



საქართველოს სსრ  
მეცნიერებათა აკადემიის

**მოაზგა**

**СООБЩЕНИЯ**

АКАДЕМИИ НАУК  
ГРУЗИНСКОЙ ССР

**BULLETIN**

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE GEORGIAN SSR

ტომი 83 ტომ

№ 2

აგვისტო 1976 ავგუსტ

თბილისი • ТБИЛИСИ • TBILISI

საქართველოს სსრ  
მეცნიერებათა აკადემიის

გზაგაზა

СООБЩЕНИЯ

АКАДЕМИИ НАУК  
ГРУЗИНСКОЙ ССР

BULLETIN

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE GEORGIAN SSR

13177

ტომი 83 ტომ

№ 2

აგვისტო 1976 ავგუსტ

ს ა რ ე დ ა კ ტ ო რ კ ო ლ ე გ ი ა

- ა. ბოჭორიშვილი, თ. გამყრელიძე, პ. გამყრელიძე, ი. გვიგინიშვილი (მთ. რედაქტორის მოადგილე), თ. დავითაია, ს. ღურშიშიძე, ა. თავხელიძე, ნ. კეცხოველი, ვ. კუპრაძე, ნ. ლანდია (მთ. რედაქტორის მოადგილე), ვ. მახალიანი, გ. მელიქიშვილი, ნ. მუსხელიშვილი, ვ. ოკუჯავა, ა. ცაგარელი, გ. ციციშვილი, ე. ხარაძე (მთ. რედაქტორი), გ. ხუციშვილი, ნ. ჯავახიშვილი

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

- А. Т. Бочоришвили, П. Д. Гамкrelidze, Т. В. Гамкrelidze, И. М. Гигинейшвили (зам. главного редактора), Ф. Ф. Давитая, Н. А. Джавахишвили, С. В. Дурмишидзе, Н. Н. Кецохели, В. Д. Купрадзе, Н. А. Ландиа (зам. главного редактора), В. В. Махалдiani, Г. А. Меликишвили, Н. И. Мухелишвили, В. М. Окуджава, А. Н. Тавхелидзе, Е. К. Харадзе (главный редактор), Г. Р. Хуцишвили, А. Л. Цагарели, Г. В. Цицишвили

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

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 27.8.1976; შეკვ. № 2274; ანაწყოების ზომა 7×12; ქალაქის ზომა 70×108; ფიზიკური ფურცელი 16; სააღრიცხვო-სავაჭომეგობლო ფურცელი 18,5; ნაბეჭდი ფურცელი 22,5; უფ 11348; ტირაჟი 1800; ფასი 1 მან.

\* \* \*

Подписано к печати 27.8.1976; зак. № 2274; размер набора 7×12; размер бумаги 70×108; физический лист 16; уч.-издательский лист 18,5; печатный лист 22,5; УЭ 11348; тираж 1800; цена 1 руб.

\* \* \*

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

\* \* \*

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

ზ ი ნ ა ა რ ს ი

მათემატიკა

*ა. ალდემიკოსი ი. ვეკუა. გარსთა თეორიის სტატიკურად განსაზღვრებადი ამოცანების ერთი კლასის შესახებ	276
*დ. გოგუაძე. კოლმოგოროვის ორჯერადი და განმეორებითი ინტეგრალების შესახებ	280
*რ. ომანაძე. ერთი სახის დაყვანილობის შესახებ	283
*მ. ბურშტეინი. კრიტიკული ჰიპერგრაფები წიბოების მინიმალური რაოდენობით	288
*ნ. შეელიძე. ჩართვის თეორემების შესახებ ზოგიერთ ფუნქციონალურ სივრცეში	292
*ო. ლონტი. სასრულ-სხვაობიანი სტოქასტური განტოლებით მართული შემთხვევითი პროცესების ურთიერთინფორმაციის შესახებ	295
*ა. ებრალიძე. ჰარის და რადემახერის მწკრივების შესახებ	300
*ლ. მძინარიშვილი. მილნორის და კოენ—ფოგტის ფორმულების განზოგადება	304
*გ. კოტინა, ი. ჩახტაური. ჰიპერბოლური ტიპის ბიჰისიალურ-ფლაგური სივრცე	308
*მ.-ბ. ბაბაევ. სამი ცვლადის ფუნქციების მიახლოება ორი ცვლადის ფუნქციათა ჯამებით	312

კიბერნეტიკა

*ლ. ჩიტაშვილი. ერთი დინამიკური ეკონომეტრიკული მოდელის შესახებ	316
*ნ. ნანობაშვილი. ინფორმაციის ოთხნიშნა ალფავიტში წარმოდგენის ოპტიმალურობის ზოგიერთი საკითხი ინფორმაციის ჩაწერისა და შეკუმშვის გადანაცვლებითი სქემის შემთხვევაში	320
*რ. მეგრელიშვილი, ფამ. ჰიონგ თჰაი. ორჯერადი პაკეტური შეცდომების გამასწორებელი $(n, k)$ -კოდების კლასი	323
*ე. ქისტაური. მარკოვის უწყვეტი ჯაჭვების მდგომარეობათა გამსხვილების შესახებ	328

ფიზიკა

*გ. ადამაშვილი. სპინური ტემპერატურის დამყარება ორმაგი ბირთვული რეზონანსის დროს	331
*ე. ქუთელია, ო. ხარაშვილი, ვ. სანაძე. სპილენძ-თუთიის შენადნობების $\alpha$ -ფაზაში ახლო განშრევების შესახებ	335
*ლ. ბუიშვილი, ა. ტულუშვი. არაერთგვაროვანი მაგნიტური ველით გამოწვეული სპექტრალური დიფუზია II ტიპის ზეგამტარებში	339
*მ. ბაზაძე, რ. მეგრელიშვილი, ტ. ებრალიძე. პოლოგრაფიული ეფექტები კამერა-ობსკურაში	344

გაიოფიზიკა

*დ. ტოგონიძე, მ. ჭელიშვილი. ცალმხრივი წნევის გავლენა ჰომოგენური ტიპის ანომალიების შემცველი ბაზალტიდის მაგნიტურ შემთვისებლობაზე	348
--	-----

\* ვარსკვლავით აღნიშნული სათაური ეკუთვნის სტატიის რეზიუმეს.

- \*გ. მანაგაძე, ვ. ლლონტი, ა. რუსაძე. სიმძიმის ძალის ლოკალიზებული ანო-  
მალიის საშუალებით ანომალური სხეულის სიმძიმის ცენტრის ვერტიკალური  
კოორდინატის განსაზღვრა 352
- \*ს. ვიგოდნერი, ე. გრუზმანი. საერთო სიღრმული წერტილის მეთოდით არა-  
გასწვრივ დაკვირვებათა კინემატიკა 356
- \*ე. სავარენსკი (სსრკ მეცნ. აკად. წევრ-კორესპონდენტი), პ. მანჯგალაძე,  
ო. ლურსმანაშვილი. რელეის მოწინავე ტალღების წარმოშობის შესაძ-  
ლებლობის შესახებ 360

### ზოგადი და არამორბანული ძივია

- \*ნ. კალანდაძე, ვ. გაფრინდაშვილი. ქალკობრიტის დესულფურიზაციის  
კინეტიკა 364
- \*ნ. კანაშვილი, ი. მოროზოვი, ვ. გაფრინდაშვილი, ა. მოროზოვი.  
ერბუმის ქლორიდის ურთიერთქმედება ალუმინისა და კალიუმის ქლორიდებ-  
თან ლობილებში 368

### ორბანული ძივია

- \*ლ. ბერიძე, მ. ქუთათელაძე, გ. ჰაპავა, პ. ცისკარიშვილი. კარბო-  
ნილუმეცველი მარტივი პოლიეთერები 371
- \*ქრ. არეშიძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), გ. ჩივაძე, თ. დვალი.  
აცეტონიტრილისა და აკრილონიტრილის ჰიდრირება ახალ კატალიზატორებზე 376

### ფიზიკური ძივია

- \*ქ. ქუთათელაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ა. სარუხა-  
ნიშვილი, თ. გრიგოლია.  $MnO-B_2O_3$  სისტემის მინების დაკრისტალე-  
ბის პროდუქტების შესწავლა მაკროლიკვაციის უბანში 379
- \*შ. სიღამონიძე, მ. კავილაძე, თ. მელაშვილი, მამაჰადრი. L ტიპის  
სინთეზური ცელოთის გამოკვლევა იზოტოპური ჰეტერომომოცვლის მეთოდით 384
- \*გ. ციციშვილი (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), ნ. სხირტლაძე (საქ.  
სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), დ. ბარნაბიშვილი, ლ. დო-  
ლიძე, მ. აღოლაშვილი. მორდენიტუმეცველი ტუფების სორბციული თვი-  
სებები 388
- \*გ. ციციშვილი (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), ა. ნოღაიძე, თ.  
ანდრონიკაშვილი, ნ. გოგოტიძე, ზ. ტაბიძე, ჯ. ხასიყვა.  
მაკრორეტკულარული ფისების ზოგიერთი ქრომატოგრაფიული თვისება 391

### ფარმაცოლოგია

- \*ვ. ვაჩნაძე, ე. ეუკოვიჩი, ქ. მუჯირი. საქართველოს ინტროდუქციონებული  
მცენარის *Vinca major*-ის მიწისზედა ნაწილებში ალკალოიდების დაგროვების  
დინამიკა (ალკალოიდები რეზერპინინი და იზომაილინი) 395

### ფიზიკური გეოგრაფია

- \*რ. გობეჯიშვილი. თანამედროვე გამყინვარება მდ. კოდორის აუზში (დასავ-  
ლეთი კავკასიონი) 399
- \*ვ. პეშკოვი. კურორტ ბიჭვინთის პლაჟის აღდგენის შესახებ 403

### ჰიდროგეოლოგია

- \*უ. ზვიადაძე. შირაქის ველის მორწყვის ჰიდროგეოლოგიური პირობები 408

გეოლოგია

- \*ფ. მაისაძე. ჩრდილო-დასავლეთი აფხაზეთის პალეოგენის პალეოგეოგრაფიის ზოგიერთი საკითხი 412

მინერალოგია

- \*მ. ცხელიშვილი. ხრამის მასივის გრანიტოიდების ზოგიერთი აქცესორული მინერალი 415
- \*გ. ნასიძე, რ. ახვლედიანი. ამფიბოლების შემადგენელ მინალებად დაყოფის შესახებ 419

სამშენებლო მექანიკა

- \*ნ. მოწონელიძე, ზ. გედენიძე. გრძივ ღუნვაზე (გამობურცვაზე) კაშხლის ღრუტანიანი კონტრფორსების კედლის ანგარიში ფირფიტების თეორიის გამოყენებით 424
- ა. ხაბეიშვილი, კ. ალავიძე. დრეკადი სისტემების თავისუფალი რხევის მაღალი სიხშირეების განსაზღვრა მატრიცული ფორმით 425

მეტალოგია

- \*დ. ოზიაშვილი, გ. ოდილავეაძე, გ. აზმაიფარაშვილი. სტრონციუმის ქანვის ალუმოთერმული აღდგენის კვლევა ვაკუუმში 431
- \*ფ. თავაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), ო. მიქაძე, ა. რაკიციკი, ვ. დომუხოვსკი, ნ. კეშელავა. ქრომის ჰაფნიუმთან შენადნობების მაღალტემპერატურული ქანგვა 436

განაანამცოდნეობა

- \*დ. თავხელიძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ნ. დავითაშვილი. ბრტყელი შვიდრგოლა სახსრიანი მექანიზმის კინემატიკური ანალიზის საკითხები 440
- \*რ. ვარსიმაშვილი, ვ. სანიკიძე. სწორკბილებიანი სფერული კბილანების დამზადება 443
- \*მ. ხვინგია, ა. კობცევი, თ. ტატიშვილი, ვ. პერეპიოლკა. არასიმეტრიული დრეკად-ფრქვიული მახასიათებლების მქონე მექანიკური სისტემის რეზონანსების კვლევა 448

მეტაქვიმოზა

- \*რ. ჩაგელიშვილი. მკვრივი ნატანი სხვადასხვა ტყიანობის მცირე წყალშემკრები აუზებიდან საქართველოს მთიანეთში 451

მცენარეთა ფიზიოლოგია

- \*თ. ცერცვაძე. ზრდის რეგულატორების მნიშვნელობა ზოგიერთი ზამთარმოყვა-ვილემ მცენარის გადაზამთრებაში 455

ალამიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

- \*ზ. ხანავეა. ოთხგორაკის წინა ბორცვების სტიმულაციისა და დაზიანების გავლენა კატის დიდი ტვინის ქერქის ასოციაციური უბნების მხედველობით პასუხებზე 459
- \*დ. აღიკაშვილი. კორძიანი სხეულის გადაკვეთის გავლენა თავის ტვინის დიდი ჰემისფერების ქერქის სინქრონულ მოქმედებაზე 463

## ფიტოკათოლოგია

- \*კ. ცინცაძე, ს. ვართაპეტოვი. ჩვეულებრივი აბლაბუდიანი ტიპის *Tetranychus urticae* Koch დაავადების გამომწვევი ახალი ენტომობათოგენური სოკო *Entomophthora adjarica* sp. n. (*Phycomycetes, Entomophthoraceae*) 468

## ენტომოლოგია

- \*ა. გეგეჭკორი. კავკასიის ენდემური ფსილიდები (*Homoptera, Psilloidea*) საქართველოდან 472

## მასპირიმიენტული მორფოლოგია

- \*ქ. ლოგუა. ზოგერთი ცელითი ძვრების შესახებ თავის ტვინის ნეირონებში ქრონიკული მორფოული ინტოქსიკაციის დროს 475

## მასპირიმიენტული მემორიანი

- \*რ. ჩხეიძე, ზ. თოფურიია. კურდღლის ნაწლავთა ლორწოვანის ჰისტოენზიმოლოგიური თავისებურებანი 478

- \*ვ. ფიფია, გ. ეთერია, პ. გვეტაძე, თ. არაშვიძე. ტრაქეის მობილიზაციის სხვადასხვა მეთოდის გავლენა ანატომოზზე ტრაქეის გულმკერდის ნაწილის ვრცელი რეზექციის დროს 482

- \*მ. გელოვანი, ვ. ოყროშიძე. თირკმლის ელექტროლიტების გამომყოფი ფუნქციის შესახებ დიფუზური გლომერულონეფრიტის დროს ბავშვებში 487

- \*გ. იმედაშვილი. ქირურგის ტაქტიკა შარდკენჭოვანი დაავადებით გამოწვეული თირკმლის მწვავე უკმარისობის დროს 491

- ც. გაჩეჩილაძე, კ. გელაშვილი. ვირთაგვების საკვერცხეებში ოოციტისა და ფოლიკულოციტების ციტოქიმიური და ულტრასტრუქტურული თავისებურებანი პოსტნატალურ ონტოგენეზში 493

- \*ი. მესტიაშვილი, ვ. ნაცვლიშვილი, ე. წვერავა, ლ. ფრიდმანი. ჰემოგლობინი  $A_2$  სისხლის სისტემურ დაავადებათა დროს 499

## კალეობიოლოგია

- \*ი. თაქთაქიშვილი. დასავლეთ საქართველოს ბიის (ურთის) შრეების ფუნქცია და სტრატეგრაფიული დონის შესახებ 504

- \*ე. ქლენტი. პართეტისის შუამოიციენტურ ნალექებში *Alveinus*-ის გვარის პოვნის შესახებ 509

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИКА

Академик И. Н. Векуа. Об одном классе статически определимых задач теории оболочек	273
Д. Ф. Гогуадзе. О двойных и повторных интегралах Колмогорова	277
Р. Ш. Оманадзе. Об одном виде сводимости	281
М. И. Бурштейн. Критические гиперграфы с минимальным числом ребер	285
Н. В. Швелидзе. О теоремах вложения в некоторых функциональных пространствах	289
О. А. Глонти. О взаимной информации процессов, управляемых конечно-разностными стохастическими уравнениями	293
А. Д. Эбралидзе. О рядах Хаара и Радемахера	297
Л. Д. Мдзинаришвили. Обобщение формул Милнора и Коэна—Фогта	301
Г. В. Киотина, И. А. Чахтаури. Биаксиально-фланговое пространство гиперболического типа	305
М.-Б. А. Бабаев. Приближение функций трех переменных суммами функций двух переменных	309

### КИБЕРНЕТИКА

Л. Г. Читашвили. Об одной динамической эконометрической модели	313
Н. Д. Нанобашвили. Некоторые вопросы оптимальности представления информации четырехбуквенным алфавитом при перестановочной схеме записи и сжатия дискретной информации	317
Р. П. Мегрелишвили, Фам Хонг Тхай. Класс $(n, k)$ -кодов, исправляющих двойные пакеты ошибок	321
Э. И. Кистаури. Об укрупнении состояний непрерывных цепей Маркова	325

### ФИЗИКА

Г. Т. Адамашвили. Установление спиновой температуры при двойном ядерном резонансе	329
Э. Р. Кутелия, О. Г. Харашвили, В. В. Санадзе. О ближнем расслоении в $\alpha$ -фазе сплавов медь-цинк	333
Л. Л. Буишвили, А. И. Тугуши. Спектральная диффузия, обусловленная неоднородным магнитным полем в сверхпроводниках II рода	337
М. А. Базадзе, Р. Ш. Мегрелишвили, Т. Д. Эбралидзе. Голографические эффекты в камере-обсуре	341

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



## ГЕОФИЗИКА

- Д. А. Тогоидзе, М. Л. Челишвили. Влияние одноосного давления на магнитную восприимчивость базальтоидов, содержащих гомогенный титаномагнетит 345
- Г. Д. Мангадзе, В. К. Глонти, А. И. Русадзе. Определение вертикальной координаты центра возмущающих масс по локализованной аномалии силы тяжести 349
- С. А. Выгоднер, Э. Э. Грузман. Кинематика непродольных наблюдений МОГТ 353
- Е. Ф. Саваренский (член-корреспондент АН СССР), П. В. Манджгаладзе, О. В. Лурсманашвили. О возможности образования головных волн Рэлея 357

## ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Н. Д. Каландадзе, В. Н. Гаприндашвили. Кинетика десульфуризации халькопирита 361
- Н. В. Канашвили, И. С. Морозов, В. Н. Гаприндашвили, А. И. Морозов. Взаимодействие хлорида эрбия с хлоридами алюминия и калия в расплаве 365

## ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Л. А. Беридзе, М. К. Кутателадзе, Г. Ш. Папава, П. Д. Цискаришвили. Карбонилсодержащие простые полиэферы 369
- Х. И. Арешидзе (академик АН ГССР), Г. О. Чивадзе, Т. А. Двали. Гидрирование ацетонитрила и акрилонитрила на новых катализаторах 373

## ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- К. С. Кутателадзе (член-корреспондент АН ГССР), А. В. Саруханишвили, Т. А. Григолия. Исследование продуктов кристаллизации стеккол системы  $MnO-V_2O_5$  в области макроликвации 377
- Ш. И. Сидамонидзе, М. Ш. Кавиладзе, Т. А. Мелашвили, Маха Хадр. Исследование синтетического цеолита типа L методом изотопного гетерообмена 381
- Г. В. Цицишвили (академик АН ГССР), Н. И. Схиртладзе (член-корреспондент АН ГССР), Д. Н. Барнабишвили, Л. Ш. Долидзе, М. Г. Адолашвили. Сорбционные свойства морденитсодержащего туфа 385
- Г. В. Цицишвили (академик АН ГССР), А. И. Ногайдели, Т. Г. Андроникашвили, Н. М. Гогитидзе, З. С. Табидзе, Дж. С. Хасиева. Некоторые хроматографические свойства макроретикулярных смол 389

## ФАРМАКОХИМИЯ

- В. Ю. Вачнадзе, Е. Н. Жукович, К. С. Муджири. Динамика накопления алкалоидов в надземных органах интродуцированной в Грузии *Vinca major* (алкалоиды резерпинин и изомадин) 393

## ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

- Р. Г. Гобеджишвили. Современное оледенение в бассейне р. Кодори (Западный Кавказ) 397
- В. М. Пешков. О восстановлении пляжа курорта Пицунда 401

ГИДРОГЕОЛОГИЯ

У. И. Звиададзе. Гидрогеологические условия орошения Ширакской равнины (Восточная Грузия) 405

ГЕОЛОГИЯ

Ф. Д. Майсадзе. Некоторые вопросы палеогеографии палеогена северо-западной части Абхазии 409

МИНЕРАЛОГИЯ

М. С. Цхелишвили. Некоторые акцессорные минералы гранитоидов Храмского массива 413

Г. И. Насидзе, Р. А. Ахвледиани. О разделении амфиболов на составляющие миналы 417

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Н. С. Моцонелидзе, З. Ш. Геденидзе. Расчет стенок полых контрфорсов плотин на продольный изгиб (выпузivanje) с применением теории пластин 421

\* А. Д. Хабейшвили, К. Г. Алавидзе. Определение высших частот свободных колебаний упругих систем в матричной форме 428

МЕТАЛЛУРГИЯ

Д. Ш. Озиашвили, Г. Н. Одилавадзе, Г. Л. Азмайпарашвили. Исследование алюмотермического восстановления окиси стронция в вакууме 429

Ф. Н. Тавадзе (академик АН ГССР), О. И. Микадзе, А. Н. Ракицкий, В. П. Домуховский, Н. П. Кешелова. Высокотемпературное окисление сплавов хрома с гафнием 433

МАШИНОВЕДЕНИЕ

Д. С. Тавхелидзе (член-корреспондент АН ГССР), Н. С. Давиташвили. Вопросы кинематического анализа плоского семизвенного шарнирного механизма 437

Р. Ш. Варсимашвили, В. К. Саникидзе. Нарезание сферической зубчатой передачи с прямыми зубьями 441

М. В. Хвингия, А. Н. Кобцев, Т. Г. Татишвили, В. И. Перепелка. Исследование резонансов механической системы с несимметричной характеристикой упруго-фрикционных сил 445

ЛЕСОВОДСТВО

Р. Г. Чагелишвили. Сток наносов с малых водосборов разной лесистости в горах Грузии 449

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Т. А. Церцвадзе. Значение регуляторов роста в перезимовке некоторых зимнецветущих растений 453

## ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

- З. С. Ханаева. Влияние стимуляции и повреждения передних бугров четверохолмия на зрительные ответы ассоциативной области коры больших полушарий головного мозга кошки 457
- Д. И. Адикашвили. Влияние перерезки мозолистого тела на синхронную деятельность коры больших полушарий 461

## ФИТОПАТОЛОГИЯ

- Ж. В. Цинцадзе, С. Г. Вартапетов. Новый энтомопатогенный гриб *Entomophthora adjarica* sp. n. (*Phycomycetes, Entomophthoraceae*), поражающий обыкновенного паутинного клеща *Tetranychus urticae* Koch 465

## ЭНТОМОЛОГИЯ

- А. М. Гегечкори. Эндемичные псиллиды (*Homoptera psylloidea*) Кавказа из Грузии 469

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ

- К. Ш. Логуа. О некоторых обменных сдвигах в нейронах головного мозга при хронической морфинной интоксикации 473

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

- Р. Д. Чхеидзе, З. М. Топурия. Гистоэнзимологическая характеристика слизистой кишок кролика 477
- В. И. Пипия, Г. П. Этерия, П. Р. Гветадзе, Т. Г. Арошидзе. Влияние различных методов мобилизации трахеи на анастомоз при обширных резекциях грудного отдела трахеи 481
- М. А. Геловани, В. В. Окрошидзе. Об электролитовыделительной функции почек при диффузном гломерулонефрите у детей 485
- Г. Н. Имедашвили. Тактика хирурга при острой почечной недостаточности на почве нефроуретеролитиаза 489
- \* Ц. В. Гачечиладзе, К. Д. Гелашвили. Цитохимические и ультраструктурные особенности ооцита и фолликулоцитов яичников крыс в постнатальном онтогенезе 495
- И. Г. Местиашвили, В. М. Нацвлишвили, Е. Н. Цверава, Л. М. Фридман. Гемоглобин  $A_2$  при заболеваниях системы крови 497

## ПАЛЕОБИОЛОГИЯ

- И. Г. Тактакишвили. О фауне и стратиграфическом уровне бийских (уртйских) слоев Западной Грузии 501
- Е. М. Жгенти. О нахождении рода *Alveinus* в среднем миоцене паратетиса 505

## CONTENTS\*

### MATHEMATICS

I. N. Vekua. On one class of statically definable problems of shell theory	276
D. F. Goguaдзе. On the double and repeated integrals of Kolmogorov	280
R. Sh. Omanadze. On one kind of reducibility	284
M. I. Burstein. Critical hypergraphs with the minimal number of edges	288
N. P. Shvelidze. Embedding theorems in some functional spaces	292
O. A. Glonti. On the mutual information of processes governed by finite difference stochastic equations	296
A. D. Ebralidze. On Haar and Rademacher series	300
L. D. Mdzinarishvili. A generalization of the formulae of Milnor and Cohen-Vogt	304
G. V. Kiotina, I. A. Chakhtauri. Biaxial-flag space of hyperbolic type	308
M.-B. A. Babayev. Approximation of functions of three variables by sums of functions of two variables	312

### CYBERNETICS

L. G. Chitashvili. On a dynamic econometric model	316
N. D. Nanobashvili. Some questions of optimal presentation of information by a four-letter alphabet using a transposition scheme of recording and data compression	320
R. P. Megrelishvili, F. M. Hong Thai. A class of double-burst-error-correcting $(n, k)$ -codes	323
E. I. Kistauri. On the lumpability of continuous Markov chains	328

### PHYSICS

G. T. Adamashvili. Establishment of spin temperature at double nuclear resonance	331
E. R. Kutelia, O. G. Kharashvili, V. V. Sanadze. On short-range layering in the $\alpha$ -phase of copper-zinc alloys	336
L. L. Buishvili, A. I. Tugushi. Spectral diffusion induced by an inhomogeneous magnetic field in type II superconductors	339
M. A. Bazadze, R. Sh. Megrelishvili, T. D. Ebralidze. Holographic effects in the camera obscura	344

---

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

## GEOPHYSICS

- D. A. Togonidze, M. L. Chelishvili. Effect of uniaxial compression on the magnetic susceptibility of basaltoids containing homogeneous titanomagnetite 348
- G. D. Managadze, V. K. Glonti, A. I. Rusadze. On the determination of the vertical coordinate of the gravity centre of an anomalous body by recourse to the local anomaly of gravity 352
- S. A. Vigodner, E. E. Gruzman. Kinetics of non-longitudinal observations of the common depth point method 356
- E. F. Savarensky, P. V. Manjgaladze, O. V. Lursmanashvili. On the possibility of Rayleigh-head-waves generation 360

## GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

- N. D. Kalandadze, V. N. Gaprindashvili. Kinetics of desulfurization of chalcopyrite 364
- N. V. Kanashvili, I. S. Morozov, V. N. Gaprindashvili, A. I. Morozov. Interaction of erbium chloride with aluminium chloride and potassium chloride in melts 368

## ORGANIC CHEMISTRY

- L. A. Beridze, M. A. Kutateladze, G. Sh. Papava, P. D. Tsiskarishvili. Aromatic polyethers containing carbonyl groups 371
- Ch. I. Areshidze, G. O. Chivadze, T. A. Dvali. Hydrogenation of acetonitrile and acrylonitrile on new catalysts 376

## PHYSICAL CHEMISTRY

- K. S. Kutateladze, A. V. Sarukhanishvili, T. A. Grigolia. Investigation of crystallization products of glasses of the  $\text{MgO-B}_2\text{O}_3$  system in the macroliquation region 379
- Sh. I. Sidamonidze, M. Sh. Kaviladze, T. A. Melashvili, Maha Hadr. Investigation of L type synthetic zeolite by the isotopic hetero-exchange method 384
- G. V. Tsitsishvili, N. I. Skhirtladze, D. N. Barnabishvili, L. Sh. Dolidze, M. G. Adolashvili. Adsorption properties of mordenite tuff of the Bolnisi deposit 388
- G. V. Tsitsishvili, A. I. Nogaideli, T. G. Andronikashvili, N. M. Gogitidze, Z. S. Tabidze, J. S. Khasieva. Some chromatographic properties of macroreticular ion exchange resins 392

## PHARMACEUTICAL CHEMISTRY

- V. Yu. Vachnadze, E. N. Zhukovich, K. S. Mujiri. The dynamics of the accumulation of the sum of alkaloids in *Vinca major*, cultivated in Georgia (the alkaloids: reserpine and isomaydine) 396

## PHYSICAL GEOGRAPHY

- R. G. G o b e d z h i s h v i l i. Present glaciation in the Kodori river basin (western Caucasus) 399
- V. M. P e s h k o v. Restoration of the Pitsunda resort beach 403

## HYDROGEOLOGY

- U. I. Z v i a d a d z e. Hydrogeological conditions of the irrigation of the Shiraki plain (Eastern Georgia) 408

## GEOLOGY

- F. D. M a i s a d z e. Some questions of the palaeogeography of the Paleogene in north-western Abkhazia 412

## MINERALOGY

- M. S. T s k h e l i s h v i l i. Some accessory minerals of the granitoids of the Khrami massif 415
- G. I. N a s i d z e, R. A. A k h v l e d i a n i. On the division of amphiboles into corresponding minerals 419

## STRUCTURAL MECHANICS

- N. S. M o t s o n e l i d z e, Z. S h. G e d e n i d z e. Design of the walls of hollow counterforts of dams for longitudinal bending (buckling), using the theory of plates 424
- A. D. K h a b e i s h v i l i, K. G. A l a v i d z e. Determination of the highest frequencies of natural oscillations of elastic systems in matrix form 428

## METALLURGY

- D. S h. O z i a s h v i l i, G. N. O d i l a v a d z e, G. L. A z m a i p a r a s h v i l i. Study of aluminium thermal reduction of strontium oxide in vacuum 432
- F. N. T a v a d z e, O. I. M i k a d z e, A. N. R a k i t s k i, V. P. D o m u k h o v s k i, N. P. K e s h e l a v a. High temperature oxidation of chromium-hafnium alloys 436

## MACHINE BUILDING SCIENCE

- D. S. T a v k h e l i d z e, N. S. D a v i t a s h v i l i. Problems of kinematic analysis of seven-link plane hinged mechanisms 440
- R. S h. V a r s i m a s h v i l i, V. K. S a n i k i d z e. Cutting of spherical toothed gearing with straight teeth 443
- M. V. K h v i n g i a, A. N. K o b t s e v, T. G. T a t i s h i l i, V. I. P e r e p y o l k a. Investigations of resonance of a mechanical system with an unsymmetrical characteristic of elastic frictional forces 448

## FORESTRY

- R. G. Chagelishvili. Alluvial drift from small catchment areas with various forest cover in mountains of Georgia 451

## PLANT PHYSIOLOGY

- T. A. Tsertsvadze. Significance of growth regulators in the wintering of some winter-flowering plants 455

## HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

- Z. S. Khanaeva. The influence of stimulation and lesions in the anterior colliculus on the association responses to visual stimuli in cats 460
- D. N. Adikashvili. Effect of transection of the corpus callosum on the synchrony of the cerebral hemispheres 463

## PHYTOPATHOLOGY

- K. V. Tsintsadze, S. G. Vartapetov. A new fungus *Entomophthora adjarica* sp. n. (*Phycomycetes, Entomophthoraceae*) affecting *Tetranychus urticae* Koch. 468

## ENTOMOLOGY

- A. M. Gegechkori. The Caucasian endemic psyllids (*Homoptera, Psylloidea*) from the Georgian SSR 472

## EXPERIMENTAL MORPHOLOGY

- K. Sh. Logua. On some metabolic changes in the neurons of the brain during chronic morphine intoxication 475

## EXPERIMENTAL MEDICINE

- R. D. Chkheidze, Z. M. Topuria. Histochemical characteristics of the rabbit's intestines 479
- V. I. Pipia, G. P. Eteria, P. R. Gvetadze, T. G. Aroshidze. Effect of various methods of trachea mobilization on anastomosis in extensive resections of the thoracic area of the trachea 483
- M. A. Gelovani, V. V. Okroshidze. Electrolyte excretory renal function in children with diffuse glomerulonephritis 488
- G. N. Imedashvili. Surgeon's tactics in acute renal insufficiency due to nephroreticulithiasis 492
- Ts. V. Gachechiladze, K. D. Gelashvili. Cytochemical and ultrastructural characteristics of the oocyte and folliculocytes of the rat ovaries in postnatal ontogenesis 495

- I. G. Mestiashvili, V. M. Natsvlishvili, E. N. Tsverava,  
L. M. Fridman. HbA<sub>2</sub> in blood diseases

500

## PALAEOBIOLOGY

- I. G. Taktakishvili. On the fauna and stratigraphic level of the Bia (Urtha)  
beds of Western Georgia

504

- E. M. Zhgenti. On the find of the genus *Alveinus* in the Middle Miocene of par-  
athetis

509



Академик И. Н. ВЕКУА

ОБ ОДНОМ КЛАССЕ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ  
 ЗАДАЧ ТЕОРИИ ОБОЛОЧЕК

1. Будем пользоваться элементами теории поверхностей и тензорно-го анализа, в частности правилом суммирования, придерживаясь в основном книги [1]. Латинские и греческие индексы принимают значения 1, 2, 3 и 1, 2, соответственно.

Обозначим через  $\Omega$  оболочку, а также занятую ею область пространства. Осуществим параметризацию области  $\Omega$  при помощи координатной системы, нормально связанной с некоторой регулярной поверхностью  $S^0$ , которую назовем базой параметризации. Это означает, что семейство координатных линий  $(x^3)$  представляет конгруэнцию нормалей к  $S^0$  (см. [1], § 15). В качестве базы параметризации области  $\Omega$  можно взять, например, срединную поверхность оболочки или любую эквидистантную поверхность. Вообще говоря,  $S^0$  может не принадлежать области  $\Omega$ . Однако в дальнейшем для определенности будем считать, что  $S^0 \subset \Omega$ .

Радиус-вектор точки области  $\Omega$  с координатами  $x^1, x^2, x^3$  выражается в виде

$$\mathbf{R}(x^1, x^2, x^3) = \mathbf{r}(x^1, x^2) + x^3 \mathbf{n}(x^1, x^2), \quad (1)$$

где  $x^1, x^2$  — гауссовы параметры поверхности  $S^0$ ;  $\mathbf{r}$  и  $\mathbf{n}$  обозначают соответственно радиус-вектор и орт нормали к  $S^0$  в точке  $(x^1, x^2) \in S^0$ . Скалярная координата  $x^3$  равна относительному расстоянию точки области  $\Omega$  до  $S^0$ . Очевидно,  $x^3 \in [-\overset{(-)}{h}(x^1, x^2), \overset{(+)}{h}(x^1, x^2)]$ , где  $\overset{(-)}{h}$  и  $\overset{(+)}{h}$  — неотрицательные функции точки  $(x^1, x^2) \in S^0$ . Уравнения  $x^3 = -\overset{(-)}{h}(x^1, x^2)$  и  $x^3 = \overset{(+)}{h}(x^1, x^2)$  выражают лицевые поверхности оболочки, которые будем обозначать соответственно через  $S^-$  и  $S^+$ .

2. Уравнение статики сплошной среды можем записать в виде (см. [2])

$$\frac{1}{\sqrt{g}} \partial_i (\sqrt{g} P^i) + \Phi = 0, \quad \mathbf{P}^i = P^{ij} \mathbf{R}_j, \quad (2)$$

где  $P^{ij} \equiv P^{ji}$  — контравариантные компоненты тензора напряжения;  $\Phi$  — объемная сила;  $\mathbf{R}_i = \partial_i \mathbf{R}$  ( $\partial_i = \partial / \partial x^i$ ) — векторы ковариантного базиса координатной системы;  $\mathbf{R}_\alpha = \mathbf{r}_\alpha + x^3 \mathbf{n}_\alpha$ ,  $\mathbf{R}_3 = \mathbf{n}$ . Через  $g$  обозначаем дискриминант метрической квадратичной формы пространства  $g = a\mathfrak{d}^2 > 0$ , где  $a$  — дискриминант метрики поверхности  $S^0$ ;  $\mathfrak{d} = (1 - k_1^2 x^3) \times (1 - k_2^2 x^3)$  — скалярная функция;  $k_1^0$  и  $k_2^0$  — главные кривизны поверхности  $S^0$ . Формулы  $H^0 = \frac{1}{2} (k_1^0 + k_2^0)$  и  $K^0 = k_1^0 k_2^0$  выражают соответственно среднюю и гауссову (главную) кривизну поверхности  $S^0$ . Главные кривизны произвольной координатной поверхности  $S: x^3 = \text{const}$  выражаются при помощи равенств  $k_1 = k_1^0 (1 - k_1^0 x^3)^{-1}$ ,  $k_2 = k_2^0 (1 - k_2^0 x^3)^{-1}$ . Следовательно,



главная и средняя кривизны поверхности  $S$  соответственно равны  $K = \mathfrak{F}^3 - K^0$  и  $H = \mathfrak{F}^{-1}(H^0 - x^3 K^0)$ .

Векторное уравнение (2) не обладает свойством коэрцитивности, т. е. не позволяет определить однозначно векторы  $\mathbf{P}^i \equiv P^{ij} \mathbf{R}_j$ , представляющие контравариантные составляющие поля напряжений, при помощи краевого условия вида  $\mathbf{P}_{(l)} \equiv \mathbf{P}^i \mathbf{l}_i = \mathbf{f}$  (на  $\partial\Omega$ ), где  $\mathbf{l}$  — орт нормали граничной поверхности области  $\Omega$ ;  $\mathbf{f}$  — заданное на  $\partial\Omega$  векторное поле. Коэрцитивность уравнения (2) обеспечивается посредством присоединения к нему некоторых новых соотношений, устанавливающих связи между искомыми компонентами тензора напряжений, которые не вытекают из этого уравнения. При выводе этих новых соотношений учитываются конкретные физические и кинематические свойства рассматриваемой сплошной среды. Для упругих сред обычно используется обобщенный закон Гука, согласно которому компоненты тензора напряжения выражаются линейно через компоненты тензора деформации среды. В данной работе мы не будем применять закон Гука. Применяя полюбившийся метод Сен-Венана, мы обеспечим коэрцитивность уравнения (2) путем задания некоторых составляющих поля напряжений.

3. Для всякой фиксированной  $S^0$ -параметризации области  $\Omega$  вектор  $\mathbf{P}^3$  представляет поле поперечных напряжений, действующих на координатные поверхности  $S: x^3 = \text{const}$ . В дальнейшем поле  $\mathbf{P}^3$  будем задавать заранее, определяя его при помощи тех или иных допущений, которые будут сформулированы на основе конкретных физических и геометрических свойств рассматриваемой задачи. Эти допущения, заменяя в известной мере закон Гука, позволят выделить достаточно широкий класс статически определимых задач теории оболочек. Например, в случае тонких оболочек постоянной толщины ( $h = \text{const}$ ), беря в качестве  $S^0$  серединную поверхность, вектор  $\mathbf{P}^3$  можно выразить приближенной формулой

$$\mathbf{P}^3 = \frac{1}{2} (\mathbf{P}^{(+)} - \mathbf{P}^{(-)}) + \frac{x^3}{2h} (\mathbf{P}^{(+)} + \mathbf{P}^{(-)}), \quad (3)$$

где  $\mathbf{P}^{(+)}$  и  $\mathbf{P}^{(-)}$  обозначают поля напряжений на лицевых поверхностях  $S^+$  и  $S^-$  соответственно.

Произвольно фиксируя скалярную координату  $x^3$  и обозначая через  $S$  соответствующую координатную поверхность:  $x^3 = \text{const}$ , вводим обозначения

$$\mathbf{T}^\alpha = P^{\alpha\beta} \mathbf{R}_\beta, \quad \mathbf{X} = \frac{1}{\sqrt{g}} \partial_\alpha (\sqrt{g} P^{\alpha 3} \mathbf{n}) + \frac{1}{\sqrt{g}} \partial_3 \sqrt{g} \mathbf{P}^3 + \Phi. \quad (4)$$

Векторы  $\mathbf{T}^\alpha$  удовлетворяют условию  $\mathbf{nT}^\alpha = 0$ . Следовательно, они образуют поле тангенциальных напряжений оболочки (короче, поле  $\mathbf{T}$ ). Тогда уравнение (2) примет вид

$$\frac{1}{\sqrt{g}} \partial_\alpha (\sqrt{g} \mathbf{T}^\alpha) + \mathbf{X} = 0 \quad (\text{на } S: x^3 = \text{const}). \quad (5)$$

Это векторное равенство эквивалентно системе уравнений (см. [3])

$$\nabla_\alpha P^{\alpha\beta} + X^\beta = 0, \quad b_{\alpha\beta} P^{\alpha\beta} + X = 0, \quad (5a)$$

где символы  $\nabla_\alpha$  обозначают ковариантные производные относительно гауссовых параметров  $x^\alpha$  на поверхности  $S$ ;  $X^\beta \equiv \mathbf{X} \mathbf{R}^\beta$  и  $X \equiv \mathbf{X} \mathbf{n}$  — ком-

поненты вектора  $\mathbf{X}$ ;  $b_{\alpha\beta} = b_{\beta\alpha} = -\mathbf{R}_\alpha \mathbf{n}_\beta$  — коэффициенты второй основной квадратической формы поверхности  $S$ . Векторное поле  $\mathbf{X}(x^1, x^2, x^3)$  однозначно выражается посредством векторных полей  $\mathbf{P}^3$  и  $\Phi$ , которые мы считаем заданными.

Общее решение уравнения (5) можно представить в виде  $\mathbf{T}^\alpha = \mathbf{S}^\alpha + \mathbf{Q}^\alpha$ , где векторы  $\mathbf{Q}^\alpha$  являются его частным решением, а векторы  $\mathbf{S}^\alpha$  — общим решением соответствующего однородного уравнения:

$$\frac{1}{\sqrt{g}} \partial_\alpha (\sqrt{g} \mathbf{S}^\alpha) \equiv \frac{1}{\sqrt{g}} \partial_\alpha (\sqrt{g} \mathbf{S}^{\alpha i} \mathbf{R}_i) = 0. \quad (6)$$

Векторы  $\mathbf{Q}^\alpha$  можно выразить при помощи формулы

$$\mathbf{Q}^\alpha = g^{\alpha\beta} \partial_\beta \mathbf{q}, \quad g^{\alpha\beta} = \mathbf{R}^\alpha \mathbf{R}^\beta, \quad (7)$$

где векторы  $\mathbf{R}^i$  составляют контравариантный базис координатной системы, а вектор  $\mathbf{q} \equiv q^\alpha \mathbf{R}_\alpha + q_3 \mathbf{n}$  — некоторое частное решение уравнения Пуассона на  $S$ :

$$\frac{1}{\sqrt{g}} \partial_\alpha (\sqrt{g} g^{\alpha\beta} \partial_\beta \mathbf{q}) + \mathbf{X} = 0 \quad (x^3 = \text{const}). \quad (8)$$

Пусть  $c^{\alpha\beta} = \mathbf{n} \mathbf{R}^\alpha \mathbf{R}^\beta$  и  $c_{\alpha\beta} = \mathbf{n} \mathbf{R}_\alpha \mathbf{R}_\beta$  — контравариантный и ковариантный дискриминантные тензоры поверхности  $S$ . Тогда из уравнения (6) выводим равенства (см. [4], гл. 6, § 4)

$$\mathbf{S}^\alpha = c^{\alpha\beta} \partial_\beta \mathbf{w} \equiv c^{\alpha\beta} (\nabla_\beta \omega_\gamma - b_{\beta\gamma} \omega_3) \mathbf{R}^\gamma + c^{\alpha\beta} (\nabla_\beta \omega_3 + b_\beta^\gamma \omega_\gamma) \mathbf{n}, \quad (9)$$

где  $\mathbf{w} = \omega^\alpha \mathbf{R}_\alpha + \omega_3 \mathbf{n} \equiv \omega_\alpha \mathbf{R}^\alpha + \omega_3 \mathbf{n}$  — пока произвольная вектор-функция точки  $(x^1, x^2, x^3)$ . Из формулы (9) следует  $\partial_\alpha \mathbf{w} = c_{\beta\alpha} \mathbf{S}^\beta$ . Поле напряжений  $\mathbf{S}^\alpha$ , очевидно, непрерывно. Поэтому  $\mathbf{w}$  представляет непрерывно дифференцируемое векторное поле на всякой замкнутой поверхности  $S + \partial S$ , т. е.  $\mathbf{w} \in C^1(S + \partial S)$ . Так как  $T^{12} = T^{21}$ , то в силу формулы  $T^{\alpha\beta} = S^{\alpha\beta} + Q^{\alpha\beta}$  должны иметь  $S^{12} - S^{21} = Q^{21} - Q^{12}$ . Имея в виду формулы

$$Q^{\alpha\beta} = \nabla^\alpha q^\beta - b^{\alpha\beta} q_3, \quad Q^{\alpha 3} = \nabla^\alpha q_3 + b_\alpha^\beta q^\beta, \quad (9a)$$

$$S^{\alpha\beta} = c^{\alpha\gamma} (\nabla_\gamma \omega^\beta - b_\gamma^\beta \omega_3), \quad S^{\alpha 3} = c^{\alpha\gamma} (\nabla_\gamma q_3 + b_\gamma^\alpha q^\gamma), \quad (9b)$$

условие симметричности тензора  $T^{\alpha\beta}$  равносильно равенству

$$\nabla_\alpha \omega^\alpha - 2H \omega_3 = c_{\alpha\beta} Q^{\beta\alpha} \equiv c_{\alpha\beta} \nabla^\beta q^\alpha. \quad (10)$$

Из формулы (4<sub>1</sub>) следует  $T^{\alpha 3} = S^{\alpha 3} + Q^{\alpha 3} = 0$ . Тогда, согласно равенствам (9 а, б) будем иметь

$$\nabla_\alpha \omega_3 + b_{\alpha\beta} \omega^\beta = c_{\alpha\beta} Q^{\beta 3} \equiv c_{\alpha\beta} (\nabla^\beta q_3 + b_\beta^\gamma q^\gamma). \quad (11)$$

Пусть  $K \neq 0$ . Решая последнюю систему относительно  $\omega^\alpha$ , получаем

$$\omega^\alpha = -d^{\alpha\beta} \partial_\beta \omega_3 + K^{-1} c^{\alpha\gamma} b_{\gamma\beta} Q^{\beta 3}, \quad d^{\alpha\beta} = K^{-1} c^{\alpha\gamma} c^{\beta\delta} b_{\gamma\delta}. \quad (12)$$

Внося эти выражения в уравнение (10), будем иметь

$$\nabla_\alpha (d^{\alpha\beta} \nabla_\beta \omega) + 2H \omega = F \quad (x^3 = \text{const}), \quad (13)$$

$$\omega \equiv \omega_3, \quad F = c_{\alpha\beta} Q^{\alpha\beta} + \nabla^\alpha (K^{-1} c^{\alpha\gamma} b_{\gamma\beta} Q^{\beta 3}). \quad (14)$$

Обозначая через  $\mathbf{n}_\alpha$  и  $\mathbf{n}^\alpha$  векторы ковариантного и контравариантного базисов координатной системы на сферическом изображении  $\tilde{S}$  поверхности  $S$  относительно гауссовых параметров  $x^\alpha$ , получаем равенства

$$d^{\alpha\beta} = -\mathbf{R}^\alpha \mathbf{n}^\beta, \quad c^{\alpha\gamma} b_{\gamma\beta} = -\mathbf{R}^\alpha \mathbf{n}_\beta. \quad (15)$$

В силу этих равенств для искомого вектора  $\mathbf{w}$  выводим формулу

$$\mathbf{w} = \tilde{\nabla} \omega + \omega \mathbf{n} + K^{-1} \mathbf{n} \times \mathbf{n}_\beta Q^{\beta 3}, \quad \omega = \omega_3, \quad (16)$$

где символ  $\tilde{\nabla}$  обозначает градиент от скаляра на сферическом изображении  $\tilde{S}$  поверхности  $S$ .



