н. Прянишникова, Э. Н. Жуланова, Е. Ф. Романцев. Науч. докл. высшей школы, Биол. науки, № 6, 1975, 27—41.
2. Простагландины. Под ред. И. С. Ажгихина. М., 1978, 50—71.
3. B. Carafoli, F. Crowetti. Arch. Bioch. Biophys., 154, № 1, 1973, 40-46.
4. M. B. Meyers, N. I. Swillocki. Arch. Biochem. Biophys. 164, 1974, 544-550.
5. P. G. Kury, P. W. Rumwell and H. M. Mc Connel. Biochem. Biophys. Res. Commun. 56, 1974, 478-483.
6. R. Weiner, O. Kaley. Nature New Biol., 236, № 63, 1972, 46-47.
7. A. I. Anderson, W. B. Brocklehurst, A. L. Willis. Pharm. Res. Commun., 3, № 1, 1971, 13-19.
8. P. L. Savant, S. Shibco, W. S. Kumta, A. L. Tappel. Biochim. Biophys. Acta, 85, 1964, 82-86.
9. O. H. Lowry, N. J. Rosebrough, A. L. Farr, and R. J. Randall. J. Biol. Chem. 193, 1951, 265-275.

О. С. ДЖИШКАРИАНИ, М. А. ЦАРЦИДЗЕ, Б. А. ЛОМСАДЗЕ

## ИЗУЧЕНИЕ ИК-СПЕКТРОВ ЛИПИДОВ ИНТАКТНЫХ КРЫС И КРЫС-ОПУХОЛЕНОСИТЕЛЕЙ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. Н. Нуцубидзе 2.3.1982)

Ранее нами было показано изменение их ИК-спектров липидов крови крыс-опухоленосителей [1]. В дальнейшем представляло интерес изучить ИК-спектры липидов опухолей, индуцированных бенз(а)пиреном и трансплантированными раковыми клетками, а также липидов их органелл (митохондрии, микросомы, лизосомы) с целью выявления сходства или различий в изменении их структуры.

Объектом исследования служили белые беспородные крысы-самцы весом 80—100 г, которым подкожно трансплантировалась карцинома Герена, а также крысы, которым подкожно вводились антрацен и бенз(а)пирен (50 мг на 1 кг веса животного — доза разовая). Субклеточные структуры выделялись по методу Де Дюва [2]. Чистота фракции определялась с помощью биохимического анализа по методу [3]. Липиды из опухоли и их органелл выделялись по модифицированному методу Фольча, описанному в работе М. В. Патрикеевой [4]. ИК-спектры общей фракции липидов снимались в  $CCl_4$  на ИК-спектрофотометре (модель 457 фирмы «Перкин-Эльмер»). При анализе ИК-спектров липидов использовались литературные данные о полосах поглощения фосфолипидов в ИК-области [5, 6].

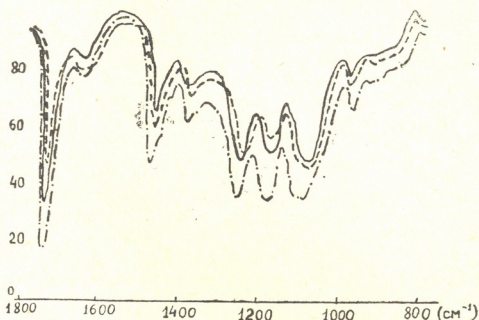


Рис. 1. ИК-спектр общей фракции липидов печени интактных крыс (—), крыс-опухоленосителей (---) и опухоли (-.-.-)

На рис. 1 приведены данные по изучению ИК-спектров липидов печени интактных крыс и крыс-опухоленосителей (карцинома Герена). Сравнительный анализ ИК-спектров фосфолипидов, выделенных из опухоли и печени крыс-опухоленосителей, показывает их отличие от аналогичных спектров фосфолипидов печени интактных крыс. Сог-

ласно анализу полученных данных, изменения в ИК-спектрах фосфолипидов опухоли наблюдаются в области  $1300-1000\text{ см}^{-1}$ , что обусловлено колебаниями фосфатных групп. Особо следует отметить аминную полосу при  $1650\text{ см}^{-1}$ , которая обусловлена деформационными колебаниями NH- и  $\text{NH}_2$ -групп. В фосфолипидах печени крыс-опухоленосителей и опухоли наблюдается возрастание интенсивности поглощения указанной полосы на 5—6% при одной и той же концентрации липидов. Аналогичным образом изменяется интенсивность поглощения в ИК-спектрах фосфолипидов печени крыс-опухоленосителей и при других максимумах поглощения.

Четко выраженные изменения обнаруживаются при сравнении ИК-спектров фосфолипидов опухоли с фосфолипидами соседствующей с опухолью гомологичной ткани (рис. 2). Интенсивность полос поглощения при  $1650\text{ см}^{-1}$  увеличивается на 40%. Изменяется и профиль спектра в области  $1000-1250\text{ см}^{-1}$ .

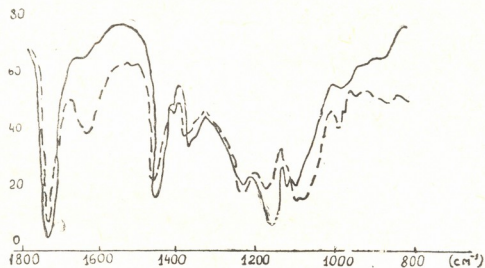


Рис. 2. ИК-спектр общей фракции липидов опухоли (карцинома Герена) (---) и соседней с опухолью гомологичной ткани (—)

На рис. 4, Б, В приведены ИК-спектры фосфолипидов митохондрий и лизосом интактных и раковых клеток. Как видно из рисунка, изменения, наблюдаемые в липидах опухоли при  $1650\text{ см}^{-1}$ , в липидах органелл не имеют места. Как в митохондриях, так и в лизосомах интенсивность полос поглощения липидов опухолевых клеток всегда уменьшена по сравнению с липидами данных органелл интактной печени и печени крыс-опухоленосителей. Рассмотрение указанных выше данных показывает, что не имеется особых различий в ИК-спектрах липидов как интактных и опухолевых органелл, так и липидов самих органелл.

ИК-спектры фосфолипидов подкожной клетчатки в месте введения полициклических углеводородов (антрацен, бенз(а)пирен) и органелл печени (митохондрии, микросомы, лизосомы) крыс были изучены лишь на ранних этапах (спустя 24 часа после однократного введения химического канцерогена).

На рис. 3 приведены ИК-спектры липидов подкожной клетчатки в месте введения антрацена и бенз(а)пирена спустя 24 часа после их введения. Как видно из рисунка, интенсивность полос поглощения липидов сильно возрастает при одной и той же концентрации липидов, но качественных различий в спектрах не наблюдается. Из всех максимумов поглощения для нас представляют интерес максимумы при  $1110-1000$ ,  $1170$ ,  $1230$  и  $1740\text{ см}^{-1}$ , обусловленные колебаниями групп  $\text{P}-\text{O}^-$ ,  $\text{P}-\text{O}-\text{C}$ ,  $\text{P}-\text{O}$  и  $\text{C}=\text{O}$  соответственно. Подкожное введение антрацена животным вызывает увеличение интенсивности полосы поглощения липидов при  $1110-1000\text{ см}^{-1}$ , обусловленное колебаниями групп  $\text{P}-\text{O}^-$  на 29%, а введение бенз(а)пирена — на 39%. Наблюдается увеличение поглощения при  $1170\text{ см}^{-1}$  на 38 и 41,3% со-



ответственно. Что касается максимумов поглощения, обусловленных колебаниями групп  $P-O$  и  $C=O$ , то при введении антрацена их амплитуда увеличивается на 23 и 21,5%, а при введении бенз(а)пирена — на 31 и 20% соответственно.

Рассмотренные нами максимумы полос поглощения можно отнести к полярной части липидов. Кроме этих групп, к полярным группам относятся также аминные группы, которые при введении полициклических углеводородов также претерпевают изменения. Увеличение интенсивности полос поглощения наблюдается и для гидрофобных групп липидов. К примеру, к ним относятся колебания групп  $CH_2$  и  $CH_3$  при  $1470\text{ см}^{-1}$ .

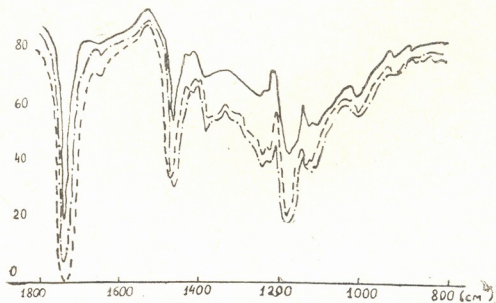


Рис. 3. ИК-спектр липидов подкожной клетчатки интактных крыс (—), подкожной клетчатки крыс в месте введения антрацена (---) и бенз(а)пирена (-.-.-)

Таким образом, рассмотрение ИК-спектров липидов подкожной клетчатки в месте введения полициклических углеводородов показывает, что злокачественный рост сопровождается изменением ИК-поглощения в области как полярных головок, так и неполярных групп липидов.

Оказалось, что изменения затрагивают не только липиды подкожной клетчатки в месте введения, где полициклические углеводороды непосредственно контактируют и взаимодействуют с ними, но и липиды органа печени, где происходит детоксикация чужеродных для организма веществ.

Доказательством этого служат результаты экспериментов по изучению ИК-спектров микросом, лизосом и митохондрий печени крыс (рис. 4). Как видно из ИК-спектров липидов микросом и митохондрий, под влиянием полициклических углеводородов изменяется область поглощения, обусловленная деформационными колебаниями  $NH$ - и  $NH_2$ -групп (рис. 4, А, Г). Однако в ИК-спектрах липидов лизосом под влиянием полициклических углеводородов изменяется область поглощения, обусловленная фосфатными группами фосфолипидов (рис. 4, Д).

Следует отметить, что при изучении ИК-спектров липидов лизосом, микросом и митохондрий печени крыс, которым были введены полициклические углеводороды, не обнаруживается особых различий между действиями неканцерогенных (антрацен) и канцерогенных (бенз(а)пирен) полициклических углеводородов.

Таким образом, полученные экспериментальные данные позволяют сделать некоторые предположения о природе изменений, наблю-

даемых в липидах тканей животных-опухоленосителей. Увеличение или уменьшение интенсивности максимумов поглощения в ИК-спектрах липидов, по-видимому, связано либо с изменением количественно-

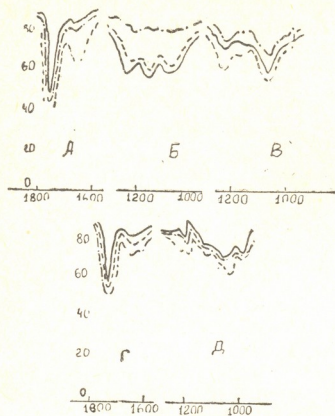


Рис. 4. ИК-спектры липидов микросом (А), митохондрий (Б, Г) и печени (Б, Д) intactных крыс (—), печени крыс с карциномой Герена (---) и тех же органелл карциномы Герена (-.-.-) (для Б и В), а также печени крыс после подкожного введения антрацена (---) и бенз(а)пирена (-.-.-) (для А, Г и Д)

го содержания фосфолипидов в тканях животных-опухоленосителей, либо с особенностями изменения меж- и внутримолекулярных взаимодействий в липидах при злокачественном росте.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 2.4.1982)

ბიოქიმიის

ო. ჯიშკარიანი, მ. ცარციძე, ბ. ლომსაძე

ინტაქტური და სიმსივნემატარებელი ვირთაგვების ლიპიდების ინფრაწითელი სპექტრების შესწავლა

რეზიუმე

შესწავლილია ინტაქტური და სიმსივნემატარებელი ვირთაგვების ლიპიდების, აგრეთვე სიმსივნისა (გერენის კარცინომა) და მათი ორგანელების ლიპიდების ინფრაწითელი სპექტრები.

BIOCHEMISTRY

O. S. JISHKARIANI, M. A. TSARTSIDZE, B. A. LOMSAZDE

### IR-SPECTRA STUDY OF LIPIDS OF INTACT AND TUMOUR-BEARING RATS

Summary

IR-spectra of liver lipids of intact and tumour-bearing lipids as well as tumours (Geren carcinoma) and their organelles have been studied.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. О. С. Джишкариани, М. А. Царцидзе, Б. А. Ломсадзе. Сообщения АН ГССР, 86, № 26, 1977, 453—456.
2. C. De Duve, B. C. Pressman, G. Gianetto. Biochem. J., 60, 1955, 604-618.
3. А. И. Арчаков, Л. Ф. Панченко, А. Б. Капитонов, И. И. Эфрон, Т. А. Князева, Н. С. Жеребкова. Цитология, XIII, № 7, 1971, 887—893.
4. М. В. Патрикеева. Автореферат канд. дисс. Л., 1965.
5. М. Кейтс. Техника липидологии. М., 1975.
6. М. А. Флеров, В. Л. Зубер. Вопросы мед. химии, 17, № 2, 1971, 211—216.

А. Г. БРЕГАДЗЕ, М. Б. КАДЖАЯ

## НОВАЯ МЕТОДИКА УЧЕТА КЛАСТЕРОСПОРИОЗА ПЕРСИКА

(Представлено академиком Л. А. Канчавели 2.9.1982)

В связи с отсутствием специальной комплексной методики для учета одной из самых опасных болезней персика — кластероспориоза возникали определенные трудности в оценке вредоносности этой болезни, которая носит многолетний эпифитотийный характер и проявляется в двух формах — пятнистой и хронической. В методических указаниях, составленных Т. Э. Хохряковой и К. В. Никитиной [1], приводится только балловая оценка пятнистости на листьях и плодах.