Таким образом, искомое поле, тангенциальных напряжений  $T$ , выражаемое тензором  $T^{\alpha\gamma} \equiv P^{\alpha\beta}$ , определяется при помощи решения  $\omega$  неоднородного уравнения (13). К этому уравнению приводит мембранная теория оболочек, а также задача о бесконечно малых изгибаниях поверхностей (см. [4], гл. 5 и 6). Характеристическая функция поля вращений поверхности при ее бесконечно малых изгибаниях удовлетворяет однородному уравнению

$$\nabla_{\alpha}(d^{\alpha\beta} \nabla^{\beta} \psi) + 2H\psi = 0, \quad (17)$$

называемому уравнением Вейнгартена. В последующих работах автора, которые будут опубликованы в этом журнале, будет указан широкий класс статически определимых задач теории оболочек, которые решаются при помощи уравнения (13). Например, статически определима задача равновесия замкнутой оболочки. Она сводится к отысканию регулярных на замкнутых координатных поверхностях  $S: x^3 = \text{const}$  решений уравнения (13). Статически определима также задача равновесия оболочки с краями при наличии на боковых поверхностях идеальных втулочных связей. Последние реализуются, если оболочка своими гладкими боковыми поверхностями упирается на абсолютно гладкие твердые стенки (см. [4], гл. 5, § 8). В этом случае получим краевую задачу для уравнения (13), причем в краевое условие будут входить искомая функция  $\psi$  и ее частные производные 1-го и 2-го порядка. Такого рода задачи изучены, например, в [5] (гл. 4).

Тбилисский государственный университет

Институт прикладной математики

(Поступило 8.7.1976)

მათემატიკა

აკადემიკოსი ი. ვეკუა

ბარსთა თეორიის სტატიკურად განსაზღვრებადი ამოცანების  
ამოცანების ერთი კლასის შესახებ

რეზიუმე

განხილულია ბარსთა თეორიის სტატიკურად განსაზღვრებადი ამოცანების ერთი კლასი. სენ-ვენანის არასრული შექცევის მეთოდის გამოყენებით, რაიმე დამუხების გზით, ჯერ განისაზღვრება ძაბვის განივი ველი, რომელიც ვექტორით წარმოიდგინება, შემდეგ კი საძიებელი ძაბვის ტანგენციალური ველი გამოისახება  $x^3 = \text{const}$  საკოორდინატო ზედაპირებზე ვინგარტენისა და პუასონის კლასიკურ განტოლებათა ამოხსნების მეშვეობით.

MATHEMATICS

I. N. VEKUA

## ON ONE CLASS OF STATICALLY DEFINABLE PROBLEMS OF SHELL THEORY

Summary

One class of statically definable problems of the shell theory is considered. If the transversal stress field can be determined in advance with the help of Saint-Venant's method, then the tangential stress field may be expressed with the help of solutions of the classical equations of Weingarten and Poisson on the coordinate surfaces  $x^3 = \text{const}$ .

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. И. Н. Векуа. Основы тензорного анализа. Тбилиси, 1967.
2. И. Н. Векуа. Труды Тбилисского матем. ин-та им. А. М. Размадзе АН ГССР, т. XXX, 1965.
3. И. Н. Векуа. Сб. трудов Всесоюзной конференции по уравнениям с частными производными, посвященной 75-летию акад. И. Г. Петровского. М., 1976.
4. И. Н. Векуа. Обобщенные аналитические функции. М., 1959.
5. И. Н. Векуа. Новые методы решения эллиптических уравнений. М., 1949.

Д. Ф. ГОГУАДЗЕ

О ДВОЙНЫХ И ПОВТОРНЫХ ИНТЕГРАЛАХ  
 КОЛМОГороВА

(Представлено членом-корреспондентом Академии В. Г. Челидзе 25.3.1976)

В статье вводятся понятия двойных интегралов Колмогорова. Доказывается аналог теоремы Фубини и указываются некоторые условия существования и равенства повторных интегралов Колмогорова.

Пусть  $A$  и  $B$  — произвольные множества. Декартовым произведением множеств  $A$  и  $B$  называется множество всех упорядоченных пар  $(a, b)$ , где  $a \in A, b \in B$ , которое обозначается через  $A \times B$ . Если  $\mathfrak{A}$  и  $\mathfrak{B}$  — произвольные классы множеств, то множество всех декартовых произведений  $A \times B$ , где  $A \in \mathfrak{A}, B \in \mathfrak{B}$ , называется декартовым произведением классов  $\mathfrak{A}$  и  $\mathfrak{B}$  и обозначается через  $\mathfrak{A} \times \mathfrak{B}$ . Легко проверить, что, если  $\mathfrak{M}_1$  и  $\mathfrak{M}_2$  представляют собой мультипликативные классы, то их декартово произведение  $\mathfrak{M} = \mathfrak{M}_1 \times \mathfrak{M}_2$  также является мультипликативным классом. Поэтому множество всех конечных разбиений, а также множество всех счетных разбиений произвольного множества  $E \in \mathfrak{M}$  представляют собой направленное множество. Следовательно, если на классе  $\mathfrak{M}$  задана многозначная функция множества  $f(E) = f(A, B) (E = A \times B, A \in \mathfrak{M}_1, B \in \mathfrak{M}_2)$ , то на произвольном множестве  $E_0 = A_0 \times B_0 (E_0 \in \mathfrak{M}, A_0 \in \mathfrak{M}_1, B_0 \in \mathfrak{M}_2)$  можно рассмотреть интегралы Колмогорова от функции  $f(A, B)$  как в смысле конечных разбиений, так и в смысле счетных разбиений [1], которые мы обозначим соответственно через

$$(\mathfrak{M}) \int_{E_0} \int f(dA, dB) \quad \text{и} \quad (\mathfrak{M}) \int_{E_0}^* \int f(dA, dB).$$

Известно [2], что, если  $\mathfrak{Z}_1$  и  $\mathfrak{Z}_2$  представляют собой полукольца, то их декартово произведение  $\mathfrak{Z} = \mathfrak{Z}_1 \times \mathfrak{Z}_2$  также является полукольцом.

Теорема 1. *Имеют место неравенства*

$$(3) \int_{E_0} \int f(dA, dB) \leq (\mathfrak{Z}_1) \int_{A_0} \left( (\mathfrak{Z}_2) \int_{B_0} f(dA, dB) \right) \leq (\mathfrak{Z}_1) \int_{A_0} \left( (\mathfrak{Z}_2) \int_{B_0} f(dA, dB) \right) \leq \\ \leq (\mathfrak{Z}) \int_{E_0}^* \int f(dA, dB),$$



$$\begin{aligned}
 (3) \int_{\overline{E_0}} \int f(dA, dB) &\leq (3_2) \int_{\overline{B_0}} \left( (3_1) \int_{\overline{A_0}} f(dA, dB) \right) \leq (3_2) \int_{\overline{B_0}} \left( (3_1) \int_{\overline{A_0}} f(dA, dB) \right) \leq \\
 &\leq (3) \int_{\overline{E_0}} \int f(dA, dB).
 \end{aligned}$$

Теорема 2. Если существует двойной интеграл

$$(3) \int_{\overline{B_0}} \int f(dA, dB),$$

то существуют повторные интегралы

$$(3_1) \int_{\overline{A_0}} \left( (3_2) \int_{\overline{B_0}} f(dA, dB) \right), \quad (3_2) \int_{\overline{B_0}} \left( (3_1) \int_{\overline{A_0}} f(dA, dB) \right)$$

и имеет место равенство

$$(3) \int_{\overline{E_0}} \int f(dA, dB) = (3_1) \int_{\overline{A_0}} \left( (3_2) \int_{\overline{B_0}} f(dA, dB) \right) = (3_2) \int_{\overline{B_0}} \left( (3_1) \int_{\overline{A_0}} f(dA, dB) \right).$$

Будем говорить, что функция множества  $U(A)$  принадлежит классу  $[V_0 B; A_0; \mathfrak{M}_1]$  ( $[V_0 B^*; A_0; \mathfrak{M}_1]$ ), вкратце  $U \in [V_0 B; A_0; \mathfrak{M}_1]$  ( $U \in [V_0 B^*; A_0; \mathfrak{M}_1]$ ), если существуют такое число  $M > 0$  и такое конечное (счетное) разбиение  $DA_0 (D^* A_0)$  множества  $A_0$ , что для любого его конечно- (счетного) продолжения  $\{A_1, \dots, A_n\}$  ( $\{A_1, \dots, A_n, \dots\}$ ) имеет место неравенство

$$\sum_{k=1}^n |U(A_k)| < M \quad \left( \sum_{k=1}^{\infty} |U(A_k)| < M \right).$$

Легко показать, что  $U \in [V_0 B; A_0; \mathfrak{M}_1]$  ( $U \in [V_0 B^*; A_0; \mathfrak{M}_1]$ ) тогда и только тогда, когда

$$(\mathfrak{M}_1) \int_{\overline{A_0}} |u|(dA) < +\infty \quad \left( (\mathfrak{M}_1) \int_{\overline{A_0}}^* |u|(dA) < +\infty \right).$$

Будем говорить, что интеграл

$$(\mathfrak{M}_1) \int_{\overline{A_0}} f(dA, B) \quad \left( (\mathfrak{M}_2) \int_{\overline{B_0}} f(A, dB) \right)$$

существует равномерно относительно  $B \in \mathfrak{M}_2 (A \in \mathfrak{M}_1)$ , если найдется такая функция множества  $U \in [V_0 B; B_0; \mathfrak{M}_2]$  ( $U \in [V_0 B; A_0; \mathfrak{M}_1]$ ), что для всякого числа  $\varepsilon > 0$  найдется такое конечное разбиение  $D_\varepsilon A_0 (D_\varepsilon B_0)$  множества  $A_0 (B_0)$ , что для любого конечного продолжения  $\{A_1, \dots, A_m\}$  ( $\{B_1, \dots, B_n\}$ ) разбиения  $D_\varepsilon A_0 (D_\varepsilon B_0)$  имеет место неравенство

$$\left| (\mathfrak{M}_1) \int_{A_0} f(dA, B) - \sum_{i=1}^m f(A_i, B) \right| < \varepsilon U(B)$$

$$\left( \left| (\mathfrak{M}_2) \int_{B_0} f(A, dB) - \sum_{i=1}^n f(A, B_i) \right| < \varepsilon U(A) \right),$$

каково бы ни было  $B \in \mathfrak{M}_2$  ( $A \in \mathfrak{M}_1$ ).

Теорема 3. Пусть для любых фиксированных  $B \in \mathfrak{M}_2$  и  $A \in \mathfrak{M}_1$  существуют соответственно интегралы

$$(\mathfrak{M}_1) \int_{A_0} f(dA, B), \quad (\mathfrak{M}_2) \int_{B_0} f(A, dB).$$

Если интеграл

$$(\mathfrak{M}_1) \int_{A_0} f(dA, B)$$

существует равномерно относительно  $B \in \mathfrak{M}_2$  или интеграл

$$(\mathfrak{M}_2) \int_{B_0} f(A, dB)$$

существует равномерно относительно  $A \in \mathfrak{M}_1$ , то существуют повторные интегралы

$$(\mathfrak{M}_1) \int_{A_0} \left( (\mathfrak{M}_2) \int_{B_0} f(dA, dB) \right), \quad (\mathfrak{M}_2) \int_{B_0} \left( (\mathfrak{M}_1) \int_{A_0} f(dA, dB) \right)$$

и они равны между собой.

Будем говорить, что интеграл

$$(\mathfrak{M}_1) \int_{A_0}^* f(dA, B) \quad \left( (\mathfrak{M}_2) \int_{B_0}^* f(A, dB) \right)$$

существует сильно равномерно относительно  $B \in \mathfrak{M}_2$  ( $A \in \mathfrak{M}_1$ ), если найдется такая функция множества  $U \in [V_0 B^*; B_0; \mathfrak{M}_2]$  ( $U \in [V_0 B^*; A_0; \mathfrak{M}_1]$ ), что для всякого числа  $\varepsilon > 0$  найдется такое счетное разбиение  $D_\varepsilon^* A_0$  ( $D_\varepsilon^* B_0$ ) множества  $A_0$  ( $B_0$ ), что любому счетному продолжению  $D^* A_0 = \{A_1, \dots, A_n, \dots\}$  ( $D^* B_0 = \{B_1, \dots, B_n, \dots\}$ ) разбиения  $D_\varepsilon^* A_0$  ( $D_\varepsilon^* B_0$ ) соответствует такое натуральное число  $N_{D^* A_0}$  ( $N_{D^* B_0}$ ), что, когда  $n > N_{D^* A_0}$  ( $n > N_{D^* B_0}$ ), имеет место неравенство

$$\left| (\mathfrak{M}_1) \int_{A_0}^* f(dA, B) - \sum_{i=1}^n f(A_i, B) \right| < \varepsilon U(B)$$

$$\left( \left| (\mathfrak{M}_2) \int_{B_0}^* f(A, dB) - \sum_{i=1}^n f(A, B_i) \right| < \varepsilon U(A) \right),$$

каково бы ни было  $B \in \mathfrak{M}_2$  ( $A \in \mathfrak{M}_1$ ).



Теорема 4. Пусть для любых фиксированных  $B \in \mathfrak{M}_2$  и  $A \in \mathfrak{M}_1$  существуют соответственно интегралы

$$(\mathfrak{M}_1) \int_{A_0}^* f(dA, B), \quad (\mathfrak{M}_2) \int_{B_0}^* f(A, dB).$$

Если интеграл

$$(\mathfrak{M}_1) \int_{A_0}^* f(dA, B)$$

существует сильно равномерно относительно  $B \in \mathfrak{M}_2$  или интеграл

$$(\mathfrak{M}_2) \int_{B_0}^* f(A, dB)$$

существует сильно равномерно относительно  $A \in \mathfrak{M}_1$ , то существуют повторные интегралы

$$(\mathfrak{M}_1) \int_{A_0}^* \left( (\mathfrak{M}_2) \int_{B_0}^* f(dA, dB) \right), \quad (\mathfrak{M}_2) \int_{B_0}^* \left( (\mathfrak{M}_1) \int_{A_0}^* f(dA, dB) \right)$$

и они равны между собой.

Академия наук Грузинской ССР

Вычислительный центр

(Поступило 2.4.1976)

მათემატიკა

დ. გოგუაძე

კოლმოგოროვის ორჯერადი და განმეორებითი  
ინტეგრალების შესახებ

რეზიუმე

შემოტანილია კოლმოგოროვის ორჯერადი ინტეგრალების ცნება. დამტკიცებულია ფუბინის თეორემის ანალოგი და მოყვანილია განმეორებითი ინტეგრალების არსებობისა და ტოლობის ზოგიერთი პირობა.

MATHEMATICS

D. F. GOGUADZE

## ON THE DOUBLE AND REPEATED INTEGRALS OF KOLMOGOROV

Summary

The notions of the double integrals of Kolmogorov are introduced. The analogue of the theorem of Fubini is proved and some conditions of the existence and equality of the repeated integrals are indicated.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. A. Kolmogoroff. Math. Ann., 103, 1930.
2. А. Н. Колмогоров, С. В. Фомин. Элементы теории функций и функционального анализа. М., 1972.





Р. Ш. ГМАНДЗЕ

ОБ ОДНОМ ВИДЕ СВОДИМОСТИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии В. Г. Челидзе 23.3.1976)

Понятия и обозначения, встречающиеся в данной статье, взяты в основном из [1].

Множество  $A \leq Q$  - сводится к множеству  $B$  ( $A \leq Q B$ ) (см. [1]), если существует общерекурсивная функция (о. р. ф.)  $f$  такая, что  $(\forall x) (x \in A \leftrightarrow W_{f(x)} \subset B)$ . Если дополнительно о. р. ф.  $f$  удовлетворяет условию  $(\forall x, y) (x \neq y \rightarrow W_{f(x)} \cap W_{f(y)} = \emptyset)$ , то, по определению, множество  $A \leq Q_1$ -сводится к множеству  $B$  (см. [2]). Из теоремы 5 [3] следует, что полная  $Q$ -степень и полная  $Q_1$ -степень совпадают. Естественным образом вводятся следующие понятия:

Определение 1. Множество  $A \leq Q_e$ -сводится к множеству  $B$  ( $A \leq Q_e B$ ), если

$$(\exists f, g \text{ — о. р. ф.}) (\forall x) [(|W_{f(x)}| < g(x)) \& (x \in A \leftrightarrow W_{f(x)} \subset B)].$$

Определение 2. Множество  $A \leq Q_{e1}$ -сводится к множеству  $B$  ( $A \leq Q_{e1} B$ ), если

$$(\exists f, g \text{ — о. р. ф.}) (\forall x, y) [(|W_{f(x)}| < g(x)) \& (x \neq y \rightarrow W_{f(x)} \cap W_{f(y)} = \emptyset) \& (x \in A \leftrightarrow W_{f(x)} \subset B)].$$

Назовем множество  $Q_e - (Q_{e1} -)$  полным, если  $A$  — рекурсивно перечислимое (р.п.) множество и  $B \leq Q_e A$  ( $B \leq Q_{e1} A$ ) для всякого р. п. множества  $B$ .

Нетрудно показать, что понятия  $Q_e$ -сводимости и  $Q_{e1}$ -сводимости различаются на классе р. п. множеств. Поэтому представляет интерес

**Теорема 1.** *Р. п. множество  $A$  является  $Q_e$ -полным тогда и только тогда, когда  $A$  является  $Q_{e1}$ -полным.*

Доказательство. Очевидно, что  $Q_{e1}$ -полное множество является  $Q_e$ -полным.

Допустим, что  $A - Q_e$ -полное множество. Применяя теорему о рекурсии, нетрудно показать, что р. п. множество  $A \leq Q_e$ -полно тогда и только тогда, когда

$$(\exists f, g \text{ о. р. ф.}) (\forall x) [(|W_{f(x)}| < g(x)) \& (W_{f(x)} \cap W_x \neq \emptyset \leftrightarrow W_{f(x)} \subset A)], \quad (1)$$

и  $Q_{e1}$ -полно, если и только если

$$(\exists \mu, \nu \text{ о. р. ф.}) (\forall x, y) [(|W_{\mu(x)}| < \nu(x)) \& (x \neq y \rightarrow W_{\mu(x)} \cap W_{\mu(y)} = \emptyset) \& (W_{\mu(x)} \cap W_x \neq \emptyset \leftrightarrow W_{\mu(x)} \subset A)]. \quad (2)$$



Поэтому для доказательства теоремы 1 достаточно показать, что из (1) следует (2).

Пусть  $\tau$ —о. р. ф., такая, что  $W_{\tau(i;n)} = W_i - \{a_1, \dots, a_n\}$ , если  $n$  различных элементов  $a_1, \dots, a_n$  вычислятся в  $W_i \cap A$ , и  $W_{\tau(i;n)} = \emptyset$  в противном случае (см. [4]).

По шагам строим о. р. ф.  $f_1, g_1$ .

Шаг  $n$ . Пусть  $\lambda, \gamma, \delta$ —такие о. р. ф., что

$$\begin{aligned} W_{\lambda(n)} &= \bigcup_{i < n} W_{f_1(i)}, \\ W_{\gamma(n)} &= W_{\lambda(n)} \cup W_n, \\ \delta(n) &= \sum_{i < n} g_1(i) + g\gamma(0) + g\tau(\gamma(0), 0). \end{aligned}$$

Полагаем

$$W_{f_1(n)} = \begin{cases} W_{f\gamma(n)} \cup (\cup \{W_{f\tau(\gamma(n),j)} : 0 \leq j \leq |W_{\lambda(n)} \cap A|\}), & \text{если } W_n \neq \emptyset, \\ \cup \{W_{f\tau(\gamma(n),j)} : 0 \leq j \leq |W_{\lambda(n)} \cap A|\}, & \text{если } W_n = \emptyset, \end{cases}$$

$$g_1(n) = g\gamma(n) + \sum_{j < \tau(n)} g\tau(\gamma(n), j),$$

где  $f$  и  $g$ —о. р. ф. из (1).

Заметим, что если  $k < n$ , то

$$W_{f_1(k)} \cap [(\cup \{W_{f\tau(\gamma(n),j)} : 0 \leq j \leq |W_{\lambda(n)} \cap A|\}) \cap \bar{A}] = \emptyset. \quad (3)$$

Допустим, что это неверно для некоторого  $k < n$ . Тогда найдется  $j, 0 \leq j \leq |W_{\lambda(n)} \cap A|$ , такой, что

$$(W_{f\tau(\gamma(n),j)} \cap \bar{A}) \cap W_{f_1(k)} \neq \emptyset. \quad (4)$$

Но, по определению  $\gamma$  и  $\tau$ , для  $k < n$  выполняется

$$\bar{A} \cap W_{f_1(k)} \subseteq W_{\tau(\gamma(n),j)}.$$

Следовательно,

$$W_{f\tau(\gamma(n),j)} \cap W_{\tau(\gamma(n),j)} \neq \emptyset.$$

Отсюда в силу (1)  $W_{f\tau(\gamma(n),j)} \subset A$ , что противоречит (4).

Теперь покажем, что  $(W_{f_1(n)} \cap \bar{A}) \cap W_{f_1(k)} = \emptyset$  для  $k < n$ . Действительно, пусть  $(W_{f_1(n)} \cap \bar{A}) \cap W_{f_1(k)} \neq \emptyset$  для  $k < n$ . Используя замечание, приведенное выше, и определение  $W_{f_1(n)}$ , заключаем, что  $(W_{f\gamma(n)} \cap \bar{A}) \cap W_{f_1(k)} \neq \emptyset$ . Тогда  $W_{f\gamma(n)} \cap W_{\gamma(n)} \neq \emptyset$  и в силу (1)  $W_{f\gamma(n)} \subset A$ . Противоречие.

Допустим, что  $W_n = N$ , и покажем, что

$$(\cup \{W_{f\tau(\gamma(n),j)} : 0 \leq j \leq |W_{\lambda(n)} \cap A|\}) \subset A. \quad (5)$$

Допустим, что (5) ложно. Тогда  $W_{f\tau(\gamma(n),j)} \cap \bar{A} \neq \emptyset$  для некоторого  $j, 0 \leq j \leq |W_{\lambda(n)} \cap A|$ . Но для  $W_n = N$ , по определению  $\gamma$  и  $\tau$ ,  $\bar{A} \subset W_{\tau(\gamma(n),j)}$  для всякого  $j$ . Поэтому

$$W_{f\tau(\gamma(n),j)} \cap W_{\tau(\gamma(n),j)} \neq \emptyset.$$

В силу (1) получаем  $W_{f\tau(\gamma(n),j)} \subset A$ . Противоречие.

Пусть  $\alpha$  — такая о. р. ф., что

- 1)  $(\forall i, j) (i \neq j \rightarrow W_{\alpha(i)} \cap W_{\alpha(j)} = \emptyset)$ ,
- 2)  $(\forall i) (W_{\alpha(i)} \subseteq W_{f_1(i)})$ ,
- 3)  $\bigcup_{i \in N} W_{\alpha(i)} = \bigcup_{i \in N} W_{f_1(i)}$ ,

и  $\beta$  — одно-однозначная о. р. ф., такая, что

$$W_{\beta(i)} = \begin{cases} N, & \text{если } W_{\alpha\beta(i)} \cap W_i \neq \emptyset, \\ \emptyset, & \text{если } W_{\alpha\beta(i)} \cap W_i = \emptyset. \end{cases}$$

Тогда в силу (3) и (5) получаем

$$\begin{aligned} W_{\alpha\beta(i)} \cap W_i \neq \emptyset &\rightarrow W_{\beta(i)} = N \rightarrow W_{\gamma\beta(i)} = N \rightarrow W_{f_1\beta(i)} \subset A \rightarrow W_{\alpha\beta(i)} \subset A, \\ W_{\alpha\beta(i)} \cap W_i = \emptyset &\rightarrow W_{\beta(i)} = \emptyset \rightarrow [(W_{f_1\beta(i)} = \\ &= \bigcup \{W_{f_1\gamma(\gamma\beta(i), j)} : 0 \leq j \leq |W_{\lambda\beta(i)} \cap A|\}) \& (W_{\gamma\beta(i)} = W_{\lambda\beta(i)})] \rightarrow \\ &\rightarrow W_{f_1\beta(i)} \bar{\subset} A \rightarrow W_{\alpha\beta(i)} \bar{\subset} A. \end{aligned}$$

Следовательно, искомые о. р. ф.  $\mu$ ,  $\nu$  имеют вид

$$\begin{aligned} \mu(i) &= \alpha\beta(i), \\ \nu(i) &= g_1\beta(i). \end{aligned}$$

Теорема доказана.

Используя теорему 1, можно доказать следующую теорему:

**Теорема 2.** *Существует  $Q$ -полное не  $Q_e$ -полное р. п. множество  $ts$ .*

Множество  $A$   $bs$ -сводится к множеству  $B$  (см. [5]), если  $(\exists f$  — о. р. ф.)  $[A \leq_{ts} B \& (\forall x)$  (для выяснения „ $x \in A$ ?“ мы задаем не более  $f(x)$  вопросов о принадлежности чисел множеству  $B$ )].

Очевидно, что если  $A$  и  $B$  — р. п. множества, то  $A \leq_{Q_e} B \rightarrow A \leq_{bs} B$ . В работе [3] показано, что существует  $\omega$ -полное не  $Q$ -полное р. п. множество. Но  $\omega$ -полное множество  $bs$ -полно. Следовательно, существует  $bs$ -полное не  $Q_e$ -полное р. п. множество.

Грузинский политехнический институт  
им. В. И. Ленина

(Поступило 25.3.1976)

მათემატიკა

რ. მანანაძე

ერთი სახის დაყვანადობის შესახებ

რეზიუმე

ნაშრომში შემოტანილია  $Q_e$ -დაყვანადობის და  $Q_{e1}$ -დაყვანადობის ცნებები. დამტკიცებულია, რომ რეკურსიულად გადათვლადი (რ. გ.) სიმრავლე არის  $Q_e$ -სრული მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა ის არის  $Q_{e1}$ -სრული. ნაჩვენებია, რომ არსებობს  $Q$ -სრული, მაგრამ არა  $Q_e$ -სრული რ. გ. სიმრავლე.

R. Sh. OMANADZE

## ON ONE KIND OF REDUCIBILITY

## Summary

The notions of  $Q_e$ -reducibility as well as  $Q_{e1}$ -reducibility are introduced in this paper. It is proved that recursive enumerable set is  $Q_e$ -complete iff it is  $Q_{e1}$ -complete. It is shown that there exists a recursive enumerable set which is  $Q$ -complete but not  $Q_e$ -complete.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. X. Роджерс. Теория рекурсивных функций и эффективная вычислимость. М., 1972.
2. В. Д. Соловьев. Вероятностные методы и кибернетика, вып. 11. Казань, 1974, 121—128.
3. J. T. Gill III, P. H. Morris. J. Symbolic Logic, 39, № 4, 1974, 669—677.
4. M. Blum, I. Marques. J. Symbolic Logic, 38, № 4, 1973, 579—593.
5. C. Joekusch. Math. Scand., 31, № 2, 1972, 262—266.



М. И. БУРШТЕИН

КРИТИЧЕСКИЕ ГИПЕРГРАФЫ С МИНИМАЛЬНЫМ ЧИСЛОМ РЕБЕР

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 1.3.1976)

Гиперграф—это пара  $(X, E)$ , где  $X$ —множество вершин, а  $E$ —система подмножеств множества  $X$ , называемых ребрами, такая, что  $\forall u \in E |u| \geq 2$  и  $\cup \{u \in E\} = X$ . П. Эрдеши и А. Хайнал [1] определили  $q$ -раскраску гиперграфа  $\mathbf{G} = (X, E)$  как отображение множества  $X$  в  $q$ -элементное множество цветов, которое не постоянно ни на каком ребре. Гиперграф, для которого существует 2-раскраска, называется бихроматичным. Гиперграф  $\mathbf{G} = (X, E)$  называется *критическим*, если он не бихроматичен, но  $\forall u \in E$  гиперграф  $(X, E \setminus \{u\})$  бихроматичен. В работе П. Сеймура [2], а также в [3] было показано, что если  $\mathbf{G} = (X, E)$ —критический гиперграф, то  $|E| \geq |X|$ . Критический гиперграф, в котором число ребер равно числу вершин, будем называть *минимальным*. Гиперграф называется  $k$ -униформным, если любое его ребро содержит ровно  $k$  вершин.

Обозначим через  $m_k(n)$  минимальное число ребер в  $n$ -вершинном  $k$ -униформном критическом гиперграфе (естественно,  $n \geq 2k - 1$ ). Очевидно, что  $m_k(n) \geq n$ . Ниже будет показано, что почти всегда здесь имеет место равенство. П. Эрдеши и А. Хайнал [4] поставили задачу вычисления величины  $m(k) = \min_n \{m_k(n)\}$ , которая в настоящее время неизвестна даже при  $k = 4$ .

Пусть  $\mathbf{G} = (X, E)$  — гиперграф и  $u = \{x_1; x_2; \dots; x_k\} \in E$ . Пусть  $A = \{a_1; a_2; \dots; a_{k+1}\}$ ,  $B = \{b_1; b_2; \dots; b_k\}$  и  $C = \{c_1; c_2; \dots; c_{k-1}\}$  — некоторые множества, не пересекающие  $X$ . Положим  $u'_i = u \cup \{a_i\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, k + 1$  а  $u''_i = (u \setminus \{x_i\}) \cup \{b_i\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, k$ . Рассмотрим два гиперграфа

$$\mathbf{G}' = (X \cup A, (E \setminus \{u\}) \cup \{u'_1; u'_2; \dots, u'_{k+1}\}; A),$$

$$\mathbf{G}'' = (X \cup B, (E \setminus \{u\}) \cup \{u''_1; u''_2; \dots; u''_k\}; B).$$

Если  $k \geq 4$ , то выберем в  $u$   $(k-1)$  подмножеств по  $(k-2)$  элемента в каждом— $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_{k-1}$ , таких, что  $\cup_i \omega_i = u$  ( $|\omega_i| = k - 2$ ), и положим

$$u'''_i = \omega_i \cup \{c_i\}.$$

Определим гиперграф

$$\mathbf{G}''' = (X \cup C, (E \setminus \{u\}) \cup \{u'''_1; u'''_2; \dots; u'''_{k-1}\}; C).$$

Переход от  $\mathbf{G}$  к  $\mathbf{G}'$  назовем операцией расширения типа I ребра  $u$ , переход от  $\mathbf{G}$  к  $\mathbf{G}''$ —операцией расширения типа II, а переход от  $\mathbf{G}$  к  $\mathbf{G}'''$ —



операцией расширения типа III. Операция типа I рассматривалась в работе Д. Вудалла [5], а также, в более общем виде, в работе Б. Тофта [6]. Через  $\text{Ext}(\mathbf{G})$  обозначим гиперграф, полученный из  $\mathbf{G}$  последовательным применением операции расширения типа I ко всем его ребрам. Очевидно, что если  $\mathbf{G}$  —  $k$ -униформный гиперграф, то  $\text{Ext}(\mathbf{G})$  —  $(k+1)$ -униформный,  $\mathbf{G}'$  — также  $k$ -униформный, а число ребер  $\text{Ext}(\mathbf{G})$  в  $(k+1)$  раза больше, чем у  $\mathbf{G}$ .

Следующее утверждение проверяется непосредственно:

**Лемма 1.** *Если один из гиперграфов  $\mathbf{G}$ ,  $\mathbf{G}'$ ,  $\mathbf{G}''$ ,  $\mathbf{G}'''$ ,  $\text{Ext}(\mathbf{G})$ , критический (минимальный), то критическими (минимальными) являются и остальные.*

**Лемма 2.**  $m_k(n+k) \leq m_k(n) + k$ .

Для доказательства возьмем  $k$ -униформный критический  $n$ -вершинный гиперграф с  $m_k(n)$  ребрами и применим операцию типа II к одному из его ребер (любому).

**Теорема 1.**  $m_3(n) = n$  при  $n \geq 10$ .

**Доказательство.** Хорошо известно, что  $m_3(7) = 7$ .

Соответствующий гиперграф — это „плоскость Фано“:  $\{1, 2, 4\}$ ;  $\{2, 3, 5\}$ ;  $\{3, 4, 6\}$ ;  $\{4, 5, 7\}$ ;  $\{5, 6, 1\}$ ;  $\{6, 7, 2\}$ ;  $\{7, 1, 3\}$  (мы выписываем только множество ребер). В силу леммы 2 достаточно проверить, что  $m_3(11) = 11$  и  $m_3(12) = 12$ . Первое получается применением операции типа I к ребрам  $\{2, 5\}$  и  $\{3, 5\}$  гиперграфа

$$\{1, 2, 3\}; \{1, 4, 5\}; \{2, 3, 4\}; \{2, 5\}; \{3, 5\},$$

а для проверки второго достаточно взять  $\text{Ext}(C_3)$ , где  $C_3$  — „треугольник“ —  $\{1, 2\}$ ;  $\{2, 3\}$ ;  $\{3, 1\}$ .

**Теорема 2.** Пусть  $n \geq \frac{7}{24}(k+1)!$ ,  $k \geq 4$  и  $n \equiv 0 \pmod{k}$ .

Тогда  $m_k(n) = n$ .

**Доказательство.** Сначала индукцией по  $k$  покажем, что  $m_k\left(\frac{7}{24}(k+1)!\right) = \frac{7}{24}(k+1)!$ . При  $k=3$  возьмем плоскость Фано, а

если  $\mathbf{G} = \left(\frac{7}{24}k!\right)$ -вершинный  $(k-1)$ -униформный минимальный гиперграф

то  $\text{Ext}(\mathbf{G})$  — минимальный  $k$ -униформный гиперграф с  $\frac{7}{24}(k+1)!$  вершинами. Эта конструкция была предложена Д. Вудаллом [5], который опроверг первоначальное предположение П. Эрдеша о том, что  $\forall n m_k(n) > n$  при  $k \geq 4$  (см. [7]). Наша же теорема теперь следует непосредственно из леммы 2.

**Теорема 3.** Для почти всех значений  $n$  (всех кроме конечного числа)  $m_k(n) = n$  ( $k \geq 3$  — любое число).

**Доказательство.** В силу леммы 2 достаточно для любого  $r$  ( $0 \leq r \leq k-1$ ) построить  $k$ -униформный  $n$ -вершинный минимальный гиперграф с  $n \equiv r \pmod{k}$ . Применим индукцию по  $r$ . При  $r=0$  соответству-

ющие гиперграфы построены в доказательстве теоремы 2. Пусть  $G$  —  $n$ -вершинный  $k$ -униформный минимальный гиперграф и  $n \equiv r \pmod{k}$ . Применим операцию типа I к любому его ребру. Получим  $(n+k+1)$ -вершинный минимальный гиперграф, в котором  $(k+1)$  ребер имеют степень  $(k+1)$ , а остальные — степень  $k$ . Теперь к каждому ребру степени  $(k+1)$  применим операцию типа III. Получим  $k$ -униформный минимальный гиперграф с числом вершин  $n' = n + k + 1 + k(k+1)$ , т. е.  $n' \equiv (r+1) \pmod{k}$ . Теорема доказана.

**З а м е ч а н и е.** Было бы очень интересно вычислить точное значение величины  $\tilde{m}(k) = \min\{n : m_k(p) = p, \forall p \geq n\}$ . Конструкция, приведенная в доказательстве теоремы 3, позволяет установить, что при  $k \geq 4$   $\tilde{m}(k) \leq \frac{7}{24}(k+1)! + k(k+1)^2$ . Совершенно очевидно, что при малых  $n$   $m_k(n) > n$ , хотя бы потому, что  $m_k(2k) \geq m_k(2k-1) = C_{2k-1}^{k-1}$ . По всей видимости,  $\tilde{m}(3) = 10$ .

**Т е о р е м а 4.** Пусть  $n \geq \frac{7}{24}(k+1)! - k + 1$ . Если  $r$  остаток от деления  $n$  на  $k$ , то  $m_k(n) \leq n + k - r$ .

**Д о к а з а т е л ь с т в о.** Возьмем  $k$ -униформный  $(n+k-r)$ -вершинный минимальный гиперграф, построенный в доказательстве теоремы 2. Выберем в нем множество из  $k-r+1$  вершин, которое с любым ребром имеет не более одной общей вершины. Такое множество существует в силу построения нашего гиперграфа с помощью операций типа I и II. Если мы отождествим вершины этого множества (склеим в одну вершину), то получим  $k$ -униформный небихроматичный гиперграф с  $n$  вершинами и  $(n+k-r)$  ребрами. Удалив, если это необходимо, некоторые ребра, получим искомый критический гиперграф.

**З а м е ч а н и е.** Назовем гиперграф простым, если любые два его ребра имеют не более одной общей вершины. Заметим, что операция расширения типа II при  $k=3$ , примененная к простому гиперграфу, дает простой гиперграф. Применяя ее сначала к плоскости Фано, получаем, что при всяком  $n \equiv 1 \pmod{3}$  существует простой 3-униформный минимальный гиперграф. Однако неизвестно, существуют ли простые минимальные  $k$ -униформные гиперграфы при  $k \geq 4$ . Более того, нам неизвестно, существуют ли  $k$ -униформные минимальные гиперграфы при  $k \geq 4$ , у которых любые два ребра имеют не более  $(k-2)$  общих вершин. В работе П. Эрдеши и Л. Ловаса [8] была высказана гипотеза о том, что при достаточно большом  $k$  число ребер в простом критическом  $k$ -униформном гиперграфе намного (в  $2^{k(1-\varepsilon)}$  раз) превышает число его вершин.

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

მ. ბურშტეინი

კრიტიკული ჰიპერგრაფები წიბოების მინიმალური რაოდენობით

რეზიუმე

$m_k(n)$ -ით აღნიშნოთ წიბოების მინიმალური რაოდენობა  $k$ -ერთგვაროვან კრიტიკულ არაბიქრომატულ ([2]-ის ან [6]-ის აზრით) ჰიპერგრაფში, რომლის წვეროების რაოდენობა უდრის  $n$ -ს. ძირითადი შედეგი:  $n$ -ის თითქმის ყველა მნიშვნელობისათვის (გარდა სასრულო რაოდენობისა)  $m_k(n) = n$  ( $k \geq 3$ ).

MATHEMATICS

M. I. BURSTEIN

CRITICAL HYPERGRAPHS WITH THE MINIMAL NUMBER OF EDGES

Summary

Let  $m_k(n)$  denote the minimal possible number of edges in a  $k$ -uniform critical 3-chromatic hypergraph (in the sense of [2] or [6]) having  $n$  vertices.

Main result: for almost all  $n$  (except finite number of values)  $m_k(n) = n$  (for any  $k \geq 3$ )

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. P. Erdős, A. Hajnal. Acta Math. Acad. Sci. Hung., 17, 1966, 61—99.
2. P. D. Seymour. Quart. J. Math. Oxford (3), 25 1974, 303—312.
3. М. И. Бурштейн. Тез. докл. конфер. молодых ученых и аспирантов, 22—26 апреля 1974 г., ТГУ, Ин-т прикладной математики. Тбилиси, 1974, 23—24.
4. P. Erdős, A. Hajnal. Acta Math. Acad. Sci. Hung., 12, 1961, 87—123.
5. D. R. Woodall. «Combinatorics», Southend-on-Sea, 1972, 322—340.
6. B. Tóft. Colloq. Math. Soc. János Bolyai, Keszthely (Hungary) 1973, 1445—1457.
7. L. Lovász. Acta Math. Acad. Sci. Hung., 21, 1970, 443—446.
8. P. Erdős. L. Lovász. Colloq. Math. Soc. Janos Bolyai Keszthely (Hungary), 1973, 609—627.



Н. В. ШВЕЛИДЗЕ

О ТЕОРЕМАХ ВЛОЖЕНИЯ В НЕКОТОРЫХ  
 ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОСТРАНСТВАХ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. В. Жижншвили 12.3.1976)

Пусть  $f$  — измерения, периодическая функция с периодом  $2\pi$ ,  $f^*$  — невозрастающая перестановка функции  $f$ .

Говорят, что  $f$  принадлежит пространству Лоренца  $L(p, q)$ , если

$$\|f\|_{p,q} \equiv \left\{ \frac{q}{p} \int_0^{2\pi} \left[ t^{\frac{1}{p}-1} \int_0^t f(u) du \right]^q \frac{dt}{t} \right\}^{\frac{1}{q}} < \infty$$

при  $1 \leq p, q < \infty$  и

$$\|f\|_{p,q} \equiv \sup_{t > 0} \left[ t^{\frac{1}{p}-1} \int_0^t f(u) du \right] < \infty$$

при  $1 \leq p \leq \infty$  и  $q = \infty$ .

Известно, что для  $1 < p \leq \infty$  и  $1 \leq q \leq \infty$   $L(p, q)$  — банахово пространство с нормой  $\|\cdot\|_{p,q}$  (см. [1], стр. 212—229), причем  $L(p, p) = L_p$ ;  $E_n(f)_{p,q}$  — наилучшее приближение порядка  $n$  функции  $f$  тригонометрическими полиномами в метрике  $L(p, q)$ ;  $\omega_k(f, \delta)_{p,q}$  — интегральный модуль гладкости  $k$ -го порядка в пространстве  $L(p, q)$ , т. е.

$$\omega_k(f, \delta) = \sup_{|t| \leq \delta} \left\| \sum_{i=0}^k (-1)^{k-i} C_k^i f(x + it) \right\|_{p,q}.$$

Определение 1. Скажем, что функция  $f$  принадлежит классу  $\Omega_{p,q,k}^{\alpha}$ , если

$$\|f\|^{(1)} \equiv \|f\|_{\Omega_{p,q,k}^{\alpha}} \equiv \|f\|_{p,q} + \left[ \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n \omega_k^{\alpha} \left( f, \frac{1}{n} \right)_{p,q} \right] < \infty, \quad (1)$$

где  $0 < \alpha < \infty$ ,  $\alpha \equiv (\alpha_n)_{n \geq 1}$  — некоторая последовательность положительных чисел.

Определение 2. Скажем, что функция  $f$  принадлежит классу  $B_{p,q}^{\beta}$ , если

$$\|f\|^{(2)} \equiv \|f\|_{B_{p,q}^{\beta}} \equiv \|f\|_{p,q} + \left[ \sum_{n=1}^{\infty} \beta_n E_n^{\beta}(f)_{p,q} \right]^{\frac{1}{\beta}} < \infty, \quad (2)$$



где  $0 < \vartheta < \infty$ ,  $\beta \equiv (\beta_n)_{n \geq 1}$  — некоторая последовательность положительных чисел.

Можно доказать, что  $\Omega_{p,q,k}^{\vartheta,\alpha}$  и  $B_{p,q}^{\vartheta,\beta}$  соответственно с нормами  $\|\cdot\|^{(1)}$  и  $\|\cdot\|^{(2)}$  — банаховы пространства при  $1 < p \leq \infty$ ,  $1 \leq q \leq \infty$  и  $1 \leq \vartheta < \infty$ . В частном случае, когда  $p=q$  и  $\alpha_n = n^{r\vartheta-1}$  ( $n=1, 2, \dots; r > 0$ ), введенные пространства совпадают с пространствами О. В. Бесова [2]. Другие обобщения классов О. В. Бесова имеются в работах [3, 4].

Далее, скажем, что последовательность  $(\gamma_n)_{n \geq 1}$  принадлежит классу  $a_s$ , если

$$\sum_{n=1}^N \gamma_n \leq C_1 \gamma_N N^s \quad \text{при } 0 < s \leq 1, \quad (3)$$

$$\left( \sum_{n=1}^N \gamma_n \right) \left( \sum_{n=N}^{\infty} \gamma_n^{-\frac{1}{s-1}} \cdot n^{-\frac{s}{s-1}} \right)^{s-1} \leq C_2 \quad \text{при } 1 < s < \infty, \quad (4)$$

где  $C_1$  и  $C_2$  — положительные постоянные, не зависящие от  $N$ .

Скажем, что последовательность  $(\gamma_n)_{n \geq 1}$  принадлежит классу  $a_s^1$ , если

$$\sum_{n=N}^{\infty} \gamma_n \leq C_3 \gamma_N N^s \quad \text{при } 0 < s \leq 1, \quad (5)$$

$$\left( \sum_{n=N}^{\infty} \gamma_n \right) \left( \sum_{n=1}^N \gamma_n^{-\frac{1}{s-1}} \cdot n^{-\frac{s}{s-1}} \right)^{s-1} \leq C_4 \quad \text{при } 1 < s < \infty, \quad (6)$$

где  $C_3$  и  $C_4$  — положительные постоянные, не зависящие от  $N$ .

**Теорема 1.** Пусть последовательность  $(\alpha_n n^{-k\vartheta})_{n \geq 1}$  принадлежит  $a_{\vartheta}^1$ . Тогда классы  $\Omega_{p,q,k}^{\vartheta,\alpha}$  и  $B_{p,q}^{\vartheta,\alpha}$  совпадают и

$$\|f\|^{(2)} \leq \|f\|^{(1)} \leq C_5 \|f\|^{(2)},$$

где  $C_5$  — положительная постоянная, не зависящая от  $f$ . Из теоремы 1 следует, что если  $(\alpha_n \cdot n^{-k\vartheta})_{n \geq 1} \in a_{\vartheta}^1$ , то  $\Omega_{p,q,k_1}^{\vartheta,\alpha} = \Omega_{p,q,k_2}^{\vartheta,\alpha}$  при  $k_1 \neq k_2$ .

**Теорема 2.** Пусть  $1 \leq p < p' \leq \infty$ ,  $1 \leq q, q' \leq \infty$ ,  $\frac{q}{p} \leq \frac{q'}{p'}$  <sup>1)</sup> и  $\alpha'_n = \alpha_n \cdot n^{\vartheta(\frac{1}{p'} - \frac{1}{p})}$  ( $n=1, 2, \dots$ ). Если  $(\alpha'_n)_{n \geq 1} \in a_{\vartheta}$ , то пространство  $B_{p,q}^{\vartheta,\alpha}$  вложено в пространство  $B_{p',q'}^{\vartheta,\alpha'}$ , причем

$$\|f\|_{B_{p',q'}^{\vartheta,\alpha'}} \leq C_6 \|f\|_{B_{p,q}^{\vartheta,\alpha}}, \quad (7)$$

где  $C_6$  — положительная постоянная, не зависящая от  $f$ .

Доказательство этой теоремы опирается на следующие леммы:

<sup>1)</sup> В дальнейшем примем  $\frac{\infty}{\infty} = \infty$ .



Лемма 1. Если  $1 \leq p < p' \leq \infty$ ,  $1 \leq q$ ,  $q' \leq \infty$ ,  $\frac{q}{p} \leq \frac{q'}{p'}$ ,  $T_n$  — тригонометрический полином порядка  $\leq n$ , то

$$\|T_n\|_{p',q'} \leq C_7 \|T_n\|_{p,q} \cdot n^{\frac{1}{p} - \frac{1}{p'}}. \quad (8)$$

где  $C_7$  — положительная постоянная, не зависящая от  $n$  и  $T_n$ .

Лемма 2. Пусть  $f \in L(p, q)$ ,  $1 \leq p < p' \leq \infty$ ,  $1 \leq q$ ,  $q' \leq \infty$ ,  $\frac{q}{p} \leq \frac{q'}{p'}$  и

$$\sum_{n=1}^{\infty} E_n(f)_{p,q} n^{\frac{1}{p} - \frac{1}{p'} - 1} < \infty.$$

Тогда  $f \in L(p', q')$  и

$$E_n(f)_{p',q'} \leq C_8 \left[ E_n(f)_{p,q} (n+1)^{\frac{1}{p} - \frac{1}{p'} - 1} + \sum_{\nu=n+1}^{\infty} E_{\nu}(f)_{p,q} \nu^{\frac{1}{p} - \frac{1}{p'} - 1} \right], \quad (9)$$

где  $C_8$  — положительная постоянная, не зависящая от  $n$  и  $f$ .

Заметим, что оценку (9) в смысле порядка можно уточнить, но для доказательства вложения (7) достаточно и неравенство (9).

Когда  $p=q$  и  $p'=q'$ , из (8) получается известное неравенство С. М. Никольского [5], а (9) дает неравенство Стечкина—Коиошкова (см. [6, 7]).

При  $p=q$  и  $p'=q'$ ,  $\alpha_n = n^{r\theta-1}$ ,  $r > 0$ ,  $\theta \geq 1$  теорема 2 обращается в теорему вложения О. В. Бесова в одномерном случае (см. [2], теорема 2.1). При некотором другом предположении на последовательность  $\alpha \equiv (\alpha_n)_{n \geq 1}$  в случае  $p=q$  и  $p'=q'$  теорема 2 доказана в работе [3].

Введем следующее определение: скажем, что функция  $f$ , имеющая

ряд Фурье вида  $\sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx)$ , принадлежит классу  $M$ , если

найдется такое число  $\tau > 0$ , что  $n^{-\tau} a_n \downarrow 0$  и  $n^{-\tau} b_n \downarrow 0$ .

Теорема 3. Пусть  $f \in M$ ,  $1 < p$ ,  $q < \infty$ . Тогда

а) если  $f \in B_{p,q}^{\theta,\alpha}$ , то

$$\sum_{n=1}^{\infty} \alpha_{\lfloor \frac{n+1}{2} \rfloor} n^{\theta(1-\frac{1}{p})} (a_n + b_n)^{\theta} < \infty; \quad (10)$$

б) если же  $f \in \Omega_{p,q,k}^{\theta,\alpha}$ , то

$$\sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n n^{\theta(1-\frac{1}{p})} (a_n + b_n)^{\theta} < \infty; \quad (11)$$

в) если при этом  $\alpha \equiv (\alpha_n)_{n \geq 1} \in \alpha_{\frac{\theta}{q}}$  и выполняется условие (11), то  $f \in B_{p,q}^{\theta,\alpha}$ .

Теорема 4. Если  $\alpha_n = n^{r\theta-1}$ ,  $r > 0$ ,  $\theta \geq 1$ ,  $1 < p$ ,  $q < \infty$ , то для того чтобы  $f \in B_{p,q}^{\theta,\alpha} \cap M$ , необходимо и достаточно выполнение условия

$$\sum_{n=1}^{\infty} (a_n + b_n)^{\vartheta} n^{\vartheta \left( r+1 - \frac{1}{p} \right) - 1} < \infty. \quad (12)$$

Если сопоставить эту теорему с результатом работы [4] (см. теорему 1.4), то можно заключить, что имеет место совпадение классов  $B_{p,q}^{\vartheta,\alpha} \cap M$  и  $B_{p'}^{\vartheta,\alpha} \cap M$  при  $\alpha_n = nr^{\vartheta-1}$ ,  $r > 0$ ,  $\vartheta \geq 1$  и  $1 < p, q < \infty$ .

В заключение заметим, что теорема 2 является точной в определенном смысле, так как верна

Теорема 5. Пусть  $1 < p < p' < \infty$ ,  $1 < q, q' < \infty$ ,  $\alpha_n = nr^{\vartheta-1}$ ,  $r > 0$ ,  $\vartheta \geq 1$ . Если  $\alpha'_n = \alpha_n \cdot n^{\vartheta \left( \frac{1}{p'} - \frac{1}{p} \right)}$  ( $n=1, 2, \dots$ ), то

$$B_{p',q'}^{\vartheta,\alpha'} \cap M \subset B_{p,q}^{\vartheta,\alpha} \subset M, \quad \|f\|_{B_{p,q}^{\vartheta,\alpha}} \leq C_9 \|f\|_{B_{p',q'}^{\vartheta,\alpha'}},$$

где  $C_9$  — положительная постоянная, не зависящая от  $f \in M$ .

Тбилисский государственный университет

(Поступило 19.3.1976)

მათემატიკა

5. უშვილიძე

ჩართვის თეორემების შესახებ ზოგირით  
 ფუნქციონალურ სივრცეში

რეზიუმე

შემოღებულია ფუნქციონალური სივრცეები, რომლებიც წარმოადგენენ ობესოვის ცნობილი სივრცეების განზოგადებას. მოყვანილია ნიკოლსკის ერთ-ერთი უტოლობის განზოგადება ლორენცის სივრცეებისათვის და მიღებულია ჩართვის თეორემები შემოღებულ სივრცეებში.

MATHEMATICS

N. P. SHVELIDZE

EMBEDDING THEOREMS IN SOME FUNCTIONAL SPACES

Summary

Some functional spaces, which are more general than the well-known Besov spaces, are introduced.

An extension of Nikolski's inequality in Lorentz spaces and some embedding theorems in the introduced spaces are obtained.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. И. Стейн, Г. Вейс. Введение в гармонический анализ на евклидовых пространствах. М., 1974.
2. О. В. Бесов. Труды Матем. ин-та им. В. А. Стеклова АН СССР, X, 1961.
3. М. К. Потапов. Изв. АН СССР, 33, № 4, 1969, 840—861.
4. В. М. Коклашвили. Труды Тбилисского матем. ин-та им. А. М. Размадзе АН ГССР, т. XXXIV, 1968, 51—81.
5. С. М. Никольский. Труды Матем. ин-та им. В. А. Стеклова АН СССР, т. XXXVIII, 1951, 244—278.
6. С. Б. Стечкин. Изв. АН СССР, сер. матем., 15, 1951, 219—242.
7. А. А. Коношков. Матем. сб., 44 (86), 1958, 53—84.



О. А. ГЛОНТИ

О ВЗАИМНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРОЦЕССОВ, УПРАВЛЯЕМЫХ  
 КОНЕЧНО-РАЗНОСТНЫМИ СТОХАСТИЧЕСКИМИ  
 УРАВНЕНИЯМИ

(Представлено академиком И. Н. Векуа 31.3.1976)

1. Пусть  $(\Omega, \mathfrak{F}, P)$  — некоторое вероятностное пространство и  $\mathfrak{F}_t, t=0, \Delta, \dots, T (T=n\Delta)$ , — неубывающее семейство  $\sigma$ -подалгебр  $\mathfrak{F}$ . Пусть „посылаемое сообщение“ (полезный сигнал)  $\theta = (\theta_t, \mathfrak{F}_t), t=0, \Delta, \dots, T$ , передается по каналу с обратной „бесшумной“ связью по следующей схеме  $(\Delta x_t = x_{t+\Delta} - x_t)$ :

$$(\Delta \xi_t = [A_0(t, \xi) + A_1(t, \xi)\theta_t] \Delta + \Delta \omega_t, \quad \xi_0 = 0, \quad (1)$$

где  $\omega = (\omega_t, \mathfrak{F}_t), t=0, \Delta, \dots, T$ , — гауссовская случайная последовательность  $N(0, t)$  с независимыми приращениями, не зависящая от  $\theta$ . Неупреждающие относительно  $\xi$  функционалы  $A_0(t, \xi)$  и  $A_1(t, \xi)$  задают кодирование.

Пусть выбраны некоторые  $A_0(t, \xi)$  и  $A_1(t, \xi)$ .  
 Взаимная информация (см., например, [1])

$$I_T(\theta, \xi) = M \ln \frac{d\mu_{\theta, \xi}}{d[\mu_\theta \times \mu_\xi]}(\theta, \xi), \quad (2)$$

где  $\mu_\theta, \mu_\xi$  и  $\mu_{\theta, \xi}$  — меры, отвечающие процессам  $\theta = (\theta_t, \mathfrak{F}_t), \xi = (\xi_t, \mathfrak{F}_t)$  и  $(\theta, \xi) = ((\theta_t, \xi_t), \mathfrak{F}_t)$  соответственно.

В данном случае, как легко видеть,  $I_T(\theta, \xi)$  имеет вид

$$I_T(\theta, \xi) = M \ln \frac{p(\xi_0, \xi_\Delta, \dots, \xi_T | \theta_0, \theta_\Delta, \dots, \theta_T)}{p(\xi_0, \xi_\Delta, \dots, \xi_T)},$$

где  $p(x_1, \dots, x_n)$  — совместная, а  $p(x_1, \dots, x_n | \cdot)$  — условно совместная плотность распределения  $\xi^T = (\xi_0, \dots, \xi_T), T = n\Delta$ .

Пусть  $\theta = (\theta_t, \mathfrak{F}_t), t=0, \Delta, \dots, T$ , управляется конечно-разностным уравнением

$$\Delta \theta_t = a(t, \xi)\theta_t \Delta + \Delta \tilde{\omega}_t, \quad (3)$$

где  $\tilde{\omega} = (\tilde{\omega}_t, \mathfrak{F}_t), t=0, \Delta, \dots, T$ , — гауссовская случайная последовательность  $N(0, t)$  с независимыми приращениями, не зависящая от  $\omega, a(t, \xi)$  — неупреждающий относительно  $\xi$  функционал,  $\theta_0$  предполагается нормальным  $N(m, \gamma)$ .

Справедлива



Теорема 1. В приведенных выше условиях взаимная информация

$$I_T(\theta, \xi) = \frac{1}{2} \sum_{k=\Delta}^T M [\ln (1 + A_1^2(k, \xi) \gamma_k \Delta)],$$

где

$$\gamma_t = M [(\theta_t - m_t)^2 | \mathfrak{F}_t^\xi], \quad a \quad m_t = M [\theta_t | \mathfrak{F}_t^\xi]$$

$$(\mathfrak{F}_t^\xi = \sigma(\omega : \xi_0, \dots, \xi_t)).$$

Замечание 1. Для доказательства данной теоремы существенно представление (см. [2])

$$\Delta \xi_t = (A_0 + A_1 m_t) \Delta + (1 + A_1^2 \gamma_t \Delta)^{1/2} \Delta \bar{w}_t,$$

где  $\bar{w} = (\bar{w}_t, \mathfrak{F}_t^\xi)$ ,  $t=0, \Delta, \dots, T$ , — последовательность  $N(0, t)$  нормальных случайных величин с независимыми приращениями.

Теперь, если

$$I_t = \sup I_t(\theta, \xi), \quad (4)$$

где  $\sup$  берется по всем сигналам (1) с  $A_0$  и  $A_1$ , удовлетворяющими энергетическому ограничению

$$M [A_0(t, \xi) + A_1(t, \xi) \theta_t]^2 \leq p, \quad (5)$$

где  $p$  — заданная константа, то в силу теоремы (1) и условия (5) имеет место

Теорема 2. В условиях теоремы 1 при выполнении (5) максимальная информация.

$$I_t \leq \frac{1}{2} \ln (1 + p \Delta)^{1/\Delta}. \quad (6)$$

Замечание 2. Как легко видеть, знак равенства в (6) достигается на оптимальных кодированиях  $A_0^*$  и  $A_1^*$ , построенных в [3].

2. В отличие от пункта 1 здесь рассматривается случай с обратной «шумной» связью. Пусть передача происходит по следующей схеме:

$$\Delta \xi_t = [A_0(t) \tilde{\xi}_t + A_1(t) \theta] \Delta + \Delta \omega_t, \quad \xi_0 = 0. \quad (7)$$

Здесь  $\tilde{\xi}_t = \Pi(t, \xi) + \eta_t$  — обратный сигнал,  $\Pi(t, \xi)$  — преобразователь обратно посылаемого сообщения, а  $\eta_t$  — шум в обратном канале, удовлетворяющий конечно-разностному уравнению

$$\Delta \eta_t = a(t) \eta_t \Delta + \Delta \tilde{\omega}_t, \quad \eta_0 = 0,$$

где  $\tilde{\omega}_t = (\tilde{\omega}_t, \mathfrak{F}_t)$  — гауссовская последовательность  $N(0, t)$  с независимыми приращениями, не зависящая от  $\omega_t$ ,  $a(t)$  — известная функция,  $A_0(t)$  и  $A_1(t)$  — кодирующие функции. Информация  $I_T(\theta, \xi)$ , содержащаяся в принятом сообщении  $\xi = (\xi_0, \xi_\Delta, \dots, \xi_T)$  относительно переданного полезного сигнала  $\theta$ , найдется в следующей теореме:

Теорема 3. Пусть передача гауссовского сигнала  $\theta$ , происходит по схеме передачи (7) тогда

$$I_T(\theta, \xi) = \frac{1}{2} \sum_{k=\Delta}^T \ln \left[ \frac{1 + (A_1^2(k) \gamma_k^{(1)} + 2A_0(k) A_1(k) \gamma_k^{(12)} + A_0^2(k) \gamma_k^{(2)}) \Delta}{1 + A_0^2(k) \bar{\gamma}_k \Delta} \right],$$

где  $\gamma_t^{(1)} = M[(\theta - m_t^{(1)})^2 | \mathcal{F}_t^{\xi}]$ ,  $\gamma_t^{(12)} = M[(\theta - m_t^{(1)})(\eta_t - m_t^{(2)}) | \mathcal{F}_t^{\xi}]$ ,

$\gamma_t^{(2)} = M[(\eta_t - m_t^{(2)})^2 | \mathcal{F}_t^{\xi}]$ ,  $\bar{\gamma}_t = M[\eta_t - \bar{m}_t]^2 | \mathcal{F}_t^{\theta, \xi}$ ,

$m_t^{(1)} = M[\theta | \mathcal{F}_t^{\xi}]$ ,  $m_t^{(2)} = M[\eta_t | \mathcal{F}_t^{\xi}]$ ,  $\bar{m}_t = M[\eta_t | \mathcal{F}_t^{\theta, \xi}]$ .

В силу теоремы 3 справедлива

Теорема 4. Пусть выполняется энергетическое ограничение

$$M[A_0(t) \xi_t + A_1(t) \theta]^2 \lesssim p \quad (p - \text{заданная константа}),$$

тогда в условиях теоремы 3 максимальная информация

$$I_t \leq \frac{1}{2} \sum_{k=\Delta}^t \ln \left( \frac{1 + p \Delta}{1 + \gamma_k \Delta} \right). \quad (8)$$

Замечание 3. Как легко видеть, в случае  $A_0=1$  знак равенства в (8) достигается на оптимальном кодировании  $A_1^*$  и преобразователе  $\Pi^*$ , построенных в [4].

Академия наук Грузинской ССР  
Институт экономики и права

(Поступило 1.4.1976)

მათემატიკა

ო. ლლონტი

სასრულ-სხვაობიანი სტოქასტიური განტოლებით მართული  
შემთხვევითი პროცესების ურთიერთინფორმაციის შესახებ

რეზიუმე

ნაპოვნია ურთიერთინფორმაცია  $I_T(\theta, \xi)$  და მაქსიმალური ინფორმაცია  $I_t$  გაუსის სიგნალის გადაცემისას უკუკავშირიანი „უხმაურო“ არხით (გადაცემა (1) სქემით) და უკუკავშირიანი „ხმაურიანი“ არხით (გადაცემა (7) სქემით).

О. А. GLONTI

ON THE MUTUAL INFORMATION OF PROCESSES GOVERNED  
BY FINITE DIFFERENCE STOCHASTIC EQUATIONS

## S u m m a r y

The mutual information  $I_T(\theta, \xi)$  and maximal information  $I_t$  are found for the case when the Gaussian signal is transmitted through a «noiseless» feedback channel (the transmission scheme (1)) and through a «noisy» feedback channel (the transmission scheme (7)).

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Р. Ш. Липцер, А. Н. Ширяев. Статистика случайных процессов. М., 1974.
2. О. А. Глонти. Литовский матем. сб. IX, № 4, 1969, 741—754.
3. О. А. Глонти. Сообщения АН ГССР, 72, № 2, 1973, 277—280.
4. О. А. Глонти. III Советско-японский симпозиум, т. I. Ташкент, 1975, 36—39.





А. Д. ЭБРАЛИДЗЕ

О РЯДАХ ХААРА И РАДЕМАХЕРА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. В. Жижиашвили 7.4.1976)

Следуя П. Л. Ульянову [1], обозначим через  $A$  множество всех убывающих, неотрицательных последовательностей  $(a_n)_{n \geq 1}$ , а через  $\bar{A}$  — множество всех последовательностей  $(c_k)_{k \geq 1}$ , для каждой из которых найдется такое число  $c \geq 1$ , что

$$\max_{2^m < k < 2^{m+1}} |c_k| \leq c \min_{2^{m-1} < k < 2^m} |c_k| \quad (m = 0, 1, \dots). \quad (1)$$

Пусть  $(\chi_m(x))_{m \geq 1}$  — система Хаара (см., например, [2], стр. 54—58) на  $[0, 1]$ , а

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n \chi_n(x) \quad (2)$$

— ряд Хаара.

Положим

$$S_m(x) = \sum_{k=1}^m a_k \chi_k(x).$$

Ряды Хаара с монотонными коэффициентами довольно полно были изучены П. Л. Ульяновым [1, 3, 4].

В настоящей статье приведены некоторые результаты для рядов Хаара с коэффициентами из класса  $\bar{A}$ .

В дальнейшем для формулирования основных результатов нам понадобятся некоторые определения и обозначения.

Пусть  $M$  — множество всех двойных последовательностей  $T \equiv \equiv (R_{mk})_{m,k \geq 1}$ , каждая из которых удовлетворяет условию

$$\lim_{m \rightarrow \infty} R_{mk} = 1 \quad (k = 1, 2, \dots).$$

Через  $\bar{M}$  обозначим подмножество множества  $M$ , для элементов которого найдется такое число  $c' \geq 1$  (зависящее, вообще говоря, от последовательности  $T$ ), что

$$\max_{2^n < k < 2^{n+1}} |R_{mk}| \leq c' \min_{2^{n-1} < k < 2^n} |R_{mk}| \quad \left( \begin{matrix} n=0, 1, \dots \\ m=1, 2, \dots \end{matrix} \right).$$



Определение. Говорят (см., например, [5], стр. 182), что функция  $f$  обладает свойством  $D$  на некотором линейном множестве  $E$ , если для любых двух точек  $x_1 \in E$  и  $x_2 \in E$  и для любого числа  $d$ , заключенного между  $f(x_1)$  и  $f(x_2)$ , найдется такая точка  $\xi \in E$ , лежащая между  $x_1$  и  $x_2$ , что  $f(\xi) = d$ .

Теорема 1. Если  $\{a_n\} \in \bar{A}$ ,  $T \in \bar{M}$ , а в каждой точке множества  $E \subset [0, 1]$  второй категории линейные средние ряда (2)

$$\sigma_m^*(x) \equiv \sum_{k=1}^{\infty} R_{mk} a_k \chi_k(x)$$

существуют для  $\forall m (m \geq 1)$  и

$$\text{либо } \overline{\lim}_{m \rightarrow \infty} \sigma_m(x) < +\infty,$$

$$\text{либо } \underline{\lim}_{m \rightarrow \infty} \sigma_m(x) > -\infty,$$

то

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{|a_n|}{\sqrt{n}} < +\infty.$$

Следствие 1. Если  $\{a_n\} \in A$  и в каждой точке множества  $E \subset [0, 1]$  второй категории

$$\text{либо } \overline{\lim}_{m \rightarrow \infty} S_m(x) < +\infty,$$

$$\text{либо } \underline{\lim}_{m \rightarrow \infty} S_m(x) > -\infty,$$

то

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{|a_n|}{\sqrt{n}} < +\infty.$$

Следствие 2. Если  $\{a_n\} \in \bar{A}$  и

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{|a_n|}{\sqrt{n}} = +\infty,$$

то сумма ряда (2) существенно не ограничена в любом интервале из  $[0, 1]$ .

Учитывая теорему 1, можно заключить также, что ряд (2) абсолютно и равномерно сходится на  $[0, 1]$  и сумма  $f$  ряда (2) является ограниченной функцией на  $[0, 1]$ , которая непрерывна на  $[0, 1]$ , кроме, быть может, счетного множества. Функция  $f$  может иметь точки разрыва лишь первого рода, в которых ее значения равны среднему арифметическому ее левых и правых пределов.

Естественно возникает вопрос, как ведет себя ряд (2), когда

$a_n \in \bar{A}$  и

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{|a_n|}{\sqrt{n}} = +\infty.$$

К этому случаю относится

Теорема 2. а) Если  $\{a_n\} \in \bar{A}$  и

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{|a_n|}{\sqrt{n}} = +\infty, \quad \lim_{n \rightarrow \infty} a_n \sqrt{n} = 0,$$

то для каждого фиксированного интервала  $I_0 \subset [0, 1]$  найдется всюду плотное в  $I_0$  множество  $F \subset I_0$  мощности континуума, на котором ряд (2) сходится, а сумма  $f$  ряда (2) обладает на множестве  $F$  свойством  $D$  и  $f(F) = (-\infty, +\infty)$ .

б) Если  $\{a_n\} \in \bar{A}$  и  $\overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} |a_n| \sqrt{n} > 0$ , то ряд (2) всюду расходится.

Пусть теперь  $(r_n(x))_{n \geq 1}$  — система Радемахера (см. например, [2], стр. 59—67).

Теорема 3. Пусть  $\{R'_{mk}\} \in M$ , а  $(b_n)_{n \geq 1}$  — некоторая последовательность действительных чисел. Если в каждой точке множества  $G \subset [0, 1]$  второй категории имеют смысл

$$t_m(x) \equiv \sum_{k=1}^{\infty} R'_{mk} b_k r_k(x) \quad \text{для } \forall m (m \geq 1) \text{ и}$$

$$\text{либо } \overline{\lim}_{m \rightarrow \infty} t_m(x) < +\infty,$$

$$\text{либо } \overline{\lim}_{m \rightarrow \infty} t_m(x) > -\infty,$$

то

$$\sum_{n=1}^{\infty} |b_n| < +\infty.$$

Приведенные здесь результаты соответствующим образом обобщаются на многомерный случай.

Академия наук Грузинской ССР  
Вычислительный центр

(Поступило 8.4.1976)

ბ. ებრალიძე

ჰაარის და რადემახერის მწკრივების უმსახეობა

რეზიუმე

განხილულია ჰაარის  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n \chi_n(x)$  მწკრივების აბსოლუტურად კრებადობის

საკითხი, როცა  $\{a_n\} \in \bar{A}$ . მოყვანილია დებულება, რომელიც უზრუნველყოფს

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{|a_n|}{\sqrt{n}}$$

მწკრივის კრებადობას. შესწავლილია აგრეთვე ჰაარის მწკრივების ყოფაქცევა, როდესაც

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{|a_n|}{\sqrt{n}} = +\infty.$$

შესწავლილია რადემახერის მწკრივების აბსოლუტურად კრებადობის საკითხიც.

MATHEMATICS

A. D. EBRALIDZE

## ON HAAR AND RADEMACHER SERIES

Summary

The problem of the convergence of Haar series  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n \chi_n(x)$  is considered when  $\{a_n\} \in \bar{A}$ . The assertion implying the convergence of series

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{|a_n|}{\sqrt{n}}$$

is given. The behaviour of Haar series when

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{|a_n|}{\sqrt{n}} = +\infty$$
 is also studied.

The question of absolute convergence of Rademacher series is investigated as well.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. П. Л. Ульянов. Изв. АН СССР, сер. матем., 28, № 4, 1964, 925—950.
2. Г. Алексич. Проблемы сходимости ортогональных рядов. М., 1963.
3. П. Л. Ульянов. ДАН СССР; 149, № 3, 1963, 532—534.
4. П. Л. Ульянов. Матем. сб., 63 (105) № 3, 1964, 356—391.
5. Н. К. Барн. Тригонометрические ряды. М., 1961.



Л. Д. МДЗИНАРИШВИЛИ

ОБОБЩЕНИЕ ФОРМУЛ МИЛНОРА И КОЭНА—ФОГТА

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 29.4.1976)

Милнор [1] для последовательности

$$Y_0 \xrightarrow{g_0} Y_1 \rightarrow \dots \rightarrow Y_n \xrightarrow{g_n} Y_{n+1} \rightarrow \dots \quad (A)$$

топологических пространств, где отображения  $g_n$  — корасслоения, доказал точность последовательности

$$* \rightarrow \varprojlim^{\leftarrow} [SY_n, X] \rightarrow [\varinjlim Y_n, X] \rightarrow \varprojlim^{\leftarrow} [Y_n, X] \rightarrow *$$

Коэном [2] и Фогтом [3] для случая, когда задана последовательность

$$X_0 \xleftarrow{f_0} X_1 \leftarrow \dots \leftarrow X_n \xleftarrow{f_n} X_{n+1} \leftarrow \dots \quad (B)$$

топологических пространств, где  $f_n$  — расслоения, была получена двойственная формула

$$* \rightarrow \varinjlim^{\leftarrow} [Y, \Omega X_n] \rightarrow [Y, \varinjlim X_n] \rightarrow \varinjlim^{\leftarrow} [Y, X_n] \rightarrow *$$

Целью настоящей статьи является получение такой формулы, которая содержала бы, в частности, как формулу Милнора, так и формулу Коэна—Фогта.

В категории топологических пространств с отмеченной точкой и непрерывных отображений, сохраняющих отмеченную точку, имеет место

*Теорема. Пусть заданы две последовательности*

$$Y_0 \xrightarrow{g_0} Y_1 \rightarrow \dots \rightarrow Y_n \xrightarrow{g_n} Y_{n+1} \rightarrow \dots$$

и

$$X_0 \xleftarrow{f_0} X_1 \leftarrow \dots \leftarrow X_n \xleftarrow{f_n} X_{n+1} \leftarrow \dots$$

топологических пространств, в которых отображения  $g_n$  — корасслоения, а  $f_n$  — расслоения. Тогда имеет место точная последовательность

$$* \rightarrow \varinjlim^{\leftarrow} [Y_n, \Omega X_n] \rightarrow [\varinjlim Y_n, \varinjlim X_n] \rightarrow \varinjlim^{\leftarrow} [Y_n, X_n] \rightarrow * \quad (C)$$

Доказательство. Пусть  $[\varphi] \in [\varinjlim Y_n, \varinjlim X_n]$ , тогда, положив  $\xi_n[\varphi] = [f_n^* \varphi g_n^*]$ , где  $f_n^*: \varinjlim X_n \rightarrow X_n$ ,  $g_n^*: Y_n \rightarrow \varinjlim Y_n$ , определим отображения  $\xi_n: [\varinjlim Y_n, \varinjlim X_n] \rightarrow [Y_n, X_n]$ . Ясно, что эти отображения  $\xi_n$  индуцируют отображение  $\xi: [\varinjlim Y_n, \varinjlim X_n] \rightarrow \varinjlim^{\leftarrow} [Y_n, X_n]$ .



Докажем, что  $\xi$  есть отображение на. Пусть  $\{[\psi_n]\} \in \lim_{\leftarrow} [Y_n, X_n]$ .

Тогда для всех  $n \geq 0$  имеем  $f_n \psi_{n+1} g_n \sim \psi_n$ . Взяв  $\bar{\psi}_0 = \psi_0$ , предположим, что для  $n \geq 0$  имеем отображения  $\bar{\psi}_i \in [\psi_i]$ ,  $0 \leq i \leq n$ , такие, что  $f_{i-1} \bar{\psi}_i g_{i-1} = \bar{\psi}_{i-1}$ ,  $1 \leq i \leq n$ . Так как  $f_n \psi_{n+1} g_n \sim \psi_n \sim \bar{\psi}_n$ , то существует гомотопия  $G_n: Y_n \times I \rightarrow X_n$  такая, что  $G_n(-, 0) = f_n \psi_{n+1} g_n(-)$ ,  $G_n(-, 1) = \bar{\psi}_n(-)$ .

Используя условия:  $f_n$  — расслоение, а  $g_n$  — корасслоение, можно построить такое отображение  $G_{n+1}: Y_{n+1} \times I \rightarrow X_{n+1}$ , что  $f_n G_{n+1} g_n \times 1_I = G_n$  и  $G_{n+1}(-, 0) = \psi_{n+1}$ . Пусть  $\bar{\psi}_{n+1}(-) = G_{n+1}(-, 1)$ , тогда  $f_n \bar{\psi}_{n+1} g_n = \bar{\psi}_n$ . Так как  $\text{Hom}(\lim_{\rightarrow} Y_n, \lim_{\leftarrow} X_n) = \lim_{\leftarrow} \text{Hom}(Y_n, X_n)$ , то отображения  $\bar{\psi}_n$  индуцируют такое отображение  $\bar{\psi} \in \text{Hom}(\lim_{\rightarrow} Y_n, \lim_{\leftarrow} X_n)$ , что  $\xi[\bar{\psi}] = \{[\psi_n]\}$ .

Обозначим через  $\text{Ker } \xi$  множество всех классов  $[\varphi] \in [\lim_{\rightarrow} Y_n, \lim_{\leftarrow} X_n]$ , для которых  $* \sim f_n^* \varphi g_n^*$  при всех  $n \geq 0$ , где  $*$ :  $Y_n \rightarrow X_n$  — постоянное отображение в отмеченную точку.

Определим отображение  $\rho: \text{Ker } \xi \rightarrow \lim_{\leftarrow} [Y_n, \Omega X_n]$  следующим образом. Пусть  $[\varphi] \in \text{Ker } \xi$ , тогда для каждого  $n \geq 0$  имеем гомотопию  $G_n: * \sim f_n^* \varphi g_n^*$ , такую, что  $f_n G_{n+1} g_n \times 1_I: * \sim f_n^* \varphi g_n^*$ .

Для каждого  $n \geq 0$  определим непрерывное отображение  $\omega_n: Y_n \rightarrow \Omega X_n$ , положив  $\omega_n(y)(t) = (G_n + f_n G_{n+1}^{-1} g_n \times 1_I)(y, t)$ . Сопоставляя элементу  $[\varphi]$  класс, содержащий  $\{[\omega_n]\}$ , получаем отображение  $\rho$ . Покажем, что так определенное отображение не зависит ни от выбора гомотопий  $G_n$ , ни от выбора представителя  $\varphi \in [\varphi]$ .

В самом деле, пусть  $\bar{G}_n: * \sim f_n^* \varphi g_n^*$  — другая гомотопия и  $\bar{\omega}_n: Y_n \rightarrow \Omega X_n$  — отображение, построенное соответствующим образом.

Из гомотопности

$$(\bar{G}_n + G_n^{-1}) + (G_n + f_n G_{n+1}^{-1} g_n \times 1_I) + f_n (\bar{G}_{n+1} + G_{n+1}^{-1})^{-1} g_n \times 1_I \sim \bar{G}_n + f_n \bar{G}_{n+1}^{-1} g_n \times 1_I \text{ следует, что } [\bar{\omega}_n] = [\sigma_n] [\omega_n] [\Omega f_n \sigma_{n+1}^{-1} g_n],$$

$$\text{где } \sigma_n: Y_n \rightarrow \Omega X_n, \sigma_n(y)(t) = (\bar{G}_n + G_n^{-1})(y, t)$$

т. е. отображение  $\rho$  не зависит от выбора  $G_n$ .

Пусть  $\varphi' \sim \varphi$  и  $G'_n: * \sim f_n^* \varphi' g_n^*$ , а  $\omega'_n: Y_n \rightarrow \Omega X_n$  — отображение, определенное соответствующим образом. Тогда гомотопия  $H: \varphi' \sim \varphi$  для каждого  $n \geq 0$  индуцирует гомотопию  $f_n^* H g_n^* \times 1_I: f_n^* \varphi' g_n^* \sim f_n^* \varphi g_n^*$ . Обозначив через  $H_n = f_n^* H g_n^* \times 1_I$ , определим сумму  $G'_n + H_n + G_n^{-1}$ .

Из гомотопности

$$(G'_n + H_n + G_n^{-1}) + (G_n + f_n G_{n+1}^{-1} g_n \times 1_I) + f_n (G'_{n+1} + H_{n+1} + G_{n+1}^{-1})^{-1} g_n \times 1_I \sim G'_n + f_n G_n^{-1} g_n \times 1_I \text{ следует, что } [\omega'_n] = [\tau_n] [\omega_n] [\Omega f_n \tau_{n+1}^{-1} g_n],$$

$$\text{где } \tau_n: Y_n \rightarrow \Omega X_n, \tau_n(y)(t) = (G'_n + H_n + G_n^{-1})(y, t),$$

т. е. отображение  $\rho$  не зависит от выбора  $\varphi \in [\varphi]$ .

Пусть  $\rho([\varphi]) = \rho(\{\varphi\})$ . Это значит, что существует такой элемент  $\{\{\sigma_n\}\} \in \Pi[Y_n, \Omega X_n]$ , что  $[\omega_n] = [\sigma_n][\omega_n][\Omega f_n \sigma_{n+1}^{-1} g_n]$ . Так как отображение  $\sigma_n: Y_n \rightarrow \Omega X_n$  определяет непрерывное отображение  $\tilde{\sigma}_n: Y_n \times I \rightarrow X_n$  равенством  $\tilde{\sigma}_n(y, t) = \sigma_n(y)(t)$ , то для каждого  $n \geq 0$  имеем

$$\overline{G}_n + f_n G_{n+1}^{-1} g_n \times 1_I \sim \tilde{\sigma}_n + (G_n + f_n G_{n+1}^{-1} g_n \times 1_I) + f_n \tilde{\sigma}_{n+1}^{-1} g_n \times 1_I. \quad (*)$$

Определим отображения  $F_n: Y_n \times I \rightarrow X_n$ , положив  $F_n = G_n^{-1} + \tilde{\sigma}_n^{-1} + \overline{G}_n$ . Докажем, что  $f_n F_{n+1} g_n \times 1_I \sim F_n$ . Действительно, из гомотопности (\*) следует, что

$$\tilde{\sigma}_n^{-1} + \overline{G}_n + f_n G_{n+1}^{-1} g_n \times 1_I \sim (G_n + f_n G_{n+1}^{-1} g_n \times 1_I) + f_n \tilde{\sigma}_{n+1}^{-1} g_n \times 1_I;$$

$$\tilde{\sigma}_n^{-1} + \overline{G}_n \sim G_n + f_n (G_{n+1}^{-1} + \tilde{\sigma}_{n+1}^{-1} + \overline{G}_{n+1}) g_n \times 1_I;$$

$$G_n^{-1} + \tilde{\sigma}_n^{-1} + \overline{G}_n \sim f_n (G_{n+1}^{-1} + \tilde{\sigma}_{n+1}^{-1} + \overline{G}_{n+1}) g_n \times 1_I \text{ ч. и т. д.}$$

Так как  $F_n: f_n^* \varphi g_n^* \sim f_n^* \overline{\varphi} g_n^*$ , то, опираясь на  $F_n$  и условия теоремы, по индукции можно определить  $F_n^*: f_n^* \varphi g_n^* \sim f_n^* \overline{\varphi} g_n^*$ , такие, что  $f_n F_{n+1}^* g_n \times 1_I = F_n^*$ , а следовательно, и  $F^*: \varphi \sim \overline{\varphi}$ . Таким образом,  $\rho$  есть взаимно-однозначное отображение.

То, что отображение  $\rho$  есть на, можно показать, следуя [2].

Следствие 1. Если для каждого  $n \geq 0$   $X_n = X$ , то получаем формулу Милнора [1].

Следствие 2. Если для каждого  $n \geq 0$   $Y_n = Y$ , то получаем формулу Коэна—Фогта [2, 3].

Следствие 3. Имеют место точные последовательности

$$\begin{aligned} * \rightarrow \lim_{\leftarrow}^{(1)} [Y_n, \Omega \lim_{\leftarrow} X_n] \rightarrow \lim_{\leftarrow}^{(1)} [Y_n, \Omega X_n] \rightarrow \lim_{\leftarrow} [Y_n, \lim_{\leftarrow} X_n] \rightarrow \\ \rightarrow \lim_{\leftarrow} [Y_n, X_n] \rightarrow * , \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} * \rightarrow \lim_{\leftarrow}^{(1)} [\lim_{\rightarrow} Y_n, \Omega X_n] \rightarrow \lim_{\leftarrow}^{(1)} [Y_n, \Omega X_n] \rightarrow \lim_{\leftarrow} [\lim_{\rightarrow} Y_n, X_n] \rightarrow \\ \rightarrow \lim_{\leftarrow} [Y_n, X_n] \rightarrow * . \end{aligned}$$

Следствие 4. Если задан обратный спектр  $\{\pi_i, \alpha_i\}$  абелевых групп  $\pi_i$ , в котором  $\alpha_i$  — эпиморфизмы, то предел обратного спектра  $\{K(\pi_i, n)\}$  является пространством  $K(\lim_{\leftarrow} \pi_i, n)$  и для сингулярных групп когомологии имеет место точная последовательность

$$0 \rightarrow \lim_{\leftarrow}^{(1)} H^{n-1}(X, \pi_i) \rightarrow H^n(X, \lim_{\leftarrow} \pi_i) \rightarrow \lim_{\leftarrow} H^n(X, \pi_i) \rightarrow 0.$$

ლ. მინარეშვილი

მილნორის და კოენ—ფოგტის ფორმულების განზოგადება

რეზიუმე

გამოყოფილი წერტილით ტოპოლოგიური სივრცეების კატეგორიაში (A) და (B) მიმდევრობებისათვის ადგილი აქვს (C) ზუსტ მიმდევრობას, რომელიც წარმოადგენს მილნორისა და კოენ—ფოგტის ფორმულების განზოგადებას.

MATHEMATICS

L. D. MDZINARISHVILI

A GENERALIZATION OF THE FORMULAE OF MILNOR AND COHEN-VOGT

Summary

In the category of topological spaces with base point for the sequences (A) and (B) the exact sequence (C), which generalizes the formulae of Milnor and Cohen-Vogt, is obtained.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. J. Milnor. Pac. J. Math., 12, № 1, 1962.
2. J. Cohen. Proc. Adv. Study Inst. Alg. Top., Aarhus, 1970.
3. R. M. Vogt. Proc. Adv. Study Inst. Alg. Top., Aarhus, 1970.





Г. В. КИОТИНА, И. А. ЧАХТАУРИ

БИАКСИАЛЬНО-ФЛАГОВОЕ ПРОСТРАНСТВО  
 ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО ТИПА

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 16.4.1976)

Устанавливается связь бифлаговой плоскости [1] с биаксиальным пространством гиперболического типа [2].

1. Абсолют и фундаментальная группа пространства  $B_3^2$ . Группа движений двойной бифлаговой плоскости изоморфна группе  $G$  вещественных матриц

$$\begin{pmatrix} A & O \\ O & B \end{pmatrix},$$

где  $A$  и  $B$  — неособенные треугольные матрицы второго порядка, а  $O$  — нулевая матрица.

Рассматривая группу  $G$  как группу проективных автоморфизмов пространства  $P_3$ , получаем, что относительно группы  $G$  в  $P_3$  инвариантен абсолют, состоящий из абсолюта биаксиального пространства гиперболического типа с осями

$$p_1^1: x^0 = x^1 = 0, \quad p_1^2: x^2 = x^3 = 0 \quad (1)$$

и особой прямой  $p: x^1 = x^3 = 0$ . Следовательно, группа  $G$  является пятичленной подгруппой фундаментальной группы биаксиального пространства гиперболического типа [3].

Учитывая, что  $p_1^i \cup p \equiv p_1^i$ ,  $p_1^i \cap p \equiv p_1^i$ ,  $i = 1, 2$ , получаем в  $P_3$  абсолют, состоящий из пар точек  $p_1^i$ , прямых  $p_1^i$  и плоскостей  $p_1^i$ . Такое проективное 3-пространство  $P_3$  с выделенным абсолютном ( $L_3^2$ ) назовем биаксиально-флаговым пространством гиперболического типа и будем обозначать  $B_3^2$ .

2. Метрические инварианты пространства  $B_3^2$ . В пространстве  $B_3^2$  относительно группы  $G$  инвариантно гиперболическое измерение расстояний между точками  $q_1^0, q_2^0$  и углов между плоскостями  $q_1^2, q_2^2$  и пересекающимися прямыми  $q_1^1, q_2^1$ , которое устанавливается формулами

$$\text{ch } \varphi = \frac{g_{ij}^m u^i v^j}{\sqrt{g_{ij}^m u^i u^j} \sqrt{g_{ij}^m v^i v^j}}, \quad m = 0, 1, 2; \quad i, j = 0, 1, \dots, m+1, \quad (2)$$

где  $g_{ij}^m$  — вырожденный тензор второго рода, ранга два, индекса один в пространстве  $q_{m+1} \equiv q_m \cup q_m$ , определяемый парой абсолютных точек 20. „მეცნიერება“, ტ. 83, № 2, 1976



$p_0^1, p_0^2$ , а  $u^i, v^j$  — координаты точек  $q_0^1, q_0^2$  и прямых  $q_1^1, q_1^2$  соответственно на прямой  $q_1$  и в плоскости  $q_2$ .

Из формул (2) следует, что плоскости, перпендикулярные к данной, проходят через общую точку, а прямые, перпендикулярные к данной прямой  $q$ , принадлежат линейной конгруэнции прямых с осями  $q_1, \bar{q}_1$ , где  $\bar{q}_1 q_1 \approx p_1^1 p_1^2$ .

Для двух скрещивающихся прямых  $q_1^1, q_1^2$  в  $B_3^2$  существуют две особые прямые  $\bar{q}_1^1, \bar{q}_1^2$ , пересекающие прямые  $q_1^1, q_1^2$  в двух парах точек. Инвариантами прямых  $q_1^1, q_1^2$  являются чегыре числа, выражающие расстояния между парами этих точек на прямых  $q_1^i$  и  $\bar{q}_1^i$ . Инвариантом точки  $Q$  и плоскости  $q_2$  является расстояние от точки  $Q$  до плоскости  $q_2$  по особой прямой, проходящей через точку  $Q$ . Расстояние от точки  $Q$  до прямой  $q_1$  по перпендикуляру является инвариантом точки  $Q$  и прямой  $q_1$ .

Рассмотрим в  $B_3^2$  квадрику

$$a_{ij} x^i x^j = 0, \quad i, j = 0, 1, 2, 3, \quad (3)$$

не касающуюся абсолютных прямых  $p_1^1, p_1^2, p_1$ , причем прямая  $p_1$  пересекает квадрику (3) в двух точках  $N_1, N_2$  и через нее проходят две касательные плоскости  $q_2^1, q_2^2$ , которым соответствуют две точки  $p_0^1, p_0^2$ . Можно показать, что инвариантами квадрики (3) являются числа

$$J_1 = (N_1 N_2 p_0^1 p_0^2), \quad J_2 = (q_1^1 q_2^1 p_2^1 p_2^2).$$

Если прямая  $p_1^1$  пересекает квадрику (3) в двух точках  $M_1^1, N_1^1$  и через нее проходят две касательные плоскости, то инвариантами квадрики (3) будут числа

$$J_3 = (M_1^1 N_1^1 Q_1^1 Q_2^1), \quad J_4 = (M_2^1 N_2^1 Q_1^2 Q_2^2),$$

где  $Q_i^j$  — точки пересечения прямой  $p_1$  с касательными плоскостями, проходящими через вторую абсолютную прямую. Можно доказать, что инварианты  $J_1, J_2, J_3, J_4$  являются независимыми инвариантами квадрики (3) в пространстве  $B_3^2$ .

3 Образы симметрии и косимметрии пространства  $B_3^2$ . Пространство  $B_3^2$  является однородным, а его абсолют двойствен себе; поэтому в нем можно выделить образы симметрии и косимметрии [4].

Образы симметрии пространства  $B_3^2$  можно выделить с помощью инволюционных движений. Учитывая, что квадрат инволюционного преобразования есть тождественное преобразование, можно доказать, что получатся следующие инволюционные преобразования группы  $G$ :

- 1) отражение от 0-пары  $(p_0^1, p_2)$ , где  $p_2 \ni p_2^2$ ;
- 2) отражение от 0-пары  $(p_0^2, q_2)$ , где  $q_2 \ni p_2^1$ ;
- 3) отражение от 0-пары  $(Q, p_2^1)$ , где  $M \in p_2^1$ ;
- 4) отражение от 0-пары  $(N, p_2^2)$ , где  $N \subset p_2^1$ ;

5) отражение от 0-пары  $(M, \bar{q}_2)$ , где  $M$  — произвольная точка пространства  $B_3^2$ , не принадлежащая абсолютным плоскостям  $q_2 \ni p_1$ , причем  $p_2^1 p_2^2 \approx q_2 q_1^1$ , где  $q_1^1 \equiv M \cup p_1$ ;



- 6) отражение от 1-пары  $(p_1^1, p_1^2)$ ;
- 7) отражение от 1-пары  $(p_1, q_1)$ , где  $q_1$  — особая прямая;
- 8) отражение от 1-пары  $(q_1^i, \bar{q}_1^i)$ , где  $p_0^i \in q_1^i \subset p_2^i$ ;
- 9) отражение от 1-пары  $(q_1^i, q_1^i)$ , где  $q_1^i \cap p_1 \equiv N_1$ ,  $q_1^i \cup p_1 \equiv p_2^i$ , причем  $N_1 N_2 \sim p_0^1 p_0^2$ ,  $q_1^1 q_2^2 \sim p_1^1 p_2^2$ .