В предложенной нами методике даны шкалы балловых оценок пораженности различных органов персика как для детальных учетов, так и с целью проведения обследований на больших площадях. Дается также метод балловой оценки хронических поражений.

Как известно, в детальных учетах общим принципом характеристики пораженности различными пятнистостями является балловая оценка площади органов, занятой поражением [2, 3]. Так, 0,1 балла соответствует проявление первых симптомов болезни, 1 баллу — 1—10% занимаемой пятнистостью площади, 2 баллам — 11—20%, 3 баллам — 21—50% и 4 баллам — более 50%. Этим принципом следует руководствоваться при детальной оценке пятнистой формы кластероспориоза на листьях, плодах и побегах. Следует только отметить, что при учете пятнистости на побегах при наличии окольцовывающей камедеточивой раны в зависимости от расположения в верхней, средней или нижней частях побега поражение оценивается в 2, 3 и 4 балла. А при наличии на побегах только пятен оценка производится вышеуказанным способом. При учете пораженности почек фиксируется количество пораженных почек на одном побеге: 0,1 балла — поражены 1—2 почки, 1 балл — поражено до 10% почек; 2 балла — поражено 11—20% почек, 3 балла — поражено 21—50% почек и 4 балла — поражено более 50% почек.

Детальный учет пораженности органов персика следует проводить на плодах и листьях после цветения, на побегах в июле и октябре, на почках в период их раскрытия или во время цветения. На одном растении учитывается не менее 150—200 листьев на четырех побегах, расположенных с четырех сторон дерева, 10—15 плодов с каждой стороны кроны (всего 40—60 плодов), 30—40 побегов (по 10—12 побегов в нижней, средней и верхней частях кроны). Почки следует учитывать на тех же побегах.

Общую оценку пораженности дерева следует проводить по следующим балловым шкалам:

Пораженность листьев и плодов

0 — на дереве не обнаруживаются зараженные пятнистостью листья (плоды);

0,1 — на дереве заражены пятнистостью единичные листья (плоды);



1. — заражено 1—10% листьев (плодов), на большей части которых обнаруживается 2—5 пятен и больше;
- 2 — заражено 11—25% листьев (плодов), на которых отмечается 3—8 и больше пятен;
- 3 — заражено 26—50% листьев (плодов), на которых отмечается более 10 пятен;
- 4 — заражено более 50% листьев (плодов), на большей части которых имеется множество пятен; пятна сливаются и занимают более 1/2 части пластинок (поверхности плода).

#### Поражение почек

- 0 — на растении зараженных почек не отмечается;
- 0,1 — на дереве отмечаются единичные случаи заражения почек;
- 1 — заражено до 10% почек, в основном в нижнем ярусе кроны;
- 2 — заражено 11—25% почек, в нижнем ярусе кроны часто встречаются побеги, на которых поражено 50% и больше почек;
- 3 — заражено 26—50% почек, в нижней части кроны более половины побегов оголено и имеет единичные раскрывшиеся почки;
- 4 — заражено более 50% почек, на большинстве побегов в нижней и средней частях кроны сохранены единичные жизнеспособные почки.

#### Поражение побегов

- 0 — заражение побегов на дереве не наблюдается;
- 0,1 — заражены единичные побеги;
- 1 — заражено до 10% побегов, большинство из которых поражено слабо, т. е. пятна занимают не более 1/5 площади побега;
- 2 — заражено 11—25% побегов, большинство из которых встречается в нижней части кроны, часто отмечается окольцовывание побегов камедеточивыми ранами;
- 3 — заражено 26—50% побегов, большинство из которых поражено сильно и расположено в нижней части кроны;
- 4 — поражено сильно и засыхает более 50% побегов, большинство из которых расположено в нижнем и среднем ярусах кроны.

#### Интенсивность хронических поражений ветвей

- 0 — развитие камедеточивых ран на побегах и ветвях не отмечается;
- 0,1 — на единичных побегах обнаруживаются отдельные язвы небольшого (до 1—2 см) размера;
- 1 — камедеточивые язвы небольшого и среднего (до 3 см) размеров обнаруживаются на 10—15 одно- и двухгодичных ветвей, отдельные двухгодичные ветви засыхают;
- 2 — не менее 50% одно- и двухгодичных ветвей являются носителями 1—3 язв небольшого и среднего размеров, на каждой скелетной ветви отмечается не менее одной открытой язвы среднего или большого (до 10 см) размера, на отдельных скелетных ветвях засыхает большинство побегов и веток, нарушена целостность кроны;
- 3 — на скелетных ветвях развиты язвы большого размера, на более чем половине этих ветвей засыхает большинство побегов и веток различного возраста и жизнеспособные плодоносящие ветки сохранены только на вершухке кроны.



Общая оценка поражения деревьев кластероспориозом проводится на побегах и почках в начале цветения, на листьях и плодах в период созревания плодов; хронические поражения ветвей учитываются в начале цветения или осенью, до листопада.

При расчете процента распространения и развития болезни следует пользоваться общепринятыми формулами:

$$P = \frac{n \cdot 100}{N}, \quad (1)$$

$$R = \frac{\Sigma(ab) 100}{N \cdot k}, \quad (2)$$

где  $P$  — распространенность болезни, %;  $N$  — общее количество учитываемых органов (растений);  $n$  — количество больных органов (растений);  $R$  — интенсивность развития болезни, %;  $\Sigma(ab)$  — сумма произведений числа органов (растений) на соответствующий им балл поражения;  $k$  — высший балл шкалы учета.

Следует отметить, что при оценке пораженности почек на одном растении в целом, а также при определении степени хронических поражений ветвей дерева устанавливается средний балл пораженности по формуле:

$$R = \frac{\Sigma(ab)}{N}, \quad (3)$$

где  $\Sigma(ab)$  — сумма баллов поражения почек на учитываемых побегах;  $N$  — общее количество учитываемых побегов.

В случае хронических поражений  $\Sigma(ab)$  означает сумму баллов поражений учитываемых деревьев,  $N$  — количество учитываемых растений.

НИИ защиты растений  
МСХ ГССР

(Поступило 3.9.1982)

ფიტოპათოლოგია

ა. ბრეზაძე, მ. ჯაჯანი

ატმის კლასტეროსპორიოზის აღრიცხვის ახალი მეთოდიკა

რ ე ზ ი უ მ ე

ავტორების მიერ შედგენილია ატმის კლასტეროსპორიოზის აღრიცხვის კომპლექსური მეთოდიკა, რომელიც იძლევა საშუალებას შეფასდეს დაზიანების ხარისხი, როგორც ლაქიანობით, ისე ქრონიკული ფორმით. მეთოდიკაში მოცემულია დაავადების შეფასების ბალური სკალები ცალკეული ორგანოებისათვის (დეტალური აღრიცხვების მიზნით) და მთლიანად აღებული ერთი მცენარისათვის. მოცემულია აგრეთვე პირველადი მონაცემების დამუშავების წესი და აღრიცხვების ჩატარების ვადები.





A. G. BREGADZE, M. V. KAJAIA

A NEW METHOD FOR RECORDING THE SHOT-HOLE DISEASE  
OF PEACH

## Summary

The authors have developed a new method of recording the shot-hole disease of peach, accounting for the development peculiarities of the spotty and the chronic forms of the disease. Unlike the earlier methods of general character, the proposed method permits a full-scale characterization of the development of the disease and of the damage it causes.

The method allows a point scale assessment of the disease, applicable both to detailed recording (on leaves, fruits, shoots, and buds) and to the recording of organ damage per plant as a whole (for recording over large areas). The times of record taking are indicated and some recommendations are made for subsequent processing of primary numerical data.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Т. М. Хохрякова, К. В. Никитина. Методы изучения устойчивости к болезням косточковых культур. Л., 1978.
2. А. А. Шумакова. Методические указания по проведению полевых и производственных испытаний фунгицидов в борьбе с болезнями плодовых, овощных культур и виноградников. М., 1970.
3. К. М. Степанов, А. Е. Чумаков. Прогноз болезней сельскохозяйственных растений. Л., 1972.



Г. С. КВИНИХИДЗЕ, В. В. АХАЛКАЦИ, Т. В. КАЛАНДАРИШВИЛИ

### КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ УЛЬТРАСТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ГАНГЛИОЗНЫХ КЛЕТОК СЕТЧАТКИ МЫШИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СПЕЦИФИЧЕСКОГО РАЗДРАЖИТЕЛЯ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Б. Е. Курашвили 24.3.1982)

Изучению изменений интенсивности синтеза белка и РНК в ганглиозных клетках сетчатки при стимуляции ее мелькающим светом посвящено большое количество работ [1—3], в которых в ганглиозных нейронах сетчатки обнаружены периодические колебания количества белка при стимуляции сетчатки мелькающим светом, а также изменение этой периодичности в зависимости от возраста животного [3, 4]. В проведенных нами электрономикроскопических исследованиях изменений ультраструктуры ганглиозных клеток сетчатки глаза под действием специфического раздражителя — мелькающего света, показано изменение органоидов данных клеток [5, 6].

Для получения объективных данных возникла необходимость применения количественного анализа.

Материалом исследования служили 3- и 6-месячные мыши линии СВА. Было использовано 30 животных. Сначала мышей помещали в полную темноту, через 2 часа контрольных животных забивали, а остальных освещали мелькающим светом (сила света 100 люкс, частота 2 гц/сек) в течение 2 часов. Животных декапитировали, энуклеированный глаз обезвоживали и заливали в эпон-812. Электронограммы получали на электронном микроскопе JEM-100B.

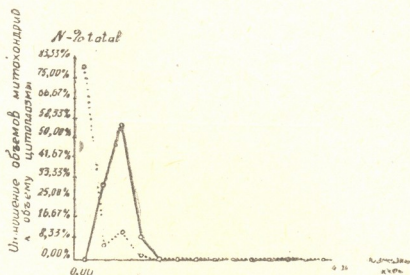


Рис. 1. Изменение отношения объемов митохондрий к объему цитоплазмы у 3-месячных мышей линии СВА под действием мелькающего света: ... контроль, — опыт

Для объективной оценки изменений органоидов клеток использовали морфометрический анализ ультраструктур по методу Вейбеля [7] с применением многоцелевой тестовой решетки. Вычисляли изменение относительного объема митохондрий и площади каналов эндоплазматической сети. Данные вводили в ЭВМ «Паккарт» и обрабатывали методом вариационной статистики. Подсчитывали следующие



параметры: среднее, ошибку среднего, коэффициент вариации, критерий достоверности разности. Данные распечатывали при помощи принтера в виде вариационной кривой и генеративных параметров распределения.

На рис. 1 представлено графическое выражение соотношения объемов митохондрий и цитоплазмы 3-месячных мышей линии СВА в норме (пунктирная линия) и после освещения мелькающим светом. По оси абсцисс отложена встречаемость классов, а по оси ординат — размерные классы (14) соотношения объемов митохондрий и цитоплазмы. Как видно из рис. 1, в норме у 3-месячных мышей митохондрии занимают 5 размерных классов от 0,003 до 0,015, причем большинство митохондрий относится к первым 2 размерным классам. Об этом свидетельствует пик, имеющийся в области 1—2-го размерного классов (рис. 1).

В эксперименте (рис. 1) после освещения мелькающим светом отмечается резкий сдвиг кривой графика вправо т. е. в область увеличения объемов митохондрий относительно объема цитоплазмы. Кривая объемов имеет 2 пика — один большой в области 3—4-го классов (0,009—0,012), а другой в области 7-го размерного класса (0,035). Кривая сильно вытянута вправо, и размеры митохондрий в ряде случаев достигают максимума 0,5.

График 1 свидетельствует о том, что в норме у 3-месячных мышей наблюдается относительно большое число мелких митохондрий. В эксперименте после освещения мелькающим светом объем митохондрий значительно увеличивается.



Рис. 2. Изменение отношения площадей каналов эндоплазматической сети к площади цитоплазмы у 3-месячных мышей линии СВА под действием мелькающего света: ... контроль, ————опыт

На рис. 2 дано графическое выражение отношения площадей каналов эндоплазматической сети к площади цитоплазмы в норме (пунктирная линия) и в эксперименте. Как видно из графика, площадь каналов эндоплазматической сети в норме занимает сравнительно небольшую часть цитоплазмы, охватывая 4 размерных класса от 0,003 до 0,012.

После освещения мелькающим светом на графике (рис. 2) выявляются 2 пика: один охватывает 1—2-й размерные классы от 0,003 до 0,006, другой — 6—11-е размерные классы от 0,018 до 0,033, что свидетельствует об увеличении площади каналов эндоплазматической сети. Эти данные говорят о том, что при стимуляции специфической дея-



тельности ганглиозных клеток сетчатки значительно увеличивается общая площадь каналов эндоплазматической сети, т. е. активизируется их функция.

На рис. 3 изображено графическое выражение изменения объемов митохондрий половозрелых, 6-месячных мышей линии СВА в норме (пунктир) и при освещении мелькающим светом. В норме основной пик приходится на 1-й размерный класс — 0,003. После освещения мелькающим светом кривая сдвигается вправо и большой пик приходится целиком на 3—4-й классы (0,009—0,012).

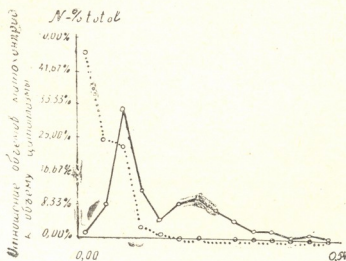


Рис. 3. Изменение отношения объемов митохондрий к объему цитоплазмы у 6-месячных мышей линии СВА под действием мелькающего света: ..... контроль, ——— опыт

Рис. 4 показывает изменение площадей каналов эндоплазматической сети у 6-месячных мышей в норме (пунктир) и в эксперименте. Как видно из рисунка, площади каналов эндоплазматической сети значительно варьируют, но все же основной пик приходится на 1—2-й размерные классы, после освещения пик сдвигается вправо.

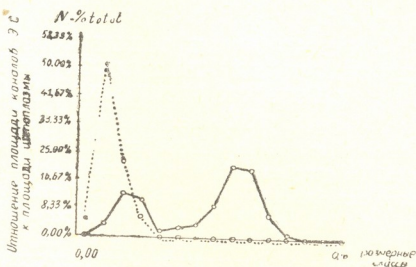


Рис. 4. Изменение отношения площадей каналов эндоплазматической сети к площади цитоплазмы у 6-месячных мышей линии СВА под действием мелькающего света: ..... контроль, ——— опыт

Сравнивая все графики, можно говорить о том, что с возрастом животного происходит выравнивание размеров митохондрий, после освещения объем митохондрий увеличивается, что особенно ясно видно у молодых животных. Это, вероятно, указывает на то, что с воз-

растом стабилизируются окислительно-восстановительные процессы, связанные с митохондриальным аппаратом. Вместе с тем, с возрастом реакция каналов эндоплазматической сети в ответ на раздражение отличается большим разнообразием, площадь каналов значительно увеличивается, что способствует транспорту веществ по ней и, возможно, выведению их из клетки.

Можно думать, что именно этим объясняется колебание сухого веса белка в ганглиозных нейронах сетчатки глаза при освещении ее мелькающим светом.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт зоологии

(Поступило 2.4.1982)

ციტოლოგია

ბ. კვინიხიძე, ვ. ახალკაცი, თ. კალანდაროვილი  
 თავგებობის თვალის ბადურის განვლიოზური უჯრედების  
 ულტრასტრუქტურული ცვლილებების რაოდენობრივი ანალიზი  
 სპეციფიკური გამღიზიანებლის საპასუხოდ

რეზიუმე

შესწავლილია СВА ხაზის თავგებობის თვალის ბადურის განვლიოზური უჯრედების მიტოქონდრიებისა და ენდოპლაზმატური ბადის ცვლილებები სპეციფიური გამღიზიანებლის — მოციმციმე სინათლის მოქმედებისას. ორგანოდების ცვლილებები შესწავლილი იყო რაოდენობრივი სტატისტიკური მეთოდის საშუალებით. მანქანური ანალიზის შედეგებმა გვიჩვენეს, რომ მოციმციმე სინათლის მოქმედებისას განვლიოზურ უჯრედებში მატულობს მიტოქონდრიების მოცულობა და ენდოპლაზმატური ბადის საერთო ფართი, რაც მეტყველებს განვლიოზური უჯრედების ფუნქციონალური მოქმედების გაძლიერებაზე.

CYTOLOGY

G. S. KVINIKHIDZE, V. V. AKHALKATSI, T. V. KALANDARISHVILI  
 QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE ULTRASTRUCTURAL CHANGES  
 OF MICE RETINAL GANGLION CELLS UNDER THE INFLUENCE  
 OF SPECIFIC STIMULATION

Summary

The volume of mitochondria and the area of canals of the endoplasmatic reticulum of the ganglion cells were calculated by means of a digital computer. The evidence indicates that under the influence of flashing light the mitochondrial volume and the area of the endoplasmatic reticulum increase.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. Я. Бродский, А. М. Арефьева. Клеточное ядро и его ультраструктура. М., 1970.
2. В. Я. Бродский. ДАН СССР, т. 2, № 1, 1960.
3. Е. И. Санкова, А. М. Арефьева. ДАН СССР, т. 20, № 6, 1972.
4. Е. И. Санкова. Автореферат канд. дисс. М., 1972.
5. Н. Е. Алания, В. В. Ахалкаци, Г. С. Квинихидзе. Изменение ультраструктуры клеток зачатка глаза в процессе его дифференцировки. Тбилиси, 1977.
6. В. В. Ахалкаци. Тез. докл. конф. молодых ученых. Тбилиси, 1981.
7. E. Weibel. Intern. Rev. Cytol., 26, 1965.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

Б. Р. ХУДАЙДАТОВ

ВНУТРИОРГАННОЕ КРОВΟΣНАБЖЕНИЕ НИЖНИХ ОЛИВ,  
ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ НАПРЯЖЕННОСТЬ И СИНДРОМ  
ИХ ПОРАЖЕНИЯ

(Представлено членом-корреспондентом Академии А. Н. Бакурадзе 24.11.1982)

В ряде клинических работ миоклонию, в частности миоклонию мягкого неба, гортани и глотки, а также изменения мышечного тонуса при оливо-мосто-мозжечковой дегенерации и тромбозе задне-нижней мозжечковой артерии с синдромом Валленберга—Захарченко связывают с нарушениями функций нижних олив, входящих в «треугольник Гиллена» [1—4].

Установлено [5], что внутриорганное строение капиллярной системы и кровоснабжения нервных клеток того или иного образования нервной системы отражает специфичность и напряженность их функций. Эта зависимость была показана на примере ядер олив, которые, по Б. Н. Кловоскому [6], находятся в сравнительно лучших условиях кровоснабжения, чем нервные клетки чувствительных ядер тройничного нерва. Значение напряженности функций для построения капиллярной сети наглядно выражено в онтогенезе [7, 8]. Исследуя дрео тройничного и диафрагмального нервов у эмбрионов, новорожденных и взрослых животных, авторы обнаружили увеличение плотности капиллярной сети у взрослых животных по сравнению с эмбрионами и новорожденными. Это дает основание говорить о роли напряженности функционирования нервных структур в развитии капиллярной сети в них. Поэтому, изучая функции нижних олив, мы уделяли большое внимание источникам их кровоснабжения, особенности строения капилляров кровеносных сетей и соотношению нервных клеток и капилляров в этих образованиях.

Несмотря на огромное число работ, посвященных изучению строения, связей и развития нижних олив, до наших работ [9, 10] не было единого мнения относительно основной роли (формирования мышечного тонуса и координации движения) этого «загадочного» образования. Оставались неизвестными и источники кровоснабжения нижних олив.

К образованиям, от которых берут начало экстрапирамидные рефлекторные дуги, могут быть отнесены нижние оливы, мозжечок, ядра моста, стриопаллидарная система и некоторые ядра зрительного бугра. Степень сосудоснабжения нервных клеток в известной мере указывает на напряженность их функций. Было проведено сравнительное исследование капилляроснабжения как отдельных клеточных групп самих олив, так и групп клеток ядер моста, относимых также к экстрапирамидной системе и несущих свои импульсы, как и оливы, в мозжечок.

На 30 кошках и 10 кроликах ранее мы производили эксперименты двух серий: I — раздражали обнаженные путем операции нижние оливы или разрушали их механически или электрокоагуляцией, II — разрезали перекрест проводников, отходящих от олив и идущих в мозжечок по средней линии, со стороны дна IV желудочка путем заднечерепной трепанации [9, 10]. Было установлено, что главные и добавочные оливы у кошек, собак и кроликов выполняют однородную функ-



цию — формирования мышечного тонуса, хотя напряженность этой функции, судя по сосудоснабжению, у них, очевидно, различна.

В настоящей статье приведены результаты изучения сосудоснабжения и функций нижних олив. У собаки нервные клетки нижних олив сосудоснабжаются интенсивнее, чем у кошки и кролика. Для подтверждения этого мы рассмотрели соотношение нервных клеток и капилляров в собственных ядрах варолиева моста. Считают, что указанные образования, являясь передаточной станцией между головным мозгом и мозжечком, выполняют ту же функцию, что и нижние оливы. Наши исследования показали, что нервные клетки варолиева моста, которые у собак такого же размера, как и клетки в нижних оливах, снабжаются сосудами хуже. В одной капиллярной петле в собственных ядрах варолиева моста располагается 5—6 нервных клеток, окруженных капиллярами длиной 25 мк, а в нижних оливах — одна нервная клетка. Мы имели возможность сравнить и сосудоснабжение нервных клеток олив и чувствительного ядра тройничного нерва. Как те, так и другие имеют одинаковый размер, но сосудоснабжаются по-разному. В чувствительном ядре тройничного нерва лежат по 2—3 нервной клетки в одной капиллярной петле (рис. 1), в нижних оливах, как это было отмечено выше, — только одна нервная клетка.

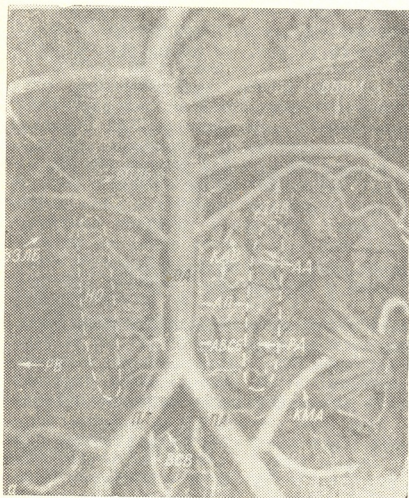


Рис. 1. Источники артериального кровоснабжения и пути венозного оттока крови в области нижних олив продолговатого мозга взрослой кошки: а — поверхностная сосудистая сеть; б — внутриорганный распределение артерий и вен; НО — нижняя олива; ОА — основная артерия; ПА — позвоночная артерия; КМА — каудально-мозжечковая артерия, КАВ — короткие артериальные ветви; ДАВ — длинные артериальные ветви; АА — артериальные анастомозы; АВСБ — артерия вентральной срединной борозды; АП — артериальная петля; оливарные ветви: ОБ-1 — вентральной срединной борозды; ОБ-2 — передней латеральной борозды; ОБ-3 — задней латеральной борозды; РА — радиальные артерии; ВСВ — вентральная срединная вена; ВСБ — вена срединной борозды; ВЛЛБ — вены передней

латеральной борозды; ВЗЛБ — вена задней латеральной борозды; РВ — радиальные вены; ВВПМ — верхняя вена продолговатого мозга. Инъекции артерий пигментом и вен черной тушью (ув. 8)

Таким образом, наши исследования позволяют считать, что нижние оливы, наряду с регуляцией тонуса скелетной мускулатуры, выполняют еще какую-то функцию, отличающуюся от функции нервных клеток чувствительных и двигательных ядер. На это указывает также особое строение нервных клеток нижних олив.

Наши исследования роли нижних олив имеют не только теоретическое значение, дающее возможность представить механизм как







## ბ. ხუდაიდატოვი

ქვედა ოლივიების ფილაორგანული სისხლმომარაგება, მათი ფუნქციონალური დაზარალება და დაზიანების სიმპტომები

## რეზიუმე

კლინიკური და ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე ავტორი გვთავაზობს შემოვიტანოთ ახალი სინდრომი „ოლივარის სინდრომი მოგრძო ტვინის დაავადებათა ტოპიკურ დიაგნოსტიკაში“. ეს სინდრომი გვხვდება ბავშვთა ცერებრალური დამბლის ატონური ფორმებისას, რომლებიც, ავტორის აზრით, ოლივარული წარმოშობისაა (აქამდე ითვლებოდა ნათხემურ წარმოშობისად). ავტორის აზრით, ოლივარული წარმოშობისაა აგრეთვე კისრის მალეების მშობიარობისეული დაზიანებისას აღმოცენებული სიმპტომოკომპლექსი, რომლის დროსაც ზიანდება ქვედა ოლივის მკვებავი ხერხემლის არტერიის აუზის სისხლძარღვოვანი ბაღე.

## EXPERIMENTAL MEDICINE

B. R. KHUDAYDATOV

THE INTRA-ORGAN BLOOD SUPPLY OF THE LOWER OLIVES,  
THEIR FUNCTIONAL TENSION AND SYMPTOMS OF DAMAGE

## Summary

On the basis of clinical and experimental data, the author suggests the introduction of a new syndrome: “the olivary syndrome in topical diagnostics of disorders of the telencephalon”. This syndrome occurs in the atonic forms of cerebral paralysis in children, which in the author’s view, is of olivary origin.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. М. Бехтерев. К физиологии равновесия тела. СПб, 1883, 40—43.
2. С. Н. Давиденков, Е. Н. Кулькова. Сов. психоневрология, № 5, 1938, 3—10.
3. Н. В. Коновалов. Невропатология, № 6, 1937, 38—64.
4. Н. К. Боголепов. Нарушение двигательных функций при сосудистых поражениях головного мозга. М., 1953, 216—233.
5. Б. Н. Кловоский. Циркуляция крови в мозгу. М., 1951.
6. Б. Н. Кловоский, Е. Н. Космарская. Деятельное и тормозное состояние мозга. М., 1961, 369.
7. Н. Г. Паленова. Автореферат канд. дисс. М., 1963.
8. Е. Г. Балашова. Автореферат канд. дисс. М., 1953.
9. Б. Р. Худайдатов. Автореферат канд. дисс. М., 1966.
10. Б. Р. Худайдатов. Материалы к учению о функциях нижних олив, 6. Воронеж, 1958, 265.
11. Е. В. Шмидт. Справочник невропатолога. М., 1976.
12. Д. С. Футер. Основы невропатологии детского возраста. М., 1958.
13. К. А. Семенова. Детские церебральные параличи. М., 1968.
14. А. Ю. Ратнер. Родовые травмы головного и спинного мозга. Казань, 1979.