Образами симметрии пространства  $B_3^2$  являются:

- 1) 0-пары  $(p_0^1, p_2)$ , где  $p_2 \ni p_1^2$ ;
- 2) 0-пары  $(p_0^2, q_2)$ , где  $q_2 \ni p_1^1$ ;
- 3) 0-пары  $(Q, p_2^1)$ , где  $Q \in p_2^1$ ;
- 4) 0-пары  $(N, p_2^2)$ , где  $N \subset p_1^1$ ;
- 5) 0-пары  $(M, q_2)$ , где  $M$  — произвольная точка пространства  $B_3^2$ , не принадлежащая абсолютным плоскостям  $q_2 \supset p_1$  и  $p_2^1 p_2^2 \sim q_2 q_2^1$ , где  $q_2^1 \equiv M \cup p_1$ ;
- 6) 1-пара  $(p_1^1, p_1^2)$ ;
- 7) 1-пара  $(p_1, q_1)$ , где  $q_1$  — особая прямая;
- 8) 1-пара  $(q_1^i, q_1^i)$ , где  $p_0^i \in q_1^i, p_2^i$ ;
- 9) 1-пара  $(q_1^i, q_1^i)$ , где  $q_1^i \cap p_1 \equiv N_i$ ,  $q_1^i \cup p_1 \equiv q_1^i$ , причем  $N_1 N_2 \sim p_0^1 p_0^2$ ,  $q_1^1 q_2^2 \sim p_2^1 p_2^2$ .

Таким образом, пространство  $B_3^2$  является симметрическим пространством, однако в нем нет отражений от произвольных плоскостей и прямых.

В пространстве  $B_3^2$  можно ввести кодвижения — корреляции, преобразующие расстояние между двумя точками в равный ему угол между соответственными плоскостями, а угол между плоскостями — в равное ему расстояние между соответственными точками.

Матрицы, выражающие тангенциальные координаты плоскостей через координаты точек в кодвижениях  $B_3^2$ , имеют вид

$$\begin{pmatrix} \bar{A} & B \\ O & \bar{B} \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} O & \bar{A} \\ \bar{B} & O \end{pmatrix},$$

где  $\bar{A}, \bar{B}$  — матрицы, транспонированные для матриц  $A$  и  $B$  в группе  $G$ .

Матрицы инволюционных кодвижений симметричны или косимметричны и поэтому являются поляритетами относительно квадратик вида

$$2ax^0x^1 + b(x^1)^2 + 2a_1x^2x^3 + b_1(x^3)^2 = 0, \tag{4}$$

$$2c_1x^0x^3 + 2c_2x^1x^2 + 2c_3x^1x^3 = 0 \tag{5}$$

или нуль-системами, линейные комплексы нуль-прямых которых имеют уравнения

$$ap^{01} + a_1p^{23} = 0, \tag{6}$$

$$c_1p^{03} + c_2p^{12} + c_3p^{13} = 0, \tag{7}$$

где  $p^{ij}$  — плюкеровы координаты прямых пространства  $B_3^2$ . Можно показать, что образами косимметрии пространства  $B_3^2$  являются квадратик (4) и (5), а также нуль-системы, определяемые комплексами (6) и (7).

ბ. კიოტინა, ი. ჩახტაური

ჰიპერბოლური ტიპის ბიასიალურ-ფლაგური სივრცე

რეზიუმე

განმარტებულია და შესწავლილია ჰიპერბოლური ტიპის ბიასიალურ-ფლაგური სივრცე. კერძოდ, მოძებნილია წრფივ ელემენტთა წყვილების მეტრული ინვარიანტები, კვადრიკის ინვარიანტები, სიმეტრიისა და კოსიმეტრიის სახეები.

MATHEMATICS

G. V. KIOTINA, I. A. CHAKHTAURI

BIAXIAL-FLAG SPACE OF HYPERBOLIC TYPE

Summary

Biaxial-flag space of hyperbolic type is defined and investigated. In particular, metric invariants of pairs of linear components, quadric invariants, images of symmetry and cosymmetry are found.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. В. Қиотина. Сб., «Геометрия и топология», вып. 1. Л., 1974, 69—74.
2. O. Mayer. Annales scientifiques de l'Université de Iassy, I Section, 27, 1941, 327—410.
3. Р. Н. Хабибуллина, А. П. Широков. Уч. зап. Казанского ун-та, 128, 3, 1968.
4. Б. А. Розенфельд. Неевклидовы геометрии. М., 1955.



М.-Б. А. БАБАЕВ

ПРИБЛИЖЕНИЕ ФУНКЦИЙ ТРЕХ ПЕРЕМЕННЫХ СУММАМИ  
 ФУНКЦИЙ ДВУХ ПЕРЕМЕННЫХ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Б. В. Хведелидзе 10.2.1976)

Насколько нам известно, наилучшая приближающая суперпозиция (сумма) функций меньшего числа переменных в пространстве  $S$  впервые была найдена в [1].

В настоящей заметке установлен метод нахождения наилучшей приближающей функции и значения наилучшего приближения при приближении функций многих переменных суммами функций, зависящих от некоторых групп переменных. Предложены формулы и найдены необходимые и достаточные условия для одновременного нахождения значения наилучшего приближения и наилучшей приближающей функции при приближении функций трех переменных суммами функций двух переменных.

1. Введем следующий класс функций многих переменных.

Пусть  $t = (t_1, t_2, \dots, t_m)$ , где

$$t_i = (x_{k_{i-1}+1}, x_{k_{i-1}+2}, \dots, x_{k_i}), \quad i = \overline{1, m}, \quad 0 = k_0 < k_1 < \dots < k_m = n,$$

представляет собой некоторое деление переменных  $t = (x_1, \dots, x_n)$  на  $m$  групп. Рассмотрим вещественную функцию

$$f = f(t) = f(x_1, \dots, x_n) = f(t_1, \dots, t_m),$$

определенную в параллелепипеде  $[a_1, b_1; \dots; a_n, b_n]$ , который будем обозначать через  $T_m = [c_1, d_1; \dots; c_m, d_m]$ , где

$$c_i = (a_{k_{i-1}+1}, \dots, a_{k_i}), \quad d_i = (b_{k_{i-1}+1}, \dots, b_{k_i}), \quad i = \overline{1, m}.$$

Собозначим через  $\Pi_{\overline{k_1, m}} = \Pi_{\overline{k_1, m}}(T_m) = \Pi_{\overline{k_1}, \dots, \overline{k_m}}(T_m)$  класс функций  $f$ , для произвольных  $x_r'' \geq x_r'$ ,  $r = \overline{1, n}$ , удовлетворяющих условию

$$L_m(f, Q) = \sum_{j=1}^{2^m} (-1)^{\delta_j} f(Q_j) \geq 0,$$

где  $Q_j$  всевозможные „вершины“ параллелепипеда  $Q = [t_1', t_1''; \dots; t_m', t_m''] \subset T_m$ ,  $\delta_j$  — количество  $t_i'$ ,  $i = \overline{1, m}$ , являющихся координатами точки  $Q_j$ . При  $m=2$  класс  $\Pi_{\overline{k_1, m}}$  превращается в ранее введенный класс  $\Pi_{k, q}$  (см. [2]).



Обозначим наилучшее равномерное приближение функции  $f$  сум-

мами функций от  $m-1$  групп переменных  $\sum_{\nu=1}^m \varphi_{\nu}$ ,  $\varphi_{\nu} = \varphi_{\nu}(t_1, \dots, t_{\nu-1}, t_{\nu+1}, \dots, t_m)$  через

$$E \left[ f, \sum_1^m \varphi_{\nu} \right] = \inf_{\sum_1^m \varphi_{\nu}} \sup_{P \in T_m} \left| \left[ f - \sum_{\nu=1}^m \varphi_{\nu} \right] (P) \right|,$$

где нижняя грань берется по классу всех конечных вещественных функ-

ций вида  $\sum_1^m \varphi_{\nu}$ . Функция  $\sum_1^m \varphi_{\nu}^0$ , для которой достигается эта нижняя

грань, называется наилучшей приближающей функцией. Определим функ-

цию  $G = L_m(f, K_m)$ , где  $K_m = [c_1, t_1; \dots; c_m, t_m]$ , и составим систему урав-

$$G(d_1, \dots, t_{i_1}, \dots, t_{i_q}, \dots, d_m) = \frac{1}{2^q} G(d_1, \dots, d_m), \quad (1)$$

Приведем способ нахождения значения наилучшего приближения и наилучшей приближающей функции в рассматриваемом приближении.

**Теорема 1.** Пусть  $f \in \Pi_{\bar{k}_1, \bar{m}}(T_m)$  и система (1) имеет решение  $(t_1, \dots, t_m) = (\bar{t}_1, \dots, \bar{t}_m)$ . Тогда значение наилучшего приближения вычисляется по формуле

$$E \left[ f, \sum_1^m \varphi_{\nu} \right] = \frac{1}{2^m} L_m(f, T_m),$$

а функция

$$f - L_m(f, D), \text{ где } D = [\bar{t}_1, t_1; \dots; \bar{t}_m, t_m],$$

является наилучшей приближающей функцией вида  $\sum_1^m \varphi_{\nu}$  в рассматриваемом приближении.

В случае  $n=m=2$  из первого утверждения теоремы 1 следует соответствующий результат (теорема 1) из [2], а из второго утверждения — один результат (теорема 2) из [3].

2. Рассматривая случай  $n=m=3$ , когда  $T_m=T$  есть единичный куб, получаем класс  $\Pi_{1,1,1} = \Pi_{1,1,1}(T)$  функций  $f=f(x, y, z)$ , удовлетворяющих условию

$$L(f, Q) = \sum_{j=1}^8 (-1)^{\delta_j} f(P_j) \geq 0,$$

для произвольного параллелепипеда

$$Q = [x', x''; y', y''; z', z''] \subset [0,1; 0,1; 0,1] = T,$$

где  $P_j$ —всевозможные вершины  $Q$ , а  $\delta_j$ —количество  $x', y'$  и  $z'$ , являющихся координатами точки  $P_j$ .

Всякая функция  $f=f(x, y, z)$ , смешанное производное  $f_{xyz}$  которой суммируемо и неотрицательно, принадлежит классу  $\Pi_{1,1,1}(T)$ .

Рассмотрим наилучшее равномерное приближение функции  $f$  суммами функций двух переменных

$$E_f = \inf_{\varphi+\psi+\chi} \sup_{P \in T} |[f - \varphi - \psi - \chi](P)|,$$

где нижняя грань распространена на все конечные вещественные функции вида  $\varphi + \psi + \chi = \varphi(x, y) + \psi(x, z) + \chi(y, z)$ . Введем функцию  $g = g(x, y, z) = L(f, R)$ , где  $R = [0, x; 0, y; 0, z]$ . В этом случае система уравнений (1) будет иметь вид

$$g(x, y, z) = \frac{1}{8} g(1, 1, 1),$$

$$g(1, y, z) = g(x, 1, z) = g(x, y, 1) = \frac{1}{4} g(1, 1, 1), \quad (2)$$

$$g(1, 1, z) = g(1, y, 1) = g(x, 1, 1) = \frac{1}{2} g(1, 1, 1).$$

*Теорема 2. Пусть система (2) имеет решение  $(x, y, z) = (\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$ . Тогда значение наилучшего приближения функции  $f$  из класса  $\Pi_{1,1,1}(T)$  суммами вида  $\varphi + \psi + \chi$  вычисляется по формуле*

$$E_f = \frac{1}{8} \sum_{j=1}^8 (-1)^{s_j} f(P_j), \quad (3)$$

*а наилучшей приближающей функцией является сумма*

$$\begin{aligned} & f(x, y, \bar{z}) + f(x, \bar{y}, z) + f(\bar{x}, y, z) - \\ & - f(x, \bar{y}, \bar{z}) - f(\bar{x}, y, \bar{z}) - f(\bar{x}, \bar{y}, z) + f(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}). \end{aligned} \quad (4)$$

*Наоборот, если значение наилучшего приближения функции  $f \in \Pi_{1,1,1}(T)$  суммами вида  $\varphi + \psi + \chi$  вычисляется по формуле (3), а наилучшей приближающей функцией является функция (4), то  $(x, y, z) = (\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$  является решением системы уравнений (2). Здесь  $P_j$ —вершины единичного куба  $T$ , а  $s_j$ —количество нулей, являющихся координатами точки  $P_j$ .*

Рассмотрим вещественные функции  $f_1(x)$ ,  $f_2(y)$  и  $f_3(z)$ , для которых уравнения

$$f_1(x) = \frac{1}{2} f_1(1), \quad f_2(y) = \frac{1}{2} f_2(1), \quad f_3(z) = \frac{1}{2} f_3(z) \quad (5)$$

имеют соответственно решения  $x = \bar{x}$ ,  $y = \bar{y}$ ,  $z = \bar{z}$  на единичном отрезке.



Следствие. Пусть  $\Phi(x, y, z)$ —некоторая конечная функция и

$$f = xyz [\Phi(x, y, z) + f_1(x) f_2(y) f_3(z)] \in \Pi_{1,1,1}(T). \quad (5)$$

Если система уравнений (5) имеет решение  $(x, y, z) = (\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$ , то значение наилучшего приближения функции  $f$  суммами вида  $\varphi + \psi + \kappa$  равно  $E_f = \frac{1}{8} L(f, T)$ , а наилучшей приближающей функцией в этом приближении является функция  $f - L(f, D)$ , где  $D = [\bar{x}, x; \bar{y}, y; \bar{z}, z]$ .

Академия наук Азербайджанской ССР

Институт математики и механики

(Поступило 18.3.1976)

МАТЕМАТИКА

М.-Б. БАБАЕВ

სამი ცვლადის ფუნქციების მიხლოება ორი ცვლადის  
ფუნქციათა ჯამებით

რეზიუმე

გამოკვლეულია მრავალი ცვლადის ფუნქციების თანბარი მიხლოება ფუნქციათა ჯამებით, რომლებიც დამოკიდებულია ცვლადთა გარკვეულ ჯგუფზე. დადგენილია ფორმულები და აუცილებელი და საკმარისი პირობა სამი ცვლადის ფუნქციის ორი ცვლადის ფუნქციათა ჯამებით საუკეთესო მიხლოების განმარტოვებელი ფუნქციისა და საუკეთესო მიხლოების მნიშვნელობის ერთდროული განსაზღვრისათვის.

MATHEMATICS

M.-B. A. BABAYEV

## APPROXIMATION OF FUNCTIONS OF THREE VARIABLES BY SUMS OF FUNCTIONS OF TWO VARIABLES

### Summary

The best approximation of functions of many variables by sums of functions of fewer variables is investigated. A method for determining the best approximating function and the value of the best approximation is presented. In the case of approximating three-variable functions by the sums of two variable functions, formulae and necessary and sufficient conditions for finding the best approximation value and the best approximating function are given.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. М.-Б. А. Бабаев. ДАН СССР, 193, № 5, 1970.
2. М.-Б. А. Бабаев. Матем. заметки, 12, вып. 1, 1972.
3. И. И. Ибрагимов, М.-Б. А. Бабаев. ДАН СССР, 194, № 4, 1971.



Л. Г. ЧИТАШВИЛИ

## ОБ ОДНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

(Представлено академиком И. Н. Векуа 19.5.1976)

Одной из трудных проблем при разработке оптимизационных народнохозяйственных эконометрических моделей является формирование целевой функции общественного потребления как основы для выработки рациональных принципов выбора наиболее эффективной структуры продукции потребительского назначения.

Основным источником информации о структуре целевой функции являются эмпирические данные, отражающие процесс спроса и потребления населением продукции II подразделения общественного производства. Хорошо известно при этом, что вся продукция производства предметов потребления делится на две группы: предметы кратковременного и предметы длительного пользования. Продукция кратковременного пользования потребляется в целом в том же году, в каком произведена, и объемы годового производства соответствуют объемам потребления. Потребление предметов длительного пользования происходит в течение нескольких лет и поэтому, как правило, объемы годового потребления превышают объемы производства.

Таким образом, для расчета необходимых ежегодных поступлений предметов длительного пользования необходимо учитывать: 1) потребность в увеличении их количества, находящегося в потреблении, т. е. потребность увеличения соответствующих запасов, и 2) потребность в замене ранее накопленных и устаревших (в морально-психологическом или материальном смысле) предметов.

Сказанное во многом объясняет тот все возрастающий интерес, который проявляется в экономической кибернетике к анализу динамических моделей спроса и потребления предметов длительного пользования.

Однако большая часть исследований касается моделей спроса и потребления одного изолированного предмета, тогда как при наличии в продаже нескольких предметов проведение анализа отдельно для каждого из них может не привести к удовлетворительным прогнозам совокупного спроса на них, так как в большинстве случаев отношение покупателя к приобретению того или иного товара может сильно зависеть от аналогичного отношения его к покупке другого. Иначе говоря, между многими товарами может существовать некоторое отношение частичной взаимозаменяемости, обусловленное материальными или социально-психологическими факторами. Более того, даже при анализе процесса спроса на предметы одного вида приходится учитывать, что соответствующие данные о продаже представляют собой суммарный процесс продаж многих взаимозаменяемых предметов (разные марки одного вида товара).

В данной статье мы рассматриваем многомерную линейную динамическую модель, являющуюся обобщением известной одномерной мо-



дели Стоуна—Роува [1] на случай многомерных предметов длительного пользования. Для удобства приведем модель с непрерывным временем.

Введем следующие обозначения:  $S$  — уровень насыщения запасов;  $m$  — число предметов;  $T_1, T_2, \dots, T_m$  — наименования предметов;  $S_i^{j, \dots, k}$  — запасы или число индивидов (семьей), обладающих предметами  $T_{i_1}, \dots, T_{i_k}$  к  $t$ -му моменту;  $\lambda_{i_1, \dots, i_k}^j$  — интенсивность (вероятность за единицу времени) покупки предмета  $T_j$  индивидом, обладающим предметами  $T_{i_1}, \dots, T_{i_k}$ ;  $\mu_i$  — интенсивность износа предмета  $T_j$ ;  $\beta_{ij}$  — вероятность покупки предмета  $T_j$  индивидом, лишившимся предмета  $T_i$ ;  $V_i^j$  — объем первичных покупок в единицу времени предмета  $T_j$ ;  $U_i^j$  — объем покупок в единицу времени предмета  $T_j$  с целью замены устаревшего;  $q_i^j = V_i^j + U_i^j$  — объем всех покупок предмета  $T_j$ ;  $S_t = \sum_j S_t^j + \sum_{ij} S_t^{ij}$  — запасы всех предметов.

Будем пользоваться также обозначением  $\lambda_{i_1, \dots, i_k} = \sum_j \lambda_{i_1, \dots, i_k}^j$

для интенсивности покупок какого-либо предмета индивидом, обладающим предметами  $T_{i_1}, \dots, T_{i_k}$ . Ясно, что  $\lambda_{i_1, \dots, i_k}^j = 0$ , если  $j$  совпадает с каким-нибудь из индексов  $i_1, \dots, i_k$ .

Уравнения модели имеют следующий вид:

$$\dot{S}_t = \lambda_0(\bar{S} - S_t), \quad \dot{S}_t^j = \lambda_0 = (\bar{S} - S_t) + \sum_i S_t^i \mu_i \beta_{ij} - \lambda_j S_t^j, \dots,$$

$$\begin{aligned} \dot{S}_{i_1, \dots, i_k}^{j, \dots, l} = & \sum_{l=1}^k S_{i_1, \dots, (i_j), \dots, i_k}^{j, \dots, l} \lambda_{i_1, \dots, (i_j), \dots, i_k}^{j, \dots, l} + \sum_{l=1}^k \sum_i S_{i_1, \dots, (i_j), \dots, i_k}^{j, \dots, l} \cdot i \times \\ & \times \mu_i \beta_{i, i_j} - \lambda_{i_1, \dots, i_k} S_{i_1, \dots, i_k}^{j, \dots, l}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_i^j = & \lambda_0^j (\bar{S} - S_t) + \sum_i S_t^i \mu_i \beta_{ij} + \dots + \sum_{i_1, \dots, i_k} \lambda_{i_1, \dots, i_k}^j S_{i_1, \dots, i_k}^{j, \dots, k} + \sum_{i_1, \dots, i_k} \sum_{e=1}^k \mu_{i_e} \cdot \\ & \cdot S_{i_1, \dots, i_k}^{j, \dots, k} \beta_{i_e, j} + \dots, \end{aligned} \quad (1)$$

$$U_i^j = \mu_j \left[ S_t^j + \sum_i S_t^{ij} + \dots + \sum_{i_1, \dots, i_k} S_{i_1, \dots, i_k}^{j, \dots, k} + \dots \right].$$

Здесь обозначения  $(i_1, \dots, (i_j), \dots, i_k)$  применяются для множества индексов, которое отличается от  $(i_1, \dots, i_k)$  тем, что в нем не хватает лишь индекса  $(i_j)$ , а в  $(i_1, \dots, (i_j), \dots, i_k, i)$  индекс  $i_j$  заменен индексом  $i$ .

Представляют интерес два крайних случая: 1) полной невзаимозаменяемости предметов, т. е.  $\beta_{jj} = 1$ , и 2) полной взаимозаменяемости, т. е. когда ненулевыми могут быть лишь интенсивности покупок  $\lambda_i^j$ .

В первом случае решение системы (1) можно представить в виде

$$S_{i_1, \dots, i_k}^j = \sum C_{i_1, \dots, i_k}^{j_1, \dots, j_e} \exp(-\lambda_{j_1, \dots, j_e} t), \quad (2)$$

где сумма берется по всем подмножествам индексов  $j, \dots, j_e$ , из множества  $i_1, \dots, i_k$ . По индукции можно показать справедливость следующей рекуррентной формулы для коэффициентов  $C_{i_1, \dots, i_k}^{j_1, \dots, j_e}$ :

$$C_{i_1, \dots, i_k}^{j_1, \dots, j_e} = \sum_j C_{i_1, \dots, i_k}^{j_1, \dots, j_e, j} \lambda_{j_1, \dots, j_e, j} \cdot \frac{1}{\lambda_{j_1, \dots, j_e} \dots \lambda_{j_1, \dots, j_e}}. \quad (3)$$

Формула (3) дает возможность шаг за шагом вычислить коэффициенты в выражении (2) с условием  $C_0^0 = \bar{S}$ , а функции  $V_t^j$ ,  $U_t^j$ ,  $q_t^j$  вычисляются непосредственно по формулам (1). Для справедливости этих формул необходимо, чтобы интенсивности  $\lambda_{i_1, \dots, i_k}$  отличались от интенсивностей  $\lambda_{j_1, \dots, j_e}$ , где  $(j_1, \dots, j_e)$  есть подмножество  $i_1, \dots, i_k$ , что выглядит довольно естественно.

Частным случае модели (1) является подробно изученная Пьятом [2] модель первичных покупок, когда на склонность индивида к покупке очередного предмета влияет только количество уже купленных предметов, т. е. интенсивность  $\lambda_{i_1, \dots, i_k}^j$  зависит лишь от количества  $k$ . В случае полной взаимозаменяемости предметов отличными от нуля будут лишь функции  $S_t^j$ ,  $j = \overline{1, m}$ . Если при этом дополнительно представим предметы упорядоченными по некоторому признаку качества:  $T_1$  „лучше“  $T_2$ ,  $T_2$  „лучше“  $T_3, \dots$  и предположим точное последовательное чередование (по списку) покупок, т. е.  $\lambda_0^2 = \lambda_0^3 = \dots = 0$ ,  $\beta_j, j+1 = 1$ , то в качестве решения (1) получим

$$S_t^j = \bar{S} \prod_{i=0}^{j-1} \mu_i \sum_{i=0}^j (\exp - \mu_i t) (-1)^i \left( \prod_{k=i+1}^j (\mu_k - \mu_i) \prod_{k=0}^{i-1} (\mu_i - \mu_k) \right)^{-1}.$$

Суммарный объем покупок  $q_t = \sum_{j=1}^m q_t^j = \lambda_0 (\bar{S} - S) + \sum_{j=1}^m \mu_j S^j$  в этом

случае будет зависеть от относительных значений последовательности  $\mu_j$ , которые можно интерпретировать как уровень стимулирования предметом более высокой марки  $T_j$  индивида, владеющего предметом  $T_{j-1}$ , к покупке нового предмета. В частности, нетрудно получить для первых двух производных  $\dot{q}_t$ :  $q_t = \lambda_0 (\mu_1 - \lambda_0) (\bar{S} - S) + \mu_1 (\mu_2 - \mu_1) S^1 + \dots + \mu_{m-1} \times (\mu_m - \mu_{m-1}) S^{m-1}$ ,  $\ddot{q}_t = \lambda_0 (\mu_1 (\mu_2 - \mu_1) - \lambda_0 (\mu_1 - \lambda_0)) (\bar{S} - S) + \mu_1 (\mu_2 (\mu_3 - \mu_2) - \mu_1 (\mu_2 - \mu_1)) S^1 + \dots$ , из чего следует, что спады значений  $q_t$  соответствуют понижением стимулирующего влияния, т. е.  $\mu_i (\mu_{i+1} - \mu_i) < 0$  при

некоторых  $i$ , тогда как при условии  $(\mu_{i+1} - \mu_i) > 0$  понижения скорости  $q_i$  (появление перегибов на кривой  $q_i$ ) соответствуют понижению прироста стимулирующего влияния, т. е. появлению  $\mu_j (\mu_{j+1} - \mu_j) < \mu_{j-1} (\mu_j - \mu_{j-1})$ .

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт экономики и права

(Поступило 20.5.1976)

კიბერნეტიკა

ლ. ჩიტაშვილი

ერთი დინამიკური ეკონომეტრიკული მოდელის შესახებ

რეზიუმე

განხილულია მრავალგანზომილებიანი წრფივი დინამიკური მოდელი, რომელიც წარმოადგენს სტოუნ—როუვის [1] ხანგრძლივი მოხმარების საგნებზე მოთხოვნილების ცნობილი ერთგანზომილებიანი მოდელის განზოგადებას. მოყვანილია მოდელის ამოხსნები ზოგად შემთხვევაში, აგრეთვე იმ შემთხვევებისათვის, როდესაც საგნები ურთიერთშემცვლელნი ან არაურთიერთშემცვლელნი არიან.

CYBERNETICS

L. G. CHITASHVILI

## ON A DYNAMIC ECONOMETRIC MODEL

### Summary

A multidimensional linear dynamic model is considered, which generalizes the well-known Stone-Rowe one-dimensional model for demand for durable goods. The solutions of the model for the general case and for those of interchangeable and non-interchangeable goods are presented.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. I. R. Stone, D. A. Rowe. *Econometrica*, 25, № 3. 1957.
2. F. G. Pyatt. *Priority Patterns and the Demand for Household Durable Goods*. Cambridge University Press, 1964.

Н. Д. НАНОБАШВИЛИ

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ОПТИМАЛЬНОСТИ  
ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ЧЕТЫРЕХБУКВЕННЫМ  
АЛФАВИТОМ ПРИ ПЕРЕСТАНОВОЧНОЙ СХЕМЕ ЗАПИСИ  
И СЖАТИЯ ДИСКРЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ

(Представлено академиком В. В. Чавчанидзе 5.5.1976)

В основе данной работы лежит работа [1], в которой была показана возможность получения максимального значения коэффициента сжатия информации  $K_c$  при представлении в числовых системах [2, 3] кодовых последовательностей из четырехбуквенного алфавита  $A(4)$ .

В отличие от [1], здесь мы рассматриваем задачу выбора и уточнения оптимальности кодовых последовательностей из четырехбуквенного алфавита  $A(4)$  для тех случаев, когда

А) количество  $m$  букв в кодовых векторах-фрагментах определяется соотношением  $1 < m \leq 4$ ,

В) код является вырожденным.

В статье приняты следующие обозначения и понятия:  $n$  — число букв в алфавите  $A(n)$ ;  $V_{mn}$  — кодовый вектор-фрагмент в  $n$ -буквенном алфавите, состоящий из  $m$  букв;  $l_{k=2}(V_{mn})$  — длина вектора-фрагмента в битах,  $k$  — модуль;  $R(V_{mn})_p$  — кодовая последовательность из  $p$  совокупностей фрагментов,  $p > 2$ .

Определение 1. Количество неэквивалентных состояний вектора  $V_{mn}$ , соответствующее числу битов, записанных в  $V_{mn}$ -перестановочной схемой, называется информационной емкостью  $M(V_{mn})$  вектора  $V_{mn}$  в алфавите  $A(n)$ .

С целью определения границ реализуемости основного условия сжатия информации

$$l_{k=2}(V_{mn}) < M(V_{mn})$$

при соблюдении (А) и (В) введем следующее значение информационной емкости:

$$M(V_{mn}) = n! - an, \quad a = 0, 1, 2, m = n - a$$

для которой принятое в работе [1] значение  $M(V_{mn}) = n!$  можно считать лишь частным случаем.

*Теорема 1.* Если информационная емкость  $M(V_{mn})$  вектора-фрагмента  $V_{mn}$  определяется как

$$M(V_{mn}) = n! - an,$$

то минимальное количество  $n$  букв в алфавите  $A(n)$ , при котором условие сжатия

$$l_{k=2}(V_{mn}) < M(V_{mn})$$

является реализуемым, равно  $n = n_{\min} = 4$ .



Доказательство данной теоремы сводится к решению неравенства  $l_{h=2}(V_{mn}) < M(V_{mn})$ . Представим его в развернутом виде:

$$m(\lg_2[n] + c) < n! - an,$$

что, в свою очередь, приводится к виду

$$\begin{aligned} m(\lg_2[n] + 1) &< n! - an, \quad n \neq 2^h, \quad n \neq 0, \\ m(\lg_2[n]) &< n! - an, \quad n = 2^h, \quad k = 1, 2, 3, \dots \end{aligned} \quad (1)$$

Для  $a=0, 1, 2$  в целых неотрицательных числах неравенство (1) имеет смысл, когда

$$3 < n < \infty,$$

чему соответствует минимальное значение  $n$ :

$$n = n_{\min} = 4.$$

Следствие 1. Когда  $a=0$ , кодовая последовательность  $R(V_{mn})_p$  состоит из четырехбуквенных векторов-фрагментов  $V_{44}$  в алфавите  $A(4) \rightarrow (a_3, a_2, a_1, a_0) \rightarrow (3, 2, 1, 0) \bmod 4$ . Информационная емкость фрагмента  $V_{44}$  равна  $M(V_{44}) = n! = 24$ . Условие сжатия реализуемо:

$$l_{h=2}(V_{44}) = 8 < M(V_{44}) = 24.$$

При трехбуквенном алфавите  $A(3) \rightarrow (a_2, a_1, a_0) \rightarrow (2, 1, 0) \bmod 3$  сжатие не реализуется, так как  $l_{h=2}(V_{43}) = 8 > M(V_{43}) = 6$ .

Следствие 2. При  $a=1$  последовательность  $R(V_{mn})_p$  состоит из трехбуквенных векторов-фрагментов  $V_{34}$  в алфавите  $A(4)$ . Информационная емкость  $M(V_{34}) = 20$ , что означает, что исходный вектор  $V_{34}$  может принять максимум 20 неэквивалентных состояний, соответствующих 20 битам информации, записанным в  $V_{34}$ . Условие сжатия реализуемо, так как  $l_{h=2}(V_{34}) = 6 < M(V_{34}) = 20$ . В трехбуквенном алфавите сжатие нереализуемо:  $l_{h=2}(V_{33}) = 6 > M(V_{33}) = 3$ .

Следствие 3. При  $a=2$   $R(V_{mn})_p$  состоит из двухбуквенных ( $m=2$ ) фрагментов  $V_{24}$ , информационная емкость  $M(V_{24}) = 16$ , условие сжатия реализуемо:  $l_{h=2}(V_{24}) = 4 < M(V_{24}) = 16$ . При трехбуквенном алфавите  $A(3)$  сжатие нереализуемо, поскольку  $l_{h=2}(V_{23}) = 4 > M(V_{23}) = 0$ .

Следствия, вытекающие из теоремы 1, позволяют оценить потенциальные возможности перестановочной схемы сжатия информации, заключающегося в возможности записи в каждом фрагменте  $V_{mn}$ , по сравнению с его длиной  $l_{h=2}(V_{mn})$ , дополнительного количества информации, равной

$$\Delta M(V_{mn}) = M(V_{mn}) - l_{h=2}(V_{mn}) = n! - an - m \lg_2[n].$$

Однако вопросы однозначного декодирования, требующие введения предварительной избыточности при реализации записи и сжатия информации перестановочной схемой, накладывают дополнительные ограничения с точки зрения вырожденности на выбор структуры кодовых фрагментов. С целью определения специфики ограничений на выбор

структуры  $V_{mn}$  введем понятие двух множеств  $B$  и  $\bar{V}_{mn}$ :  $B = \{B_1, B_2, \dots, B_i, \dots, B_N\}$  — множество двоичных векторов фиксированной длины  $n_1$ ,  $n_1 \leq M(V_{mn}) - l_{h=2}(V_{mn})$  и  $\bar{V}_{mn} = \{\bar{v}_1, \bar{v}_2, \dots, \bar{v}_i, \dots, \bar{v}_N\}$  — множество, в котором каждый элемент  $\bar{v}_i \in \bar{V}_{mn}$  есть подмножество совокупностей из фрагментов  $V_{mn} = V_{mn}^i$ , где  $i = 1, 2, 3, \dots, n^m, \frac{n^m}{N} > 1$ .



Определение 2. Элементы множества  $B$  являются вырожденными в алфавите  $A(n)$ , если определен закон однозначного отображения множества  $B$  на множество  $\bar{V}_{mn}$  с помощью регулярных операторов преобразования кодовых последовательностей из алфавита  $A(2)$  в алфавит  $A(n)$ .

Понятие вырожденности, являющееся необходимым условием сжатия и однозначного декодирования, определяет также причину необходимого сужения информационной емкости до величины  $M(V_{mn}) = n! - an$ , при которой среднее значение коэффициента вырожденности  $k_B$  будет определяться соотношением

$$k_B = \frac{n^m}{n! - an}.$$

**Теорема 2.** Если представленная в четырехбуквенном алфавите  $A(4)$  кодовая последовательность  $R(V_{mn})_p$  является вырожденной, то максимальным значением коэффициентов сжатия  $k_c$  будут обладать такие кодовые комбинации, когда в  $R(V_{mn})_p$  каждый вектор-фрагмент будет представлен в виде  $V_{mn} = V_{34}$ , т. е. когда код является триплетным.

Поскольку количество букв в алфавите  $A(4)$  и фрагменте ( $1 < m \leq 4$ ) является фиксированным, доказательство теоремы можно представить непосредственно в числовых результатах. В связи с этим рассмотрим три случая.

1.  $m=2, V_{mn} = V_{24}$ , т. е. векторы-фрагменты состоят из двух букв. Согласно теореме 1, тогда  $a=2, M(V_{mn})=16$ , среднее значение коэффициента вырожденности

$$k_B = \frac{n^m}{n! - an} = \frac{4^2}{4! - 2 \cdot 4} = 1.$$

Поскольку  $k_B \not> 1$ , дуплетный код ( $m=2$ ) не вырожден и, следовательно, после сжатия однозначное декодирование записанной информации является нереализуемым. В связи с этим дуплетный код выпадает из сферы рассмотрения поставленной в данной работе задачи.

2.  $m=3, V_{mn} = V_{34}$ , т. е. фрагменты кодовой последовательности  $R(V_{mn})_p$  образованы из трех букв. Тогда  $a=1, M(V_{mn})=20$ , коэффициент вырожденности  $k_B > 1$ , поскольку

$$k_B = \frac{n^m}{n! - an} = \frac{4^3}{4! - 4} \cong 3,$$

Коэффициент сжатия информации

$$k_c = \frac{n! - an}{l_{k=2}(V_{mn})} = \frac{4! - 4}{6} \cong 3,3.$$

3.  $m=4, V_{mn} = V_{44}$ , т. е. кодовая последовательность образована из четырехбуквенных фрагментов. Тогда  $a=0, M(V_{mn})=24$ , коэффициент вырожденности

$$k_B = \frac{n^m}{n! - an} = \frac{4^4}{4! - 0 \cdot 4} \cong 10,$$

коэффициент сжатия информации

$$k_c = \frac{n! - an}{l_{k=2}(V_{mn})} = 3.$$

Теорема доказана.

Следствие. Согласно доказательству теоремы,  $k_c(V_{34}) = 3,3 > k_c(V_{44}) = 3$ . Следовательно, при перестановочной схеме записи и сжатия информации кодовая последовательность  $R(V_{mn})_p$  в четырехбуквенном алфавите  $A(4)$  характеризуется наибольшим значением коэффициента сжатия  $k_c$ , когда каждый вектор-фрагмент  $V_{mn}$  в  $R(V_{mn})_p$  состоит из трех букв ( $m=3$ ), т. е. когда код является триплетным.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 7.5.1976)

კომპიუტერული

#### 6. ნანობაშვილი

ინფორმაციის ოთხნიშნა ალფაბიტში წარმოდგენის  
 ოპტიმალური სქემის ზომიერითი საკითხი ინფორმაციის ჩაწერისა  
 და შეკუმშვის გადასაცვლებითი სქემის შემთხვევაში

რეზიუმე

განხილულა ინფორმაციის შეკუმშვის მაქსიმალური კოეფიციენტის მიღების შესაძლებლობა ინფორმაციის ოთხნიშნა სისტემაში.

CYBERNETICS

N. D. NANOBASHVILI

### SOME QUESTIONS OF OPTIMAL PRESENTATION OF INFORMATION BY A FOUR-LETTER ALPHABET USING A TRANSPOSITION SCHEME OF RECORDING AND DATA COMPRESSION

#### Summary

The feasibility of obtaining the maximum coefficient of data compression by coding the information with a four-letter alphabet is shown. Recording and data compression is realized by using a transposition scheme of coding. It is shown that when the code is degenerate a four-letter coded sequence has a maximum coefficient of data compression when each coded word consists of three letters.

#### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. Д. Нанобашвили. Сообщения АН СССР, 71, № 1, 1973.
2. В. Магнус и др. Комбинаторная теория групп. М., 1974.
3. С. Феллерман. Числовые системы. М., 1972.





Р. П. МЕГРЕЛИШВИЛИ, ФАМ ХОНГ ТХАИ

КЛАСС  $(n, k)$ -КОДОВ, ИСПРАВЛЯЮЩИХ ДВОЙНЫЕ ПАКЕТЫ ОШИБОК

(Представлено академиком В. В. Чавчанидзе 16.2.1976)

В работе [1] был рассмотрен эффективный класс  $(n, k)$ -кодов, исправляющих одиночные пакеты ошибок.

Настоящая работа является продолжением работы [1]. В ней описан новый класс линейных  $(n, k)$ -кодов, исправляющих двойные пакеты ошибок. Параметры кодов:  $n = l(m^2 + 4m) + [\log_2 m] + 1$  ( $[\log_2 m]$  — целая часть  $x$ ),  $k = lm^2$ , длина пакета  $b = m(l - 1) + 1$ , где  $l > 1$  — целое,  $m \geq 5$  — простое число, для которого многочлен  $\phi_m(x) = \sum_{i=0}^{m-1} x^i$  неприводим над

полем  $GF(2)$  (на пакеты ошибок налагается несущественное ограничение, заключающееся в том, что для фиксированного  $v = 1, 2, \dots, l(m + 4)$  не все компоненты  $\epsilon_{(v-1)m}, \epsilon_{(v-1)m+1}, \dots, \epsilon_{vm-1}$  вектора ошибок  $\epsilon$  могут быть одновременно отличны от нуля, т. е. рассматриваемыми кодами не исправляются сплошные фазированные пакеты длины  $m$ ).

Рассмотрим матрицу

$$P_0 = \begin{pmatrix} I_{0,0} & I_{0,1} & \dots & I_{0,m-1} \\ I_{1,0} & I_{1,1} & \dots & I_{1,m-1} \\ I_{2,0} & I_{2,1} & \dots & I_{2,m-1} \\ I_{3,0} & I_{3,1} & \dots & I_{3,m-1} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где  $I_{0,0}$  — единичная матрица с размерами  $(m \times m)$ ,  $I_{i,j}$  ( $i = 0, \dots, 3$ ;  $j = 0, 1, \dots, m - 1$ ) — матрица, полученная циклическим сдвигом строк матрицы  $I_{0,0}$  на  $ij$  позиций, т. е. каждая  $v$ -я строка  $x^v$  ( $v = 0, 1, \dots, m - 1$ ) матрицы  $I_{0,0}$  преобразуется в строку  $x^{i+jv} \pmod{x^m - 1}$ .

Пусть  $S_{0,j}$  — двоичный вектор размерности  $m$ , представляющий собой произвольную сумму столбцов матрицы  $I_{0,j}$  (с тем ограничением, что  $S_{0,j}(x) \neq \phi_m(x)$ , где  $S_{0,j}(x)$  — многочлен, соответствующий вектору  $S_{0,j}$ ) и пусть  $S_{i,j}(x) = x^{ij(m-1)} S_{0,j}(x) \pmod{x^m - 1}$  — любая комбинация столбцов матрицы  $I_{i,j}$ , а  $S_j$  — вектор, соответствующий многочлену  $S_j(x) =$

$$= \sum_{i=0}^3 x^{im} S_{ij}(x)^1. \text{ Тогда для произвольных } S_{j_1}, \dots, S_{j_Y} (j_1 \neq \dots \neq j_Y \in \{0, 1, \dots,$$

<sup>1</sup> Здесь и в дальнейшем векторы  $S_j$  представляются как элементы векторного пространства  $V$ , заданного над полем  $GF(2)$ .



$m + 3$ ),  $\gamma \in \{1, \dots, 4\}$ ) при условии, что  $\psi_m(x)$  неприводим над полем  $GF(2)$ , имеет место неравенство

$$4 - \gamma < |S_{j_1} + \dots + S_{j_\gamma}|_m \leq 4, \quad (2)$$

где  $|x|_m = \min_{\beta} (d(\beta, m)) - m$  — норма вектора  $x = (x_0, x_1, \dots, x_{n-1})$ , определенная из соотношения

$$|x| = \sum_{i=1}^{d(\beta, m)} \sum_{j=\beta'_i}^{\beta'_i} x_j,$$

$\beta_i \neq \beta_{i+1} \in \{0, m, 2m, \dots, n - m\}$ ,  $\beta'_i = \beta_i + m - 1$  ( $i = 1, 2, \dots, d(\beta, m)$ ),  $|x|$  — обычная норма вектора  $x$ , т. е. вес Хэмминга, равный общему числу ненулевых компонент  $x$  [2].

Однако если в качестве слагаемых в неравенстве (2) рассмотреть  $S_{j_1}, S_{j_2}, \bar{S}_{j_1}, \bar{S}_{j_2}$  ( $j_1 \neq j_2 \in \{0, 1, \dots, m + 3\}$ ), где  $S_v$  и  $\bar{S}_v$  ( $v = 0, 1, \dots, m + 3$ ) определяются из условия  $S_{0,v}(x) + \bar{S}_{0,v}(x) = \psi_m(x)$ , то неравенство (2) не выполняется, так как

$$|S_{j_1} + \bar{S}_{j_1} + S_{j_2} + \bar{S}_{j_2}| = 0. \quad (3)$$

Чтобы исключить равенство (3), вместо матрицы  $P_0$  рассмотрим матрицу

$$P = \begin{pmatrix} P_0 \\ A \end{pmatrix}, \quad (4)$$

где  $A = (A_0 A_1, \dots, A_{m-1})$ ;  $A_j$  ( $j = 0, 1, \dots, m - 1$ ) — подматрица с размерами  $(c \times m)$ , первый столбец которого есть двоичная запись числа  $j$ , а остальные элементы равны нулю;  $c = \lceil \log_2 m \rceil + 1$ .

Запишем проверочную матрицу кода в виде

$$H = (P I_{4m+c}). \quad (5)$$

Как известно, если относительно заданной матрицы  $H$  все 2  $t$  или меньшее число пакетов ошибок образуют ненулевые синдромы, то код, являющийся нулевым пространством матрицы  $H$ , исправляет  $t$ -кратные пакеты ошибок.

Используя неравенство (2), легко заметить, что для матрицы (5)

$$\left| \sum_{v=1}^{\gamma} S_{j_v} \right| \neq 0, \quad (6)$$

где  $\gamma \in \{1, \dots, 4\}$ ,  $S_{j_v}$  — синдром, соответствующий фазированному пакету, т. е.  $j_1 \neq \dots \neq j_\gamma \in \{0, 1, \dots, m + 3\}$ . Из (5) и (6) следует, что исследуемый код исправляет двойные фазированные пакеты длины  $\leq m$  (за исключением сплошных пакетов). Таким образом, для любого простого числа  $m \geq 5$ , для которого многочлен  $\psi_m(x)$  неприводим, существует класс линейных  $(m^2 + 4m + c, m^2)$ -кодов, исправляющих двукратные фазированные пакеты длины  $\leq m$ . Метод определения  $m$ , для которого  $\psi_m(x)$  неприводим, рассматривается в работе [3].

Используя обычный метод перехода от фазированных ошибок к нефазированным (как, например, в работе [1]), из рассмотренного кода можно получить линейный  $(n, k)$ -код с параметрами  $n = l(m^2 + 4m + [\log_2 m] + 1)$ ,  $k = lm^2$ , который исправляет двойные нефазированные пакеты ошибок длины, меньшей или равной  $b = m(l-1) + 1$ ,  $l > 1$ . Исследуемые коды асимптотически оптимальны, так как  $R = \frac{m}{m + 4 + c/m} \rightarrow 1$  и

$$b/r = \frac{m(l-1) + 1}{l(4m + [\log_2 m] + 1)} \rightarrow 1/4, \text{ когда соответственно } m \rightarrow \infty \text{ и } l \rightarrow \infty.$$

Аналогично [1], настоящий класс кодов исправляет определенного вида многократные фазированные пакеты ошибок.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 29.4.1976)

კომპიუტერული

რ. მეგრელიშვილი, ფამ ჰონგ თაი

ორჯერადი პაკეტური შეცდომების გამასწორებელი  
(n, k)-კოდების კლასი

რეზიუმე

განხილულია ორჯერადი პაკეტური შეცდომების გამასწორებელი  $(n, k)$ -კოდების კლასი. კოდების პარამეტრებია:  $n = l(m^2 + 4m) + [\log_2 m] + 1$  ( $[x]$  არის  $x$ -ის მთელი ნაწილი);  $k = lm^2$ ; პაკეტის სიგრძე —  $b = m(l-1) + 1$ , სადაც  $l > 1$  მთელი რიცხვია, ხოლო  $m \geq 5$  — მარტივი.