Э. В. КВАВДЗЕ

## О ПЫЛЬЦЕВОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА TAXODIACEAE

(Представлено академиком Л. К. Габуния 5.2.1982)

Изучение рецентных спорово-пыльцевых спектров может дать богатую информацию не только для палиноморфологических исследований, но и для выяснения вопросов пыльцевой продуктивности, степени сохранности пыльцы и спор в отложениях различного генезиса, дальности переноса пыльцевых зерен и т. д.

Таксодиевые благодаря декоративному внешнему виду и прочной древесине широко культивируются во многих странах мира (в диком состоянии растут в Северной Америке, Восточной Азии и на о. Тасмания). На территории нашей страны произрастают многие представители этого семейства. В основном они сосредоточены на Черноморском побережье Кавказа. Здесь для таксодиевых существуют наиболее подходящие климатические условия. В геологическом прошлом таксодиевые произрастали на территории Грузии с мела по плейстоцен [1].

В садах и парках Западной Грузии выращивают представителей восьми родов таксодиевых: *Taxodium* Rich., *Metaequoia* Miki., *Cunninghamia* R. Br., *Sequoia* Endl., *Sequoiadendron* Buchholz, *Cryptomeria* Don., *Taiwania* Hayata., *Sciadopithys* Sieb. et Zucc.

Аджария и Гурия отличаются наиболее благоприятными условиями для произрастания криптомерии японской. Большую роль криптомерия играет здесь и в лесном хозяйстве. Успешному распространению криптомерии способствует обильная поросль, которую она дает. Посадки криптомерий используются и как ветрозащитные полосы чайных плантаций и цитрусов. В Гурии во многих местах можно встретить целые рощи криптомерий (сс. Нагобилеви, Гурианта, Мерия, Хварбети). Этот район послужил опорным пунктом для изучения субфоссильных спорово-пыльцевых спектров почв, что дало возможность выяснить закономерности перехода пыльцы в ископаемое состояние, а также установить степень соответствия состава современных пыльцевых спектров составу растительности, формирующей эти спектры (рис. 1).

Изучение поверхностных проб современных отложений позволяет получить интересные данные и о пыльцевой продуктивности того или иного растения. В данном сообщении считаем необходимым наиболее подробно рассмотреть вопросы пыльцевой продуктивности представителей семейства таксодиевых, так как в существующей ныне литературе почти нет данных, касающихся этой проблемы.

В практике палинологических исследований существует два способа определения пыльцевой продуктивности. Первый из них заключается в непосредственном подсчете пыльцы с тычинок и соцветий, которая улавливается на пластинки с глицерином во время цветения. Второй способ состоит в сопоставлении пыльцевых спектров проб современных поверхностных отложений с составом окружающей растительности. При этом обычно определяется относительная пыльцевая про-

дуктивность, которая понимается как отношение пыльцевой продуктивности одного вида к продуктивности другого вида и не зависит от выбора единицы площади и единицы времени [2].

Исследования последних лет показали большую достоверность результатов второго метода, так как числовые значения продуктивности, полученные непосредственным подсчетом пыльцы с тычинок и соцветий, сильно зависят от случайных причин: «продуктивность не всегда одинакова в результате того, что интенсивность цветения в различные годы может быть разной, одиночно растущие деревья цветут более богато, чем в лесу, и главное — не известно, какая часть продуцированной пыльцы выпадает в непосредственной близости от источника, какая часть уносится ветром и входит в состав спорово-пыльцевых спектров отдаленных участков» [2].

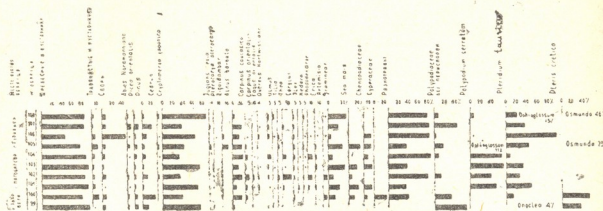


Рис. 1. Спорово-пыльцевая диаграмма почвенных проб, отобранных поднасаждениями криптомерий

О пыльцевой продуктивности криптомерий можно судить исходя из спорово-пыльцевых спектров почв непосредственно под их насаждениями, а также по пыльцевым спектрам поверхностных проб, удаленных от места произрастания на разные расстояния. Косвенные данные о количестве продуцируемой пыльцы можно получить и при палинологическом изучении почв под единично стоящими деревьями. С этой целью нами изучены многочисленные поверхностные пробы с территорий ботанических садов, парков, дендрариев.

В спорово-пыльцевых спектрах почв, отобранных непосредственно в криптомериевых рощах, количество пыльцы криптомерии достигает больших величин (до 80—90%) (рис. 1). Минимальное содержание ее пыльцы отмечено в двух образцах (№ 102 и 104). Содержание пыльцы в этих спектрах равно 35—40%. В почвенных пробах, отобранных в парках и садах гг. Сухуми, Батуми, Ткибули, Махарадзе, пыльца криптомерии содержится в больших количествах (до 75—80%). Небезынтересно отметить, что пыльцевые зерна криптомерии найдены во многих образцах, взятых на довольно большом расстоянии от места произрастания этих деревьев. Так, с целью выяснения вопросов переноса пыльцы с верхнегорных поясов на нижнегорные нами изучены спорово-пыльцевые спектры проб, отобранных по продольному профилю от г. Махарадзе до горы Бахмаро (2200 м). В результате анализа материала оказалось, что пыльца криптомерии заносится горно-долинными ветрами выше пояса каштановых лесов (600—700 м). На этих высотах количество пыльцы криптомерии в спектрах аллювиальных и почвенных проб составляет 2—3%. В низовьях и в предгорной полосе Гурии пыльцевые зерна криптомерии встречаются во всех типах отложений и составляют до 6—8%. Постоянно присутствует пыльца криптомерии и в современных морских отложениях. В Батумском каньоне, по данным И. И. Шатиловой [3, 4], количество пыльцы криптомерии достигает 12—16%. Отмечена она и в отложе-



ниях Ингурского и Потийского каньонов, где ее количество достигает 2—4%.

Таким образом, становится очевидным, что пыльцевая продуктивность криптомерии японской довольно велика.

Если исходить из того, что в культурных ландшафтах Колхиды, в частности в Аджарии и Гурии, на долю криптомерии приходится не более 1—3% древостоя, то в пыльцевых спектрах состав пыльцы криптомерии превышает действительную картину. Богатой пыльцевой продуктивностью отличается и сциадопитис. В Батумском ботаническом саду растут два дерева сциадопитис, однако в поверхностных пробах сада и в особенностях в отложениях речек и пруда его пыльца содержится в довольно значительных количествах. В почвах под деревьями насчитывается очень большое количество пыльцы сциадопитис (85—90%). Аналогичная картина наблюдается и при изучении почв в Сухумском ботаническом саду.

В почве под секвойей и секвойдендромом количество их пыльцы несколько меньше (не более 60—70%). Наиболее низким (38—40%) содержанием пыльцы в почве характеризуется куннингамия, что, по-видимому, объясняется худшей сохранностью ее пыльцы в почвах. Содержание пыльцы в почвенных пробах под метасеквойей и таксодиумом составляет от 45 до 55%.

Следует отметить, что на территории Батумского ботанического сада площадью 111 га растет около 15 деревьев таксодиевых и они составляют около 0,16% всей древесной растительности сада. Из 55 изученных поверхностных проб в пыльцевом спектре каждой пробы содержание пыльцы таксодиевых в среднем достигает 2—3%. В современных отложениях Сухумского ботанического сада также постоянно присутствуют пыльцевые зерна таксодиевых.

Таким образом, почти все таксодиевые в условиях Колхиды продуцируют обильную пыльцу. Наиболее богатой пыльцевой продуктивностью, как отмечалось, отличаются криптомерия и сциадопитис, что, несомненно, должно учитываться при интерпретации ископаемых спорово-пыльцевых спектров.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт палеобиологии

(Поступило 5.3.1982)

პალეობიოლოგია

თ. ყვავაძე

TAXODIACEAE-ს ოჯახის ზოგიერთი წარმომადგენლის მიერ  
ბამოუყოფილი მტვრის პროდუქტიულობის შესახებ

რეზიუმე

საქართველოს შავიზღვისპირა ზოლში დიდ ფართობებზე ხდება Taxodiaceae-ს წარმომადგენელთა ინტროდუქცია.

ამ თვალსაზრისით შესწავლილია თანამედროვე ნიადაგები ტაქსოდიაციების გავრცელების ზოლში სატყეოების, ბოტანიკური ბაღების, პარკების, დენდრარიუმების ტერიტორიებზე. დადგენილია, რომ ინტროდუცირებული ტაქსოდიაციები კოლხეთის პირობებში იძლევიან დიდი რაოდენობით მტვერს, განსაკუთრებით *Cryptomeria japonica* Don. და *Sciadopithys verticillata*



Sieb. et Zucc. ეს გარემოება გათვალისწინებული უნდა იქნეს შეთანხმებული და უფრო ძველი ნალექების პალინოლოგიური შესწავლის დროს. მათი მონაწილეობის დასადგენად წარსულში, მცენარეული საფარის აღდგენისას, უთუოდ საჭიროა გარკვეული შესწორების გათვალისწინება.

PALAEOBIOLOGY

E. V. KVAVADZE

ON THE POLLEN PRODUCTIVITY OF SOME REPRESENTATIVES  
OF THE FAMILY TAXODIACEAE

Summary

Many representatives of the family Taxodiaceae are being increasingly cultivated in the Black Sea littoral. Modern soils were studied palynologically in the zones of distribution of Taxodiaceae and *Sciadopithys*. *Cryptomeria japonica* D. Don. and *Sciadopithys verticillata* Sieb. et Zucc. were found to produce the largest quantity of pollen. This should be taken into account in the palynological study of deposits of Quaternary and earlier periods.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. К. И. Чочиева. Изв. АН ГССР, сер. биол., 6, № 1, 1980.
2. М. В. Кабайлене. Палинология в СССР. М., 1976.
3. И. И. Шатилова. Палинология голоцена и маринопалинология. М., 1973.
4. И. И. Шатилова. Палинологическое обоснование геохронологии верхнего плиоцена и плейстоцена Западной Грузии. Тбилиси, 1974.



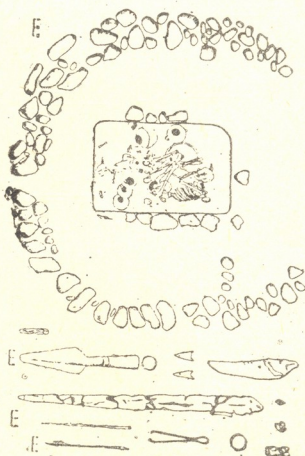
მ. ბაგაშვილი

მუხრანის ველის ქვაწრიანი სამარხები

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ა. აფაქიძემ 2.2.1982)

1978—1981 წწ. მცხეთის მუდმივმოქმედი არქეოლოგიური ექსპედიცია იკვლევდა გვიანბრინჯაო-ადრერკინის ხანის სამარხებს მუხრანის ველზე, ნ. ლომოურის სახ. მიწათმოქმედების ინსტიტუტის საცდელ მიწებზე, წეროვანსა და წილკანს შორის, ახლადაშენებული სათბურების დასავლეთით მიმდებარე ტერიტორიაზე. აღმოჩენილია სამი სახის სამარხები: ა) ორმოსამარხები; ბ) ქვაწრიანი სამარხები და გ) ქვაყრილიანი სამარხები.

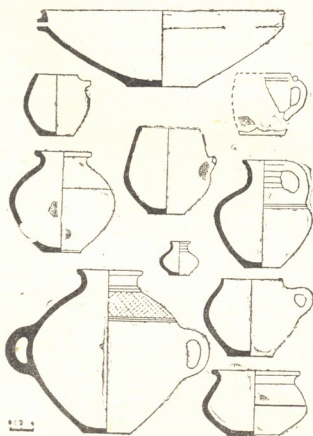
ორმოსამარხები ხშირად ჩნდება დიდი მცხეთის ტერიტორიაზე; ქვაყრილიანი და ქვაწრიანი სამარხები მრავლად გამოვლინდა უმთავრესად უკანასკნელ ხანებში (მუხრანის ველზე, მუხათვეერღთან, ნაბაღრებში, სამთავროს მინდორზე და სხვ.).