CYBERNETICS

R. P. MEGRELISHVILI, FAM HONG THAI

A CLASS OF DOUBLE-BURST-ERROR-CORRECTING  
(n, k)-CODES

Summary

A class of linear double-burst-error-correcting  $(n, k)$ -codes is discussed. The parameters of the codes are:  $n = l(m^2 + 4m) + [\log_2 m] + 1$  ( $[x]$  is an integer part of  $x$ );  $k = lm^2$ ; the length of burst is  $b = m(l-1) + 1$ ;  $m \geq 5$  is a simple number,  $l > 1$  is an integer.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Р. П. Мегрелишвили, Т. Г. Николайшвили, Фам Хонг Тхай. Сообщения АН ГССР, 81, № 2, 1976.
2. Р. П. Мегрелишвили. Сообщения АН ГССР, 46, № 2, 1967.
3. Кибернетический сборник, вып. 3. М., 1966, 18.



Э. И. КИСТАУРИ

ОБ УКРУПНЕНИИ СОСТОЯНИЙ НЕПРЕРЫВНЫХ ЦЕПЕЙ МАРКОВА

(Представлено академиком В. В. Чавчанидзе 3.5.1976)

Укрупнение состояний дискретных цепей Маркова (ДЦМ) рассматривается в [1], где, в частности, приведены две теоремы, устанавливающие необходимые и достаточные условия укрупняемости ДЦМ. Сформулируем эти теоремы. Пусть задана ДЦМ X(n), n = 1, 2, 3, ... с множеством состояний S = (s1, s2, ..., sr), матрицей переходных вероятностей P = ||pkl||, pkl = P{X(n) = si / X(n-1) = sj}, ∀ si, sj ∈ S и начальным распределением p0 = (p0^1, p0^2, ..., p0^r). Пусть π = (π1; π2; ...; πm), m ≤ r — некоторое разбиение множества всех состояний на блоки πj, j = 1, m, при этом πi ∩ πj = ∅, i ≠ j, i, j = 1, m, где ∅ — пустое множество и ∪\_{j=1}^m πj = S.

Определим вероятность перехода за n шагов в множестве π таким образом:

P{X(n) ∈ πj / X(n-1) ∈ πi ∧ ... ∧ X(0) ∈ πa}. (1)

Определение 1. Будем говорить, что состояния цепи Маркова можно укрупнить посредством разбиения π, если для любого p0 укрупненный процесс Y(n) = X\_π(n), определенный формулой (1), является цепью Маркова, переходные вероятности которой не зависят от p0.

Теорема 1. Для того чтобы ДЦМ X(n) можно было укрупнить посредством разбиения π, необходимо и достаточно, чтобы для ∀ πi, πj, i, j = 1, m вероятности p\_{απj} = ∑\_{k ∈ πj} p\_{αk} имели одно и то же значение для всех s\_α ∈ πi. При выполнении условий теоремы p\_{απj} однозначно определяют переходные вероятности между блоками πi и πj, i, j = 1, m, являющиеся состояниями новой ДЦМ Y(n).

Определим матрицы U\_π, V\_π следующим образом:

U\_π = || [ 1/|π1| χ\_{π1}(s1), ..., 1/|π1| χ\_{π1}(sr); ...; 1/|πm| χ\_{πm}(s1), ..., 1/|πm| χ\_{πm}(sr) ] ||, V\_π = || [ χ\_{π1}(s1), ..., χ\_{πm}(s1); ...; χ\_{π1}(sr), ..., χ\_{πm}(sr) ] || (2)



и назовем их укрупняющими матрицами, где  $\chi_{\pi_j}(s_k) = \begin{cases} 1, & s_k \in \pi_j \\ 0, & s_k \notin \pi_j \end{cases}$ , а  $|\pi_j|$  — мощность блока  $\pi_j$ ,  $j = \overline{1, m}$ . По [1],

$$P_{\pi} = U_{\pi} P V_{\pi}, \quad (3)$$

где  $P_{\pi}$  — матрица переходных вероятностей ДЦМ  $Y(n)$ .

*Теорема 2. Для того чтобы ДЦМ  $X(n)$  можно было укрупнить посредством разбиения  $\pi$ , необходимо и достаточно выполнение условия*

$$V_{\pi} U_{\pi} P V_{\pi} = P V_{\pi}. \quad (4)$$

Рассмотрим теперь непрерывную цепь Маркова (НЦМ)  $X(t)$ ,  $t \in [0, +\infty)$ , с тем же множеством состояний  $S$ , начальным распределением  $p_0$  и матрицей переходов  $P(t) = \|p_{kl}(t)\|$ ,  $p_{kl}(t) = P\{X(t+\tau) = s_l / X(\tau) = s_k\}$ ,  $\forall s_k, s_l \in S$ ,  $t, \tau \in [0, +\infty)$ . Пусть  $S$  разбита по  $\pi = (\pi_1; \dots; \pi_m)$ , где по-прежнему  $\pi_i \cap \pi_j = \emptyset$ ,  $i \neq j$ ,  $i, j = \overline{1, m}$ ,  $\bigcup_{j=1}^m \pi_j = S$ .

Тогда, согласно [2], назовем новый процесс  $Y(t) = X_{\pi}(t)$  укрупненным процессом, который может быть марковским или немарковским.

Легко видеть, что

$$P(t) V_{\pi} = \begin{pmatrix} \sum_{l \in \pi_1} p_{1l}(t), \dots, \sum_{l \in \pi_m} p_{1l}(t) \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \sum_{l \in \pi_1} p_{rl}(t), \dots, \sum_{l \in \pi_m} p_{rl}(t) \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Теорема 1 для общих марковских процессов доказана в [2]. Из нее для НЦМ вытекает следующее полезное

*Следствие. Для того чтобы НЦМ  $X(t)$  можно было укрупнить посредством разбиения  $\pi$ , необходимо и достаточно, чтобы для  $\forall s_{\alpha} \in \pi_i$ ,  $i = \overline{1, m}$  в (5) элементы с номерами  $(\alpha, \gamma)$  были одинаковы,  $\gamma = \overline{1, m}$ .*

Целью данной статьи является доказательство теоремы 2 для НЦМ. Из (2) находим

$$V_{\pi} U_{\pi} = \begin{pmatrix} \sum_{j=1}^m \frac{1}{|\pi_j|} \chi_{\pi_j}(s_1) \chi_{\pi_j}(s_1), \dots, \sum_{j=1}^m \frac{1}{|\pi_j|} \chi_{\pi_j}(s_1) \chi_{\pi_j}(s_r) \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \sum_{j=1}^m \frac{1}{|\pi_j|} \chi_{\pi_j}(s_r) \chi_{\pi_j}(s_1), \dots, \sum_{j=1}^m \frac{1}{|\pi_j|} \chi_{\pi_j}(s_r) \chi_{\pi_j}(s_r) \end{pmatrix}. \quad (6)$$

*Теорема 3. Для того чтобы НЦМ  $X(t)$  можно было укрупнить посредством разбиения  $\pi$ , необходимо и достаточно выполнение условия*

$$V_{\pi} U_{\pi} P(t) V_{\pi} = P(t) V_{\pi}. \quad (7)$$

Необходимость. Покажем, что в левой и правой частях (7) элементы с номерами  $(\alpha, \beta)$ ,  $\forall \alpha = \overline{1, r}$ ,  $\beta = \overline{1, m}$  равны. Пусть  $s_{\alpha} \in \pi_{\omega}$ ,  $V_{\omega} = \overline{1, m}$ , тогда, согласно (6) и (5), в левой части (7) элемент с номером  $(\alpha, \beta)$  имеет вид

$$\begin{aligned} \sum_{\gamma=1}^r \sum_{j=1}^m \frac{1}{|\pi_j|} \chi_{\pi_j}(s_{\alpha}) \cdot \chi_{\pi_j}(s_{\gamma}) \cdot \sum_{\delta \in \pi_{\beta}} p_{\gamma\delta}(t) &= \frac{1}{|\pi_{\omega}|} \sum_{\gamma \in \pi_{\omega}} \chi_{\pi_{\omega}}(s_{\gamma}) \cdot \sum_{\delta \in \pi_{\beta}} p_{\gamma\delta}(t) = \\ &= \frac{1}{|\pi_{\omega}|} \cdot \sum_{\delta \in \pi_{\beta}} p_{\gamma\delta}(t) \cdot \sum_{\gamma \in \pi_{\omega}} \chi_{\pi_{\omega}}(s_{\gamma}) = \sum_{\delta \in \pi_p} p_{\gamma\delta}(t) = \sum_{\delta \in \pi_{\beta}} p_{\alpha\delta}(t), \end{aligned}$$

так как  $P(t)$  укрупнима по  $\pi$ . С другой стороны, последнее, согласно (5), есть элемент с номером  $(\alpha, \beta)$  матрицы  $P(t) V_{\pi}$ .

Достаточность. Пусть блоки разбиения  $\pi$  имеют вид

$$\begin{aligned} \pi_1 = \{s_1, s_2, \dots, s_{|\pi_1|}\}, \pi_2 = \{s_{|\pi_1|+1}, \dots, s_{|\pi_1|+|\pi_2|}\}, \dots, \pi_m = \\ = \{s_{m-1}, \dots, s_m\}. \end{aligned} \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^{m-1} |\pi_j| + 1 \quad \sum_{j=1}^m |\pi_j|$$

Тогда по (6) легко видеть, что

$$V_{\pi} U_{\pi} = \left\| \begin{array}{c|ccc} W_1 & \dots & \dots & 0 \\ \hline 0 & \dots & \dots & 0 \\ \hline \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ \hline 0 & \dots & \dots & W_m \end{array} \right\|$$

и размерность матрицы  $W_i$  есть  $|\pi_i|$ ,  $i = \overline{1, m}$ .

Очевидно, что единственный неподвижный вектор-столбец для  $W_i$  равен  $c \xi$ , где  $c$  — некоторая постоянная, а  $\xi$  — вектор-столбец, все компоненты которого равны 1. Значит, все компоненты столбцов матрицы  $P(t) V_{\pi}$ , отвечающие одному и тому же блоку  $\pi_i$ , должны быть равны между собой, а это, согласно следствию, означает укрупняемость НЦМ  $X(t)$  по  $\pi$ .

Если  $\pi$  не имеет вида (8), тогда с применением так называемых «многократно преобразующих матриц»  $\Pi P(t)$  можно привести к  $\tilde{P}(t)$ , для которой разбиение  $\tilde{\pi}$  уже имеет вид (8)

$$\tilde{P}(t) = \Pi P(t) \Pi^{-1},$$

где  $\Pi = L_1, \dots, \Pi_1$ ,  $\Pi^{-1} = \Pi_1, \dots, L_1$ , а  $L_1, \dots, \Pi_1$  — однократно преобразующие матрицы, вызывающие перестановку одной строки и столбца матрицы  $P(t)$  в другую и наоборот.

Заметим, что если  $P(t)$  укрупнима по  $\pi$ , то  $\tilde{P}(t)$  укрупнима по  $\tilde{\pi}$ ,  $U_{\tilde{\pi}} = U_{\pi} \Pi$ ,  $V_{\tilde{\pi}} = \Pi V_{\pi}$  и  $P_{\tilde{\pi}}(t) = \tilde{P}_{\tilde{\pi}}(t)$ . Пусть теперь  $\tilde{\pi}$  имеет вид (8),



тогда  $U_\pi = U_\pi \Pi$ ,  $V_\pi = \Pi^{-1} V_\pi$ ,  $P(t) = \Pi^{-1} \tilde{P}(t) \Pi$  и (7) преобразуется так:  $\Pi^{-1} V_\pi U_\pi \Pi \Pi^{-1} \tilde{P}(t) \Pi \Pi^{-1} V_\pi = \Pi^{-1} \tilde{P}(t) \Pi \Pi^{-1} V_\pi$  или же  $V_\pi U_\pi \tilde{P}(t) V_\pi = \tilde{P}(t) V_\pi$ , что является достаточным условием укрупняемости НЦМ  $\tilde{X}(t)$ , т. е.  $\tilde{P}(t) V_\pi$  удовлетворяет условиям следствия. С другой стороны,  $\tilde{P}(t) V_\pi = \Pi P(t) \Pi^{-1} \Pi^{-1} V_\pi = \Pi P(t) V_\pi$ , так как  $(\Pi^{-1})^2 = E$ . В самом деле, матрицы  $\Pi_1, \dots, L_1$  перестановочны и  $\Pi_1^2 = \dots = L_1^2 = E$ , но тогда  $(\Pi^{-1})^2 = (\Pi_1, \dots, L_1)(\Pi_1, \dots, L_1) = (\Pi_1, \dots, L_1)(L_1, \dots, \Pi_1)$ . Умножение слева на  $\Pi$  в матрице  $P(t) V_\pi$  вызывает только перестановки столбцов, т. е.  $P(t) V_\pi$  тоже удовлетворяет условиям следствия. Таким образом,  $P(t)$  укрупнима по  $\pi$ .

Академия наук Грузинской ССР  
Институт кибернетики

(Поступило 6.5.1976)

კიბერნეტიკა

ი. კისტაური

მარკოვის უწყვეტი ჯაჭვების მდგომარეობათა  
გამსხვილების შესახებ

რეზიუმე

მოცემულია მარკოვის უწყვეტი ჯაჭვების გამსხვილების აუცილებელი და საკმარისი პირობები.

CYBERNETICS

E. I. KISTAURI

## ON THE LUMPABILITY OF CONTINUOUS MARKOV CHAINS

Summary

Necessary and sufficient conditions of the lumpability of continuous Markov chains are presented.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Дж. Кемени и Дж. Снелл. Конечные цепи Маркова. М., 1970.
2. А. М. Захарин. Кибернетика, № 4, 1972.

Г. Т. АДАМШВИЛИ

## УСТАНОВЛЕНИЕ СПИНОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ДВОЙНОМ ЯДЕРНОМ РЕЗОНАНСЕ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. Р. Хуцишвили 10.5.1976)

Между спинами двух сортов  $I$  и  $S$  возникает кросс-релаксация, если их зеемановские частоты почти равны или почти кратны. Если же зеемановские частоты далеки от равенства или кратности, то взаимный обмен энергией сильно затруднен.

Метод двойного ядерного резонанса (ДЯР) [1, 2] позволяет при любых зеемановских частотах осуществлять кросс-релаксацию между двумя спиновыми резервуарами. Помимо этого, большим преимуществом ДЯР является его высокая чувствительность.

Для осуществления ДЯР нужно, помимо постоянного поля  $H_0$ , приложить в экваториальной плоскости два переменных поля с частотами  $\omega$  и  $\omega'$  и амплитудами  $H_{1I}$  и  $H_{1S}$ . Когда удовлетворяется условие

$$\Omega_I = \Omega_S, \quad (1)$$

где

$$\Omega_I = \sqrt{(\omega - \omega_{0I})^2 + \omega_{1I}^2}; \quad \Omega_S = \sqrt{(\omega' - \omega_{0S})^2 + \omega_{1S}^2};$$

$$\omega_{0I} = \gamma_I H_0; \quad \omega_{0S} = \gamma_S H_0; \quad \omega_{1I} = \gamma_I H_{1I}; \quad \omega_{1S} = \gamma_S H_{1S}$$

( $\gamma_I$  и  $\gamma_S$  — гиромагнитные отношения спинов  $I$  и  $S$ ), происходит кросс-релаксация между ядерными спиновыми резервуарами.

Метод ДЯР наиболее эффективен, когда разность спиновых температур максимальна, поэтому редкие спины  $S$  нагревают до бесконечности, а распространенные спины  $I$  максимально охлаждают.

Для получения низкой начальной температуры во вращающейся системе координат (ВСК) применяют метод «спинового запираания». Этот способ заключается в том, что намагниченность спинов  $I$  во ВСК с помощью импульсного метода устанавливается параллельно переменному полю  $H_{1I}$ . Намагниченность же спинов  $S$  приводят к плоскости, перпендикулярной к переменному полю  $H_{1S}$ . В результате кросс-релаксации спины  $I$  деполаризуются вдоль  $H_{1I}$ , а спины  $S$ , в силу закона сохранения энергии, поляризуются относительно  $H_{1S}$ . Этот цикл повторяется много раз.

В случае, когда система спинов  $I$  неоднородна, необходимо учесть спиновую диффузию (СД) спинов  $I$  [3, 4].

В работе [3] рассматривается ДЯР с учетом СД в случае, когда условие (1) удовлетворяется точно. Получены дифференциальные урав-





нения для обратных спиновых температур  $\beta_I(x)$  и  $\beta_S$  зеемановских подсистем спинов  $I$  и  $S$  соответственно.

Данная работа посвящена решению этой задачи.

Концентрация спинов  $S$   $N_s \ll N_I$ -концентрации спинов  $I$ , поэтому связь между спинами  $S$  пренебрегаем. Учитывая, что взаимодействие между спинами  $I-I$  и  $I-S$  одного порядка, и пренебрегая спин-решеточной релаксацией, для обратной спиновой температуры спинов  $I$  получаем уравнение диффузии

$$\dot{\beta}_I(x) = D\Delta\beta_I(x), \quad (2)$$

$$D = \lambda(\Theta_I)D_0, \quad \lambda\Theta_I = \frac{3 \cos^2 \Theta_I - 1}{2}, \quad (3)$$

$D$  — коэффициент СД во ВСК;  $D_0$  — коэффициент СД в лабораторной системе координат [4];  $\Theta_I$  — угол между осью  $z$  и эффективным полем. Ввиду малости теплоемкости спинов  $S$ , уравнение для  $\beta_S$  не рассматриваем.

Рассмотрим сферу с радиусом  $R$ , в центре которого находится спин  $S$ . Ввиду малости  $N_s$  взаимодействием спинов  $I$ , принадлежащих к данной сфере, с другими спинами  $S$  пренебрегаем, т. е. рассматриваемая сфера изолирована.

В начальный момент времени  $\beta_I(x)$  в разных точках сферы имеет различные значения. В результате взаимодействия спинов  $I$  между собой и со спином  $S$  за время  $\tau_{CR}$  устанавливается определенная спиновая температура во всей сфере.

Вычислим время кросс-релаксации  $\tau_{CR}$ .

Аналогичная задача для теплопроводности решена в работе [5], согласно которой решение уравнения (2) имеет вид

$$\beta_I(x) = \sum_n c_n \beta_{In}(x) \exp\{-\lambda_n t\}, \quad (4)$$

где  $\lambda_n$  вещественны и положительны.  $\beta_{In}(x)$  удовлетворяет уравнению

$$D\Delta\beta_{In}(x) = -\lambda_n \beta_{In}(x). \quad (5)$$

Скорость выравнивания спиновой температуры данной сферы определяется, очевидно, в основном тем членом суммы (4), который соответствует наименьшему из  $\lambda_n$ ; пусть это будет  $\lambda_1$ .

Время установления единой температуры во всей сфере определяется как

$$\tau_{CR} = \frac{1}{\lambda_1}. \quad (6)$$

Для изолированной сферы при сферически-симметричном распределении спиновой температуры наименьшему значению  $\lambda$  соответствует центрально-симметричное решение уравнения (5):

$$\beta_{I1}(x) = \frac{\sin kx}{x}, \quad (7)$$

где  $k$  определяется как наименьший корень уравнения  $\operatorname{tg} kR = kR$ , откуда  $kR = 4,493$ , так что

$$\tau_{CR} = 0,05 \frac{R^2}{D}, \quad (8)$$

где  $R = \left( \frac{3V}{4\pi N_s} \right)^{1/3}$ ;  $V$  — объем кристалла.

Учитывая выражение для  $R$  и  $D$ , получаем

$$\tau_{CR} \sim \frac{(\omega - \omega_{0I})^2 + \omega_{1I}^2}{N_s^{2/3} \{2(\omega - \omega_{0I})^2 - \omega_{1I}^2\}}. \quad (9)$$

В предельных случаях, когда  $|\omega - \omega_{0I}| \gg \omega_{1I}$ ,  $\tau_{CR}$  не зависит от амплитуды переменного поля  $H_{1I}$  и от смещения частоты  $\omega$  от резонанса.

Когда  $\Theta \approx \Theta_m$  (магический угол),  $\tau_{CR}$  принимает очень большое значение.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 14.5.1976)

ფიზიკა

ბ. ადამაშვილი

სპინური ტემპერატურის დამყარება ორმაგი ბირთვული რეზონანსის დროს

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია სპინური ტემპერატურის დამყარება ორმაგი ბირთვული რეზონანსის დროს. გამოთვლილია ამ ტემპერატურის დამყარების დრო. ნაჩვენებია მისი დამოკიდებულება იშვიათი სპინების კონცენტრაციაზე და ცვლადი ველის ამპლიტუდაზე, რომელიც მოდებულია მატრიცის სპინებზე.

PHYSICS

G. T. ADAMASHVILI

## ESTABLISHMENT OF SPIN TEMPERATURE AT DOUBLE NUCLEAR RESONANCE

Summary

The establishment of a definite spin temperature in the system of nuclear spins at double nuclear resonance is considered. The time of establishment of this temperature is calculated. Its dependence on the concentration of rare spins and the amplitude of the alternating field applied to the system of matrix spins is calculated.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. S. R. Hartmann, E. L. Hahn. Phys. Rev., 128, 1962, 2042.
2. F. M. Lurie, C. P. Slichter. Phys. Rev., 133, 1964, 1108.
3. Г. Т. Адамашвили. Сообщения АН ГССР, 76, № 2, 1974, 329.
4. Г. Р. Хуцишвили. УФН, 87, 1965, 211.
5. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Механика сплошных сред. М., 1953.

Э. Р. КУТЕЛИЯ, О. Г. ХАРАШВИЛИ, В. В. САНАДЗЕ

## О БЛИЖНЕМ РАССЛОЕНИИ В $\alpha$ -ФАЗЕ СПЛАВОВ МЕДЬ-ЦИНК

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т.И. Санадзе 29.4.1976)

Процессы атомного упорядочения в  $\alpha$ -латуни (сплавы Cu—Zn, содержащие менее 36% Zn) исследованы всесторонне. В работе [1] на основе аномалии удельной теплоемкости было указано на наличие сверхструктуры  $Cu_3Zn$  в  $\alpha$ -латуни. Впоследствии это предположение было подтверждено дифракционным методом [2]. Нейтроннографически было обнаружено сверхструктурное отражение 110, указывающее на формирование сверхструктуры  $Cu_3Zn$  в  $\alpha$ -латуни [2]. В этой же работе был обнаружен диффузный максимум вблизи сверхструктурного отражения 110, который, по мнению автора, обусловлен наличием ближнего порядка в указанном сплаве. Увеличение степени ближнего порядка в  $\alpha$ -латуни после закалки обнаружено и методом измерения электросопротивления [3].

С привлечением современной дифракционной электронной микроскопии к исследованию указанных сплавов выявлены новые детали тонких структурных изменений. В [4] сообщается, что на светлопольном изображении сплава Cu—34% Zn удается наблюдать характерный контраст, связанный, по мнению автора, с наличием в кристалле малых упорядоченных областей (10—70 Å).

Образованием локальных центров упорядочения в  $\alpha$ -фазе был объяснен пик внутреннего трения при 210—230°C в двухфазной латуни ЛС 59—1 [5].

Таким образом, данные электронномикроскопических исследований [4, 5] позволяют предположить, что в закаленной  $\alpha$ -латуни при низкотемпературных отжигах на начальных стадиях происходит процесс ближнего расслоения, который, по всей вероятности, в дальнейшем должен сыграть решающую роль в формировании очень малых (~50 Å) сверхструктурных доменов. С другой стороны, по имеющимся данным [1, 3], не ясна тонкая структура  $\alpha$ -латуни после формирования в ней сверхструктуры  $Cu_3Zn$ , а также роль вакансий в процессах ближнего расслоения.

В связи с этим в настоящей работе проведено электронномикроскопическое и, прежде всего, электронномикродифракционное исследование тонких структурных изменений в «первичной»  $\alpha$ -фазе сплава Cu—42% Zn, закаленной с высоких температур, при отжигах в температурном интервале 200—350°C. Фольги готовились стандартными методами электрополировки и просматривались в электронном микроскопе JEM-6A.

Закаленная «первичная»  $\alpha$ -фаза в достаточном количестве сохранялась в образцах сплава Cu—42% Zn при не очень быстром переносе из печи с 830°C в воду. Таким образом, исходные образцы были двух-

фазными  $\alpha_n + \beta'$  и при последующих изотермических отжигах, наряду с бейнитным  $\beta' \rightarrow \alpha$ -превращением остаточной  $\beta'$ -фазы, давали возможность проследить структурные изменения в «первичной»  $\alpha$ -фазе. Отличить кристаллы «первичной»  $\alpha$ -фазы на электронномикроскопических изображениях от кристаллов  $\alpha$ -фазы, образовавшихся вследствие бейнитного превращения, не представляло трудности ввиду четкой разницы в морфологии этих кристаллов.

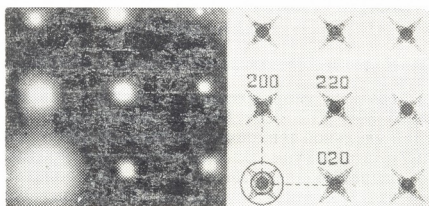


Рис. 1. Сплав Cu—42 % Zn; отжиг 250°C—4 часа; а—микродифракционная картина «первичной»  $\alpha$ -фазы, ось зоны  $[001]_\alpha$ ; б—схема расшифровки данной микродифракционной картины

На рис. 1, а приведена типичная электронномикродифракционная картина «первичной»  $\alpha$ -фазы сплава Cu — 42%, Zn, претерпевшей после высокотемпературной закалки изотермический отжиг при 250°C в течение 4 часов. Как показывает схема расшифровки, приведенная на рис. 1, б, при выведении вдоль пучка электронов с большой точностью оси зоны  $[001]_\alpha$  на электронограмме проявляются рефлексы диффузной крестообразной формы; при этом все узлы (включая узел 000!) имеют одинаковую форму пересекающихся коротких диффузных тяжей по  $\langle 220 \rangle_\alpha$ .

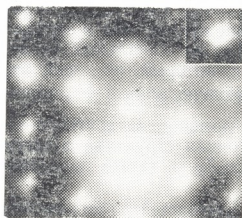


Рис. 2. Сплав Cu—42 % Zn; отжиг 300°C—15 минут; микродифракционная картина; ось зоны  $[110]_\alpha$

Диффузная форма узлов на электронограммах, полученных при выведении вдоль пучка электронов других кристаллографических осей зон, также указывает на одинаковость формы изодиффузных поверхностей на всех узлах, лежащих в плоскости электронограмм. Так, например, из приведенной на рис. 2 микродифракционной картины «пер-

вичной»  $\alpha$ -фазы, претерпевшей изотермический отжиг при  $300^\circ\text{C}$  — 15 минут, видно, что при выведении оси зоны  $[110]_\alpha$  рефлексы имеют катушкообразную форму, симметричную относительно оси  $[001]_\alpha^*$ . Форма узла 000, полученного при сильно разведенном пучке электронов, показана отдельно на рис. 2. Видно, что наблюдаемая форма повторяется для всех узлов. Форма областей диффузного рассеяния электронов вокруг структурных рефлексов формируется вследствие сечения плоскостью  $(110)_\alpha^*$  узлов обратной решетки ГЦК твердого раствора с пересекающимися короткими диффузными тяжами по  $(220)_\alpha^*$ .

Таким образом, анализ эффектов диффузного рассеяния на электронномикродифракционных картинах, полученных с закаленной «первичной»  $\alpha$ -фазы после низкотемпературных отжигов, показал, что в ГЦК твердом растворе  $\alpha$ -фазы сплава Cu—Zn происходит процесс ближнего расслоения: во всем объеме исходного закаленного кристалла образуются локальные центры размером  $\sim 30\text{--}50 \text{ \AA}$  с ближним порядком в пределах этих малых областей.

С точки зрения устойчивости однородного твердого раствора образование локальных центров упорядочения не представляется энергетически выгодным процессом, если не учитывать роль вакансий в термодинамике образования этих микронеоднородностей [6]. Принимая во внимание то обстоятельство, что описанные выше эффекты диффузного рассеяния электронов отсутствовали для кристаллов бейнитной  $\alpha$ -фазы и четко выявлялись после низкотемпературных отжигов для закаленных с высоких температур кристаллов «первичной»  $\alpha$ -фазы, можно заключить, что в процессах ближнего расслоения в закаленной  $\alpha$ -фазе сплавов Cu—Zn вакансии играют определяющую роль. В справедливости такого утверждения убеждает тот факт, что эффекты диффузного рассеяния проявились четко на электронограммах после нагрева кристаллов закаленной «первичной»  $\alpha$ -фазы непосредственно в колонне электронного микроскопа интенсивным пучком электронов при удалении конденсорной диафрагмы с оси пучка.

Грузинский политехнический институт  
им. В. И. Ленина

(Поступило 29.4.1976)

ფიზიკა

მ. ჭუთელია, ო. ხარაზილი, ვ. სანაძე

სპილენძ-თუთიის შენადნობების  $\alpha$ -ფაზაში  
ახლო განშრევის შესახებ

რეზიუმე

ელექტრონთა დიფუზური გაბნევის ეფექტების ანალიზის საფუძველზე დადგენილია, რომ Cu—42% Zn შენადნობის ნაწრობ „პირველად“  $\alpha$ -ფაზაში დაბალტემპერატურული ( $300^\circ\text{C}$ -მდე) მოწვისას ადგილი აქვს ახლო განშრევებს. პირველადი  $\alpha$ -ფაზის ნაწრობი კრისტალის მთელ მოცულობაში წარმო-

იქმნებიან  $30\text{--}50 \text{ \AA}$  ზომის ლოკალური ცენტრები, რომელთა შიგნით ადგილი აქვს ახლო მოწესრიგებს.

E. R. KUTELIA, O. G. KHARASHVILI, V. V. SANADZE

ON SHORT-RANGE LAYERING IN THE  $\alpha$ -PHASE OF  
COPPER-ZINC ALLOYS

Summary

Investigation of electron diffuse scattering has shown that there is a short-range layering in the quenched "primary"  $\alpha$ -phase of Cu-42% Zn alloy during low-temperature (up to 300°C) annealing. Local centres of 30-50 Å and with short-range ordering within the whole volume of the quenching crystals of primary  $\alpha$ -phase were formed.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. T. Masumoto, H. Saito, M. Sugihara. Met. Abst., 20, 1953, 563.
2. D. T. Keating. Acta Met., 2, 1954, 885.
3. E. Lang, W. Schüle. Z. Metal.k., 61, № 11, 1970, 866.
4. H. Warlimont. Septieme congres international de microscopie electronique. Grenoble, v. 2, 1970, 177.
5. Е. Р. Кутелия, М. М. Бочоришвили, Г. С. Галдавадзе, Д. Г. Наруслишвили, М. В. Натрошвили, О. Г. Харашвили. Труды ГПИ им. В. И. Ленина, Физика, № 8 (164), 1973, 96.
6. А. Г. Хачатурян. Теория фазовых превращений и структура твердых растворов. М., 1974.

Л. Л. БУИШВИЛИ, А. И. ТУГУШИ

### СПЕКТРАЛЬНАЯ ДИФFUЗИЯ, ОБУСЛОВЛЕННАЯ НЕОДНОРОДНЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ В СВЕРХПРОВОДНИКАХ II РОДА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. Р. Хуцишвили 3.5.1976)

В работах [1, 2] были получены уравнения, описывающие процессы релаксации и диффузии энергий зеемановской подсистемы и диполь—дипольного ( $d-d$ ) резервуара в случае неоднородного уширения, обусловленного неоднородным магнитным полем.

Такая ситуация осуществляется в экспериментах при наблюдений релаксации ядерной намагниченности в сверхпроводниках II рода в смешанном состоянии.

Полученные уравнения для обратных температур имеют вид

$$\frac{\partial \beta_z(x, t)}{\partial t} = D_z \nabla^2 \beta_z - \frac{\beta_z - \beta_e}{\tau_{ze}} + D_z \frac{\nabla^2 H}{H} (\beta_z - \beta_d) + D_z \frac{\nabla H}{H} (\nabla \beta_z - \nabla \beta_d) + D_z \frac{\nabla H}{H} \nabla \beta_z, \quad (1a)$$

$$\frac{\partial \beta_d(x, t)}{\partial t} = D_d \nabla^2 \beta_d - \frac{\beta_d - \beta_e}{\tau_{de}} + D_z \frac{\nabla H \cdot H}{H_d^2} \nabla \beta_z + D_z \frac{(\nabla H)^2}{H_d^2} (\beta_z - \beta_d), \quad (1б)$$

где  $D_z, D_d$  — коэффициенты диффузии;  $\tau_{ze}, \tau_{de}$  — времена спин-решеточной релаксации зеемановской подсистемы  $d-d$ -резервуара соответственно;  $H$  — внешнее неоднородное поле;  $H_d$  — локальное поле, обусловленное  $d-d$ -взаимодействием ядерных спинов.

В тех же работах [1, 2] авторы приводят нестационарные решения системы (1) для случая быстрой пространственной диффузии. Однако реально часто имеют место случаи ограниченной пространственной диффузии, когда справедливы неравенства

$$\frac{l}{a} \ll 1, \quad \frac{l}{a} \cdot \frac{H}{H_d} \ll 1, \quad (2)$$

где  $l = \sqrt{DT_1}$  — длина диффузии ( $T_1$  — время спин-решеточной релаксации;  $D$  — коэффициент диффузии;  $a$  — размеры сверхпроводящего вихря).

Так как в сверхпроводниках поля не очень сильные, то эти неравенства имеют место.

В уравнении для обратной зеемановской температуры (1) первые два члена имеют одинаковый порядок, отношение третьего члена к 22. „ფიზიკა“, ტ. 83, № 2, 1976



первому  $\sim \frac{l^2}{a^2}$ , четвертого к первому  $\sim \frac{l}{a} \left(1 + \frac{H}{H_d}\right)$ , пятого  $\sim \frac{l}{a}$ . В уравнении (16) первые два члена также одного порядка, отношение третьего к первому  $\sim \frac{l}{a} \left(\frac{H}{H_d}\right)^2$ , а четвертого к первому  $\sim \frac{l^2}{a^2} \left(\frac{H}{H_d}\right)^2$ . (Предполагается, что  $\text{grad } H$  по порядку величины равен  $\frac{H}{a}$ ).

Поэтому при выполнении неравенств (2) система (1) сводится к виду

$$\begin{aligned} \frac{\partial \beta_z(x, t)}{\partial t} &= D_z \nabla^2 \beta_z - \frac{\beta_z - \beta_e}{\tau_{ze}}, \\ \frac{\partial \beta_d(x, t)}{\partial t} &= D_d \nabla^2 \beta_d - \frac{\beta_d - \beta_e}{\tau_{de}} + D_z \frac{\nabla H \cdot H}{H_d^2} \nabla \beta_z. \end{aligned} \quad (3)$$

Стационарные решения системы (3) (в одномерном случае) имеют вид

$$\begin{aligned} \beta_z - \beta_e &= (\beta_z^0 - \beta_e) \exp \left[ -\frac{x}{\sqrt{D_z \tau_{ze}}} \right], \\ \beta_d - \beta_e &= (\beta_d^0 - \beta_e) \exp \left[ -\frac{x}{\sqrt{D_d \tau_{de}}} \right] + \\ &+ (\beta_z^0 - \beta_e) \frac{D_z \frac{\nabla H \cdot H}{H_d^2} \frac{1}{\sqrt{D_z \tau_{ze}}}}{\frac{1}{D_z \tau_{ze}} - \frac{1}{D_d \tau_{de}}} \left\{ \exp \left[ -\frac{x}{\sqrt{D_z \tau_{ze}}} \right] - \exp \left[ -\frac{x}{\sqrt{D_d \tau_{de}}} \right] \right\}, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $\beta_z^0$  и  $\beta_d^0$  — значения обратных температур в точке  $x=0$ .

Таким образом, из (4) видно, что в случае ограниченной пространственной диффузии, когда выполняются неравенства (2), диффузия в зеemanовской подсистеме происходит таким образом, что она не чувствует  $d-d$ -резервуара; в отличие от этого, зеemanовская подсистема оказывает существенное влияние на диффузию  $d-d$ -резервуара. Ситуация полностью аналогична случаю ограниченной спектральной диффузии [3].

Выражение для  $\beta_d(x)$  состоит из двух частей: первая часть описывает свободную диффузию  $d-d$ -резервуара, а вторая обусловлена влиянием диффузии зеemanовской подсистемы, причем вторая часть пропорциональна  $\text{grad } H$ , а это соответствует тому, что в однородном магнитном поле ( $\text{grad } H=0$ ) диффузия и релаксация зеemanовской подсистемы и  $d-d$ -резервуара протекают независимо.

Легко видеть, что второй член больше первого. По порядку величины их отношение равно  $\frac{l}{a} \left(\frac{H}{H_d}\right)^2$ .



ლ. ბუიშვილი, ა. ტუღუში

არაერთგვაროვანი მაგნიტური ველით გამოწვეული  
სპექტრალური დიფუზია II ტიპის ზეგამტარებში

რეზიუმე

მიღებულია ზეემანის და დიპოლ-დიპოლური რეზერვუარის შებრუნებული ტემპერატურების დიფუზიის განტოლებების სტაციონარული ამოხსნები სივრცულად ცვლადი მაგნიტური ველით გამოწვეული არაერთგვაროვნად გაგანიერებული რეზონანსული ხაზის შემთხვევაში.

ასეთ სიტუაციას ადგილი აქვს II ტიპის ზეგამტარებში.

PHYSICS

L. L. BUISHVILI, A. I. TUGUSHI

SPECTRAL DIFFUSION INDUCED BY AN INHOMOGENEOUS  
MAGNETIC FIELD IN TYPE II SUPERCONDUCTORS

Summary

Stationary solutions of coupled spin diffusion equations have been obtained in the case of inhomogeneous broadening caused by spatially varying magnetic field.

Such effects are especially pronounced in the mixed state of type II superconductors.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. A. Z. Genack, A. G. Redfield. Phys. Rev. Lett. 31, 1973, 1204.
2. A. Z. Genack, A. G. Redfield. Phys. Rev. 12, 78, 1975.
3. ლ. ლ. ბუიშვილი, მ. დ. ჯვიადაძე, გ. პ. ხუციშვილი. ЖЭТФ, 54, 1968, 876.

М. А. БАЗАДЗЕ, Р. Ш. МЕГРЕЛИШВИЛИ, Т. Д. ЭБРАЛИДЗЕ

## ГОЛОГРАФИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В КАМЕРЕ-ОБСКУРЕ

(Представлено академиком В. В. Чавчанидзе 19.4.1976)

Вопросы формирования изображения источников света в камере-обскуре широко рассмотрены в литературе. Известна передаточная функция камеры-обскуры для некогерентного монохроматического света [1]. Однако с точки зрения голографии желательно одновременно с преобразованием Фурье иметь и преобразование Френеля [2] функции отклика [3] данной системы.

В настоящей работе исследовано преобразование Френеля функции отклика камеры-обскуры в случае некогерентного монохроматического света и на основе проведенного исследования установлено, что

а) фотопластинка, на которой зарегистрировано изображение некогерентного монохроматического источника света в зоне дифракции Френеля, имеет свойство голограммы;

б) при освещении некогерентным монохроматическим светом голограммы, полученной в когерентном свете, в камере-обскуре в зоне дифракции Френеля можно наблюдать изображение предмета, записанного на голограмме.

Функция отклика камеры-обскуры для некогерентного монохроматического источника света в приближении Френеля дается формулой [1]

$$K(x, y; \xi, \eta) = \left| \iint_D d\alpha d\beta \exp \left\{ i \frac{k}{2} \left( \frac{1}{z} + \frac{1}{d} \right) (\alpha^2 + \beta^2) - \right. \right. \\ \left. \left. - ik \left[ \left( \frac{x}{z} + \frac{\xi}{d} \right) \alpha + \left( \frac{y}{z} + \frac{\eta}{d} \right) \beta \right] \right\} \right|^2, \quad (1)$$

где  $D$  — область малого отверстия камеры-обскуры,  $z$  — расстояние от источника до плоскости малого отверстия,  $d$  — расстояние от плоскости малого отверстия до плоскости получаемого изображения,

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$  — волновое число,  $x, y$  — координаты точки в плоскости источника,  $\xi, \eta$  — координаты точки в плоскости изображения.

Преобразование Френеля от функции (1) можно записать так [2]:

$$\Psi(u, v; \xi, \eta) = A \iint_D \iint_{D'} d\alpha d\beta d\alpha_1 d\beta_1 \exp \left\{ i \frac{k}{2} \left( \frac{1}{z} + \frac{1}{d} \right) \times \right.$$



$$\begin{aligned} & \times (\alpha^2 + \beta^2 - \alpha_1^2 - \beta_1^2) - i \frac{k}{d} [(\alpha - \alpha_1) \xi + (\beta - \beta_1) \eta] \} \times \\ & \times \iint_{-\infty}^{\infty} dx dy \exp \left\{ -i \frac{k}{z} [(\alpha - \alpha_1) x + (\beta - \beta_1) y] + \right. \\ & \left. + i \frac{k}{2M} [(u - x)^2 + (v - y)^2] \right\}, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $M$  — расстояние между плоскостями  $(x, y)$  и  $(u, v)$ ,  $A$  — постоянное число.

Производя интегрирование по  $x$  и  $y$ , из (2) находим, что

$$\begin{aligned} \Psi(u, v; \xi, \eta) = A' \iint_D \iint_{D'} d\alpha d\beta d\alpha_1 d\beta_1 \exp \left\{ i \frac{k}{2} \left( \frac{1}{z} + \frac{1}{d} - \frac{M}{d^2} \right) (\alpha^2 + \beta^2) - \right. \\ - i \frac{k}{2} \left( \frac{1}{z} + \frac{1}{d} + \frac{M}{d^2} \right) (\alpha_1^2 + \beta_1^2) - ik \left[ \left( \frac{u}{z} + \frac{\xi}{d} \right) (\alpha - \alpha_1) + \right. \\ \left. + \left( \frac{v}{z} + \frac{\eta}{d} \right) (\beta - \beta_1) \right] \left. \right\} \exp \left\{ ik \frac{M}{d^2} (\alpha \alpha_1 + \beta \beta_1) \right\}, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $A'$  — постоянное число.

Как видно, преобразование Френеля от функции отклика данной системы имеет довольно сложный вид, который очень упрощается в плоскости

$$\frac{1}{z} + \frac{1}{d} - \frac{M}{d^2} = 0. \quad (4)$$

Действительно, в этом случае из формулы (3) имеем

$$\begin{aligned} \Psi(u, v; \xi, \eta) = A' \iint_{D'} d\alpha_1 d\beta_1 \exp \left\{ -ik \frac{M}{d^2} (\alpha_1^2 + \beta_1^2) + ik \left[ \left( \frac{u}{z} + \frac{\xi}{d} \right) \alpha_1 + \right. \right. \\ \left. \left. + \left( \frac{v}{z} + \frac{\eta}{d} \right) \beta_1 \right] \right\} \times \\ \times 2\pi a \frac{J_1 \left[ ka \sqrt{\left( \frac{u}{z} + \frac{\xi}{d} - \frac{M}{d^2} \alpha_1 \right)^2 + \left( \frac{v}{z} + \frac{\eta}{d} - \frac{M}{d^2} \beta_1 \right)^2} \right]}{k \sqrt{\left( \frac{u}{z} + \frac{\xi}{d} - \frac{M}{d^2} \alpha_1 \right)^2 + \left( \frac{v}{z} + \frac{\eta}{d} - \frac{M}{d^2} \beta_1 \right)^2}}, \end{aligned} \quad (5)$$

где  $a$  — радиус малого отверстия камеры-обскуры,  $J_1(\ )$  — функция Бесселя первого порядка.

Если при  $\frac{ka^2}{d} < 1$  выполняется и условие  $ka \gg 1$ , тогда, согласно [4],

$(a/\lambda) J_1 [ka \sqrt{t_1^2 + t_2^2}] / \sqrt{t_1^2 + t_2^2} \approx \delta(t_1) \delta(t_2)$ , где  $\delta(\ )$  — дельта-функция Дирака. Поэтому формула (5) примет вид

$$\Psi(u, v; \xi, \eta) = B \operatorname{circ} \left[ \sqrt{\left(\frac{u}{z} + \frac{\xi}{d}\right)^2 + \left(\frac{v}{z} + \frac{\eta}{d}\right)^2} \left/ \left(\frac{1}{z} + \frac{1}{d}\right) a \right. \right], \quad (6)$$

где  $\operatorname{circ}(\ )$  — круговая функция [4],  $B$  — постоянное число.

Легко показать, что для функции  $\Psi(u, v; \xi, \eta)$  можно получить аналогичное выражение (6) и при  $\frac{1}{z} + \frac{1}{d} + \frac{M}{d^2} = 0$ .

Теперь используем результат (6) в теории голографии.

Допустим, что в камере-обскуре в зоне дифракции Френеля на фотопластинке зафиксировано изображение некогерентного монохроматического источника света. Тогда коэффициент прозрачности такого «транспаранта» будет пропорционален функции

$$I(\xi, \eta) = \iint_{-\infty}^{\infty} I_0(x, y) K(x, y; \xi, \eta) dx dy, \quad (7)$$

где  $I_0(x, y)$  — распределение интенсивности на источнике.

Пусть этот транспарант освещается плоским монохроматическим когерентным светом с длиной волны  $\lambda$  и дифракционная картина наблюдается на расстоянии  $M$ , определяемом выражением (4). В этом случае для распределения поля имеем

$$\varphi(u, v) = C \cdot \iint_{p^2 + q^2 \leq a^2} dp dq I_0 \left[ \left(1 + \frac{z}{d}\right) p - \frac{z}{d} u, \right. \\ \left. \left(1 + \frac{z}{d}\right) q - \frac{z}{d} v \right], \quad (8)$$

где  $c$  — постоянное число.