სურ. 1

საგანგებო ინტერესს იწვევს მუხრანის ველზე აღმოჩენილი ქვაწრიანი სამარხები, პირველყოვლისა აღნაგობითა და აგებულებით: რიყისქვებით შედგენილი ქვაწრე, რომლის დიამეტრი 4,5 მ აღწევს, გამოყოფს სამარხებს ერთმანეთისაგან. ქვაწრე შედგენილია 1—4 მწკრივად ჩარიცხული ქვარგვლებით, რომლის შუაგულში, საკუთრივ სამარხისათვის გაჭრილი ორმოს (ე. წ. კამე-

რის) კიდევბს, მოგრძო ოთხკუთხად შემოუყვება აგრევეთე ქვარგვალთა წყება (სურ. 1). ამრიგად რიყისქვებით არის შემოზღუდული საკუთრივ ორმოცა და შემდეგ განსაზღვრული ფართობიც, უნდა ვივარაუდოთ, მიწაყრილი მის გარშემო. როგორც ზემოთ აღინიშნა, გარეგნულად მსგავსი, ე. ი. ქვაწრიანი სამარხები აღრეც იყო ცნობილი, მაგრამ მუხრანის ველზე გათხრილი მე-9 სამარხის თავისებურება დაკრძალულის პრეპარაციისას გამოვლინდა. გამოირკვა, რომ სამარხის (ე. ი. ორმოს) იატაკზე ჩაუდგამთ ოთხი სიბიქვა და ამ გზით შემოუფარგლავთ მოგრძო ოთხკუთხა ფართობი (0,80×0,35 მ). ამ ოთხ ქვაზე — სადგარზე, ჩანს, იდგა სარეცელი, რომლის ქვეშ თიხის ჭურჭელი ელაგა (ცენტრში — ლანგარი). სარეცელზე მიცვალებული ესვენა ხელფეხმოკეცილი, მოხრილი, მარჯვენა გვერდზე. მის წინ და ფეხთით სხვადასხვა ზომის თიხის ჭურჭელი იყო ჩადგმული სარეცლის გარეთ. სარეცლის დაღობას არ მოჰყოლია მიცვალებულის ანატომიური განლაგების მოშლა და ახლა ლანგარზე დასვენებულის ილუზია იქმნება.



სურ. 2

მე-9 სამარხში სარეცლის სადგარების დადასტურებამ შექმნა საჭიროება ახლებურად შეგვეხედა ორმოსამარხებში აღმოჩენილ რიყის ქვებისათვის საზოგადოდ. მსგავსი სურათი შეინიშნა სათოვლეს ნაბაღრებზედაც (1979 წ. სამარხი № 10). ამრიგად, სარეცელზე მიცვალბულის დასვენება აღრერკინის ხანის დაკრძალვის წესის სავმაოდ გავრცელებულ სახეობად მოგვევლინა, თანაც, დადასტურდა, რომ სარეცელი რიყის ქვის სადგარებსა და თიხის ჭურჭელზე იდგმებოდა; ე. ი. აღრე კახეთის (კოდისხევი, ჭალიანხევი, პევრები) აღმოჩენათა საფუძველზე სარეცლისა და მის დასადგმელად გამოყენებულ ხის სადგარების შესახებ გამოთქმულ ვარაუდს [1] ახლა მყარი საფუძველი აღმოაჩნდა რიყის ქვის სადგარებზე. დადგმული სარეცლების სახით მუხრანის ველზე.



მუხრანის ველის ბრინჯაო-რკინის ხანის ახლად აღმოჩენილი სამაროვანი ამ მხრივაც უაღრესად მნიშვნელოვანი აღმოჩნდა: დადასტურდა დაკრძალვის წესის საყურადღებო სიახლე და თავისებურება — ქვის ადგარებზე დადგმულ სარეცელზე დაკრძალვა მიცვალებულისა და გასაგები გახდა ქვარგვალის ხშირი მონაწილეობა ორმოსამარხთა აგებულებაში.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
ივ. ჯავახიშვილის სახ. ისტორიის,  
არქეოლოგიისა და ეთნოგრაფიის ინსტიტუტის  
არქეოლოგიური კვლევის ცენტრი

(შემოვიდა 11.2.1982)

## АРХЕОЛОГИЯ

Э. И. ГАВАШЕЛИ

### ПОГРЕБЕНИЯ С КАМЕННЫМИ КРУГАМИ ИЗ МУХРАНСКОЙ ДОЛИНЫ

Резюме

На Мухранской долине, между сс. Цилкани и Церовани Мцхетская археологическая экспедиция в 1978—1981 гг. исследовала могильник поздней бронзы — раннего железа. Выявлены три типа погребений: а) грунтовые, б) с каменными кругами и в) с каменной насыпью.

Особый интерес вызывают погребения с каменными кругами, в которых зафиксированы каменные подставки для деревянного ложа, на которое клали покойника в скорченном положении; под ложем и вокруг укладывали инвентарь. После растления ложа и покойника костяк оказывался на инвентаре, что создавало иллюзию погребения на глиняных сосудах.

Позже подобная картина выявилась в Набагреби (погр. № 10). Ранее высказанная мысль об обычае погребения на ложе с деревянными ножками в Кахети [1] получила ясное подтверждение в виде ложа, установленного на булыгах.

Могильник Мухранской долины оказался значительным открытием, давшим погребения нового типа: с ложем, установленным на булыгах, поясняющим участие камней в погребальном инвентаре на могильниках Восточной Грузии.

## ARCHAEOLOGY

E. I. GAVASHELI

### STONE-CIRCLE BURIALS FROM THE MUKHRANI VALLEY

Summary

In 1978-1981 the Mtskheta archaeological expedition carried out excavations in the Mukhrani valley, between the villages of Tsilkani and Tserovani, where a burial ground of the Late Bronze-Early Iron age was discovered comprising three types of burials: a) with stone circles b) pit burials c) with a stone embankment.





Burials with stone circles are of special interest. In these burials stone supports for wooden beds on which the deceased were laid in flexed position were discovered. Grave objects were placed under and around the bed. After the decay of the bed and the body the latter came to rest upon the burial inventory, thus giving the impression of having been buried on pottery (clay vessels).

A similar arrangement was discovered in Nabagrebi (burial № 10), which proves conclusively an earlier assumption on the tradition of burying the dead on beds with wooden supports in Kakheti.

The burial ground in Mukhrani valley is an important discovery, for it has brought to light burials of a new type, namely with beds set on boulders, which explains the presence of boulders among the grave goods.

#### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. К. Н. Пицхелauri. Восточная Грузия в конце бронзового века. Тбилиси, 1979.



В. А. ЛОГИНОВ

## РАННЕЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКАЯ СИМВОЛИКА АПСИЛИИ (по данным керамического производства)

(Представлено членом-корреспондентом Академии З. В. Анчабадзе 24.3.1982)

Культура древнеабхазского племени апсилов, населявших территорию Северо-Западной Колхиды во II—VIII вв. н. э., стала достоянием науки совсем недавно. Систематическое изучение самобытной цецбельдинской культуры внесло много нового в наши представления об этом регионе Кавказа. К сожалению, орнаментика апсилийской керамики, в первую очередь массово представленных кувшинов, предметом специального изучения до последнего времени не являлась [1]. В данном сообщении освещается первая попытка исследования этой проблемы как в семантическом, так и в хронологическом аспекте.

Тулово рассматриваемых кувшинов с чашечкообразным венчиком, на начальном этапе развития этого типа керамических изделий (II—IV вв. н. э.), оформлено многорядным волнообразным (гребенчатым) орнаментом, количество рядов которого на последующих этапах (IV—VII вв. н. э.) неуклонно уменьшается. Установлено, что волнообразные линии семантически так или иначе связаны с влагой (водой, пищей). Фасадная, реже боковая поверхность тулова в средней части украшается налепами и врезными значками (см. рисунок). Символика этих универсальных элементов свидетельствует о наличии определенных представлений, связанных с земным плодородием. Символы такого типа бытовали [2] и как пережиточное явление бытуют на предметах и изделиях, связанных с брачными отношениями, рождением и приумножением у ряда народов, занимавшихся примитивным земледелием и скотоводством [3, 4]. Ручки сосудов плоские и вогнутые в сечении, как правило, с жгутообразно или крыловидно оформленным краем (рис. 1—5, 9—11, 14, 17, 18), богато орнаментированы и украшены очковидными (рис. 7—9, 12, 14, 17) и зооморфными (рис. 23, 24) налепами. Оформление края ручек (рис. 1—4, 9, 10, 14, 17, 18) представляет собой псевдоорнамент, который обусловлен технологией изготовления плетенных вместилищ, либо, наряду с зооморфными и очковидными подвесками (рис. 23, 24, 26), отражает тенденцию к зооморфизации всей ручки. Формальный анализ позволяет выделить в их орнаментации ряд композиций — растительных (рис. 1—5), растительно-змеевидных (рис. 6—12) и ромбовидных (рис. 13—17). Все вышеперечисленные мотивы носят ярко выраженный раннеземледельческий характер; и их можно интерпретировать как изображения и символы «ромба с крючками» (засеянного поля, женского



начала, рис. 13—17) [5], «мирового дерева» («древа жизни и изобилия», рис. 1—7, 9, 10, 13—17) [6, 7], змеи (доброй охранительницы, владельницы влаги, «небесного дракона» — хозяйина туч, лягушки и т. д., рис. 6—12, 17) [8—10] и богини плодородия (Великой матери,

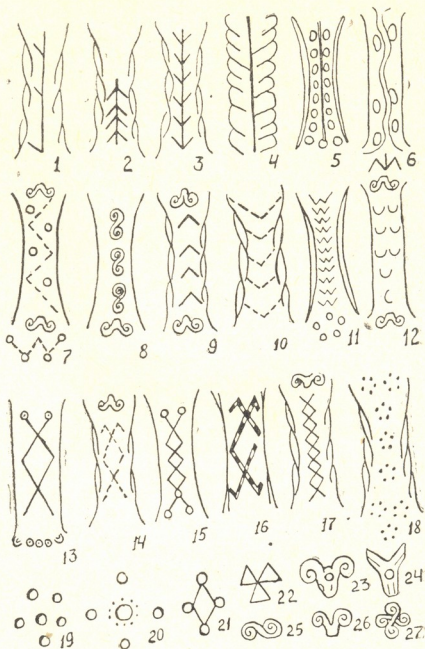


Рис. 1

подательницы жизни, влаги, пищи, рис. 1—18) [10]. Первобытной раннеземледельческой орнаментике присущ полисемантизм, и, естественно, помимо основной функции приумножения, она несет и космогоническо-охранительную (магическую) нагрузку.

Абхазский государственный университет  
им. А. М. Горького

(Поступило 29.4.1982)

არქეოლოგია

3. ლოგინოვი

აფხაზეთის ადრეული სამიწათმოქმედო სივრცეობა

რეზიუმე

წინამდებარე ნაშრომში განხილულია ჩვ. წ. II—VII სს. წებელდური კულტურის დოქებზე გავრცელებული ორნამენტალური კომპოზიციები.

განალიზებული კომპოზიციები თავისი ბუნებით პოლისემანტიკურია, ამასთანავე მკვეთრად გამოხატულ სამიწათმოქმედებო ხასიათს ატარებენ, რო-



მელთა კონკრეტული სიმბოლიკა ფესვებით ნაყოფიერების უნივერსალურ კულტს უკავშირდება. ზოგი მოტივი შეიძლება ინტერპრეტირებულ იქნეს როგორც „კაუჭებიანი რომბი“, „კეთილი გველი“, „ცხოვრებისა და სიუხვის ხე“ და ა. შ. ყოველივე ეს საშუალებას გვაძლევს, რათა ძველი აფხაზეთის ორნამენტის საფუძველზე შემუშავებულ იქნეს მოცემული რეგიონის ქრონოლოგია.

ARCHAEOLOGY

V. A. LOGINOV

EARLY AGRICULTURAL SYMBOLS OF APSILIA

Summary

The paper discusses the ornamental compositions found on jars of the Tsebelda culture dating from the 2nd to 7th centuries A. D.

The analyzed compositions are of polysemantic nature, but with a clearly defined early agricultural character, their specific symbol going back to the universal cult of fertility. A number of motifs may be interpreted as a “rhomb with hooks”, “tree of life and abundance”, “good serpent”, and so on. All this enables to reconstruct the ideological views of the ancient Apsils and, on the basis of ancient Abkhazian ornamentation, to elaborate the absolute chronology of the given region.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Ю. Н. Воронов. «Апсны аказара», № 1, 1980.
2. Б. А. Рыбаков. Язычество древних славян. М., 1981.
3. Е. М. Маля. Народное изобразительное искусство Абхазии. Тбилиси, 1970.
4. В. Бардавелидзе, Г. Читая. Хевсурский орнамент. Тбилиси, 1939.
5. А. К. Амброз. СА, № 3, 1965.
6. Г. С. Читая. Изв. ИЯИМК, X, 1941.
7. Г. Коморци. Сб. «Древний Восток и мировая культура». М., 1981.
8. А. М. Решетов. Материальная культура и мифология, XXXVII. Л., 1981.
9. С. В. Иванов. Орнамент народов Сибири как исторический источник. М.—Л., 1963.
10. Б. А. Рыбаков. СА, № 1, 1965.

109-ე ტომის ავტორთა საძიებელი

- აბაშიძე ნ. 727  
 აბულაძე ლ. 520  
 ადამია რ. 608  
 ადამია შ. 576  
 აზმაიფარაშვილი ლ. 267  
 აივაზაშვილი ი. 391  
 ანდრონიკაშვილი თ. 315  
 არეშიძე გ. 591  
 არეშიძე ქრ. 556  
 არსენიშვილი გ. 19, 467  
 არტემიევი მ. 296  
 ასათიანი ვ. 32  
 ასლანიკაშვილი ნ. 344  
 აფციაური ფ. 60  
 ახალკაცი ვ. 644
- ბალაძე ვ. 259  
 ბალახიშვილი ლ. 556  
 ბანახი ო. 315  
 ბანძელაძე ბ. 131  
 ბარამიძე ნ. 56  
 ბარულაძე გ. 246  
 ბაუმბერგი ი. 520  
 ბაუმბერგი მ. 520  
 ბაღდასარიანი გ. 576  
 ბელოკობილსკი ა. 151  
 ბერაძე ნ. 544  
 ბერესტენევა გ. 560  
 ბერიაშვილი ლ. 425  
 ბეშქენაძე ი. 67  
 ბიბილეიშვილი დ. 560  
 ბილანიშვილი ი. 387  
 ბინიაშვილი ა. 535  
 ბოგდანოვი ფ. 275  
 ბონჩ-ბრუევიჩი ვ. 56  
 ბრაიუშკოვიჩი ნ. 527  
 ბრეგაძე ა. 639  
 ბროვმანი მ. 104  
 ბუკანოვი ა. 84  
 ბულია ბ. 563  
 ბურდული ე. 324  
 ბურჯანაძე თ. 396  
 ბულაძე ვ. 255
- გაბადაძე თ. 319  
 გაგუა ა. 420  
 გავაშელი ე. 653  
 გამზინაძე გ. 309
- გარსევანიშვილი ნ. 591  
 გარუჩაია მ. 79  
 გაჩეჩილაძე რ. 331  
 გეგეშიძე ა. 331  
 გეგეშკორი მ. 155  
 გელაშვილი კ. 299  
 გელეიშვილი თ. 324  
 გველესიანი ჯ. 567  
 გვერდწითელი მ. 309  
 გიგაური რ. 552  
 გინტური ე. 151  
 გიორგობიანი ე. 609  
 გიორგობიანი თ. 88  
 გოგოშიძე დ. 63  
 გოლუბი ტ. 591  
 გომართელი ლ. 619  
 გორგიძე ა. 382  
 გორიანოვი ვ. 420  
 გორჯოლაძე ი. 123  
 გოჩიტაშვილი თ. 136  
 გრიბუკოვა პ. 560  
 გრიგორაშვილი გ. 415  
 გრიგორიევი ა. 356  
 გუგუშვილი ვ. 576  
 გუგუშვილი ლ. 420  
 გუნია ნ. 26  
 გუჯაბიძე ვ. 331
- დავითაია გ. 631  
 დავითაშვილი ნ. 625  
 დავითაშვილი ნ. 117  
 დარსაველიძე გ. 283, 288, 532  
 დევდარიანი რ. 303  
 დემიხოვი ვ. 420  
 დობოროჯინიძე ლ. 496  
 დოლიძე ე. 600  
 დოჭვირი ბ. 35  
 დუღუჩაია რ. 244
- ენჭუიძე გ. 161  
 ერიომინი ვ. 336
- ვარსიმაშვილი ე. 95  
 ვარძელაშვილი ნ. 591  
 ვარზანიძე ლ. 396  
 ვაშაკიძე მ. 303
- ვანნაძე ე. 552  
 ვეკუა თ. 139  
 ვერტოგრადსკი ე. 603  
 ვინტაიკინი ე. 535  
 ვიტრიჩენკო ი. 44  
 ვოლკოვა ლ. 560
- ზაალიშვილი ვ. 348  
 ზაალიშვილი თ. 624  
 ზაალიშვილი ნ. 467  
 ზაუტაშვილი მ. 411  
 ზაქარაია დ. 88  
 ზილფიმიანი დ. 63  
 ზორიკოვი ე. 272
- თავაძე გ. 288  
 თავაძე ლ. 600  
 თავაძე ფ. 104, 288, 352, 563, 600  
 თავხელიძე დ. 116  
 თალაკვაძე მ. 552  
 თაფლაძე ო. 172  
 თევზაძე რ. 23  
 თვალჭრელიძე ტ. 340  
 თოიძე ნ. 615  
 თოროზოვი რ. 336  
 თოფჩიშვილი მ. 88  
 თხელიძე ნ. 104  
 თხილავა ე. 107, 359
- იაშვილი ნ. 580  
 იმნაძე ზ. 336  
 იოსელიძე ჯ. 571  
 იშჩენკო ე. 39
- კავთიაშვილი რ. 177  
 კალანდარიშვილი თ. 644  
 კანკავა ე. 161  
 კასრაძე გ. 324  
 კახაბრიშვილი მ. 328  
 კეზელი ა. 148  
 კეკელიშვილი თ. 591  
 კეკელიძე ზ. 596  
 კეშელავა ნ. 563



კვინიხიძე გ. 644  
 კვიციანი ა. 340  
 კირვალიძე ი. 272  
 კიტოვანი თ. 336  
 კიტოვანი შ. 336  
 კლიმაშვილი მ. 148  
 კობახიძე გ. 624  
 კოლაკოვსკაია ა. 371  
 კორნევი ა. 84  
 კორშაკი ვ. 560  
 კუბლაშვილი რ. 299  
 კურკოვსკაია ლ. 328  
 კუტრუხიძე ვ. 491  
 კუტუბიძე რ. 404  
 კუცია მ. 136

ლაბარტყავა ე. 535  
 ლაფაური ნ. 280  
 ლაფერაშვილი ლ. 515  
 ლალიძე რ. 303  
 ლეკვეიშვილი ე. 308  
 ლიბარტელიანი გ. 441  
 ლოგინოვი ვ. 658  
 ლოლაშვილი ა. 167  
 ლომთათიძე ქ. 433  
 ლომიძე ლ. 571  
 ლომსაძე ბ. 155, 631, 636  
 ლობირევი ვ. 560

მაისტრენკო ვ. 499  
 მაისურაძე ნ. 72  
 მალაზონია დ. 524  
 მამალაძე ი. 47  
 მარდალეიშვილი ო. 340  
 მატინოვა მ. 272  
 მაყაშვილი მ. 619  
 მაჩაბელი გ. 527  
 მებონია ს. 111 608  
 მელიქაძე ლ. 308, 571  
 მენაბდე მ. 524  
 მეშველიშვილი ჯ. 631  
 მითაიშვილი რ. 175, 504  
 მიქაუტაძე მ. 608  
 მიქაძე ო. 563  
 მიხელაშვილი ბ. 272  
 მიხაილოვი ვ. 280  
 შოლოსტოვსკი ე. 336  
 მუსელიანი ე. 603  
 მჭედლიშვილი თ. 116

ნადირაძე ვ. 580  
 ნადირაძე ი. 424  
 ნათუნაძე ნ. 552

ნანობაშვილი ზ. 387  
 ნარიკაშვილი მ. 387  
 ნარიკაშვილი ს. 387  
 ნიაური გ. 296  
 ნიკოლენკო პ. 471  
 ნიკულონი ა. 356  
 ნიგარაძე ი. 167  
 ნუცუბიძე ნ. 399, 727

ოგანესიანი ა. 399  
 ორლოვი ი. 508  
 ოტოპკოვა მ. 84  
 ოქროსცვარიძე ზ. 600  
 ოქროსცვარიძე ო. 288

პაპავა გ. 72  
 პაპავა ი. 512  
 პოლოვეი ვ. 167

ქეილაშვილი კ. 382  
 ყორღანია ი. 356

რაკანტი ზ. 583  
 რამიშვილი შ. 104  
 რატიშვილი ი. 52  
 როდონაია თ. 161  
 რუბეში ლ. 567  
 რუბინშტეინი მ. 576  
 რურუა გ. 123  
 რუსაძე უ. 404  
 რუხაძე გ. 424  
 რუხილაძე ე. 107, 359

სალუქვაძე ი. 331  
 სამსონია გ. 303  
 სამსონია შ. 75  
 სანაძე ვ. 283, 532  
 სანებლიძე ს. 479  
 საქსაგანსკი ო. 520  
 სალინაძე ნ. 151  
 სიხარულიძე მ. 328  
 სერდიუკოვა ლ. 371  
 სეკაზინი ვ. 603  
 სტრილჩუკი ლ. 315  
 სუვოროვი ნ. 75, 328  
 სულაძე ი. 319

ტაბაშიძე ნ. 308  
 ტაბიძე გ. 363  
 ტარაყაშვილი ც. 280

ტიმოფეევი ს. 84  
 ტოროშელიძე თ. 548

ურატაძე თ. 184

ფეიქრიშვილი ა. 352  
 ფილიშვილი თ. 60  
 ფორჩხიძე ხ. 157

ქარელი ე. 391  
 ქართველიშვილი ე. 308  
 ქარჩავა თ. 483  
 ქაჯაია დ. 387  
 ქაჯაია ი. 104  
 ქაჯაია მ. 407, 639  
 ქევახიშვილი გ. 275  
 ქემხაძე შ. 251  
 ქვაჩაიძე რ. 141  
 ქიქოძე გ. 92  
 ქუთათელაძე კ. 319  
 ქუთელია ე. 283, 532, 563  
 ქუთელია ზ. 585  
 ქურდიანი ნ. 56

ყაზახაშვილი ე. 431  
 ყარყარაშვილი გ. 67  
 ყვავაძე ე. 651  
 ყუფშიძე მ. 128  
 ყუფარაძე მ. 340

შაშიაშვილი მ. 35  
 შენგელაია გ. 296  
 შველაშვილი ა. 67, 324  
 შმუტლევიჩი რ. 603  
 შონია გ. 404  
 შონია ნ. 151, 619  
 შულაძე ნ. 437

ჩერქეზიშვილი ქ. 293  
 ჩეხოშვილი ბ. 291  
 ჩივაძე გ. 556  
 ჩიკვაძე ი. 75  
 ჩიტაშვილი რ. 508  
 ჩიჭოვანი რ. 272  
 ჩოჩიყვი ქ. 336  
 ჩხეიძე ლ. 556  
 ჩხიკვაძე ლ. 107, 359

ცარციძე მ. 155, 636  
 ცორეციძე ნ. 263  
 ცისკარიშვილი რ. 72  
 ცოტაძე მ. 120  
 ცხალაია ვ. 475

ქანიშვილი შ. 609  
 ქანტურია ა. 368  
 ქანტურია ნ. 155  
 ქვიციანი ლ. 167  
 ქელიძე თ. 539  
 ქიქინაძე რ. 487

ხარაშვილი ც. 600  
 ხასია ნ. 283, 532  
 ხატიაშვილი ნ. 63  
 ხაჩატრიანი ს. 100  
 ხოშტარია თ. 328  
 ხუდაიდატოვი ბ. 648

ძაგანია ა. 376  
 ძინძიბაძე თ. 563

ხანანაშვილი ლ. 84  
 ხარატიშვილი ნ. 139

ჯავახიშვილი ც. 379  
 ჯაფარიძე გ. 340  
 ჯიშკარიანი თ. 636

ჭავჭავაძე ქ. 631

## УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ 109-го ТОМА

Абашидзе Н. Д. 625  
 Абуладзе Л. Д. 517  
 Адамия Р. Ш. 605  
 Адамия Ш. А. 573  
 Азмайпарашвили Л. Г.  
 265  
 Айвазашвили И. М. 389  
 Андроникашвили Т. Г.  
 313  
 Апицаური П. В. 57  
 Арешидзе Г. Т. 589  
 Арешидзе Х. И. 553  
 Арсенишвили Г. Л. 17,  
 465  
 Асатиани В. О. 29  
 Асланикашвили Н. А.  
 341  
 Ахалкаци В. В. 641

Богданов Ф. Г. 273  
 Бонч-Бруевич В. Л. 53  
 Браюшкович Н. 525  
 Брегадзе А. Г. 637  
 Бровман М. Я. 101  
 Бругадзе В. М. 253  
 Буканов А. М. 81  
 Булия Б. П. 561  
 Бурджанадзе Т. В. 393  
 Бурдули Э. И. 321

Вардзелашвили Н. С.  
 589  
 Варсимашвили Э. В. 93  
 Варшанидзе Л. Х. 393  
 Вачнадзе Е. С. 549  
 Вашакидзе М. Ш. 301  
 Векуа Т. А. 137  
 Вертоградский В. А.  
 601

Винтайкин Е. З. 533  
 Витриченко И. Е. 41  
 Волкова Л. И. 557

Габададзе Т. Г. 317  
 Гавашели Э. И. 655  
 Гагуа А. М. 417  
 Гамзანი Г. А. 311  
 Гарсеванишвили Н. Д.  
 589

Гаручава М. В. 77  
 Гаччиладзе Р. Г. 329  
 Гвелесиანი Дж. Ф. 565  
 Гвердцители М. И. 311  
 Гегечкори М. Г. 153  
 Гегეцидзе А. М. 329  
 Гелашვილი К. Ш. 297  
 Гелейшვილი Т. П. 321  
 Георгობიანი Э. Л. 611

Гигаური Р. Д. 549  
 Гинтури Э. Н. 149  
 Гиоргобиანი Т. В. 85  
 Гошидзе Д. А. 61  
 Голуб Т. В. 589  
 Гомартели Л. К. 617  
 Горгидзе А. Д. 381  
 Горджоладзе И. И. 121  
 Горяйнов В. М. 417  
 Гочиташвили Т. Ш. 133  
 Грибкова П. Н. 557  
 Григорашвили Г. З. 413  
 Григорьев А. К. 353  
 Гугушвили В. И. 573  
 Гугушвили Л. Л. 417  
 Гуджабидзе В. В. 329  
 Гуния Н. Г. 25

Давиташвили Н. А. 625  
 Давиташвили Н. С. 117  
 Давитая Г. Ш. 629  
 Дараселия Г. Я. 377  
 Дарсавелидзе Г. Ш.  
 281, 285, 529

Девдариანი Р. Р. 301  
 Демихов В. П. 417  
 Джавахишвили Ц. Д.  
 377  
 Джапаридзе Г. А. 337  
 Джишкарини О. С.  
 633

Дзагания А. М. 373  
 Дзиндзибадзе Т. Г. 561  
 Доборджгинидзе Л. Г.  
 493  
 Долнашвили Э. З. 597  
 Дочвири В. М. 33  
 Дудучава Р. В. 341