Используя теорему о среднем значении [5], находим, что

$$\varphi(u, v) \approx CI_0 \left[ -\frac{z}{d} u + \left(1 + \frac{z}{d}\right) p_0, -\frac{z}{d} v + \left(1 + \frac{z}{d}\right) q_0 \right], \quad (9)$$

где  $p_0$  и  $q_0$  — координаты некоторой точки внутри области  $p^2 + q^2 \leq a^2$ . Следовательно, каждая точка источника в восстановленном изображении будет размыта в круге радиусом  $\left(1 + \frac{d}{z}\right) a$ .

Согласно формуле (4), в восстановленном изображении сохранится объемность источника, если  $z \sim d$ .

Теперь исследуем обратную задачу. Представим, что перед камерой-обскурой имеется голограмма, снятая в когерентном свете, а изображение наблюдается в камере-обскуре в плоскости, определяемой формулой (4), где  $M$  будет в этом случае фокусным расстоянием голограммы.

Для простоты допустим, что имеется голограмма точечного источника света, т. е.

$$I_0(x, y) \approx A_0 + \exp \left\{ i \frac{k}{2M} [(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2] \right\} + \exp \left\{ -i \frac{k}{2M} [(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2] \right\}, \quad (10)$$

где  $x_0, y_0$  — координаты точечного источника,  $A_0$  — постоянное число.

Если выражение (10) подставить в формулу (7) и опять использовать вышепроведенные расчеты, то для распределения интенсивности в плоскости изображения получим

$$I(\xi, \eta) = A_1 + B_1 \text{circ} \left[ \sqrt{\left( \frac{x_0}{z} + \frac{\xi}{d} \right)^2 + \left( \frac{y_0}{z} + \frac{\eta}{d} \right)^2} / \left( \frac{1}{z} + \frac{1}{d} \right) a \right], \quad (11)$$

где  $A_1$  и  $B_1$  — постоянные числа.

Последнее выражение означает, что с голограммы точечного источника в некогерентном монохроматическом свете в камере-обскуре восстанавливается размытое изображение точки. Величина размытости зависит от значений  $z$  и  $d$ .

Таким образом, преобразование Френеля функции отклика камеры-обскуры делает возможным простое описание голографических эффектов в этом оптическом приборе.

Академия наук Грузинской ССР

Институт кибернетики

(Поступило 22.4.1976)

ფიზიკა

მ. ბაზაძე, რ. მეგრელიშვილი, ტ. ებრალიძე

ჰოლოგრაფიული ეფექტები კამერა-ობსკურაში

რეზიუმე

გამოკვლეულია კამერა-ობსკურის გამოძახილის ფუნქციის ფრენელის გარდაქმნა არაკოჰერენტული მსინათლის შემთხვევაში. შესწავლილია ამ ოპტიკურ ხელსაწყოში მიღებული ზოგიერთი ჰოლოგრაფიული ეფექტი.

PHYSICS

M. A. BAZADZE, R. Sh. MEGRELISHVILI, T. D. EBRALIDZE

HOLOGRAPHIC EFFECTS IN THE CAMERA OBSCURA

Summary

Fresnel transformation of the camera obscura response function in the case of incoherent monochromatic light has been studied. Some holographic effects occurring in this optical device are considered on the basis of the obtained result.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. R. E. Swing, D. P. Rooney. J. Opt. Soc. Am., 58, № 5, 1968, 629.
2. Л. Мерц. Интегральные преобразования в оптике. М., 1969.
3. Э. О'Нейл. Введение в статистическую оптику. М., 1966.
4. Дж. Гудмен. Введение в Фурье-оптику. М., 1970.
5. Г. Корн, Т. Корн. Справочник по математике. М., 1968.

Д. А. ТОГОНИДZE, М. Л. ЧЕЛИШВИЛИ

## ВЛИЯНИЕ ОДНООСНОГО ДАВЛЕНИЯ НА МАГНИТНУЮ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ БАЗАЛЬТОИДОВ, СОДЕРЖАЩИХ ГОМОГЕННЫЙ ТИТАНОМАГНЕТИТ

(Представлено академиком Б. К. Балавадзе 26.3.1976)

В связи с интенсивным развитием исследований в области магнетизма горных пород и палеомагнетизма наиболее актуальными стали проблемы изучения свойств ферромагнитных минералов и содержащих их горных пород в зависимости от одноосного давления.

Как известно, в вулканогенных породах наиболее распространенным магнитным минералом является титаномагнетит ( $\text{Fe}_2\text{TiO}_4$ ) различного фазового состава. Одна из его фаз — гомогенный титаномагнетит. С увеличением процентного содержания Ti уменьшается энергия обменного взаимодействия между подрешетками титаномагнетита, в результате чего могут изменяться его магнитные свойства в различных физических полях.

В настоящей работе исследовано влияние одностороннего давления на магнитную восприимчивость базальтоидов, содержащих гомогенный титаномагнетит. Изучено несколько образцов базальтоидов из районов Южной Грузии. Содержание титаномагнетита не превышает 5–6%. Гомогенность титаномагнетита в образцах пород установлена термомагнитным, минералогическим и локальным рентгеноспектральным анализом. По минералогическим данным (с увеличением микроскопа до  $1425\times$ ), образцы содержат гомогенный титаномагнетит; размеры кристаллов варьируют в пределах 10–200 мкм. Температура Кюри определялась методом температурного размагничивания естественной остаточной намагниченности насыщения —  $I_{rs}(T)$ . Характерные кривые  $I_{rs}(T)$  приведены на рис. 1 (образец № 153) и 2 (образец № 164). Термомагнитный анализ дает одну главную магнитную фазу с температурой Кюри 250–300°C. Микрохимический анализ ряда кристаллов титаномагнетита показывает следующий химический состав: Fe = 30,6%, Ti = 9,2%, O ~ 60,2%. Примеси других химических элементов не наблюдаются. Таким образом, в кристаллической решетке имеются магнитные ионы Fe и немагнитные ионы Ti. При этом процентное содержание Ti весьма значительно. Магнитная восприимчивость,  $\chi$  образцов в ненапряженном состоянии составляет  $3 \cdot 10^{-4} - 8 \cdot 10^{-4}$  СГС.

Для выявления обратимых и необратимых изменений  $\chi$  от давления  $P$  измерения проводились по циклу  $0 \rightarrow P_1 \rightarrow 0 \rightarrow P_2 \rightarrow 0 \dots P_n \rightarrow 0$ ;  $P_n > P_{n-1}$ . Точность измерения  $\chi(P)$  составляла 1–2%. Образцы пород имели форму куба.



На рис. 3 (образец № 153) и 4 (образец № 164) в качестве примера приведены кривые изменения  $\chi$  от давления при первой механической нагрузке (а) и при наложении давления на те же образцы при-

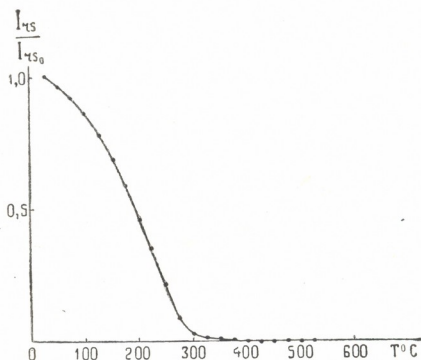


Рис. 1

мерно через 24 часа (б). Кривая  $\chi$  при  $P=0$  на фигурах а обозначена крестиками, а на фигурах б — треугольниками. Магнитная восприимчивость образцов в начальном диапазоне давлений (до 200  $\text{кГ/см}^2$ ) довольно резко и неоднозначно меняется в пределах 35—40% от исход-

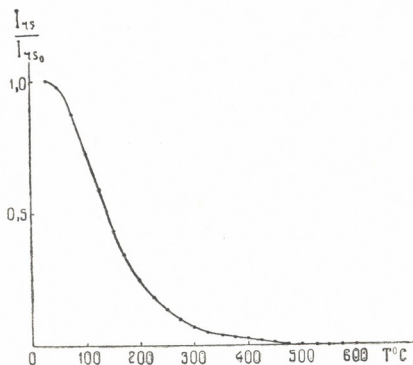


Рис. 2

ной величины  $\chi$ . С ростом давления от 200  $\text{кГ/см}^2$   $\chi$  линейно возрастает и при  $P=500 \text{ кГ/см}^2$  достигает 25—30%. Характерна высокая степень необратимости изменения  $\chi$  ( $P$ ). Необратимость особенно ве-

лика в начальном диапазоне давлений (до 200 кг/см<sup>2</sup>). При повторных наложениях давления через 24 часа степень необратимости  $\chi$  до давления 200 кг/см<sup>2</sup> уменьшается, а при более высоких давлениях изме-

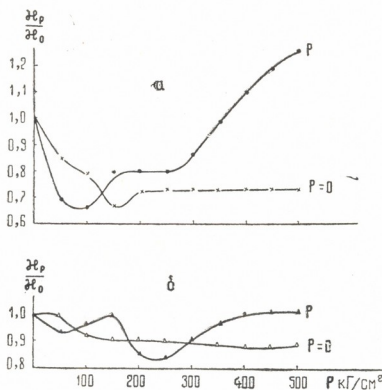


Рис. 3

нение становится обратимым. При этом вид зависимости  $\chi$  от давления также является сложным.

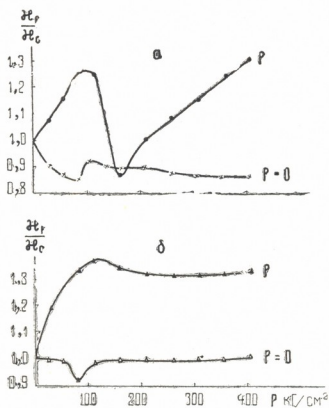


Рис. 4

Значительное и сложное изменение магнитной восприимчивости с ростом давления при содержании в породе гомогенного титаномангнетита, по-видимому, можно объяснить диффузионными процессами перерас-



пределения магнитных ( $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ) и немагнитных (Ti) подрешетках титаномагнетита.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт геофизики

(Поступило 9.4.1976)

გეოფიზიკა

დ. ტოგონიძე, მ. ლელიშვილი

ცალმხრივი წნევის გავლენა ჰომოგენური  
 ტიტანომაგნეტიტის შემცველი ბაზალტოიდის  
 მაგნიტურ შემთვისებლობაზე

რეზიუმე

შესწავლილია ჰომოგენური ტიტანომაგნეტიტის შემცველი ბაზალტოიდის მაგნიტური შემთვისებლობის ( $\chi$ ) ცვლილება ცალმხრივი მექანიკური წნევის პირობებში.

ქანის მაგნიტური შემთვისებლობა მკვეთრად იცვლება 0—200 კგ/სმ<sup>2</sup> წნევის დროს. წნევის შემდგომი გაზრდით  $\chi$  იზრდება და 500 კგ/სმ<sup>2</sup> წნევის პირობებში აღწევს საწყისი მნიშვნელობის 25—30%. მაგნიტური შემთვისებლობის ცვლილება წარმოადგენს შეუქცევად პროცესს. წნევის განმეორებითი შემოქმედება 24 საათის შემდეგ იწვევს  $\chi$  ისეთსავე რთულ ცვლილებას. მაგნიტური შემთვისებლობის რთული ცვლილება და შეუქცევადობა წნევის ზრდასთან ერთად შეიძლება აიხსნას ტიტანომაგნეტიტის ქვემესერებში მდებარე მაგნიტური ( $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ) და არამაგნიტური Ti იონების დიფუზური გადანაწილებით.

GEOPHYSICS

D. A. TOGONIDZE, M. L. CHELISHVILI

## EFFECT OF UNIAXIAL COMPRESSION ON THE MAGNETIC SUSCEPTIBILITY OF BASALTOIDS CONTAINING HOMOGENEOUS TITANOMAGNETITE

Summary

The effect of uniaxial compression on the magnetic susceptibility of basaltoids containing homogeneous titanomagnetite with Curie temperature of 250°-300° has been investigated.

Magnetic susceptibility of rocks at initial range of compressions (up to 200 kg/cm<sup>2</sup>) sharply changes within the range of 35-40% of the initial value  $\chi$ . With the increase of compression from 200 kg/cm<sup>2</sup>,  $\chi$  increases linearly, at  $P=500$ kg/cm<sup>2</sup> reaching 25-30%. In this case the change of magnetic susceptibility is irreversible. At repeated applications of compression, after 24 hours the change of  $\chi$  is also complicated, but the degree of irreversibility decreases. Considerable and complicated change of magnetic susceptibility with the rise of compression and the high degree of irreversibility may apparently be explained by the diffusion process of redistribution of magnetic ( $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ) and nonmagnetic (Ti) ions in the sublattices of titanomagnetite.

Г. Д. МАНАГАДЗЕ, В. К. ГЛОНТИ, А. И. РУСАДЗЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ КООРДИНАТЫ  
ЦЕНТРА ВОЗМУЩАЮЩИХ МАСС ПО ЛОКАЛИЗОВАННОЙ  
АНОМАЛИИ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ

(Представлено академиком Б. К. Балавадзе 18.5.1976)

В теории гравитационного потенциала доказано, что по заданному на поверхности Земли распределению вертикальной составляющей аномалии силы тяжести  $\Delta g$  однозначно определяются масса  $M$  возмущающего объекта и горизонтальные координаты  $(x_0, y_0)$  его центра тяжести. При вычислении вертикальной координаты  $z_0$  надо знать распределение на поверхности земли не только  $\Delta g$ , но и какой-либо другой производной потенциала силы тяжести [1, 2].

Наряду со строгими формулами для определения центра тяжести исследуемых масс, иногда ведутся расчеты по приближенным формулам, позволяющим находить положение точки, близкой к центру тяжести аномальных масс. Одна из таких формул, полученная Н. Л. Афанасьевым [3], в двухмерном случае имеет вид

$$z_{cp} = \frac{1}{2\pi} \frac{\left[ \int_{-\infty}^{\infty} \Delta g(x) dx \right]^2}{\int_{-\infty}^{\infty} \Delta g^2(x) dx}, \quad (1)$$

где  $z_{cp}$  — эффективная глубина, которая близка к глубине до центра тяжести, если вертикальные размеры тела близки к горизонтальным [3] и располагаются ниже или выше центра тяжести аномальных масс в зависимости от того, вертикальные размеры тела меньше или превышают его горизонтальные размеры.

Формула (1) удобна тем, что в нее, кроме  $\Delta g$ , не входят другие производные потенциала силы тяжести, которые непосредственно не изменяются. Использование соотношения (1) для определения  $z_{cp}$  значительно осложняется, если интерпретируемые аномалии искажены влиянием глубинных объектов. Для исключения таких помех предложены различные методы, например метод вариаций, предложенный Б. А. Андреевым:

$$\delta \Delta g(x) = \Delta g(x) - \frac{1}{2} [\Delta g(x+l) + \Delta g(x-l)], \quad (2)$$

где  $l$  — параметр преобразования.



В связи с этим представляет интерес определение вертикальной координаты центра тяжести аномальных объектов по вариациям аномалий  $\Delta g$ . Для этого умножим обе части уравнения (2) на  $x^2$  и проинтегрируем в пределах от  $-\infty$  до  $+\infty$ :

$$\int_{-\infty}^{\infty} x^2 \delta \Delta g(x) dx = \int_{-\infty}^{\infty} x^2 \Delta g(x) dx - \frac{1}{2} \left[ \int_{-\infty}^{\infty} x^2 \Delta g(x+l) dx + \int_{-\infty}^{\infty} x^2 \Delta g(x-l) dx \right]. \quad (3)$$

Используя подстановку  $x \pm l = v$ , после несложных преобразований получаем

$$\int_{-\infty}^{\infty} x^2 \delta \Delta g(x) dx = -l^2 \int_{-\infty}^{\infty} \Delta g(x) dx,$$

откуда

$$\int_{-\infty}^{\infty} \Delta g(x) dx = - \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x^2}{l^2} \delta \Delta g(x) dx. \quad (4)$$

Запишем вариационную формулу для функции  $\Delta g^2(x)$  в виде

$$\delta [\Delta g^2(x)] = \Delta g^2(x) - \frac{1}{2} [\Delta g^2(x+l) + \Delta g^2(x-l)]$$

и воспользуемся преобразованием (3) с учетом подстановки  $x \pm l = v$ . Получим

$$\int_{-\infty}^{\infty} x^2 \delta [\Delta g^2(x)] dx = l^2 \int_{-\infty}^{\infty} \Delta g^2(x) dx,$$

откуда

$$\int_{-\infty}^{\infty} \Delta g^2(x) dx = - \frac{1}{l^2} \int_{-\infty}^{\infty} x^2 \delta [\Delta g^2(x)] dx. \quad (5)$$

Применив преобразование вида (2) к функции  $\delta [\Delta g^2(x)]$ , будем иметь

$$\delta \{ \delta [\Delta g^2(x)] \} = \delta [\Delta g^2(x)] - \frac{1}{2} \{ \delta [\Delta g^2(x+l)] + \delta [\Delta g^2(x-l)] \}.$$

Умножая обе части последнего равенства на  $x^4$  и интегрируя его в пределах от  $-\infty$  до  $+\infty$ , после некоторых преобразований, учитывая вместе с тем, что

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta [\Delta g^2(x)] dx = 0,$$

получаем

$$\int_{-\infty}^{\infty} x^4 \delta \{ \delta [\Delta g^2(x)] \} dx = -6l^2 \int_{-\infty}^{\infty} x^2 \delta [\Delta g^2(x)] dx. \quad (6)$$

Из формулы (6) видно, что

$$\int_{-\infty}^{\infty} x^2 \delta [\Delta g^2(x)] dx = \frac{1}{6l^2} \int_{-\infty}^{\infty} x^4 \delta \{ \delta [\Delta g^2(x)] \} dx,$$

или, учитывая (5), найдем

$$\int_{-\infty}^{\infty} \Delta g^2(x) dx = \frac{1}{6} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x^4}{l^4} \delta \{ \delta [\Delta g^2(x)] \} dx. \quad (7)$$

Внеся (4) и (7) в формулу (1), получим

$$z_{cp} = \frac{3}{\pi} \frac{\left[ \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x^2}{l^2} \delta \Delta g(x) dx \right]^2}{\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x^4}{l^4} \delta \{ \delta [\Delta g^2(x)] \} dx}. \quad (8)$$

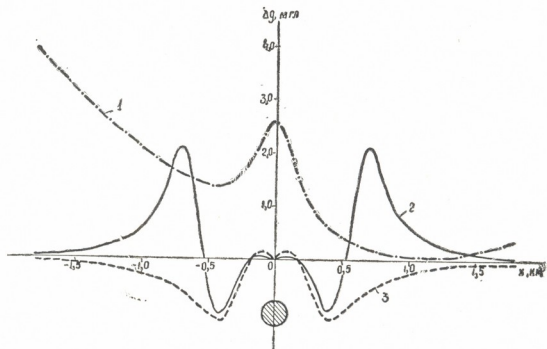


Рис. 1. Определение вертикальной координаты центра возмущающего тела по аномалии  $\Delta g(x)$ : 1 — наблюдаемая аномалия силы тяжести

$\Delta g(x)$ ; 2 — функция  $\frac{x^4}{l^4} \delta \{ \delta [\Delta g^2(x)] \}$ ; 3 — функция  $\frac{x^2}{l^2} \delta \Delta g(x)$ .



Опробование формулы (8) на теоретическом примере (рис. 1) для случая горизонтального кругового цилиндра с глубиной залегания  $z=200$  м, массой единицы длины  $\lambda=3,14 \cdot 10^8$  г/см и региональным фоном, заданным формулой

$$\Delta g_{\text{рег}} = (0,005 x^2 - 0,1 x + 0,5) \text{ мГЛ},$$

для эффективной глубины залегания центра тяжести дает  $z=190$  м, что составляет 95% от истинной глубины залегания центра тяжести горизонтального кругового цилиндра.

Тбилисский государственный университет

Трест «Грузнефтегеофизика»

(Поступило 20.5.1976)

გეოფიზიკა

ბ. მანაგაძე, ვ. ლლონტი, ა. რუსაძე

სიმძიმის ძალის ლოკალიზებული ანომალიის საშუალებით  
ანომალური სხეულის სიმძიმის ცენტრის ვერტიკალური  
კოორდინატის განსაზღვრა

რეზიუმე

ნ. აფანასიევის მიერ მოწოდებული ანალიზური გამოსახულების საფუძველზე დამუშავებულია ლოკალიზებული ანომალიის საშუალებით ანომალური სხეულის ეფექტური სიღრმის განსაზღვრის მეთოდი.

GEOPHYSICS

G. D. MANAGADZE, V. K. GLONTI, A. I. RUSADZE

ON THE DETERMINATION OF THE VERTICAL COORDINATE  
OF THE GRAVITY CENTRE OF AN ANOMALOUS BODY BY  
RECOURSE TO THE LOCAL ANOMALY OF GRAVITY

Summary

On the basis of an analytical expression introduced by N. Afanasyev a method of determining the effective depth of the anomalous body is worked out by means of the local anomaly.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. А. Гамбургцев. Сб. «Прикладная геофизика», вып. 1, М., 1936.
2. А. А. Заморев. Изв. АН СССР, сер. геофиз. и геогр., № 3, 1939.
3. Н. Л. Афанасьев. Сб. «Прикладная геофизика», вып. 25, М., 1960.



УДК 550.834.04

ГЕОФИЗИКА

С. А. ВЫГОДНЕР, Э. Э. ГРУЗМАН

КИНЕМАТИКА НЕПРОДОЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ МОГТ

(Представлено академиком Б. К. Балавадзе 12.4.1976)

Повышение геолого-экономической эффективности сейсморазведочных исследований (МОГТ) может быть достигнуто за счет одновременной регистрации сейсмических записей на нескольких линиях наблюдения.

В этой связи представляет интерес рассмотрение кинематических особенностей непродольных наблюдений МОГТ.

Для вывода уравнения годографа ОГТ совместим начало координат с проекцией на плоскость хоу точки отражения при горизонтальной отражающей поверхности. Ось  $x$  направим по падению, ось  $y$  — по простиранию (рис. 1). Отражающая поверхность залегает на глубине  $H$  по нормали в начале координат, имеет истинный угол падения  $\alpha$ , скорость в однородной покрывающей толще равна  $V$ .

Каждому положению линии взрыв-прием, совокупность наблюдений которых образует сейсмограмму ОГТ, соответствуют своя плоскость расположения сейсмических лучей  $Q_j$  и свой кажущийся угол наклона границы  $\varphi_j, j=1, \dots, m$ , где  $m$  — кратность наблюдений. В то же время  $Q_j$  перпендикулярны к отражающей плоскости, т. е. перпендикуляр  $00^* = H$  является для них общим. Исходя из этого в соответствии с известным [1, 2] уравнением годографа ОГТ при наклонном залегании границы можно записать

$$t_j = \sqrt{t_0^2 + \frac{r_j^2}{v^2} \cos^2 \varphi_j}, \quad (1)$$

где  $r_j = \sqrt{d^2 + l_j^2}$  — расстояние взрыв-прием;  $l_j$  — проекция отрезка взрыв-прием на линию профиля;  $d$  — ордината точки взрыва.

Связь между истинным и кажущимся углом наклона границ выражается [3] в виде

$$\sin \varphi_j = \sin \alpha \cos \psi_j, \quad (2)$$

где  $\psi_j$  — угол между осью  $x$  (направление падения) и следом плоскости  $Q_j$  (направлением взрыв-прием).

Из рис. 1 видно, что

$$\psi_j = \Theta - \beta_j, \quad (3)$$

где  $\Theta$  — угол между осью  $x$  (направление падения) и профилем наблюдений;  $\beta_j$  — угол между профилем и направлением  $j$ -й линии взрыв-прием, где

$$\operatorname{tg} \beta_j = \frac{d}{l_j}. \quad (4)$$

Подставляя в (1) значение  $\cos^2 \varphi_i$  из (2), с учетом (3) и (4) получаем

$$t_j = \sqrt{t_0^2 + \frac{l_j^2 + d^2}{v^2} \left[ 1 - \sin^2 \alpha \left( \frac{l_j}{\sqrt{l_j^2 + d^2}} \cos \Theta + \frac{d}{\sqrt{l_j^2 + d^2}} \sin \Theta \right)^2 \right]}. \quad (5)$$

Для наблюдений вкост простирания ( $\Theta=0$ ) и по простиранию ( $\Theta=90^\circ$ ). В этих случаях уравнения годографа (5) соответственно запишутся в виде

$$t_{j(\Theta=0)} = \sqrt{t_0^2 + \frac{\frac{d^2}{\cos^2 \alpha} + l_j^2}{v^2} \cos^2 \alpha}, \quad (6)$$

$$t_{j(\Theta=90^\circ)} = \sqrt{t_0^2 + \frac{d^2 \cos^2 \alpha + l_j^2}{v^2}}. \quad (7)$$

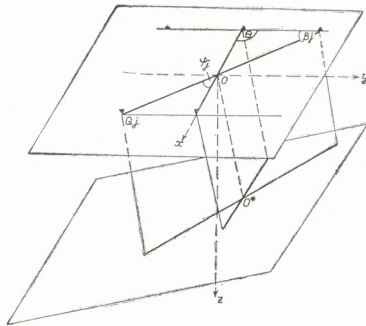


Рис. 1. К выводу уравнения годографа

Как видно из (6) и (7), для указанной ориентации профилей при наклонном залегании отражающей плоскости или для любой ориентации при горизонтальном залегании ( $\alpha=0$ ) годографы ОГТ представляют собой гиперболы и по крутизне соответствуют годографам при соответствующих продольных наблюдениях, т. е. направленные свойства этих интерференционных систем будут идентичны при совпадающих

скоростных параметрах  $v_{\text{ОГТ}} = \frac{v}{\cos \alpha}$  и рассоянии взрыв-прием по линии профиля  $l_j$ . Это позволяет для синтеза приемных систем при продольных наблюдениях исходить из известных и хорошо изученных [1, 4] направленных свойств интерференционной системы МОГТ при продольных наблюдениях.

Вынос пункта взрыва от линии профиля с чисто кинематических позиций будет приводить только к параллельному смещению годографа по оси времен на величину  $\Delta t$ , зависящую в общем случае от  $d$ ,  $V$  и  $\alpha$ . (6) и (7) могут быть записаны в обобщенном виде

$$t_j = \sqrt{t_0^2 + \frac{\Delta l^2 + l_j^2}{v_{\text{ОГТ}}^2}}, \quad (8)$$

где  $\Delta l^2 = \frac{d^2}{\cos^2 \alpha}$  при  $\Theta=0$ ,  $\Delta l^2 = d^2 \cos^2 \alpha$  при  $\Theta=90^\circ$  и соответственно для горизонтального залегания  $\Delta l^2 = d^2$ . Для наклонных отражающих

поверхностей при  $\alpha \leq 15^\circ$  с ошибкой не более 3%, т. е. с ошибкой, соизмеримой с действием других факторов, величина смещения  $\Delta l$  в (8) может быть принята равной величине выноса пункта взрыва  $d$ .

Это допущение позволяет получить общее выражение, пригодное для расчета кинематических поправок как на этапе задания зависимости  $v_{орт} = f(t_0)$  по априорным данным, так и на этапе коррекции этой зависимости:

$$\delta t_j = \sqrt{t_0^2 + \frac{d^2}{v_{орт}^2} + \frac{l_j^2}{v_{орт}^2}} - t_0. \quad (9)$$

Известно [2], что при наклонном залегании границ точки отражения смещаются по восстанию относительно положения, соответствующего центру отрезка взрыв-прием. Величина смещения в плоскости расположения лучей описывается выражением

$$L = \frac{r^2 \sin 2\varphi}{8H}. \quad (10)$$

Очевидно, что при непродольных наблюдениях для каждого  $j$ -го направления взрыв-прием смещение точки отражения по границе будет происходить в своей плоскости  $Q_j$  на величину, зависящую от расстояния взрыв-прием  $r_j$  и кажущегося угла наклона  $\varphi_j$ , т. е. будет захватывать некоторую область отражающей плоскости. Представляет интерес оценить размеры и форму этой области.

Подставляя в (10) значение кажущегося угла  $\varphi_j$ , выраженное через (2), (3) и (4), после несложных преобразований получаем

$$\Delta l_{l}(\theta = 0) = \frac{\gamma \sqrt{\gamma^2 \cos^2 \alpha + 1}}{4c} \sin \alpha, \quad (11)$$

$$\Delta l_{l}(\theta = 90^\circ) = \frac{\sqrt{\gamma^2 + \cos^2 \alpha}}{4c} \sin \alpha, \quad (12)$$

где  $\Delta l = \frac{L}{d}$ ;  $\gamma = \frac{l}{d}$ ;  $c = \frac{H}{d}$ .

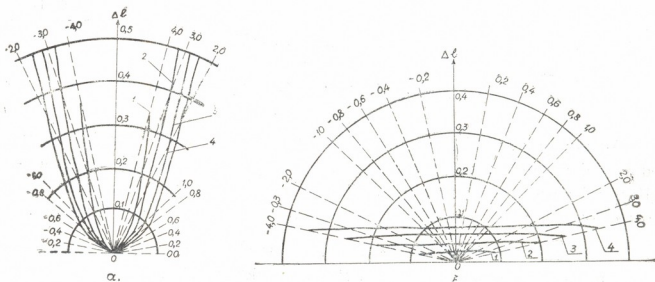


Рис. 2. Диаграммы зависимости смещения точки отражения от расстояния и направления линии взрыв-прием: а — профиль вкрест простирания; б — профиль по простиранию; 1, 2, 3, 4 — углы падения отражающей плоскости 5, 10, 15, 20°

На рис. 2 представлены в полярной системе координат графики  $\Delta l = f(r)$  при  $C=1$  для углов наклона  $d=5, 10, 15, 20^\circ$ . При значении



$C \neq 1$  величины  $\Delta l$  должны быть умножены на коэффициент, равный  $\frac{1}{C}$ .

Графики могут быть использованы для оценки и ограничения сверху значений  $l$  и  $d$  при заданных параметрах разреза.

Из полученных графиков следует, что при расположении профилей вкрест простирания область смещения ограничивается некоторой кривой параболического вида, ширина области увеличивается с ростом расстояний взрыв-прием ( $v$ ) и углов наклона  $\alpha$ . При расположении профилей по простиранию размеры области существенно меньше, чем в первом случае, и граница ее имеет вид прямой параллельной линии простирания.

Кроме того, видно, что при профилях, расположенных вкрест простирания, с позиции меньшего «расфокусирования» предпочтительнее центральные схемы наблюдений.

Из анализа графиков  $\Delta l = f(v)$  можно в целом заключить, что при  $\gamma \leq 3,0$   $C \geq 1$  величины смещений соизмеримы с размерами участка границы, формирующей отраженную волну [5], и при указанном диапазоне параметров схем наблюдений и параметров разреза смещение точек отражения можно не учитывать.

Трест Грузнефтегеофизика

(Поступило 16.4.1976)

გეოფიზიკა

ს. ვიგოდნერი, ე. გრუზმანი

საერთო სიღრმული წერტილის მეთოდით არაგანსწვრივ  
დაკვირვებათა კინემატიკა

რეზიუმე

გეომეტრიული სეისმიკის პოზიციიდან მიღებულია საერთო სიღრმული წერტილის პოდოგრაფის განტოლება არაგანსწვრივ დაკვირვებათა დროს [5] და მისგან გამომდინარე გამოსახულება შესწორებათა გამოსათვლელად [9], რომლებიც პირველად დაკვირვებებს გარდაქმნიან დროის კრილში.

GEOPHYSICS

S. A. VIGODNER, E. E. GRUZMAN

## KINETICS OF NON-LONGITUDINAL OBSERVATIONS OF THE COMMON DEPTH POINT METHOD

Summary

An analysis of the available materials from geometric seismics has yielded a hodograph equation of the common depth point (CDP) under non-longitudinal observations as well as the ensuing expression for calculating the corrections transforming the parent observations into a temporal profile.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. Б. Левянт и др. Обзор № 31, ОНТИ ВИЭМС, 1970.
2. М. Б. Рапопорт. Автоматическая обработка записей колебаний в сейсморазведке. М., 1973.
3. Н. Н. Пузырев. Интерпретация сейсморазведки методом отраженных волн. М., 1959.
4. В. И. Мешбей. Сейсморазведка методом общей глубинной точки. М., 1973.
5. Б. Р. Завалишин. Прикладная геофизика, № 77, 1975.



Е. Ф. САВАРЕНСКИЙ (член-корреспондент АН СССР), П. В. МАНДЖГАЛАДЗЕ,  
О. В. ЛУРСМАНАШВИЛИ

## О ВОЗМОЖНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ГОЛОВНЫХ ВОЛН РЭЛЕЯ

(Представлено академиком Б. К. Балавадзе 15.4.1976)

К числу наиболее характерных латеральных неоднородностей верхних частей Земли принадлежат так называемые вертикальные границы раздела, под которыми в сейсмологических исследованиях понимаются вертикально ориентированные поверхности, где упругие параметры и плотности претерпевают скачок.

Распространение волн Рэлея через вертикальные границы было предметом многих теоретических и экспериментальных исследований [1, 2]. В этой работе показано, что при падении волны Рэлея на вертикальную границу, помимо монотипных отраженных и проходящих волн, возможно образование трансформированных объемных волн  $F$  и  $S$ . При соблюдении определенных условий [2], образуются и волны Стоули, возбуждаемые волной Рэлея и распространяющиеся вниз вдоль несвободной поверхности контакта двух сред. Во всех перечисленных работах рассматривался случай, когда волна Рэлея падает по нормали к линии вертикальной границы. В общем случае наклонного падения могут создаться условия для образования и некоторых других вторичных волн.

Рассмотрим случай вертикального контакта двух четвертьпространств с различными скоростями распространения упругих волн. Расположим источник колебаний на свободной поверхности одного из четвертьпространств (рис. 1), характеризующегося меньшей скоростью волны Рэлея ( $V_{R_1} < V_{R_2}$ ). При соблюдении определенных условий [3] волна Рэлея будет доминирующей на волновой картине, наблюдаемой на расстоянии от источника  $x \geq \lambda_p$ , где  $\lambda_p$  — длина волны  $P$ . Проследим за распространением проходящей во вторую среду волны Рэлея, которая после преломления будет отклоняться в сторону границы раздела. При критическом угле падения, определяемом выражением

$i^* = \arcsin \frac{V_{R_1}}{V_{R_2}}$ , фронт проходящей волны становится перпендикулярным

границе. Начиная с этого момента волновой фронт во второй среде отрывається от фронта падающей волны и проходящая волна распространяется вдоль границы, опережая падающую. Оторвавшаяся таким образом волна Рэлея во второй среде несет возмущения, которые в силу неразрывности смещений на границе будут передаваться в первую среду.

На основании вышеизложенного нами сделано предположение о возможности образования головных волн Рэлея. Настоящая работа посвящена экспериментальной проверке этого предположения.



Наблюдение головной волны Рэлея и изучение некоторых ее свойств осуществлялись с помощью метода трехмерного ультразвукового моделирования. В эксперименте применялась стандартная аппаратура ИПА. Источником и приемником нормальных компонент ультразвуковых волн Рэлея служили датчики из пьезокерамики ЦТС-19 с демпфирующими насадками из латуни. Вертикальная граница раздела двух сред моделировалась с помощью блоков из базальта и сургуча, находящихся в жестком контакте. Данные, характеризующие эту

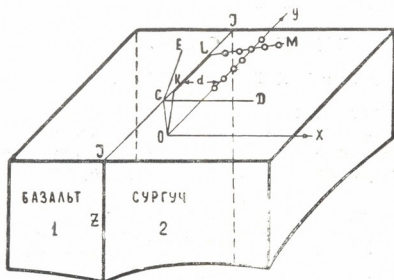


Рис. 1. Схема модели:  $II$  — вертикальная граница раздела;  $O$  — источник;  $CD$  — путь отраженной волны;  $CE$  — путь проходящей волны;  $OKLM$  — «конфигурация Минтропа»;  $OY$  — продольный профиль; на прямых  $OY$  и  $LM$  точками отмечены пикеты расположения приемника

модель, приведены в таблице. Схема модели приведена на рис. 1. По соотношению скоростей упругих волн и плотностей модель являлась близким аналогом переходной зоны от мощного слоя осадков к кристаллическим породам.

Материал модели	Размеры, мм	Скорость продольных волн, м/сек	Скорость поперечных волн, м/сек	Скорость волны Рэлея, м/сек	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Коэфф. Пуассона	Коэфф. затухания, см <sup>-1</sup>
Базальт	980×600×600	4500	2800	2600	2,6	0,20	0,017
Сургуч	600×450×400	2650	1350	1250	1,7	0,36	0,035

На рис. 2 представлена сейсмограмма, соответствующая наблюдениям по продольному профилю, параллельному линии контакта двух сред. Источник располагался на поверхности сургучного блока в 50 мм от границы (длина волны Рэлея  $\approx 9$  мм). Приемник передвигался с шагом 20 мм. На сейсмограмме (рис. 2) различается несколько типов волн, по первым вступлениям которых построены экспериментальные годографы. Сравнение этих годографов с теоретическими, рассчитанными на основании обычных представлений геометрической сейсмологии, позволило определить эти вступления как волны следующих типов:  $P$  — прямая продольная волна,  $R_1$  — прямая волна Рэлея,  $R_{121}$  — головная волна Рэлея. На записях можно выделить также отраженную волну Рэлея, вступающую вслед за прямой волной  $R_1$  и интерферирующую с ней.

С целью достоверности идентификации волны  $R_{121}$  были проверены некоторые ее динамические особенности. Если волна  $R_{121}$  представляет собой волну Рэлея, то она должна обладать основным свойством поверхностных волн: затухать с глубиной по экспоненциальному

закону. С другой стороны, известно [4], что изохроны поля времен головных волн, преломленных на вертикальной границе раздела, представляют собой семейство прямых. Приведенные особенности указывают на то, что волна  $R_{121}$  должна распространяться без геометрического расхождения. Последнее было проверено экспериментально. На рис. 3 приведена сейсмограмма, полученная при передвижении прием-

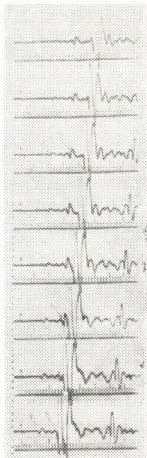


Рис. 1

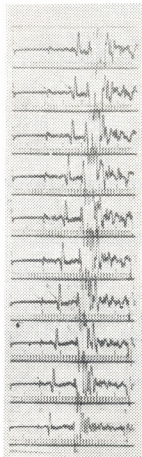


Рис. 2

ника вдоль луча  $LM$  с шагом 10 мм (рис. 1). Источник, так же как и в первом опыте, располагался на расстоянии 50 мм от вертикальной границы. Расстояние  $LK$  в эксперименте составляло 250 мм. Из сейсмограммы видно, что амплитуда волн  $R_{121}$  лишь незначительно уменьшается с расстоянием. Представим, что уменьшение амплитуды головной волны с расстоянием происходит по закону

$$A = A_0 e^{-\alpha x} x^{-n}, \quad (1)$$

где  $A_0$ —постоянная,  $x$ —расстояние от точки  $B$  вдоль  $LM$ ,  $n$ —показатель степени функции расхождения,  $\alpha$ —коэффициент поглощения.

Показатель расхождения  $n$  определялся, как угловой коэффициент прямой  $Y = \ln x$ , где  $Y = \ln \frac{A}{A_0} + \alpha x$ . Экспериментальный гра-

фик хорошо аппроксимируется прямой, параллельной оси абсцисс. Получилось, что для волны  $R_{121}$  показатель расхождения  $n=0$  и, следовательно, волна  $R_{121}$  может быть головной волной Рэлея. Надо отметить, что для образования головных поверхностных волн, кроме обычных условий, необходимых для возбуждения головных объемных волн [5], существенно то, что преломляющая граница должна быть негоризонтальной. С другой стороны, выделение на практике головных повер-



хностных волн может служить критерием существования негоризонтальных границ раздела в верхних слоях Земли. Здесь следует отметить, что в реальных условиях негоризонтальные границы залегают на некоторой глубине под покрывающей их однородной или горизонтально-слоистой средой. Однако очевидно, что образование головных поверхностей волн будет возможным, если глубина верхней кромки негоризонтальной границы находится в диапазоне проникновения поверхностной волны.

Академия наук СССР  
Институт физики Земли

Академия наук  
Грузинской ССР  
Институт геофизики

Тбилисский государственный  
университет

(Поступило 22.4.1976)

გეოფიზიკა

მ. სავარენსკი (სსრკ მეცნ. აკად. წევრ-კორესპონდენტი),  
პ. მანჯგალაძე, ო. ლურსმანაშვილი

რელების მოწინავე ტალღების წარმოშობის  
შესაძლებლობის შესახებ

რეზიუმე

განხილულია რელების მოწინავე ტალღების წარმოშობის წინაპირობები. ამ წინაპირობათა უეჭველობა ექსპერიმენტულად დამტკიცებულია სამგანზომილებიან სეისმურ მოდელზე. რელების მოწინავე ტალღების წარმოშობისათვის აუცილებელია, რომ გარდამტეხი ზედაპირი იყოს არაპორიზონტალური.

GEOPHYSICS

E. F. SAVARENSKY, P. V. MANJGALADZE, O. V. LURSMANASHVILI

ON THE POSSIBILITY OF RAYLEIGH-HEAD-WAVES GENERATION

Summary

The antecedents of Rayleigh-head-waves generation are considered in the paper. The reliability of the antecedents was demonstrated by means of a three-dimensional seismic model study. The model consisted of two blocks of seal-wax and basalt in fast contact with each other. One of the main conditions of Rayleigh-head-waves generation is the existence of non-horizontally-oriented refracting interface.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. A. McGarr, L. E. Alsop. J. Geophys. Res., 72, 8, 1967.
2. K. Wiswanathan. J. Geophys. Roy. Soc. 11, 1966.
3. И. П. Косминская. Изв. АН СССР, сер. геофиз., 1, 1956, 37—47.
4. И. С. Берзон. Высокочастотная сейсмика. М., 1957.
5. Г. А. Гамбурцев и др. Корреляционный метод преломленных волн. М., 1952.

ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Н. Д. КАЛАНДАДЗЕ, В. Н. ГАПРИНДАШВИЛИ

КИНЕТИКА ДЕСУЛЬФУРИЗАЦИИ ХАЛЬКОПИРИТА

(Представлено академиком Р. И. Агладзе 17.5.1976)

Литературные данные по кинетике окисления сульфидов металлов [1—6] разноречивы, что в основном обусловлено большими экспериментальными затруднениями. В настоящей статье приведены результаты изучения некоторых основных кинетических закономерностей десульфуризации минерала халькопирита в условиях обжига в псевдооживленном слое. Ранее разработанная методика с применением непрерывной автоматической регистрации процесса обжига сульфидных материалов [7] позволила достаточно детально выявить тот путь, по которому протекает десульфуризация халькопирита.

Исследованию подвергался природный минерал халькопирит состава (%): Cu—23,5 Fe—34,2, S — 38,6. Полуколичественным спектральным анализом в нем обнаружены сотые доли Si, Mg, Zn и тысячные доли Al, Mn, Pb, Ag, Sn. Величина зерен минерала класса —0,56 + 0,35 мм.

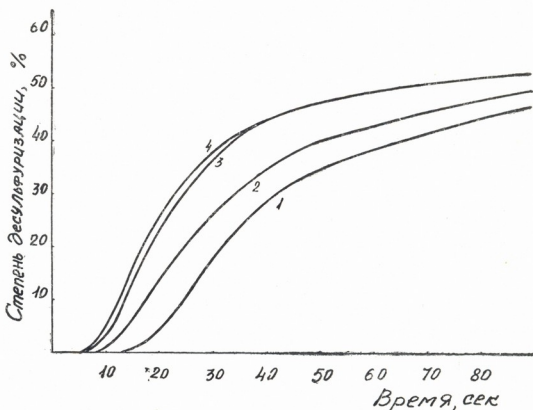


Рис. 1. Зависимость кинетики десульфуризации халькопирита от скорости воздушного потока ( $t=600^\circ\text{C}$ ,  $d=-0,56 + 0,35$  мм),  $V$  см/сек: 1—10,0; 2—13,5; 3—20,0; 4—25,0

Предварительно с целью обеспечения условий реализации кинетической области реакции и исключения выноса обжигаемого материала из зоны реакции экспериментально была подобрана необходимая ско-



рость потока (рис. 1). Наиболее благоприятные аэродинамические и диффузионные условия процесса обеспечиваются при скорости воздушного потока 20,0 см/сек.

Реакция окисления халькопирита протекает на границе раздела фаз, поэтому физическое состояние и топография поверхности сульфида и продуктов реакции определяют кинетику процесса. В исследуемом интервале температур (445—600°C) кинетические кривые десульфуризации халькопирита (рис. 2) идентичны и имеют характерную для

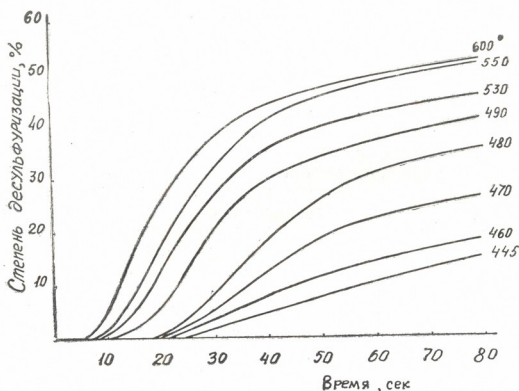


Рис. 2. Зависимость кинетики десульфуризации халькопирита от температуры ( $V=20$  см/сек.  $d=-0,56\pm 0,35$  мм)

топохимических реакций S-образную форму. В начальной стадии проявляется индукционный период реакции, происходит активация поверхности сульфида, возникают центры реакции и образуется новая фаза. Продолжительность этого периода зависит от физико-химических

#### Расчет константы скорости десульфуризации халькопирита

t°C	lg $\alpha = n$	lg k	lg n	$\frac{\lg k}{n}$	lg k	k, сек <sup>-1</sup>	$\frac{1}{T} \cdot 10^4$
445	2,0	-4,57	0,3010	-2,2850	-1,964	$1,08 \cdot 10^{-2}$	13,93
460	2,2	-4,56	0,3424	-2,0747	-1,732	$1,86 \cdot 10^{-2}$	13,64
470	3,1	-5,98	0,4914	-1,9289	-1,438	$3,65 \cdot 10^{-2}$	13,46
480	3,2	-5,87	0,5051	-1,8344	-1,329	$4,64 \cdot 10^{-2}$	13,28
490	3,6	-5,93	0,5563	-1,6442	-1,088	$8,17 \cdot 10^{-2}$	13,11
530	3,3	-5,28	0,5185	-1,6000	-1,080	$8,32 \cdot 10^{-2}$	12,45
550	3,3	-5,02	0,5185	-1,5213	-1,000	$9,98 \cdot 10^{-2}$	12,15
600	3,0	-4,26	0,4771	-1,4200	-0,943	$11,40 \cdot 10^{-2}$	11,46

свойств сульфида и условий обжига. Чем выше температура, тем короче этот период реакции. По мере роста реакционной поверхности интенсивность десульфуризации халькопирита значительно возрастает, что выражено резким подъемом кинетических кривых. На этом участке скорость процесса достигает своего максимального значения. Чем

выше температура обжига, тем выше максимальная скорость и тем короче промежуток времени крутого подъема кинетических кривых. В дальнейшем с увеличением продолжительности обжига кинетические кривые принимают более пологий характер, что указывает на постепенное затухание процесса. Если во втором периоде реакционная поверхность сульфидных зерен обнажена и легко доступна окислительному действию кислорода, то в результате образования новой фазы и продвижения реакционной зоны в глубь зерен доставка кислорода затруднена.