Еремин В. Н. 333

Бягдасарян Г. П. 573  
 Баладзе В. Х. 257  
 Балахишвили Л. И. 533  
 Балахишвили Л. И. 553  
 Банах О. С. 313  
 Бандзеладзе Б. Р. 129  
 Барамидзе Н. В. 53  
 Бареладзе Г. П. 245  
 Барнова К. В. 597  
 Баладзе В. Х. 257  
 Баумберг И. Б. 517  
 Баумберг М. Б. 517  
 Белокобыльский А. И.  
 149  
 Бсрадзе Н. И. 541  
 Берестнева Г. Л. 557  
 Беришвили Л. Г. 427  
 Бешкенадзе И. А. 65  
 Бибилайшვილი Д. В.  
 557  
 Билაიшვილი И. Г. 385  
 Бичинашვილი А. И. 535



- Жижилашвили К. М. 381  
 Жордания И. С. 353  
 Заалишвили В. Б. 345  
 Заалишвили Н. З. 465  
 Заалишвили Т. М. 621  
 Закарая Д. П. 85  
 Зауташвили М. И. 409  
 Зилпимпани Д. О. 61  
 Зориков В. В. 269  
 Иашвили Н. Г. 577  
 Имнадзе З. А. 333  
 Иссебидзе Д. С. 569  
 Ищенко Е. В. 37  
 Кавтиашвили Р. Г. 179  
 Каджая Д. В. 385  
 Каджая И. Д. 101  
 Каджая М. Б. 405, 637  
 Казахашвили Ж. Р. 429  
 Каландаришвили Т. В. 641  
 Канкава В. Л. 163  
 Карели Э. А. 389  
 Каркаршвили В. М. 65  
 Картвелишвили Э. В. 305  
 Карчава Т. К. 481  
 Касрадзе Г. Г. 321  
 Кахабришвили М. Л. 325  
 Квавадзе Э. В. 649  
 Квачакидзе Р. К. 144  
 Квинихидзе Г. С. 641  
 Квициани А. А. 337  
 Кеванишвили Г. Ш. 273  
 Кезели А. Р. 145  
 Кекелидзе З. Ш. 593  
 Кекелишвили Т. Г. 589  
 Кемхадзе Ш. С. 249  
 Кешслава Н. П. 561  
 Кикодзе Г. С. 89  
 Кипшидзе М. Е. 125  
 Кирвалидзе И. И. 269  
 Китовани Т. Г. 333  
 Китовани Ш. К. 333  
 Климиашвили М. А. 145  
 Кобахидзе Г. Т. 621  
 Колаковский А. А. 369  
 Корнев А. Е. 81  
 Кублашвили Р. И. 297  
 Купарадзе М. Д. 337  
 Курдиани Н. И. 53  
 Курковская Л. Н. 325  
 Кутателадзе К. С. 317  
 Кутелин Ц. А. 588  
 Кутелия Э. Р. 281, 529, 561  
 Кутубидзе Р. А. 401  
 Кутрунов В. Н. 489  
 Куцня М. Т. 133  
 Лабарткава Э. К. 533  
 Лагидзе Р. М. 301  
 Лапаури Н. А. 277  
 Лаперашвили Л. В. 513  
 Леквейшвили Э. Г. 305  
 Липартелиани Г. Н. 444  
 Логинов В. А. 657  
 Лолашвили А. И. 165  
 Ломидзе Л. Ч. 569  
 Ломсадзе Б. А. 153, 629, 633  
 Ломтатидзе К. В. 434  
 Лопырев В. А. 557  
 Майстренко В. Е. 497  
 Майсурадзе Н. А. 69  
 Макашвили М. А. 617  
 Малазония Д. В. 621  
 Мамаладзе Ю. Г. 45  
 Мардалейшвили О. Д. 337  
 Матнинова М. С. 269  
 Мачабели Г. З. 525  
 Мебония С. А. 109, 605  
 Меликадзе Л. Д. 305, 569  
 Менабде М. Г. 521  
 Мешвелишвили Дж. Т. 629  
 Микадзе О. И. 561  
 Микаутадзе М. М. 605  
 Митаишвили Р. Л. 173, 501  
 Михайлов В. А. 277  
 Михелашвили В. М. 269  
 Молостовский Э. А. 333  
 Муселиани В. Ш. 601  
 Мчедlishвили Т. Ф. 113  
 Надирадзе В. Р. 577  
 Надирадзе И. Ш. 421  
 Нанобашвили З. И. 385  
 Нарикашвили 385  
 Нарикашвили С. П. 385  
 Натенадзе Н. Г. 549  
 Ниаури Г. А. 293  
 Нижарадзе И. Ш. 165  
 Николенко П. В. 469  
 Никулини А. Н. 353  
 Нуцубидзе Н. Н. 397, 625  
 Оганесян А. А. 397  
 Окросцваридзе З. Ш. 597  
 Окросцваридзе О. Ш. 285  
 Орлов Ю. К. 505  
 Отопкова М. А. 81  
 Папава Г. Ш. 69  
 Папава Ю. П. 509  
 Пеикришвили А. Б. 347  
 Пилишвили Т. В. 57  
 Полоев В. Г. 165  
 Порчхидзе Х. Ш. 159  
 Ракант З. И. 581  
 Рамишвили Ш. Д. 101  
 Ратишвили И. Г. 49  
 Родоная Т. Э. 163  
 Рубеш Л. Л. 565  
 Рубинштейн М. М. 573  
 Руруа Г. Б. 121  
 Русадзе У. С. 401  
 Рухадзе Г. А. 421  
 Рцхиладзе В. Г. 105, 357  
 Сагиннадзе Н. В. 149  
 Саксаганский О. В. 517  
 Салуквадзе И. М. 329  
 Самсония Г. Г. 301  
 Самсония Ш. А. 73  
 Санадзе В. В. 281, 529  
 Санаблidge С. А. 477  
 Сердюкова Л. Б. 369  
 Сихарулидзе М. И. 325  
 Сказин В. Е. 601  
 Стрильчук Л. В. 313  
 Суворов Н. Н. 73, 325  
 Суладзе И. Ш. 317



- Табашидзе Н. И. 305  
 Табидзе Г. К. 361  
 Тавадзе Г. Ф. 285  
 Тавадзе Л. Ф. 597  
 Тавадзе Ф. Н. 101, 285,  
 349, 561, 597  
 Тавхелидзе Д. Д. 113  
 Талаквადзе М. Г. 459  
 Тапладзе О. Г. 169  
 Таркашвили Ц. Т. 277  
 Твалчрелидзе Т. Р. 337  
 Тевзадзе Ф. Н. 21  
 Тимофеев С. Е. 81  
 Тондзе Н. Ш. 613  
 Топчишвили М. В. 85  
 Горозов Р. И. 333  
 Торшелидзе Т. И. 545  
 Тхелидзе Н. Д. 101  
 Тхилава Е. Т. 105, 357
- Уратадзе Т. Б. 181
- Хананашвили Л. М. 81
- Харатишвили Н. Г. 137  
 Харашвили Ц. Г. 597  
 Хасия Н. И. 281; 529  
 Хатишвили Н. Г. 61  
 Хачатрян С. О. 97  
 Хоштария Т. Е. 325  
 Худайдагов Б. Р. 645
- Шарцидзе М. А. 153,  
 633
- Цирекидзе Н. Р. 261  
 Цискаришвили Р. П. 69  
 Цотадзе М. Л. 117  
 Цхадая В. Т. 473
- Чавчанидзе К. Г. 629  
 Чейшвили Л. Д. 168  
 Челидзе Т. Л. 537  
 Чанишвили Ш. Ш. 611  
 Чантурия А. К. 365  
 Чтнагуя Н. Ю. 153
- Черкезишвили К. И. 297  
 Чеховшвили Б. Я. 289  
 Чивадзе Г. О. 553  
 Чикваидзе И. Ш. 73  
 Чиковани Р. И. 269  
 Читашвили Р. Я. 505  
 Чичинадзе Р. К. 485  
 Чочиева К. И. 333  
 Чхеидзе Л. З. 553  
 Чхиквадзе Л. А. 105,  
 357
- Шашинашвили М. А. 33  
 Швелашвили А. Е. 65,  
 321
- Шенгелая Г. Ш. 293  
 Шмудевич Р. С. 601  
 Шония Г. И. 401  
 Шония Н. Б. 617  
 Шония Н. И. 149  
 Шугладзе Н. К. 439
- Энукидзе Г. П. 163

## AUTHOR INDEX TO VOLUME 110

- Abuladze L. D. 520  
 Adamia R. Sh. 608  
 Adamia Sh. A. 576  
 Aivazashvili I. M. 391  
 Akhalkatsi V. V. 644  
 Andronikashvili T. G. 316  
 Aptsiauri P. V. 60  
 Areshidze G. G. 592  
 Areshidze Kh. I. 556  
 Arsenishvili G. L. 19, 467  
 Artemyev M. E. 296  
 Asatiani V. O. 32  
 Aslanikashvili N. A. 344  
 Azmaiparashvili L. G. 267
- Bagdasaryan G. P. 576  
 Baladze V. H. 260  
 Balakhishvili L. I. 556  
 Banakh O. S. 316  
 Bandzeladze B. R. 131  
 Baramidze N. V. 56  
 Bareladze G. P. 246  
 Barnova K. V. 600  
 Baumberg I. B. 520  
 Baumberg M. B. 520  
 Belokobylski A. I. 151  
 Beradze N. I. 544
- Berestneva G. L. 560  
 Beriashvili L. G. 427  
 Beshkenadze I. A. 67  
 Bichinashvili A. I. 536  
 Bibileishvili D. V. 560  
 Bilanishvili I. G. 388  
 Bogdanov F. G. 275  
 Bonch-Bruevich V. L. 56  
 Brayushkovich N. 527  
 Bregadze A. G. 640  
 Brovman M. J. 104  
 Bugadze V. M. 255  
 Bukanov A. M. 84  
 Bulia B. P. 563  
 Burduli E. I. 324  
 Burjanadze T. V. 396
- Chanishvili Sh. Sh. 611  
 Chanturia A. K. 368  
 Chanturia N. I. 156  
 Chavchanidze K. G. 632  
 Cheishvili L. D. 168  
 Chekhoshvili B. I. 291  
 Chelidze T. L. 540  
 Cherkezishvili K. I. 299  
 Chichinadze R. K. 487  
 Chikovani R. I. 272
- Chikvaide I. Sh. 75  
 Chitashvili R. Ya. 508  
 Chivadze G. O. 556  
 Chkheidze L. Z. 556  
 Chkhikvadze L. A. 107,  
 359  
 Chochieva K. I. 336
- Daraselja G. I. 379  
 Darsavelidze G. Sh. 283,  
 288, 532  
 Davitaia G. Sh. 632  
 Davitashvili N. S. 120  
 Demikhov V. P. 420  
 Devdariani R. R. 304  
 Doborjginidze L. G. 496  
 Dochviri V. M. 35  
 Doliashvili E. Z. 600  
 Duduchava R. V. 244  
 Dzagania A. M. 376
- Enukidze G. P. 164  
 Eremin V. N. 336
- Gabadadze T. G. 320  
 Gugushvili L. L. 420