Математический анализ кинетических данных (см. таблицу) производился по обобщенным уравнениям Б. Ф. Ерофеева и Г. В. Саковича.

Для определения константы скорости реакции использовались начальные участки кинетических кривых со степенями превращения, не превышающими 35%. Зависимость константы скорости от температуры удовлетворяет аррениусским условиям прямолинейности.

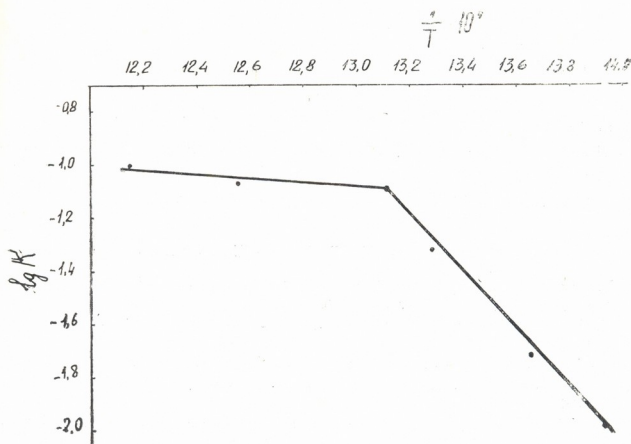


Рис. 3. Зависимость константы скорости десульфуризации халькопирита от температуры

При температуре 490°C на графике (рис. 3) зависимости  $\lg K$  от  $1/T$  появляется излом. Последнее говорит о том, что в исследуемом интервале температур (445—600°C) десульфуризация халькопирита протекает в различных режимах. Кажущаяся энергия активации десульфуризации халькопирита в интервале температур 445—490°C составляет 49690 кал/моль, что характерно для кинетической области. Выше 490° угол наклона прямой резко меняется и кажущаяся энергия активации равна 3810 кал/моль, что указывает на диффузионную область реакции десульфуризации халькопирита.

Академия наук Грузинской ССР

Институт неорганической химии и электрохимии

(Поступило 28.5.1976)





ნ. კალანდაძე, ვ. გაპრინდაშვილი

## ქალკოპირიტის დესულფურისაციის კინეტიკა

რეზიუმე

შესწავლილია ქალკოპირიტის დესულფურისაციის კინეტიკა მდულარე შრის პირობებში. გამოკვლეულია ძირითადი ფაქტორების გავლენა პროცესის კინეტიკაზე, ექსპერიმენტული მონაცემების მათემატიკური დამუშავებით გამოთვლილია ქალკოპირიტის დესულფურისაციის რეაქციის აქტივაციის ენერგია.

## GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

N. D. KALANDADZE, V. N. GAPRINDASHVILI

## KINETICS OF DESULFURIZATION OF CHALCOPYRITE

Summary

The kinetics of desulfurization of chalcopyrite has been investigated in the boiling bed. The effect of basic factors on the intensity of the process has been studied. The activation energy of desulfurization of chalcopyrite has been calculated by mathematical processing of the data obtained.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Е. В. Маргулис. Сб. трудов ВНИИЦветмет, 7, 1962.
2. K. Natesan, W. Philbrook. Met. Trans. 1, № 5, 1970.
3. М. Е. Позин, А. М. Гинстлинг, В. В. Печковский. ЖПХ, 28, 5, 1955.
4. Henderson. Bull. Inst. of Mining and Metallurgy 620, 1958.
5. А. Р. Бабенко, В. И. Смирнов. Сб. трудов Уральского политехн. ин-та, 73, 1958.
6. Н. Д. Каландадзе, В. Н. Гаприндашвили. Сб. трудов ИНХЭЛ АН ГССР, 2, 1974.
7. В. Н. Гаприндашвили, Н. Д. Каландадзе, Л. Н. Чхетиани. Сб. трудов ИНХЭЛ АН ГССР, 1, 1970.

ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Н. В. ҚАНАШВИЛИ, И. С. МОРОЗОВ, В. Н. ГАПРИНДАШВИЛИ,  
А. И. МОРОЗОВ

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ХЛОРИДА ЭРБИЯ С ХЛОРИДАМИ  
АЛЮМИНИЯ И КАЛИЯ В РАСПЛАВЕ

(Представлено академиком АН ГССР Н. А. Ландия 2.3.1976)

Термический анализ системы проведен путем записи дифференциальных кривых нагревания и охлаждения. Ввиду высокой летучести и гигроскопичности хлористого алюминия навеска смесей хлоридов ( $1\div 1,5$  г) запаивалась под вакуумом.

Из трех двойных систем, ограничивающих тройную, две двойные системы исследованы ранее [1—3].

Система  $\text{ErCl}_3\text{—KCl}$  одновременно исследована разными авторами [1, 2]. По данным Ф. Г. Гаврюченкова и Г. И. Новикова [1], в системе образуются два химических соединения:  $\text{KCl} \cdot 4\text{ErCl}_3$  и  $\text{K}_3\text{ErCl}_6$ .

Система  $\text{AlCl}_3\text{—KCl}$  подробно изучена авторами работы [3]. В системе установлено существование соединения  $\text{KAlCl}_4$ , плавящегося конгруэнтно при  $256^\circ\text{C}$ .

Система  $\text{ErCl}_3\text{—AlCl}_3$  исследована нами до критической температуры хлористого алюминия ( $356^\circ\text{C}$ ). Расплавление исходных смесей хлоридов до этой температуры было затруднительно, а повышение температуры вызывало разрыв ампул. Поэтому богатые хлоридом эрбия смеси не могли быть изучены (рис. 1). В системе установлено существование химического соединения  $\text{ErCl}_3 \cdot \text{AlCl}_3$ , плавящегося инконгруэнтно. Перитектическая точка отвечает содержанию около 20 мол.% хлорида эрбия и температуре  $225^\circ\text{C}$ . Эвтектика, образованная соединением и хлористым алюминием, содержит 12 мол.% хлорида эрбия и плавится при  $188^\circ\text{C}$ . Богатые хлористым алюминием доэвтектические смеси выше температуры плавления хлористого алюминия расслаиваются. Нижний слой темно-розовый, верхний бледно-розовый. Гомогенная жидкая область в системе ограничена от 10 до 30 мол.%  $\text{ErCl}_3$ .

В системе  $\text{ErCl}_3\text{—AlCl}_3\text{—KCl}$  изучены четыре разреза и ряд дополнительных точек. Для исследования отдельных разрезов был приготовлен комплекс  $\text{KAlCl}_4$ . Температура плавления синтезированного комплекса  $260^\circ\text{C}$ .

Разрезы  $\text{ErCl}_3\text{—KAlCl}_4$  и  $\text{KAlCl}_4\text{—K}_3\text{ErCl}_6$  квазибинарные и делят тройную систему на три частные:  $\text{AlCl}_3\text{—ErCl}_3\text{—KAlCl}_4$ ,  $\text{KAlCl}_4\text{—ErCl}_3\text{—K}_3\text{ErCl}_6$  и  $\text{K}_3\text{ErCl}_6\text{—KCl—KAlCl}_4$  (рис. 1).



Диаграмма состояния системы  $\text{ErCl}_3\text{—KAlCl}_4$  относится к типу диаграмм с ограниченной растворимостью компонентов в жидком состоянии (рис. 2). Область расслаивания простирается от 10 до 70 мол. %  $\text{ErCl}_3$ . Верхний, богатый тетрахлоралюминатом калия слой окрашен в светло-розовый цвет, нижний — в темно-розовый.

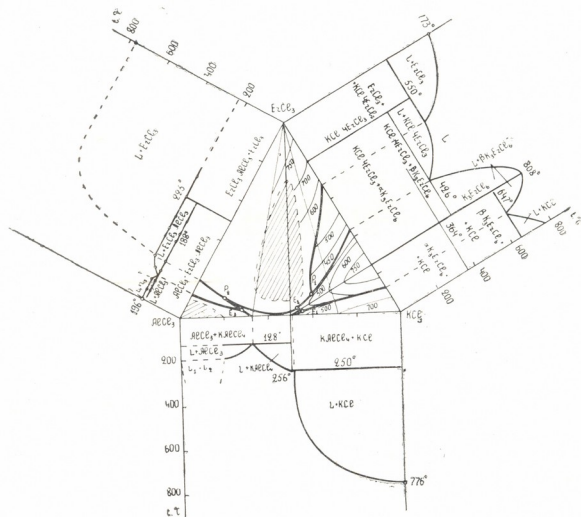


Рис. 1. Диаграмма состояния системы  $\text{ErCl}_3\text{—AlCl}_3\text{—KCl}$

Система  $\text{KAlCl}_4\text{—K}_3\text{ErCl}_6$  эвтектического типа (рис. 3). Эвтектическая точка, точка Ван-Рейна, отвечает составу 5 мол. %  $\text{K}_3\text{ErCl}_6$  и температуре  $250^\circ\text{C}$ .

Смеси хлоридов, фигуративные точки которых находятся левее разреза  $\text{ErCl}_3\text{—эвт. AlCl}_3\text{—KAlCl}_4$  (рис. 1), не поддаются изучению из-за значительного давления паров хлористого алюминия при высоких температурах.

В области, примыкающей к вершине хлористого алюминия, отмечена область расслаивания. Верхний слой, богатый хлористым алюминием, окрашен в бледно-розовый цвет.

Результаты изучения внутренних разрезов системы  $\text{ErCl}_3\text{—AlCl}_3\text{—KCl}$  (рис. 1) указывают на существование на поверхности ликвидуса семи полей первичной кристаллизации, соответствующих выделению из расплава  $\text{ErCl}_3$ ,  $\text{KCl}\cdot 4\text{ErCl}_3$ ,  $\text{K}_3\text{ErCl}_6$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{KAlCl}_4$ ,  $\text{AlCl}_3$  и  $\text{ErCl}_3\cdot\text{AlCl}_3$ .

В системе пять четырехфазных равновесий:



в тройной эвтектической точке  $E_1$  состава 2 мол. %  $\text{ErCl}_3$ , 45 мол. %  $\text{AlCl}_3$ , 53 мол. %  $\text{KCl}$  при  $245^\circ\text{C}$ ;

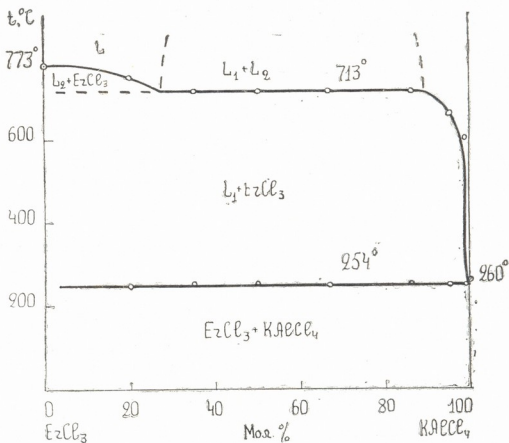


Рис. 2. Диаграмма состояния системы  $\text{ErCl}_3\text{—KAlCl}_4$

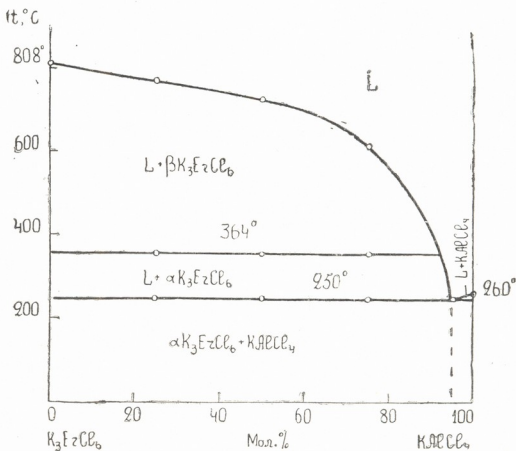
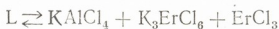


Рис. 3. Диаграмма состояния системы  $\text{KAlCl}_4\text{—K}_3\text{ErCl}_6$



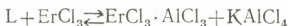
в тройной эвтектической точке  $E_2$  состава 3 мол. %  $\text{ErCl}_3$ , 46 мол. %  $\text{AlCl}_3$ , 51 мол. %  $\text{KCl}$  при  $248^\circ\text{C}$ ;



в тройной перитектической точке  $P_1$  состава 12 мол. %  $ErCl_3$ , 35 мол. %  $AlCl_3$ , 53 мол. %  $KCl$  при  $375^\circ C$ ;



в тройной эвтектической точке  $E_3$  состава 4 мол. %  $ErCl_3$ , 70 мол. %  $AlCl_3$ , 26 мол. %  $KCl$  при  $114^\circ C$ ;



в тройной перитектической точке  $P_2$  состава 10 мол. %  $ErCl_3$ , 75 мол. %  $AlCl_3$ , 15 мол. %  $KCl$  при  $208^\circ C$ .

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт неорганической  
 химии и электрохимии

Академия наук СССР  
 Институт общей и  
 неорганической химии  
 им. Н. С. Курнакова

(Поступило 23.4.1976)

ზოგადი და არაორგანული ქიმია

ბ. კანაშვილი, ი. მოროზოვი, ვ. გაპრინდაშვილი, ა. მოროზოვი

ერბიუმის ქლორიდის ურთიერთქმედება ალუმინისა და  
 კალიუმის ქლორიდებთან ლლობილებში

რეზიუმე

თერმული ანალიზის მეთოდით გამოკვლეულია სისტემა  $ErCl_3 - AlCl_3$  და დადგენილია, რომ გამლღვალ მდგომარეობაში სისტემაში ადგილი არა აქვს მდგრადი კომპლექსის წარმოქმნას, რის გამოც ჰომოგენიზაცია ვიწრო კონცენტრაციულ ინტერვალში (10—30 მოლ. %  $ErCl_3$ ) მიიღწევა. კალიუმის ქლორიდის დამატებით კომპონენტების ურთიერთხსნადობა არ იზრდება.

## GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

N. V. KANASHVILI, I. S. MOROZOV, V. N. GAPRINDASHVILI, A. I. MOROZOV

### INTERACTION OF ERBIUM CHLORIDE WITH ALUMINIUM CHLORIDE AND POTASSIUM CHLORIDE IN MELTS

#### Summary

The system  $ErCl_3 - AlCl_3$  was investigated by the method of thermal analysis. It was established that in molten state stable complexes, are not formed. for homogenization is achieved in a narrow concentration interval (10-30 per mol. %  $ErCl_3$ ). The mutual solubility of the components does not increase by adding potassium chloride.

#### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Ф. Г. Гаврюченков, Г. И. Новиков. ЖХХ, II, 1966, 2172.
2. Б. Г. Коршунов, Д. В. Дробот, И. Е. Галченко, З. Н. Шевцова. ЖХХ, II, 1966, 411.
3. W. Fischer, A-L. Simon. Z. anorg. allgem. Chem., 306, № 1—2, 1960, 1.



УДК 547.631.6

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Л. А. БЕРИДЗЕ, М. К. КУТАТЕЛАДЗЕ, Г. Ш. ПАПАВА,  
 П. Д. ЦИСКАРИШВИЛИ

КАРБОНИЛСОДЕРЖАЩИЕ ПРОСТЫЕ ПОЛИЭФИРЫ

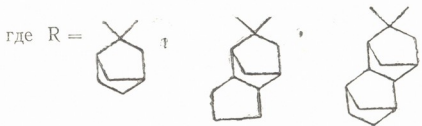
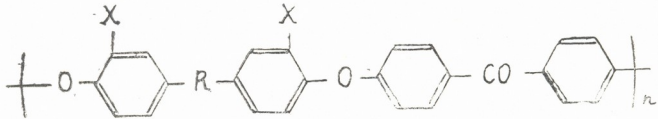
(Представлено академиком Х. И. Арешидзе 17.2.1976)

Среди термостойких полимеров особый интерес представляют ароматические простые полиэфиры. Наряду с высокой термостойкостью, они отличаются химической устойчивостью в агрессивных средах, хорошими механическими и диэлектрическими свойствами, легкой перерабатываемостью [1—3].

Гетероцепные полимеры, содержащие боковые объемистые кардовые группировки (поликарды), характеризуются высокой теплостойкостью и хорошей растворимостью в органических растворителях [3, 4].

С учетом вышеизложенного синтезированы простые ароматические полиэфиры на основе бисфенолов с норборнанным, индановым и нафтеновым кардами и 4,4'-дифторбензофенона. Для синтеза использованы следующие бисфенолы: 4,4'-(2-норборнилен) дифенол (I), 4,4'-(гексагидро-4,7-метилениндан-5-илиден) дифенол (II), 4,4'-(декагидро-1,4:5,8-диметиленнафт-2-илиден)дифенол (III), 4,4'-(2-норборнилен)ди-о-крезол (IV), 4,4'-(гексагидро-4,7-метилениндан-5-илиден)ди-о-крезол (V), 4,4'-(декагидро-1,4:5,8-диметиленнафт-2-илиден) ди-о-крезол (VI).

Полимеры имеют общую формулу:



X=H, CH<sub>3</sub>.

Полимеры получены взаимодействием 4,4'-дифторбензофенона с бисфенолятами в диметилсульфоксиде. Молярное соотношение бисфенола, щелочи (50% раствор NaOH) и 4,4'-дифторбензофенона 1:2:1 (компоненты берутся строго эквимолекулярно). Бисфенол образуется при 90°C. Реакционная смесь освобождается от воды путем азеотропной отгонки с хлорбензолом. Температура поликонденсации 180°C, продолжительность процесса 4—8 часов.



Свойства полученных простых полиэфиров представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Свойства ароматических простых полиэфиров на основе 4,4'-дифторбензофенона

№ п.п.	Бисфенол	$T_{\text{пр}}^{20}$ в тетра-хлорэтано 0,5%-го раствора полимера	Температура размягчения, °С	
			в капилляре	по термомеханической кривой
1	4,4'-(2-порборнилиден) дифенол	0,45	265—275	220
2	4,4'-(гексагидро-4,7-метиленидан-5-илиден) дифенол	0,86	285—300	245
3	4,4'-(декагидро-1,4:5,8-диметилен-нафт-2-илиден) дифенол	0,98	295—330	265
4	4,4'-(2-порборнилиден) ди-о-крезол	1,35	260—290	210
5	4,4'-(гексагидро-4,7-метиленидан-5-илиден) ди-о-крезол	0,66	290—300	240
6	4,4'-(декагидро-1,4:5,8-диметилен-нафт-2-илиден) ди-о-крезол	0,78	300—320	245

Примечание: Температуры размягчения полимеров определены из термомеханических кривых, снятых при нагрузке на образец (полимеры взяты в виде порошка) 0,8 кг/см<sup>2</sup> и скорости подъема температуры 70—80°С в час.

Таблица 2

Растворимость ароматических простых полиэфиров на основе 4,4'-дифторбензофенона и бисфенолов

Бисфенол	Хлороформ	Дихлорэтан	Тетрахлорэтан	Метиленхлорид	Четыреххлористый углерод	Диоксан	Циклогексанон	Диметилсульфоксид	Диметилацетамид	Диметилформамид	Трикрезол	Бензол
I	р	р	р	р	н.р	н.р	н.р	р.н	р.н	н.р	р	н.р
II	р	р	р	р	н.р	н.р	р.н	р.н	р.н	р.н	р	н.р
III	р	р	р	р	н.р	н.р	р.н	р.н	р.н	р.н	р	н.р
IV	р	р	р	р	н.р	н.р	р.н	р.н	р.н	р.н	р	н.р
V	р	р	р	р	н.р	р.н	р.н	р.н	р.н	р.н	р	н.р
VI	р	р	р	р	н.р	р.н	р.н	р.н	р.н	р.н	р	н.р

Примечание: р — растворяется; н.р — не растворяется; р.н — растворяется при нагревании. Номера бисфенолов соответствуют нумерации в табл. 1.

Полученные ароматические карбонилсодержащие простые полиэферы — белые аморфные порошки, обладающие довольно высокими температурами размягчения (~ 210—265°С по термомеханическим кривым) и высокой термостойкостью. Начало их термического разложения лежит в области 450°С, а интенсивное уменьшение в весе — в интервале 480—500°С.

Синтезированные полимеры не разрушаются и не структурируются при кипячении в органических и неорганических кислотах (уксусная, соляная, серная) и щелочах (NaOH), стойки к ультрафиолетовому облу-

чению. Вес и приведенная вязкость полимеров не меняются до и после обработки.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт физической и  
 органической химии

(Поступило 29.4.1976)

ორგანული ქიმია

ლ. ზერიძე, მ. ჭუბათელაძე, ზ. პაპავა, პ. ცისკარიშვილი

პარბონილწმემცველი მარტივი პოლიეთერები

რეზიუმე

4,4'-დიფტორბენზოფენონისა და ნორბორანის ტიპის კარდული ჯგუფების შემცველი ბისფენოლების საფუძველზე სინთეზირებულა არომატული მარტივი პოლიეთერები კარბონილის ჯგუფით ძირითად ჯაჭვში. შესწავლილა მათი ფიზიკური სტრუქტურა, თბო-, თერმო- და ქიმიური მდგრადობა, ხსნადობა ორგანულ გამხსნელებში.

ORGANIC CHEMISTRY

L. A. BERIDZE, M. K. KUTATELADZE, G. Sh. PAPAUA, P. D. TSISKARISHVILI

AROMATIC POLYETHERS CONTAINING CARBONYL GROUPS

S u m m a r y

On the basis of 4,4'-difluorobenzophenone and bisphenols of "cardic" groups aromatic polyethers containing carbonyl groups have been prepared. The properties of these polyethers have been studied.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. A. S. Hay. *Advances. Polymer Sci.*, 4, 1967, 469.
2. R. N. Johnson, A. G. Farnham, R. A. Clendinning, W. E. Hale, G. N. Merriam. *J. Polymer Sci.*, 5, A—1, 1967, 2375.
3. С. В. Виноградова, В. В. Коршак, С. Н. Салазкин, А. А. Кульков. *Высокомол. соед.*, 14 А, 1972, 2545.
4. В. В. Коршак, С. В. Виноградова, С. Н. Салазкин. *Высокомол. соед.*, 4, 1962, 339.





Х. И. АРЕШИДЗЕ (академик АН ГССР) Г. О. ЧИВАДЗЕ,  
Т. А. ДВАЛИ

## ГИДРИРОВАНИЕ АЦЕТОНИТРИЛА И АКРИЛОНИТРИЛА НА НОВЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ

На первый взгляд кажется, что гидрировать акрилонитрил — важный азотсодержащий мономер — с целью получения амина не рационально. Однако легкость и экономичность получения акрилонитрила окислительным аммонолизом пропилена, содержащегося в газах крекинга и пиролиза, обнадеживает исследователей в поисках новых путей его применения, среди которых немаловажную роль играет получение амина гидрированием акрилонитрила. Повседневню возрастающий спрос на алифатические амины требует рентабельных путей их получения.

В ранее опубликованной работе [1] показано, что окислительным аммонолизом пропилена, помимо акрилонитрила, образуется и ацетонитрил.

Гидрированием алифатических нитрилов на металлических катализаторах было установлено [2, 3], что скорость гидрирования и селективность процесса зависят от строения превращаемых соединений и типа катализатора.

Выявление роли химической природы носителя и количества активной фазы катализатора в реакции гидрирования ацетонитрила и акрилонитрила представляет определенный интерес.

Катализаторы № 1, 2, 3, 4, 5, 6 готовились пропиткой природного алюмосиликата — гумрина нитратами никеля и меди. В случае катализатора № 5 гумбрин заранее прокаливался при 900°C, а в случае катализатора № 6 модифицировался 3% раствором едкого калия. Катализатор № 7 готовился из нитратов никеля и меди осаждением 20% раствором едкого калия. Катализаторы содержали соответственно: № 1 — 5% Cu; № 2 — 8% Cu и 2% Ni; № 3 — 15% Cu и 2% Ni; № 4 — 10% Cu; № 5 — 8% Cu и 2% Ni; № 6 — 5% Cu; № 7 — 8% Cu и 2% Ni.

Превращаемые ацетонитрил и акрилонитрил перегонялись на колонке эффективностью 52 т. т., которые были хроматографически чистыми. В каждом опыте подавалось 5 г нитрила.

Восстановление катализаторов (насыпным объемом 50 мл) проводилось в проточной установке при 200—250°, а гидрирование нитрилов — при 100—200°C.

Продукты реакции анализировались на хроматографе ХТ-63.

Условия и результаты опытов по гидрированию ацетонитрила и акрилонитрила представлены в табл. 1 и 2. Как видно из табличных данных, с повышением температуры опыта от 100 до 200° увеличивается степень превращения нитрилов почти на всех исследованных катализаторах.



При 100—140° интенсивнее идет образование первичных аминов, дальнейшее повышение температуры сопровождается снижением их выхода.

Исключение составляет катализатор № 6, на котором с повышением температуры от 175 до 200° снижается степень превращения ацетонитрила.

Согласно результатам опытов по изучению влияния объемной скорости подачи нитрила, при гидрировании ацетонитрила максимальный выход первичного амина получается при скорости 0,3 час<sup>-1</sup>. С уменьшение объемной скорости до 0,1 час<sup>-1</sup> увеличивается время пребывания исходных компонентов в реакционной зоне, что способствует более глубокому превращению и увеличению выходов вторичного и третичного аминов (табл. 1).

Таблица 1

Условия и результаты опытов гидрирования ацетонитрила

№ опытов	Катализатор	Температура, °С	Объемная скорость, час <sup>-1</sup>	Выход катализата, % вес	Состав катализата, % вес.					
					Этиламин	Диэтиламин	Триэтиламин	Ацетонитрил	Аммиак	Неидентифицированные вещества
1		100	0,1	94	4,1	17,1	7,1	4,1	1,3	—
2		100	0,3	98	6,4	14,5	2,3	80,2	0,8	—
3	2	120	0,1	94	6,6	21,2	4,1	66,6	1,5	—
4		120	0,5	100	6,5	7,8	1,9	83,0	0,8	—
5		120	0,5	100	6,5	7,8	1,9	83,0	0,8	—
6		140	0,5	94	5,5	14,6	3,2	75,4	1,3	—
7		100	0,1	92	4,0	18,0	4,2	70,9	1,6	1,3
8		140	0,1	90	4,6	26,1	5,4	61,0	1,9	2,0
9	3	160	0,1	88	3,9	29,5	6,5	54,2	2,2	3,7
10		180	0,1	84	2,7	36,0	8,1	45,9	3,0	4,3
11		200	0,3	80	2,9	34,2	7,8	47,2	2,8	5,1
12		100	0,1	98	2,9	2,7	—	93,6	0,8	—
13		120	0,1	96	3,3	4,5	—	91,1	1,1	—
14	5	125	0,3	98	4,1	3,0	—	91,0	0,9	—
15		150	0,1	94	3,0	7,9	—	87,8	1,3	—
16		175	0,1	92	2,2	9,9	—	85,3	1,6	—
17		200	0,1	90	2,0	12,5	1,5	82,3	1,7	—

Заметное влияние на выход аминов оказывает природа активной фазы и носителя.

С целью выявления более оптимального катализатора готовился ряд образцов, в состав которых вводились различные количества меди и никеля.

Из изученных катализаторов самую высокую активность в реакции гидрирования ацетонитрила проявляет катализатор, содержащий 15% меди и 2% никеля, тогда как катализатор, содержащий только 10% меди, почти не проявляет активности.

Сравнение каталитического действия катализаторов № 1 и 6 в реакции гидрирования ацетонитрила показало, что катализатор № 1 вовсе не гидрирует ацетонитрил, а катализатор № 6 способствует реакции гидрирования с образованием аминов до 16%. Такое различие в поведении катализаторов объясняется тем, что носитель для катализатора № 6 был обработан 3% раствором едкого калия.

Выявлено, что с переходом от ацетонитрила к акрилонитрилу заметно повышаются степень превращения и выход аминов. Резкое уве-

личение активности при гидрировании акрилонитрила, возможно, связано с разной адсорбционной способностью нитрилов на активных центрах катализатора или же с более благоприятной координацией молекулы акрилонитрила в условиях наших опытов.

При гидрировании акрилонитрила были исследованы катализаторы, содержащие 8% никеля и 2% меди, приготовленные различными способами.

На катализаторе № 5 при 140°C и скорости подачи акрилонитрила, равной 0,1 час<sup>-1</sup>, суммарный выход аминов составляет всего 9,4%, а в сравнимых условиях опыта на катализаторе № 2 достигает 69,7%.

Таблица 2

Условия и результаты опытов гидрирования акрилонитрила

№ опытов	Катализатор	Температура, °С	Объемная скорость, час <sup>-1</sup>	Выход катализата, % вес.	Состав катализата, % вес.					
					Пропиламин	Дигропиламин	Трипропиламин	Акрилонитрил	Аммиак	Неидентифицированные вещества
1		100	0,05	88	9,1	35,3	11,6	40,1	3,0	—
2		100	0,1	90	9,3	38,3	11,6	34,3	3,2	3,1
3	2	140	0,1	86	12,5	41,6	15,6	22,1	4,2	4,0
4		180	0,1	82	12,0	49,5	16,3	14,5	4,4	3,3
5		200	0,1	76	10,3	51,4	17,9	13,5	4,4	2,5
6		160	0,1	74	15,1	43,8	15,6	16,3	4,4	4,8
7		140	0,1	88	3,6	5,8	—	90,6	—	—
8	5	140	0,1	82	5,0	8,7	—	86,3	—	—
9		120	0,1	90	2,1	3,0	—	94,9	—	—
10		200	0,1	80	14,6	52,6	16,3	12,8	3,7	—
11		160	0,1	88	17,4	45,8	13,5	20,2	3,1	—
12	7	140	0,1	90	18,5	40,0	10,2	28,7	2,6	—
13		200	0,3	86	16,3	47,8	11,6	21,6	2,7	—

Катализатор № 5, носитель которого предварительно был прокален до 900°C, проявляет низкую активность, возможно, потому, что в интервале температур 550—910° гумбрин теряет воду из кристаллической структуры и изменяет решетку, как нами ранее было установлено [4]. Или же с повышением температуры нагрева до 900°C происходит спекание и уменьшение удельной поверхности. Как показано на примере лазовковской глины, при ее нагревании до 750°C удельная поверхность уменьшается с 89 до 21 м<sup>2</sup>/г [5].

Катализатор № 7, полученный методом осаждения, проявляет почти одинаковую с катализатором № 2 активность по суммарному выходу аминов (68,7%). Что касается выхода первичного амина, то на катализаторе № 2 выход его составляет 18,5%, а на № 7—12,5%.

Указанное различие катализаторов по активности образования первичного амина можно объяснить тем, что в случае совместного осаждения солей никеля и меди создается возможность для наиболее тесного соприкосновения и полного взаимодействия металлов друг с другом. В этих условиях не исключена возможность образования твердых растворов в процессе восстановительного разложения и увеличения дисперсности катализатора [6].

По-видимому, здесь немалую роль играет и то, что во время осаждения никеля и меди раствором щелочи происходит нейтрализация кислотных центров гумбрина, способствующая реакции гидрирования нитрилов.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт физической и  
 органической химии  
 им. П. Г. Меликишвили

Кутаисский государственный педагогический  
 институт им. А. Цулукидзе

(Поступило 3.6.1976)

ორგანული ქიმია

ძრ. არეშიძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), ზ. ჩივაძე, თ. დვალი

აცეტონიტრილისა და აკრილონიტრილის ჰიდრირება  
 ახალ კატალიზატორებზე

რეზიუმე

მომზადებულია კატალიზატორები, რომლებიც აქტიური ფაზის სახით შეიცავენ სპილენძსა და ნიკელს, სარჩულად — ალუმოსილიკატს. გამტარ სისტემაში შესწავლილია აქტიური ფაზის რაოდენობის, კატალიზატორის სხვადასხვა წესით მომზადების გავლენა ამინების გამოსავლიანობაზე.

ORGANIC CHEMISTRY

Ch. I. ARESHIDZE, G. O. CHIVADZE, T. A. DVALI

HYDROGENATION OF ACETONITRILE AND ACRYLONITRILE  
 ON NEW CATALYSTS

Summary

Catalysts containing copper and nickel as an active phase and aluminium silicate as a support were prepared. The effect of the volume of active phase and of different ways of preparing catalysts on amine yields was studied in a flow system.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. X. И. Арешидзе, Г. О. Чивадзе, Г. И. Шецирули. Нефтехимия № 3, 1974, 456.
2. М. И. Паушкин. Химия и технология топлив и масел, № 8, 1960, 6.
3. В. А. Некрасова, Н. И. Шуйкин. УХ, № 11, 1965, 1955.
4. Г. О. Чивадзе, З. В. Кобаладзе, X. И. Арешидзе. ЖПХ, № 2 1975, 293.
5. В. С. Комаров. Адсорбционно-структурные, физико-химические и каталитические свойства глин Белоруссии. Минск, 1970, 142.
6. Б. Н. Тютюников, А. А. Слинкин, Г. Ф. Панер, П. П. Архылов. Кинетика и катализ, 3, 1970, 710.

К. С. КУТАЕЛАДЗЕ (член-корреспондент АН ГССР),  
 А. В. САРУХАНИШВИЛИ, Т. А. ГРИГОЛИЯ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДУКТОВ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ СТЕКОЛ СИСТЕМЫ $MnO-B_2O_3$ В ОБЛАСТИ МАКРОЛИКВАЦИИ

Ранее проведенными работами показано существование нового класса марганецсодержащих стекол, использование которых возможно во многих отраслях техники и науки [1—3].

Сообщалось [4, 5], что стекла системы  $MnO-B_2O_3$  проявляют склонность к расслоению в области 5—35 мол%  $MnO$ , причем настолько сильно, что создается возможность в ряде случаев механически отделять белую массу от стекла, имеющего глубокий черный цвет. На основе изучения показателя преломления было предположено, что белая масса может быть отнесена к боратной составляющей (БС), а черное стекло — к боромарганцевой (МС).

Целью настоящего исследования являлось установление кристаллических фаз, выделяющихся при термообработке стекол в интервале 800—850°C, рентгенофазовым анализом (Fe — анод, Мп — фильтр).

В статье рассматриваются дифрактограммы стекол составов  $xMnO(100-x)B_2O_3$ , где минимальное значение  $x$  равно 5 мол%, а максимальное — 35 мол%.

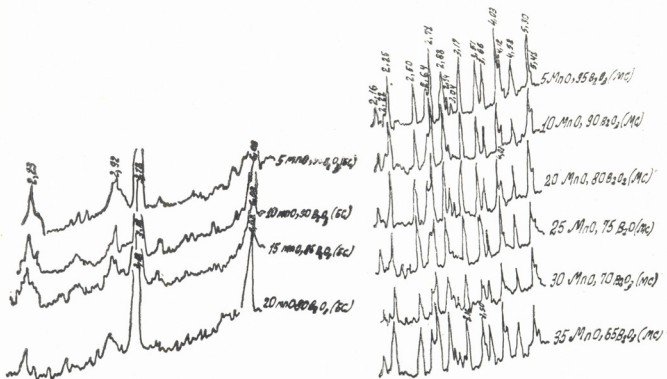


Рис. 1

Рис. 2

Дифрактограммы закристаллизованных БС для этой серии составов представлены на рис. 1. Основной фазой в продуктах кристаллизации БС для всех составов является соединение типа сассолина, представляющее собой борат с изолированными полинионами из  $BO_3$ -тре-



угольников [6]. Более сложны дифрактограммы МС термообработанных стекол (рис. 2).

Характерно, что, за редким исключением, одни и те же линии воспроизводятся на всех дифрактограммах МС закристаллизованных стекол, но значительно отличаются интенсивностями. Линии  $d^{\alpha}/n$  3,17 и 2,93 можно, на наш взгляд, отнести к соединению типа сассолина. Наличие их на дифрактограммах вызвано невозможностью идеально отделить БС от МС.

Сравнение полученных дифрактограмм с известными [6, 7] позволяет говорить о наличии, по крайней мере, четырех кристаллических фаз, проявляющихся в различной степени в разных составах закристаллизованных МС.

Во всех шести продуктах выделяется метоборат марганца ( $d^{\alpha}/n$  4,52; 2,88; 2,70; 2,64; 2,50; 2,04). Выделение этого соединения вполне возможно исходя из представлений, что в стекле марганец находится в виде закиси [8, 9]. Структурный мотив этого соединения представляется в виде  $\text{VO}_3$ -треугольников в изолированном комплексе  $[\text{B}_2\text{O}_5]$ , подобно суаниту [10].

Однако интенсивности вышеуказанных линий, наличие  $d^{\alpha}/n$  5,41 и 2,16 и некоторое смещение основной линии метабората (2,68) указывают на выделение и отличной от последнего фазы. Ею может быть соединение типа пинакиолита, в котором отсутствует магний ( $\text{Mn}^{2+} \text{M}^{3+} [\text{O}_2/\text{VO}_3]$ ). Это соединение, относящееся к группе боратов с изолированными  $\text{VO}_3$ -треугольниками, но с добавочным анионом, по-видимому, сравнительно легко может сочетаться с  $\text{Mn}[\text{B}_2\text{O}_4]$ .

Помимо этих фаз, на дифрактограмме отмечается наличие интенсивных линий ( $d^{\alpha}/n$  5,30; 4,12; 4,03; 3,66; 3,51; 2,25), однозначная идентификация которых чрезвычайно сложна.

Однако, на наш взгляд, не лишено смысла предположить выделение кристаллической фазы с сочетанием в структурном мотиве  $\text{VO}_3$ -треугольников с  $\text{VO}_4$ -тетраэдрами исходя из нижеизлагаемых соображений.

Фазовое разделение при охлаждении изучаемых составов приводит к обогащению МС стеклом окислами марганца. Следовательно, для удерживания ионов марганца в структуре должно произойти изменение состояния борного ангидрида, значительное количество которого ушло на образование БС.

Возрастание числа связующих валентных связей возможно при переходе шестиэлектронной конфигурации валентной оболочки бора в более прочную—восьмиэлектронную или, что то же, при изменении координации бор-иона с тройной на четвертую. Кристаллизация такого стекла должна в большей или меньшей степени зафиксировать положение части борного ангидрида в тетраэдрическом окружении  $[\text{BO}_4]$ , что, по-видимому, и отражается на дифрактограммах.

Возможность вышеизложенного может быть подтверждена существованием большой группы боратов щелочных и щелочноземельных металлов со структурными мотивами из  $[\text{B}_3\text{O}_7]$  ( $1\Delta - 2\Box$ )  $[\text{B}_4\text{O}_7]$  ( $2\Delta - 2\Box$ ); ( $1\Delta - 2\Box$ ); ( $3\Delta - 3\Box$ ) и т. д. [11, 12], характеризующихся основными линиями в той же области  $\Theta$ , что и рассматривая нами фаза.

Четвертая кристаллическая фаза проявляется наиболее интенсивно в продукте кристаллизации МС  $25\text{MnO} \cdot 85\text{B}_2\text{O}_3$ . Судя по измене-

нию интенсивностей остальных линий, основными  $d^a/n$  этой фазы являются 1,78; 2,52; 3,55. По-видимому, этой фазой может быть кислородное соединение марганца, так как насыщение стекла окислами марганца достигает максимума. В этом нас убеждает и тот факт, что начная именно с этой композиции количество БС, отделяемой нами, становится меньше.

Рассмотрение продуктов кристаллизации стекол из области расщепления показывает возможность изменения координационного состояния бора в присутствии окислов марганца и наличие в кристаллических фазах марганца в различных степенях окисления.

Установленная многофазность исследуемых стекол позволит в дальнейшем изучить вопросы регулируемой кристаллизации для создания стеклокристаллических материалов с различными свойствами.

Грузинский политехнический  
 институт им. В. И. Ленина

(Поступило 7.5.1976)

ფიზიკური ქიმია

ა. ჭუთათელაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი),  
 ა. სარუხანიშვილი, თ. გრიგოლია

MnO—B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> სისტემის მინების ლაპროსტალბის  
 პროდუქტების შესწავლა მაკროლიკვააციის უბანში

რეზიუმე

MnO—B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> სისტემა იჩენს მიდრეკილებას განფენადობისადმი 5—35 მოლ % MnO-ს შემცველობისას. განფენადობის შედეგად მიიღება ორი მასა--ბორატული და ბორმანუმიანი. ამ მასების დაკრისტალბის პროდუქტების დიფრაქტოგრაფები გვიჩვენებენ, რომ ბორატული მასა წარმოადგენს სასოლინის ტიპის ნაერთს, რომელშიც H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>-ის ბრტყელი მოლეკულები შეკავშირებული არიან ფენებში წყალბადური კავშირებით.

დაკრისტალბებული ბორმანუმიანი მინები ამჟღავნებენ მრავალფაზიანობას. მათში გამოკვეთილად ჩანს ოთხი კრისტალური ფაზის არსებობა: პირველი ორი წარმოადგენს ბორატებს, რომლებიც აგებულია ერთმაგი და ერთმანეთთან შეკავშირებული ბორჯანგბადური სამკუთხედებისაგან Mn<sup>2+</sup> და Mn<sup>3+</sup>-ის მათში განწილებით.

გამოთქმულია აზრი, რომ მესამე ფაზა წარმოადგენს მანგანუმის ბორატს, რომელშიც რეალიზებულია BO<sub>3</sub>-სამკუთხედის BO<sub>4</sub>-ტეტრაედრში ნაწილობრივი გადასვლა, ხოლო მეოთხე--მანგანუმის ქანგბადურ ნაერთს.

PHYSICAL CHEMISTRY

K. S. KUTATELADZE, A. V. SARUKHANISHVILI, T. A. GRIGOLIA  
 INVESTIGATION OF CRYSTALLIZATION PRODUCTS OF GLASSES  
 OF THE MnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> SYSTEM IN THE MACROLIQUATION  
 REGION

Summary

Investigation of crystallization products of macroliquation glasses in the MnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> system was for the first time carried out by X-ray structural analysis.



Crystallization of the borate ingredient of these glasses yielded a sasso-lite-type compound.

After thermal treatment manganese-borate glasses were found to contain at least four crystalline products: manganese borate with isolated  $\text{BO}_3$ -triangles, isolated  $\text{BO}_3$  triangles with additional anion, combination  $\text{BO}_3$ -triangles with  $\text{BO}_4$ -tetrahedrons, and oxygen compounds of manganese.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. К. С. Кутателадзе, А. В. Саруханишвили, Н. К. Кутателадзе. Труды XV НТО ГПИ им. В. И. Ленина, 5, 1970.
2. К. С. Kutateladze, A. V. Sarukhanishvili, N. K. Kutateladze. Tenth Intern. Congress on Glass, Kyoto University, Kyoto, Japan, 1974.
3. К. С. Кутателадзе, А. В. Саруханишвили, Н. К. Кутателадзе. Стекло и керамика, № 9, 1970.
4. А. В. Саруханишвили, Т. Ш. Ченшвили, Л. К. Теденшвили. Труды ГПИ им. В. И. Ленина № 1 (149), 1972.
5. А. В. Саруханишвили, Т. Ш. Ченшвили. Сообщения АН ГССР, 71, № 3, 1973.
6. В. В. Кондратьева. Рентгенометрический определитель боратов. Л., 1969.
7. Powder Diffraction File, Search Manual. Inorganic, Publ. SMA-23, Pennsylvania, USA 1973.
8. В. В. Варгин. Производство цветного стекла. М., 1940.
9. В. И. Таскаев, Л. А. Жунина, Л. Г. Дашинский. Изв. АН БССР, сер. хим., № 1, 1968.
10. Ch. Tennyson. Forsch. Miner., 41, 1963, 64.
11. J. Krogh-Moe. Acta Cryst. 13, 1960, 889.
12. J. Krogh-Moe. Acta Cryst. 15, 1962, 190.





Ш. И. СИДАМОНИДЗЕ, М. Ш. КАВИЛАДЗЕ, Т. А. МЕЛАШВИЛИ,  
МАХА ХАДР

## ИССЛЕДОВАНИЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО ЦЕОЛИТА ТИПА L МЕТОДОМ ИЗОТОПНОГО ГЕТЕРООБМЕНА

(Представлено академиком Г. В. Цицишвили 28.4.1976)

Кристаллические алюмосиликаты проявляют высокую каталитическую активность во многих химических реакциях, протекающих по карбоний-ионному механизму. В подавляющем большинстве работ каталитическая активность цеолитов связывается с протонизированностью структурных гидроксильных групп. С целью установления роли протонизированных структурных ОН-групп в адсорбционных и каталитических процессах методами ИКС, ЯМР и хроматографии, с применением молекулярных зондов основного характера и другими путями, исследовались сила кислотности этих групп, зависимость их природы и количества от структуры и состава цеолита, природа замещающих катионов и степень их замещения, влияние предварительной термообработки и т. д.

В последнее время Х. М. Миначевым с сотрудниками предложен и интенсивно разрабатывается изотопный метод исследования «цеолитного водорода». На основе изотопного гетерообмена дейтерия с атомами водорода цеолита этот метод позволяет установить общее количество водорода в цеолите, подвижность и степень его протонизированности.

Х. М. Миначевым с сотрудниками [1—4] для некоторых катионзамещенных форм цеолитов типа фожазита (У) обнаружены два типа водорода  $[H_A]$  и  $[H_B]$ ; разновидность водородных атомов детектировалась по величине скорости в реакции гетерообмена дейтерия с атомами водорода, содержащимися в цеолите.

В связи с особенностями структуры высококремнистого термо- и кислотостойкого цеолита типа L его применение в области катализа и адсорбции имеет большие перспективы. Работы по исследованию синтетического цеолита типа L редко встречаются в литературе. Нам не удалось найти публикаций, описывающих характер атомов водорода в цеолите L. Восполнению пробела посвящена настоящая работа.