- Gachechiladze R. G. 332  
 Gagua A. M. 420  
 Gamziani, G. A. 311  
 Garsevanishvili N. D. 592  
 Garuchava M. V. 79  
 Gegechkori M. G. 156  
 Gegeshidze A. M. 332  
 Gelashvili K. Sh. 299  
 Geleishvili T. P. 324  
 Georgobiani E. L. 611  
 Gavasheli E. I. 655  
 Gigauri R. D. 552  
 Ginturi E. N. 151  
 Giorgobiani T. V. 88  
 Gochitashvili T. Sh. 136  
 Gogoshidze D. A. 67  
 Golub T. V. 592  
 Gomarteli L. K. 620  
 Gorgidze A. D. 383  
 Gorjoladze I. I. 123  
 Goryanov V. M. 420  
 Gribkova P. N. 560  
 Grigorashvili G. Z. 415  
 Grigoryev A. K. 356  
 Gugushvili V. I. 576  
 Gujabidze V. V. 332  
 Gunia N. G. 27  
 Gvelesiani J. P. 567  
 Gverdtseteli M. I. 311
- Iashvili N. G. 580  
 Imnadze Z. A. 336  
 Iosebidge J. S. 572  
 Ishchenko E. V. 39
- Japaridze G. A. 340  
 Javakhishvili Ts. D. 379  
 Jishkariani O. S. 636
- Kajaia D. V. 388  
 Kajaia I. D. 104  
 Kajaia M. V. 408, 640  
 Kakhbrishvili M. L. 328  
 Kalandarishvili T. V. 644  
 Kankava V. L. 164  
 Karchava T. K. 483  
 Kareli E. A. 391  
 Karkarashvili V. M. 67  
 Kartvelishvili E. V. 308  
 Kasradze G. G. 324  
 Kavtiashvili R. G. 180  
 Kazakhashvili Zh. R. 431  
 Kekelidze Z. Sh. 596  
 Kekelishvili T. G. 592  
 Kemkhadze Sh. S. 252  
 Kevanishvili G. Sh. 275  
 Kazeli A. R. 148
- Khachatryan S. O. 100  
 Khananashvili L. M. 84  
 Kharashvili Ts. G. 600  
 Kharatishvili N. G. 140  
 Khasia N. I. 283, 532  
 Khatiashvili N. G. 63  
 Khoshtaria T. E. 328  
 Khudaydatov G. P. 648  
 Kikodze G. S. 92  
 Kipshidze M. E. 128  
 Kirvalidze I. I. 272  
 Kitovani Sh. K. 336  
 Kitovani T. G. 336  
 Klimiashvili M. A. 148  
 Kcbakhidze G. T. 624  
 Kolakovskiy A. A. 371  
 Kornev A. E. 84  
 Korshak V. V. 560  
 Kublashvili R. I. 299  
 Kutrunov V. N. 491  
 Kuparadze M. D. 340  
 Kurdiani N. I. 56  
 Kurkovskaya L. N. 328  
 Kutateladze K. S. 320  
 Kutelia E. R. 283, 532, 563  
 Kutelia Z. A. 588  
 Kutsia M. T. 136  
 Kutubidze R. A. 404  
 Kvachakidze R. K. 144  
 Kvavadze E. V. 652  
 Kvinikhidze G. S. 644  
 Kvitsiani A. A. 340
- Labartkava E. K. 536  
 Lagidze R. M. 304  
 Lapauri N. A. 280  
 Laperashvili L. V. 516  
 Lekveishvili E. G. 308  
 Liparteliani G. N. 444  
 Loginov V. A. 659  
 Lolashvili A. I. 168  
 Lomidze L. Ch. 572  
 Lomsadze B. A. 156, 632, 636  
 Lomtadze K. V. 435  
 Lopyrev V. A. 560
- Machabeli G. Z. 527  
 Maistrenko V. E. 499  
 Maisuradze N. A. 72  
 Makashvili M. A. 620  
 Malasonia D. V. 524  
 Mamaladze Yu. G. 47  
 Mardaleishvili O. D. 340  
 Matinova M. S. 272  
 Mchedlishvili T. F. 116  
 Mebonia S. A. 112, 608
- Melikadze L. D. 308, 572  
 Menabde M. G. 524  
 Meshvelishvili D. T. 632  
 Mikadze O. I. 563  
 Mikautadze M. M. 608  
 Mikhailov V. A. 280  
 Mikhelashvili V. M. 272  
 Mitaishvili R. L. 176, 504  
 Molostovski E. A. 336  
 Museliani V. Sh. 603
- Nadiradze I. Sh. 424  
 Nadiradze V. R. 580  
 Nancbashvili Z. I. 388  
 Narikashvili M. S. 388  
 Narikashvili S. P. 388  
 Natenadze N. G. 552  
 Niauri G. A. 296  
 Nikolenko P. V. 471  
 Nikulin A. N. 356  
 Nizharadze I. Sh. 168  
 Nutsubidze N. N. 400, 628
- Oganesyan A. A. 400  
 Okrostsvardize O. Sh. 288  
 Okrostsvardize Z. Sh. 600  
 Orlov Yu. K. 508  
 Otopkova M. A. 84
- Papava G. Sh. 72  
 Papava Yu. I. 512  
 Peikrishvili A. B. 352  
 Pilishvili T. V. 60  
 Poleov V. G. 168  
 Porchkhidze Kh. Sh. 159
- Rakant Z. I. 583  
 Ramishvili Sh. D. 104  
 Ratishvili I. G. 52  
 Rodonaia T. E. 164  
 Rtskhiladze V. G. 107, 359  
 Rubesh L. L. 567  
 Rubinstein M. M. 576  
 Rukhadze G. A. 424  
 Rurua G. B. 123  
 Rusadze U. S. 404
- Saginadze N. V. 151  
 Saksaganski O. V. 520  
 Salukvadze J. M. 332  
 Samsonia Sh. A. 75, 304  
 Sanadze V. V. 283, 532  
 Saneblidze S. A. 480  
 Serdyukova L. B. 371  
 Shashiashvili M. A. 35

- Shengelia G. Sh. 296  
 Shmulevich R. S. 603  
 Shonia G. I. 404  
 Shonia N. B. 620  
 Shonia N. I. 151  
 Shugladze N. K. 439  
 Shvelashvili A. E. 67, 324  
 Sikharulidze M. I. 328  
 Skazin V. E. 603  
 Strilchuk L. V. 316  
 Suladze I. Sh. 320  
 Suvorov N. N. 75, 328  
  
 Tabashidze N. I. 308  
 Tabidze G. K. 364  
 Talakvadze M. G. 552  
 Tapladze O. G. 172  
 Tarkashvili Ts. T. 280  
 Tavadze F. N. 104, 288,  
 352, 563, 600  
  
 Tavadze G. F. 288  
 Tavadze L. F. 600  
 Tavkheldidze D. D. 116  
 Tevzadze R. N. 23  
 Timofeev S. E. 84  
 Tkheldidze N. D. 104  
 Tkhilava E. T. 107, 359  
 Toidze N. Sh. 615  
 Topchishvili M. V. 88  
 Toroshelidze T. I. 548  
 Torozov R. I. 336  
 Tsartsidze M. A. 156, 636  
 Tsirekidze N. R. 264  
 Tsiskarishvili R. P. 72  
 Tskhadaia V. T. 475  
 Tsotadze M. L. 120  
 Tvalchrelidze T. R. 340  
  
 Uratadze T. B. 184  
  
 Vachnadze E. S. 552  
 Vardzelashvili N. S. 592  
 Varshanidze L. Kh. 396  
 Varsimashvili E. V. 96  
 Vashakidze M. Sh. 304  
 Vekua T. A. 140  
 Vertogradski V. A. 603  
 Vintaikin E. Z. 536  
 Vitrichenko I. E. 44  
 Volkova L. I. 560  
  
 Zaalishvili T. M. 624  
 Zaalishvili N. Sh. 467  
 Zaalishvili V. B. 348  
 Zakaraia D. P. 88  
 Zautashvili M. I. 411  
 Zhizhilashvili K. M. 383  
 Zhordania I. S. 356  
 Zilpimiani D. O. 63  
 Zorikov V. V. 272

## 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 (800 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 1 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: вверху страницы в середине пишутся инициалы и фамилия автора, затем — название статьи; справа вверху 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 уме-

ститься 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 печатать 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 — 22 руб. 80 коп.

ა ვ ტ ო რ ტ ა ს ა ყ უ რ ა დ ლ ე ბ ო დ

1. ჟურნალ „საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბეში“ ქვეყნდება აკადემიკოსთა და წევრ-კორესპონდენტთა, აკადემიის სისტემაში მომუშავე და სხვა მეცნიერთა მოკლე წერილები, რომლებიც შეიცავს ახალ მნიშვნელოვან გამოკვლევათა ჭერ 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 მეცნიერებისათვის განსაკუთრებით საინტერესო შედეგები.

3. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსთა და წევრ-კორესპონდენტთა წერილები უშუალოდ გადაეცემა გამოსაქვეყნებლად „მოამბის“ რედაქციას, ხოლო სხვა ავტორთა წერილები ქვეყნდება აკადემიკოსთა ან წევრ-კორესპონდენტთა წარდგინებით. როგორც წესი, აკადემიკოს ან წევრ-კორესპონდენტს „მოამბეში“ დასაბუქდალ წელიწადში შეუძლია წარმოადგინოს სხვა ავტორთა არა უმეტეს 12 წერილისა (მხოლოდ თავისი სპეციალობის მიხედვით), ე. ი. თითოეულ ნომერში თითო წერილი. საკუთარი წერილი — რამდენიც სურს, ხოლო თანაავტორებთან ერთად — არა უმეტეს სამი წერილისა. გამონაკლის შემთხვევაში როცა აკადემიკოსი ან წევრ-კორესპონდენტი მოითხოვს 12-ზე მეტი წერილის წარდგენას, საკითხს წყვეტს მთავარი რედაქტორი. წარდგინების გარეშე შემოსულ წერილს „მოამბის“ რედაქცია წარმოსადგენად გადასცემს აკადემიკოსს ან წევრ-კორესპონდენტს. ერთსა და იმავე ავტორს (გარდა აკადემიკოსისა და წევრ-კორესპონდენტისა) წელიწადში შეუძლია „მოამბეში“ გამოაქვეყნოს არა უმეტეს სამი წერილისა (სულ ერთია, თანაავტორებთან იქნება იგი, თუ ცალკე).

4. წერილი წარმოდგენილი უნდა იყოს ორ ცალად, დასაბუქდალ საეხებით 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. აკადემიკოსთა ან აკადემიის წევრ-კორესპონდენტთა წარდგინება რედაქციის სახელზე დაწერილი უნდა იყოს ცალკე ფურცელზე წარდგინების თარიღის აღნიშვნით. მასში აუცილებლად უნდა აღინიშნოს, თუ რა არის ახალი წერილში, რა მეცნიერული ღირებულება აქვს მას და რამდენად უპასუხებს ამ წესების 1 მუხლის მოთხოვნას.

6. წერილი არ უნდა იყოს გადატვირთული შესავლით, მიმოხილვით, ცხრილებით, ილუსტრაციებითა და დამოწმებული ლიტერატურით. მასში მთავარი ადგილი უნდა ჰქონდეს დათმობილი საკუთარი გამოკვლევების შედეგებს. თუ წერილში გზადგება, ქვეთავეების მიხედვით გადმოცემულია დასკვნები, მაშინ საჭირო არაა მათი გამეორება წერილის ბოლოს.

7. წერილი ასე ფორმდება: თავში ზემოთ უნდა დაიწეროს ავტორის ინიციალები და გვარი, ქვემოთ — წერილის სათაური. ზემოთ მარჯვენა მხარეს, წარმოდგენაში უნდა წააწეროს, თუ მეცნიერების რომელ დარგს განეკუთვნება წერილი. წერილის ძირითადი ტექსტის ბოლოს, მარცხენა მხარეს, ავტორისა 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 გაუკეთდეს კალიგრაფიულად და ისეთი ზომისა, რომ შემცირების შემთხვევაშიც კარგად იკითხებოდეს. ილუსტრაციების ქვემო წარწერების ტექსტი წერილის ძირითადი ტექსტის ენაზე წარმოდგენილ უნდა იქნეს ცალკე ფურცელზე. არ შეიძლება ფოტობისა და ნახაზების დაწებება დედნის გვერდებზე. ავტორმა დედნის კიდებე დაწკრიტ უნდა აღნიშნოს, რა ადგილას მოთავსდეს ესა თუ ის ილუსტრაცია. არ შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს ისეთი ცხრილი, რომელიც ჟურნალის ერთ გვერდზე ვერ მოთავსდება. ფორმულები მეღნიტ მკე-

ფიოდ უნდა იყოს ჩაწერილი ტექსტის ორივე ეგზემპლარში, ბერძნულ ასოებს ქვემოთ ჩაწერილი გან უნდა გაესვას თითო ხაზი წითელი ფანქრით, მთავრულ ასოებს—ქვემოთ ორ-ორი ხაზი წითელი ფანქრით, ხოლო არამთავრულ ასოებს — ზემოთ ორ-ორი პატარა ხაზი წითელი ფანქრით. ფანქრითვე უნდა შემოიფარგლოს ნახევარწრით ნიშნაკებიც (ინდექსები და ხარისხის მარკენებლები). 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 ჟენის ასეთი თანმიმდევრობა: ავტორის ინიციალები, გვარი. თუ დამოწმებულია საყურნალო შრომა, ვუჩვენოთ ყურნალის შემოკლებული სახელწოდება, ტომი, ნომერი, გამოცემის წელი. თუ დამოწმებულია წიგნი, აუცილებელია ვუჩვენოთ მისი სრული სახელწოდება, გამოცემის ადგილი და წელი. თუ ავტორი საჭიროდ მიიჩნევს, ბოლოს შეუძლია გვერდების ნუმერაციაც უჩვენოს. დამოწმებული ლიტერატურა უნდა დალაგდეს არა ანბანური წესით, არამედ დამოწმების თანმიმდევრობით. ლიტერატურის მისათითებლად ტექსტსა თუ შენიშვნებში კვადრატულ ფრჩხილებში ნაჩვენები უნდა იყოს შესაბამისი ნომერი დამოწმებული შრომისა. არ შეიძლება დამოწმებული ლიტერატურის ნუსხაში შევიტანოთ ისეთი შრომა, რომელიც ტექსტში მითითებული არ არის. ასევე არ შეიძლება გამოუქვეყნებელი შრომის დამოწმება. დამოწმებული ლიტერატურის ბოლოს ავტორმა უნდა მოაწეროს ხელი, აღნიშნოს სად მუშაობს და რა თანამდებობაზე, უჩვენოს თავისი ზუსტი მისამართი და ტელეფონის ნომერი.

10. „მოამბეში“ გამოქვეყნებული ყველა წერილის მოკლე შინაარსი იბეჭდება რეფერატულ ყურნალში. ამიტომ ავტორმა წერილთან ერთად აუცილებლად უნდა წარმოადგინოს მისი რეფერატი რუსულ ენაზე (ორ ცალად).

11. ავტორს წასაკითხად ეძლევა თავისი წერილის გვერდებად შეკრული კორექტურა მკაცრად განსაზღვრული ვადით (არაუმეტეს ორი დღისა). თუ დადგენილი ვადისათვის კორექტურა არ იქნა დაბრუნებული, რედაქციას უფლება აქვს შეაჩეროს წერილის დაბეჭდვა ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.

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, კუტუზოვის ქ. № 19; ტელ. 37-22-16, 37-93-42.

საფოსტო ინდექსი 380060

ბ ე ლ მ ო წ ე რ ი ს პ ი რ ო ბ ე ბ ი: ერთი წლით 22 მან. 80 კაპ.

9