Для этой цели был собран масс-спектрометр из готовых блоков. Все узлы приборов были выполнены из нержавеющей стали и могли прогреваться до температуры  $400^\circ\text{C}$ . Вакуум в камере составлял не менее  $5 \cdot 10^{-8}$  мм рт. ст., что обеспечивало фон водорода  $H_2^+$  в установке менее 0,03 в ( $3 \cdot 10^{-13}$ ).

Циркуляционная установка представляла собой цельносварную систему из металла, стекла и кварца, в качестве кранов применялись сильфонные вентили [5]. Таким образом, контакт рабочего газа со смазкой был полностью исключен, а вакуум составлял около  $10^{-7}$  мм рт. ст.



В работе был применен вязкостной напуск исследуемого газа из реактора непосредственно в ионный источник масс-спектрометра. Разработанная методика [6] позволяла, в отличие от ранее предложенных, вести непрерывный анализ изменения изотопного состава образца непосредственно в реакторе, что дало возможность повысить как точность, так и надежность получаемых результатов.

После предварительной несколькочасовой термической обработки ( $500^\circ$ ) в исходном цеолите типа L (стехиометрическая формула образца  $0,10\text{H} \cdot 0,90\text{K} \cdot \text{AlO}_2(\text{SiO}_2)$ ) общая концентрация водородных атомов

$[\text{H}_\text{S}] \cdot 10^3$  равнялась  $0,47 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Г}}$  (при  $400^\circ$ ). Она может быть объясне-

на частичным гидролизом цеолита вследствие его предварительной промывки и дефектами решетки. Некоторую долю в общую концентрацию водородных атомов может вносить также присутствие Si—ОН-групп на гранях кристаллитов цеолита. Сравнительно высокое содержание кремния в исследованных нами цеолитах несомненно увеличивает степень влияния этого фактора.

Атомы водорода, содержащиеся в цеолите KL, в изотопный гетерообмен включаются только при сравнительно высоких температурах ( $t > 250^\circ$ ); KL содержит только один тип водородных атомов, подвижность которых с повышением температуры заметно растет (см. таблицу: при  $t = 300^\circ$   $W_2 \cdot 10^3 = 4,2$ ; при  $t = 400^\circ$   $W_2 \cdot 10^3 = 7,3$ ; при  $t = 500^\circ$   $W_2 \cdot 10^3 = 10,6$ ). Среднюю подвижность водорода поверхности  $W_2$  харак-

теризует отношение  $\frac{W_1}{W_2}$ , где  $W_1$  — скорость изотопного гетерообмена,

$[\text{H}_\text{S}]$  — количество водорода на поверхности. Атомы водорода, содержащиеся в водородной форме цеолита  $0,35\text{HKL}$ , при  $t = 250^\circ$  также не участвуют в гетерогенном обмене. Обмен атомов водорода с дейтерием зафиксирован лишь при температуре  $400^\circ$ . В водородной форме цеолита KL, как и ожидалось, заметно увеличена общая концентрация во-

дородных атомов; для KL  $[\text{H}_\text{S}] \cdot 10^3 = 0,47$ , а для  $0,35\text{HKL}$  —  $1,24 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Г}}$ .

При этой температуре все атомы водорода характеризуются одинаковыми кинетическими свойствами. Кинетическое различие водорода отмечается при температуре  $500^\circ$ ; при этой температуре фиксируются две разновидности водородных атомов —  $\text{H}_\text{A}$  и  $\text{H}_\text{B}$ . Количество атомов  $\text{H}_\text{A}$  почти в 3 раза превышает концентрацию атомов  $\text{H}_\text{B}$ . Подвижность атомов  $\text{H}_\text{A}$  также в несколько раз превышает подвижность атомов  $\text{H}_\text{B}$ .

В результате замещения в цеолите KL катионов калия катионами кальция в образце концентрация водородных атомов несколько возрастает ( $[\text{H}_\text{S}] \cdot 10^3 = 0,68$ ). Происхождение новых атомов водорода, вероятно, можно связать с образованием в цеолите комплекса  $\text{Ca}(\text{OH})_2^+$ . Наблюдаемые при температуре  $400^\circ$  атомы водорода имеют одинаковые кинетические свойства. Концентрация атомов водорода в цеолите  $0,28\text{CaKL}$  меньше, чем концентрация атомов водорода в декатионированном образце  $0,33\text{HKL}$ . Резкое различие в значении концентраций атомов типа  $\text{H}_\text{A}$  и  $\text{H}_\text{B}$  ( $[\text{H}_\text{A}] \cdot 10^3 = 0,58 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Г}}$ ;  $[\text{H}_\text{B}] \cdot 10^3 = 0,1 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Г}}$ ) наво-

Образец	T°C	$a \times 10^3$	$H_{\infty}$	$H_S \times 10^3$	$W_1 \times 10^3$	$W_2 \times 10^3$	$H_A \times 10^3$	$W_{1A} \times 10^3$	$W_{3A} \times 10^3$	$H_B \times 10^3$	$W_{1B} \times 10^3$	$W_{2B} \times 10^3$
K L	250	Обмена нет										
	300	0,32	46	0,47	0,2	4,2						
	400				0,34	7,3						
	500				0,5	10,6						
0,35 НК L	250	Обмена нет										
	400	0,69	49,2	1,24	0,23	1,8						
	500						0,91	6,3	69	0,33	0,62	19
0,28 CaK L	250	Обмена нет										
	400	0,7	36,4	0,68	0,23	3,4						
	500						0,58	3,8	65	0,1	0,1	11,7

дит на мысль, что катионы кальция в цеолите типа L при высокой температуре ( $500^\circ$ ) размещаются не менее чем в двух различных позициях. Подвижность водородных атомов типа А более чем в 5 раз превышает подвижность атомов типа В. По-видимому, расположение комплексов  $Ca(OH)^+$  в различных позициях влияет на величину подвижности водородных атомов. Характер влияния, вероятно, обуславливается степенью локализации катионов кальция, природой и отдаленностью окружающих этот комплекс атомов (соседних атомов). Сопоставление степени подвижности атомов водорода типа А, полученных для образцов 0,33 НКL и 0,28 CaKL, показывает, что средние подвижности для этих цеолитов примерно равны. Последнее дает нам право допустить, что на степень подвижности атомов водорода типа А, наряду с природой комплекса  $Me(OH)^+$ , также значительное влияние оказывает его местоположение и окружение (для 0,35 НКL  $W_{2A} \cdot 10^3 = 69$ , для CaKL  $W_{2A} \cdot 10^3 = 65$ ).

Водородная форма синтетического цеолита типа L содержит большее количество обменноспособных атомов водорода, чем исходный образец KL. Для цеолита 0,35 НКL при высокой температуре ( $500^\circ$ ) наблюдаются кинетически неравноценные атомы водорода. Подвижности атомов водорода этих разновидностей значительно отличаются друг от друга. Аналогичные результаты получены для кальцийзамещенных форм цеолита типа L.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 14.5.1976)

შ. სიდამონიძე, მ. კავილადზე, თ. მელაშვილი, მაჰა ჰადრი

## L ტიპის სინთეზური ცეოლითის გამოკვლევა იზოტოპური ჰეტეროგენიზაციის მეთოდით

რეზიუმე

სილიციუმის მაღალი შემცველობის L ტიპის სინთეზურ ცეოლიტებში იზოტოპური ჰეტეროგენული მიმოცვლის მეთოდით შესწავლილია სტრუქტურული ჰიდროქსილების კონცენტრაცია და დადგენილია სხვადასხვა, არა ნაკლებ ორი ტიპის წყალბადის ატომების არსებობა. განსაზღვრულია ამ ატომების ძვრადობის ხარისხები.

კათიონჩანაცვლებული და დეკათიონირებული ფორმების მაგალითზე ნაჩვენებია კათიონის ბუნების გავლენა წყალბადის ატომების ძვრადობაზე.

### PHYSICAL CHEMISTRY

Sh. I. SIDAMONIDZE, M. Sh. KAVILADZE, T. A. MELASHVILI, MAHA HADR

## INVESTIGATION OF L TYPE SYNTHETIC ZEOLITE BY THE ISOTOPIC HETERO-EXCHANGE METHOD

Summary

The structural concentration of hydroxyls in silicon with high content of L type synthetic zeolites was studied by the isotopic heterogenic exchange method. Different types of hydrogen atoms (at least 2) were identified and the degrees of their mobility determined.

Substitution of cations and various forms of decationation influence the nature of cations in the hydrogen atom movements.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. X. M. Миначев, P. B. Дмитриев, Я. И. Исаков, О. Д. Бронников. Кинетика и катализ, т. XII, вып. 3, 1971, 712—719.
2. X. M. Миначев, P. B. Дмитриев, Я. И. Исаков, О. Д. Бронников. Изв. АН СССР, сер. хим., т. XII, 1973, 2689—2696.
3. X. M. Миначев, Г. Бремер, P. B. Дмитриев, К. Т. Штейнберг, Я. И. Исаков, А. Н. Детюк. Изв. АН СССР, сер. хим., т. XIII, № 2, 1974, 289—293.
4. P. B. Дмитриев, Я. И. Исаков, Н. Я. Усачев, А. Н. Детюк, X. M. Миначев. Изв. АН СССР, сер. хим., т. XIV, 1975, 1011—1015.
5. M. Ш. Кавილადზე, Г. Е. Қочаров, В. А. Дергачев, Т. А. Мелашвили, Б. А. Соломко, И. В. Абашидзе, М. С. Қвирня, Маха Хадр. Пятое Всесоюзное совещание по проблеме «Астрофизические явления и радиоуглерод». (Тбилиси, 4—6. X. 1973 г.).
6. M. Ш. Кавиლადზე, Т. А. Мелашвили, С. А. Семенов, Маха Хадр. Труды Тбилисского гос. ун-та, т. 173, Физика, 1976.



ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Г. В. ЦИЦИШВИЛИ (академик АН ГССР), Н. И. СХИРТЛАДЗЕ  
 (член-корреспондент АН ГССР), Д. Н. БАРНАБИШВИЛИ,  
 Л. Ш. ДОЛИДЗЕ, М. Г. АДОЛАШВИЛИ

СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МОРДЕНИТСОДЕРЖАЩЕГО ТУФА

Интерес к изучению природных цеолитов обусловлен их ценными свойствами и возможностью успешного применения в народном хозяйстве.

Среди природных цеолитов большое внимание привлекает высококремнистый цеолит морденит, как хороший молекулярно-ситовой адсорбент, ионообменник, катализатор, обладающий значительной кислотостойкостью и термостабильностью.

Морденит является цеолитом с наиболее высоким содержанием кремнезема. Для большинства образцов мольное отношение  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  колеблется в пределах 9—10 [1]. В катионообменную группу входят Са, Na, К и иногда Mg. Морденит достаточно распространен в природе и чаще всего встречается в кальциевой форме. В природном виде он относится к узкопористым цеолитам (4 Å) и обладает большей кислотостойкостью, чем синтетический [2].

В Грузии обнаружены богатые проявления природных цеолитов [3]. Целью настоящей работы явилось изучение адсорбционных свойств туфогенных морденитов верхнемелового возраста окрестностей с. Ратевани Болнисского района Грузинской ССР. Количество морденита в породе колеблется в пределах 40—50% [4]. Химический состав этих образцов примерно одинаков. Ниже приведен усредненный химический состав морденитсодержащих туфов этого месторождения.

Из-за содержания в туфе обломков зерен, а также монтмориллоновых и гематитовых масс приведенные результаты химического анализа дают лишь приблизительное представление о химическом составе морденита. По своему катионному составу ратеванский морденит обогащен катионами кальция [4].

Таблица 1

Усредненный химический состав природного морденитсодержащего туфа (%)

$\text{SiO}_2$	$\text{TiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	FeO	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	$\text{H}_2\text{O}^+$	$\text{H}_2\text{O}^-$	Сумма
70,70	0,20	9,25	3,85	0,38	0,03	0,88	3,36	1,60	1,23	0,20	0,14	4,41	4,11	100,39

Нами было исследовано пять образцов морденитсодержащих туфов указанного месторождения (1, 2, 3, 4 и 3530). Все эти образцы имеют зеленоватый цвет.

Объектом сравнения служил американский морденит R—5A (из коллекции Национального американского музея).

Для характеристики адсорбционных свойств морденитсодержащих туфов исследовались сорбция паров воды на высоковакуумной микро-25. „ბუნების“ № 83, № 2, 1976



весовой установке при  $20^\circ$  и адсорбция паров азота при  $-195,8$  и  $28^\circ$  на высоковакуумной объемной установке. Для исследования брались зерна с диаметром 1—2 мм. Вакуумирование образцов проводилось при температуре  $350^\circ$  до достижения остаточного давления  $1 \cdot 10^{-6}$  мм рт. ст. и постоянного веса.

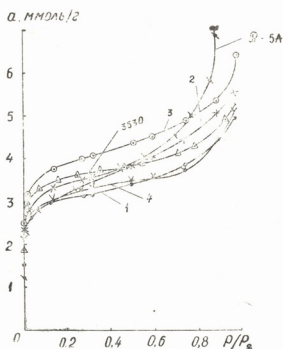


Рис. 1. Изотермы адсорбции паров воды при  $20^\circ$  на морденитсодержащем туфе (на изотермах номера образцов)

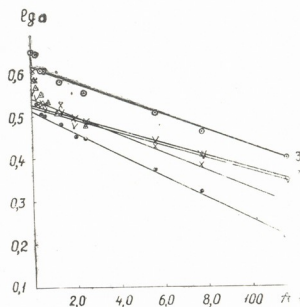


Рис. 2. Изотермы адсорбции паров воды при  $20^\circ$  в линейной форме (на изотермах номера образцов)

Изучение адсорбции паров воды ратеневскими морденитсодержащими туфами показало (рис. 1), что адсорбционный объем, соответ-

Таблица 2

Величина адсорбции ( $\text{см}^3/100$  г сорбента) природных морденитов по парам воды при  $20^\circ$  и азота при  $-195,8^\circ$

Образцы морденитов	$P/P_s$					
	0,02	0,05	0,10	0,40	0,80	1,0
1	4,32	4,84	5,20	5,94	7,10	8,90
2	5,40	5,50	5,80	6,60	8,40	10,00
3	5,72	6,20	6,60	7,54	9,00	11,52
4	4,80	5,04	5,30	6,12	6,84	9,10
3530	5,40	5,85	6,15	6,84	7,83	—
R—5A	4,32	4,80	5,22	6,66	9,36	—

По азоту при  $-195,8^\circ$

3	0,91	1,05	1,22	1,75	2,62	—
3530 исходный	0,35	0,50	0,59	0,84	1,26	—
3530, промытый горячей водой	0,60	0,77	0,91	1,47	2,24	—

вующий первичной пористой структуре, заполняется при низких относительных давлениях (до  $P/P_s = 0,1$ ). Изотермы характеризуются крутым подъемом, типичным для тонкопористых адсорбентов. Небольшой

подъем выше  $P/P_s = 0,40$  связан с капиллярной конденсацией паров воды во вторичной пористой структуре.

В табл. 2 представлены величины адсорбционных объемов туфогенных морденитов по парам воды ( $20^\circ$ ) и азота ( $-195,8^\circ$ ) при различных относительных давлениях.

При сравнении полученных данных видно, что сравнительно лучшей адсорбционной способностью обладают образцы 3 и 3530. Остальные образцы, в том числе и американский цеолит, обладают близкими адсорбционными свойствами.

Для анализа изотерм адсорбции паров воды морденитсодержащими туфами было применено термическое уравнение адсорбции Дубинина.

На рис. 2 представлены изотермы адсорбции паров воды при  $20^\circ$  в линейной форме в координатах  $\lg a A^2 \cdot 10^{-5}$ . Из рис. 2 видно, что все изотермы прямолинейны. Величины предельной адсорбции ( $a_0$ ) и предельного объема сорбционного пространства ( $W_0$ ), определенные расчетным методом и найденные интерполяцией по графикам изотерм при  $P/P_s = 0,40$ , находятся в хорошем согласии (см. табл. 3).

Таблица 3

Параметры пористой структуры образцов морденитсодержащих туфов по данным исследования адсорбции паров воды

Образцы морденита	По уравнению адсорбции		По изотерме при $P/P_s = 0,40$	
	$a_0 \frac{\text{ммоль}}{\text{г}}$	$W_0 \frac{\text{см}^3}{\text{г}}$	$a \frac{\text{ммоль}}{\text{г}}$	$V \frac{\text{см}^3}{\text{г}}$
1	3,162	0,057	3,30	0,059
2	3,63	0,065	3,55	0,064
3	4,17	0,075	4,19	0,075
4	3,37	0,060	3,40	0,061
3530	3,47	0,060	3,78	0,068
R-5A	3,40	0,061	3,70	0,067

Исследование адсорбции паров азота на образцах 3 и 3530 при температурах  $-195,8$  и  $28^\circ$  показало их низкую адсорбционную способность (табл. 2, 4). Это явление можно объяснить близостью крити-

Таблица 4

Величина адсорбции ( $\text{см}^3/100 \text{ г}$  сорбента) по парам азота при  $28^\circ$

Образцы	P мм				
	50	100	200	300	400
3530	0,190	0,260	0,380	0,470	0,550
3	0,130	0,190	0,270	0,320	0,350

ческого диаметра молекул азота к диаметру входов в поры морденита. Интересно отметить, что при промывании образца 3530 горячей водой его адсорбционная способность по азоту повышается почти в 2 раза.

В табл. 3 представлены данные по адсорбции ( $a$ ) и адсорбционных объемам ( $v$ ) по парам азота при  $28^\circ$  на туфогенных морденитах 3530 и 3 при различных давлениях.



Сравнение полученных данных показывает, что адсорбционная способность по парам азота при  $28^\circ$  очень мала. Сравнительно лучшей адсорбционной способностью обладает образец 3530.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт физической и органической химии  
им. П. Г. Меликишвили

(Поступило 29.4.1976)

ფიზიკური ქიმია

ბ. ციციშვილი (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), ნ. სხირტლადე  
(საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), დ. ბარნაბიშვილი,  
ლ. დოლიძე, მ. ადოლავილი

მორდენიტუმცველი ტუფების სორბციული თვისებები

რეზიუმე

მაღლვაკუუმური მიკროსასწორის მეთოდით შესწავლილია წყლისა ( $20^\circ$ ) და აზოტის ( $-195,6^\circ$  და  $28^\circ$ ) ორთქლთა ადსორბცია საქართველოს სსრ ბოლნისის რაიონის მორდენიტუმცველი ტუფის ნიმუშებზე.

ნაჩვენებია, რომ ბოლნისის მორდენიტუმცველი ტუფები და ამერიკული მორდენიტი წარმოადგენენ წვრილფოროვან ადსორბენტებს და წყლის ადსორბციის მიმართ ხასიათდებიან დაახლოებით ერთნაირი ადსორბციული თვისებებით.

შესწავლილი ნიმუშები აზოტის ორთქლის მიმართ ამჟღავნებენ მცირე ადსორბციულ უნარს.

PHYSICAL CHEMISTRY

G. V. TSITSISHVILI, N. I. SKHIRTLDZE, D. N. BARNABISHVILI, L. Sh. DOLIDZE,  
M. G. ADOLASHVILI

## ADSORPTION PROPERTIES OF MORDENITE TUFF OF THE BOLNISI DEPOSIT

Summary

A high-vacuum microweight balance was used to study the adsorption of water ( $20^\circ$ ) and hydrogen ( $-195,6^\circ$  and  $28^\circ$ ) vapours on mordenite tuff of the Bolnisi deposit (Georgian SSR).

It is shown that Bolnisi mordenite tuffs and American mordenites are fine-pored adsorbents and they have almost similar water adsorption properties. The studied forms have low adsorption properties to nitrogen vapour.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Э. Э. Сендеров, Н. И. Хитаров. Цеолиты, их синтез и условия образования в природе. М., 1970, 58.
2. И. М. Беленькая, М. М. Дубинин, И. М. Криштофори. Изв. АН СССР, сер. хим., № 10, 1967, 2164.
3. Г. В. Гвахария. Цеолиты Грузии. Тбилиси, 1952.
4. Г. В. Цицишвили, Н. И. Схиртладзе, Т. Г. Андроникашвили, Т. А. Чумбуридзе. ДАН СССР, 225, № 3, 1975, 587.





Г. В. ЦИЦИШВИЛИ (академик АН ГССР), А. И. НОГАЙДЕЛИ,  
Т. Г. АНДРОНИКАШВИЛИ, Н. М. ГОГИТИДZE, З. С. ТАБИДZE,  
Дж. С. ХАСИЕВА

## НЕКОТОРЫЕ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАКРОРЕТИКУЛЯРНЫХ СМОЛ

В настоящее время в практике газовой хроматографии широкое применение находят органические полимерные пористые адсорбенты, синтезированные на основе сополимеров стирола, этилстирола и дивинилбензола [1].

С другой стороны, такие полимерные сорбенты, как макропоретикальные иониты, несмотря на сравнительно высокую удельную поверхность [2] и способность к катионному модифицированию, термическую и механическую стабильность, сравнительно мало используются в газовой хроматографии [3, 4].

Макропористые сополимеры стирола и дивинилбензола были получены гранульной сополимеризацией в присутствии растворителя — н-гептана с инициатором — перекисью бензола в среде 1% раствора крахмала. Соотношение сшивающего агента—дивинилбензола и растворителя — н-гептана в нашем случае составляло 20/60. Сульфирование макропористых сополимеров проводилось 92—96%-ной серной кислотой без предварительного набухания в инертных органических растворителях.

Макропористые иониты из исходной формы переводились в калиевую, литиевую, натриевую и серебряную путем обработки методом перколяции соответствующими водными растворами: KCl, LiCl, NaCl, AgNO<sub>3</sub>. Для этого исходная форма смол помещалась в колонку, через которую пропускались водные растворы, содержащие соответствующие катионы, до тех пор, пока концентрации фильтрата и исходного раствора не становились практически одинаковыми. Затем иониты отмывались дистиллированной водой и просушивались до температуры 100°. Зерна макропоретикальных смол 1—1,5 мм загружались в хроматографическую колонку длиной 40 см, диаметром 0,4 см. Хроматографические свойства определялись по ряду модельных смесей: 1) предельных-непредельных углеводородных газов C<sub>1</sub>—C<sub>4</sub>, 2) бинарной смеси окись-двуокись углерода, 3) предельных углеводородов C<sub>6</sub>—C<sub>10</sub>, 4) ароматических углеводородов (бензол-толуол-кумол-псевдокумол). Газом-носителем служил гелий со скоростью 50 мл/мин. Детектор работал по принципу измерения теплопроводности. В том случае, когда изучались модельные смеси жидких углеводородов, температура испарителя была 240°, а колонки 100°, для газообразных модельных смесей температура колонки была 24°C.

Введение катионов в эти полимерные сорбенты вызывает изменение удерживаемых объемов исследованных соединений (табл. 1 и 2).

На макропоретикальных ситах, в отличие от сополимерных адсорбентов [1], непредельные углеводороды вымываются после соответствующих предельных углеводородов. Особенное возрастание величин



удерживаемых объемов исследованных соединений имеет место на серебряных формах. Непредельные углеводороды ( $C_2-C_4$ ) при комнатной температуре из колонки, заполненной этой формой смол, не вымываются. Особо следует отметить изменение удерживаемых объемов окиси и двуокиси углерода под влиянием природы обменного катиона (табл. 1). При этом величина удерживаемого объема двуокиси угле-

Таблица 1

Удерживаемые объемы углеводородных газов, окиси и двуокиси углерода

Смола, обогащенная катионами	$C_2H_6$	$C_3H_8$	$C_4H_{10}$	$C_2H_4$	$C_3H_6$	$C_4H_8$	CO	CO <sub>2</sub>
Исходная форма	0,61	3,46	10,59	1,63	4,03	12,22	0,61	2,04
Литиевая форма	1,02	4,50	16,99	2,46	7,78	23,55	0,61	67,14
Натриевая форма	0,76	2,73	8,04					
Калиевая форма	1,32	3,75	14,44	2,50	8,81	22,50	0,56	113,06
Серебряная форма	1,73	7,65	42,60				132,56	38,70

рода, по сравнению с исходной формой, значительно возрастает в последовательности на серебро<литий<калийсодержащих образцах, в то время как величина удерживаемого объема окиси углерода в значительной мере увеличена лишь на серебряных макроретикулярных смолах. Последним свойством эти формы макроретикулярных смол схожи с серебросодержащим цеолитом типа Y [5]. Большая разница удерживаемых объемов CO и CO<sub>2</sub> на этой форме макроретикулярных смол создает возможность их использования для хроматографического разделения этой бинарной смеси. Эта смесь является хроматографически трудноразделяемой, ее разделение не может быть осуществлено на цеолитах из-за прочной адсорбции двуокиси углерода [6]. В работе [3] показана возможность разделения воздуха-окиси углерода-двуокиси углерода в указанной последовательности элюирования на макроретикулярной смоле Amberlyst 15, содержащей восстановленный катион никеля. В нашем случае на серебряной форме макроретикулярных смол имеет место разделение этой смеси, но с обратной последовательностью элюирования окиси и двуокиси углерода (рис. 1). Это, по-види-

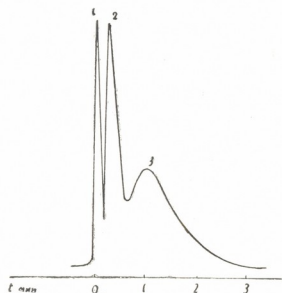


Рис. 1. Хроматограмма смеси: 1 — воздух, 2—двуокись углерода, 3 — окись углерода на серебряной форме макроретикулярной смолы

мому, можно связать с возможностью образования окисью углерода с катионом серебра комплексных соединений, стабильных в течение определенного времени [7]. Восстановление катионов серебра в смолах в потоке водорода в течение 5 часов при 100° С приводит к резкому из-

менению специфики наполнителя хроматографической колонки — время удерживания окиси углерода в значительной степени уменьшается и окись углерода вымывается единым пиком с двуокисью углерода. По-видимому, образование комплексных соединений окиси углерода с восстановленным серебром не имеет места.

Таблица 2

Удерживаемые объемы предельных и ароматических углеводов

Смолы, обогащенные катионами	Гексан	Гептан	Октан	Нонан	Декан	Бензол	Толуол	Кумол	Псевдо-кумол
Исходная форма	3,22	9,99	16,6	33,37	75,76	9,19	18,05	44,69	80,13
Литиевая форма	3,31	6,96	14,08	22,67	55,81	5,30	10,43	27,32	45,21
Натриевая форма	4,45	11,17	16,75	28,68	68,45	8,88	21,91	43,68	57,71
Калиевая форма	4,45	9,87	20,19	40,68	94,88	13,7	35,22	96,70	108,1
Серебряная форма	9,75	17,86	31,73	55,58	111,9	22,33	23,8	39,13	44,30

Из табл. 2 следует, что для предельных углеводов характерно увеличение удерживаемых объемов в зависимости от катионов по мере их утяжеления:  $Li^+ < Na^+ < K^+ < Ag^+$ , для ароматических углеводов серебряная форма выпадает из этого ряда, так как не проявляет ярко выраженной селективности к ароматическим соединениям.

Академия наук Грузинской ССР

Институт физической и органической химии

им. П. Г. Меликишвили

(Поступило 23.4.1976)

ფიზიკური ქიმია

ბ. ციციშვილი (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), ა. ნოლაიძელი,  
 თ. ანდრონიკაშვილი, ნ. გობიტიაშვილი, ზ. ტაბიძე, ჯ. ხასიშვა

მაკრომეტიკულარული ფისების ზომიერითი  
 ქრომატოგრაფიული თვისება

რეზიუმე

შესწავლილა იონმიმოცვლითი მაკრომეტიკულარული ფისების  $H^+$ ,  $Li^+$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ag^+$  კათიონნაცვლებული ფორმების ქრომატოგრაფიული თვისებები მოდელური ნარევების მაგალითზე. გამოთვლილა სხვადასხვა ნახშირწყალბადების შეკავებითი მოცულობები. ნაჩვენებია  $CO-CO_2$  ბინარული ნარევის ქრომატოგრაფიული დაყოფის შესაძლებლობა იონმიმოცვლითი ფისის  $Ag$  ფორმაზე.



G. V. TSITSISHVILI, A. I. NOGAIDELI, T. G. ANDRONIKASHVILI, N. M. GOGITIDZE,  
Z. S. TABIDZE, J. S. KHASIEVA

## SOME CHROMATOGRAPHIC PROPERTIES OF MACRORETICULAR ION EXCHANGE RESINS

### Summary

The chromatographic properties of the  $H^+$ ,  $Li^+$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ag^+$ , ion forms of macroreticular ion exchange resins have been studied. The mixture of hydrocarbons and  $CO-CO_2$  gases has been used as a model mixture. Retention volumes for different hydrocarbons have been calculated on the basis of chromatographic data. It is shown that the  $CO-CO_2$  mixture can be separated on the silver ion form of resin.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. К. И. Сакодынский, Л. И. Панина. Ж. аналит. химии, 27, № 5, 1972, 1024.
2. А. А. Лурье. Сорбенты и хроматографические носители. М., 1972, 87.
3. К. Ohzeki, Т. Камбара. J. Chromatogr. 55, № 2, 1972, 319.
4. R. F. Hirsch, H. C. Stober, M. Kowblansky, F. N. Hubner, A. W. O'Connell. Anal. Chem. 45, № 12, 1973, 2100.
5. Т. Г. Андроникашвили, О. С. Банах. Сообщения АН ГССР, 76, № 2, 1974, 367.
6. Г. В. Цицишвили, Т. Г. Андроникашвили. Успехи хроматографии. М., 1972, 177.
7. Т. Г. Андроникашвили. Автореферат, Тбилиси, 1972.



В. Ю. ВАЧНАДЗЕ, Е. Н. ЖУКОВИЧ, К. С. МУДЖИРИ

## ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ АЛКАЛОИДОВ В НАДЗЕМНЫХ ОРГАНАХ ИНТРОДУЦИРОВАННОЙ В ГРУЗИИ *VINCA MAJOR* (АЛКАЛОИДЫ РЕЗЕРПИНИН И ИЗОМАЙДИН)

(Представлено членом-корреспондентом Академии И. Г. Гвердцители 11.5.1976)

Изучение динамики накопления алкалоидов в отдельных органах растения по фазам его развития, проведенное многими исследователями [1—6], позволяет устанавливать, в каких органах и в какое время вегетации происходит накопление этих веществ. Именно с указанной точки зрения нами были предприняты исследования интродуцированной в Грузии *Vinca major*, содержащей индольные алкалоиды, известные своей фармакологической активностью [7].

Это вечнозеленое растение родом из западного Средиземноморья (Франция, Испания) введено в культуру в Тбилиси на опытном поле лекарственных растений Института фармакохимии АН ГССР заслуженным агрономом республики А. М. Джорбенадзе. Растение в новых для него экологических условиях вегетирует нормально.

По нашим данным, культивирование положительно влияет на накопление алкалоидов в *Vinca major*. Общее содержание их в корнях достигает 1,84% (фаза относительного зимнего покоя), в надземных органах — 1,87% (фаза цветения). Зеленая часть растения наиболее богата алкалоидами не только в количественном, но и в качественном отношении. Причем суммарное распределение этих веществ в стеблях, листьях, бутонах и цветах зависит от фазы развития растения.

Обследованию подвергались особи на самых ранних и более поздних стадиях вегетативного развития. Исследовались растения с четырьмя, пятью, шестью и десятью междоузлиями в три фазы развития: бутонизации — I, полного цветения — II, отцветания и начального плодоношения — III (см. таблицу).

Установлено, что с ростом количества междоузлий на I стадии наблюдается обратная зависимость между накоплением алкалоидов в стеблях и листьях (исключение составляют растения с 10 междоузлиями). В частности, если максимум содержания алкалоидов в стеблях приходится на растение с меньшим числом междоузлий (растение с 4 междоузлиями), то в листьях тенденция к увеличению общего количества алкалоидов растет преимущественно по мере возрастания числа междоузлий. На II и III стадиях развития картина меняется: содержание алкалоидов в листьях независимо от числа междоузлий превышает их накопление стеблями.

Интересные данные получены при исследовании колебаний в содержании алкалоидов в листьях по ярусам у растения в фазе начала плодоношения. В базальных листьях суммарное количество алкалоидов в среднем составляет 0,67%, в медиальных — 0,36%, а в верхних, апикальных — 0,86%.

Динамика накопления алкалоидов надземными органами *Vinca major*

Фазы вегетации	Растения с 4 междоузлиями			Растения с 5 междоузлиями			Растения с 6—7 междоузлиями			Растения с 10 междоузлиями			Сумма алкалоидов, %			
	Длина, см	Сумма алка- лоидов, %		Длина, см	Сумма алка- лоидов, %		Длина, см	Сумма алка- лоидов, %		Длина, см	Сумма алка- лоидов, %		Буто- ны	Цветы		Н- редельные алкалоиды
		Листья	Стеб- ли		Листья	Стеб- ли		Листья	Стеб- ли		Листья	Стеб- ли		Начало цветения	Полное цветение	
I— начальное цветение	7,5	0,133	1,875	14,5	0,5	0,675	16,5	0,237	0,423	25	1,405	0,988	0,8	0,709		
II—полное цветение	7,5	0,6	0,415	14,5	0,913	0,267	16,5	0,427	0,353	25	0,695	0,358			0,286	
III—отцвета- ние и нача- ло плодо- ношения	9—10	0,593	0,31	18	0,265	0,237	22	0,444	0,222	35—36	0,175	0,147				0,776

Таким образом, изучение динамики накопления алкалоидов в надземных органах на разных этапах развития интродуцированной *Vinca major* показало, что их содержание меняется по мере роста растения.

Из надземной части и корней *Vinca major*, собранной в фазе отцветания (май 1975 г.), были изолированы два основания  $A_1$  и  $A_2$ .

Основание  $A_1$  с т. пл. 222—225°C,  $[\alpha]_D^{20}$  159° (с 1,01 хлр.). УФ-спектр основания характерен для алкалоидов с хромофором индола. В частности, имеются два максимума: при  $\lambda$  230 нм ( $lg\epsilon$  4,65) и  $\lambda$  295 нм ( $lg\epsilon$  3,84). В ИК-спектре имеются полосы поглощения вторичной аминогруппы в области 3390  $cm^{-1}$ . Карбонил сложно-эфирной группировки проявляется при 1710, 1620, 1280, 1215  $cm^{-1}$ . Полосы поглощения при 710, 760, 780, 790  $cm^{-1}$  свидетельствуют о 1, 2, 3-тризамещении бензольного кольца.

Основание  $A_2$  с т. пл. 206—207°C,  $[\alpha]_D^{20}$  103° (с 2,0 хлр.). УФ-спектр подтверждает оксиндоловую природу соединения. В ИК-спектре имеются полосы поглощения вторичной аминогруппы в области 3315  $cm^{-1}$ , сложно-эфирной карбонильной группировки при 1735, 1640  $cm^{-1}$ , а также полосы при 780, 800, 1110  $cm^{-1}$ , свидетельствующие о 1, 2, 3, 4-замещении бензольного кольца.

Анализ спектральных данных и сравнение их с литературными сведениями [8—13], а также определение смешанной пробы плавления и хроматографирование в тонком слое на силикагеле КСК № 2 с достоверными образцами резерпинина и изомайдина, выделенных из *Vinca herbacea* и *Vinca pubescens*, подтверждают идентичность основания  $A_1$  с резерпинином, а основания  $A_2$  — с изомайдином.

Таким образом, проведенными исследованиями показано, что одними из главных алкалоидов интродуцированной *Vinca major* являются резерпинин и изомайдин. Последнее основание впервые найдено в этом растении.

ИК-спектр снимался на приборе UR-20 в вазелиновом масле, УФ-спектр — на приборе СФ-16 в метиловом спирте.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт фармакохимии им. И. Г. Кутателадзе

(Поступило 14.5.1976)

ფარმაკოქიმია

ვ. ვახანაძე, ე. შუპროვიჩი, ჯ. მუჯირი

საქართველოში ინტროდუცირებული მცენარის *VINCA MAJOR*-ის მიწისზედა ნაწილებში ალკალოიდების დაზროვნების დინამიკა (ალკალოიდები რეზერპინინი და იზომაიდინი)

რ ე ზ ი შ ე ე

შესწავლილია *Vinca major*-ში ალკალოიდების ჯამის დაზროვნების დინამიკა, რომელიც მჭიდროდ არის დაკავშირებული მცენარის ვეგეტაციის სხვადასხვა ფაზასთან.

გამოყოფილია ალკალოიდები რეზერპინინი და იზომაიდინი.



V. Yu. VACHNADZE, E. N. ZHUKOVICH, K. S. MUJIRI

THE DYNAMICS OF THE ACCUMULATION OF THE SUM OF  
ALKALOIDS IN *VINCA MAJOR*, CULTIVATED IN GEORGIA  
(THE ALKALOIDS: RESERPINE AND ISOMAYDINE)

Summary

The dynamics of the sum of alkaloids during vegetation in the overground parts of *Vinca major*, cultivated in Georgia, has been studied. Accumulation of the sum of alkaloids depends upon the growth of the plant. The alkaloids, reserpine and isomaydine, have been isolated.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Д. А. Муравьева. Аптечное дело, № 4, 1964, 30.
2. M á t h é I m g e. «Herba Pol», 16, № 3, 1970, 278.
3. Т. А. Адылов. Ядовитые и алкалоидоносные растения Узбекистана. Ташкент, 1970.
4. С. Ю. Юнусов. Изв. АН УзССР, 4, 1948, 11.
5. Г. В. Чхиквадзе, В. Ю. Вачнадзе, К. С. Муджири. Сообщения АН ГССР, 593, 1970, 590.
6. М. М. Муджири, В. Ю. Вачнадзе, К. С. Муджири. Сообщения АН ГССР, 69, 3, 1973, 621.
7. Queva u v i l l e r, J. Le M e n, M. M. J a n o t. Annales Pharmaceutiques Fran] caises, 13, № 5, 1955, 328.
8. М. М. J a n o t, J. Le M e n. Comptes Rendus, tome 238, 1954, 2550.
9. R. H. F. M a n s k e. The Alkaloids. VII, 1960, 100.
10. Н. Абдурахимова, П. Х. Юлдашев, С. Ю. Юнусов. ДАН УзССР, 4, 1964, 33.
11. Э. З. Джакели, В. Ю. Вачнадзе, М. М. Муджири, К. С. Муджири. Сообщения АН ГССР, L, 2, 1968, 397.
12. Г. В. Чхиквадзе, В. С. Асатиани, В. Ю. Вачнадзе, К. С. Муджири. Сообщения АН ГССР, 64, 2, 1971, 345.
13. Г. В. Чхиквадзе, В. Ю. Вачнадзе, К. С. Муджири. Сообщения АН ГССР, 69, 2, 1973, 370.



Р. Г. ГОБЕДЖИШВИЛИ

СОВРЕМЕННОЕ ОЛЕДЕНЕНИЕ В БАССЕЙНЕ р. КОДОРИ  
(ЗАПАДНЫЙ КAVKAZ)

(Представлено академиком Ф. Ф. Давитая 18.5.1976)

Исследуемый район охватывает южный склон Западного Кавказа между перевалами Марухи и Сакени и отроги Главного Кавказского хребта (Кодори, Гвагва, Клыч, Хутиа и Абхазия), высота которых превосходит 3000 м. Здесь находятся такие вершины, как Марухбаши, Эрцахо, Софруджу, Домбай-уулген, Клыч, Гвандра, Могуаширха и др. Распространение ледникового покрова, наряду с другими факторами, обусловлено гипсометрическими и морфологическими особенностями рельефа.

Первые сведения о ледниках бассейна р. Кодори даны в трудах известных исследователей Кавказа [1—3]. В 1890—1910 гг. была проведена топографическая съемка Кавказа. На основе полученных карт А. Л. Рейнгард [4] определил положение снеговой линии для бассейна р. Кодори и его притоков; он же провел полную инвентаризацию ледников.

В 1965 г. Д. Д. Табидзе [5] на основе крупномасштабных топокарт составил каталог ледников Абхазии, однако топокарты были составлены по материалам аэрофотосъемок 1946 г. и сведения о ледниках являются устаревшими.

В 1975 г. нами были проведены гляцио-геоморфологические работы в бассейне р. Кодори. Стереофотограмметрическим методом производилась съемка крупных ледников бассейна Ю. Марухи и Клыч. Изучалась скорость таяния и движения ледников. Остальные ледники бассейна были изучены по новейшим топокартам и аэрофотоснимкам. Ниже приводится каталог наиболее крупных ледников бассейна (табл. 1).

В бассейне р. Кодори ледники распределены крайне неравномерно. Основным очагом оледенения является бассейн р. Чхалта, включающий 38,3% числа всех ледников бассейна р. Кодори и 38,9% их площади. Здесь расположены самые крупные ледники Абхазии — Софруджу Ю. и Ю. Марухи. Фирновое поле Софруджу Ю. соединено с фирновым ледников северного склона Б. Кавказа — Софруджу С. и Белалая.

На бассейн р. Сакени приходится 18,7% числа ледников и 29,0% их площади, а на бассейн р. Клыч — 19,5 и 14,3 соответственно. Несмотря на то что бассейн р. Клыч по количеству ледников превосходит бассейн р. Сакени, он намного уступает ему по занимаемой площади, что обусловлено в основном множеством малых каровых ледников в бассейне р. Клыч. В бассейне р. Гвандра находятся 20 ледников (15,6%) с площадью 7,42 км<sup>2</sup> (11,3%).

Остальные притоки бассейна (Хецквара, Генцвиши, Брамба) по степени оледенения и площадям своих бассейнов намного уступают перечисленным рекам.

Таблица 1

Основные характеристики наиболее крупных ледников бассейна р. Кодори

Название ледника	Название притока, в бассейне которого расположен ледник	Морфологический тип ледника	Экспозиция	Длина, км	Площадь, км <sup>2</sup>	Абсолютная высота, м	
						высшей точки бассейна ледника	низшей точки конца ледника
Ю. Марухи Софруджу Ю.	Ю. Марухи Чхалта	Долинный карово-долинный	З	3,5	1,80	3300	2390
Адеба	Чхалта	Склоновый	Ю	2,9	4,50	3780	2650
Ю. Гтыш	Чхалта	Склоновый	ЮЗ	1,5	1,64	3750	2710
Хутыа	Хецквари	Долинный	В	1,4	1,68	3690	2630
Ачапара	Клыч	Склоновый	СЗ	2,1	1,44	3510	2580
Клыч	Клыч	Склоновый	В	1,4	1,74	3 40	2560
Нахар	Клыч	Долинный	СВ	2,5	1,06	3680	2370
Ю. Гондарай	Гвандра	Долинный карово-долинный	СЗ	1,2	0,78	3500	2660
Сакени	Сакени	Долинный	ЮВ	1,3	0,80	3419	2490
Мемул	Сакени	Долинный карово-долинный	ЮВ	2,1	2,30	3984	2610
Чепара	Сакени	Долинный	С	1,4	1,90	3240	2700
Ачапара	Сакени	Долинный	С	2,1	1,37	3300	2730
Могуаширха С.	Сакени	Долинный	С	2,3	1,57	3405	2680
Могуаширха Ю.	Сакени	Висяче-долинный	СЗ	1,9	0,83	3852	2790
		Висяче-долинный	СЗ	2,0	1,06	3852	2810

По сравнению с 1916 г., число ледников увеличилось, а их площадь уменьшилась (табл. 2). Это связано с общей деградацией ледников.

Таблица 2

Распределение оледенения по отдельным притокам р. Кодори

Название притока	Число ледников		Площадь ледников, км <sup>2</sup>	
	по А. Л. Рейнгарду, 1916	по Р. Г. Гобеджишвили, 1975	по А. Л. Рейнгарду, 1916	по Р. Г. Гобеджишвили, 1975
Чхалта	48	49	32,12	25,62
Хецквара	6	5	2,79	2,45
Генцвиши	—	1	—	0,39
Клыч	25	25	16,55	9,43
Гвандра	24	20	7,20	7,42
Сакени	17	24	15,51	19,10
Брамба	—	4	—	1,40
Всего	120	128	74,37	65,81

Непосредственные наблюдения над положением фирновой линии проводились в нескольких ледниковых бассейнах, но для всего бассейна р. Кодори и для отдельных его притоков положение фирновой линии вычислено на основе новейших топокарт методом Геффера и сопоставлено с данными А. Л. Рейнгарда [4] (табл. 3).

Как показывает табл. 3, фирновая линия в бассейне р. Кодори за 1916—1975 гг. поднялась в среднем на 170 м (2,0—2,5 м/год). Такое же изменение наблюдается в долине р. Риони [6].

Таблица 3

Высота фирновой линии бассейнов притоков р. Кодори, м

Название притока	По А. Л. Рейнгарду, 1916	По Р. Г. Гобеджишвили, 1975	Увеличение высоты фирновой линии (1916—1975 гг.)
Чхалта	2890	3030	140
Кльч	2800	3070	210
Гвандра	2770	3040	270
Сакени	3090	3150	60
Средний бассейн	2900	3070	170

Фирновая линия в среднем бассейне р. Кодори находится на высоте 3070 м. В исследуемом районе прослеживается повышение фирновой линии с запада на восток. Эти изменения вполне согласуются с закономерностями изменения фирновой линии для всего Кавказа.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт географии им. Вахушти

(Поступило 21.5.1976)

ფიზიკური გეოგრაფია

რ. გობეჯიშვილი

თანამედროვე გამყინვარება მდ. კოდორის აუზში  
(დასავლეთი კავკასიონი)

რეზიუმე

მოცემულია ჩვენს მიერ ჩატარებული გლაციო-გეომორფოლოგიური კვლევის შედეგები. ახალი ტოპოგრაფიული რუკებისა და აეროფოტოსურათების საფუძველზე დაზუსტებულია მყინვარების რაოდენობა და ფართობი. მოცემულია მყინვარების მორფოლოგიური დახასიათება. გამოთვლილია ფირნის ხაზის მდებარეობა მდ. კოდორის აუზისა და მისი ცალკეული შენაკადებისათვის. ჩვენი მასალები შედარებულია ა. ლ. რეინჰარდის (1916 წ.) მონაცემებთან.

PHYSICAL GEOGRAPHY

R. G. GOBEDZHISHVILI

PRESENT GLACIATION IN THE KODORI RIVER BASIN  
(WESTERN CAUCASUS)

Summary

The results of glacial-geomorphological studies are considered. On the basis of the new topographical maps and aerophotographs the exact number of the glaciers and their area have been defined. The morphological characteristics of the glaciers are also given. Firn lines for the Kodori river basin and its separate tributaries have been determined. The author's (1975) data have been compared with those of A. L. Reinhardt (1916).



## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. А. Буш. Записки КОРГО, т. XXXII, № 4. Тбилиси, 1905.
2. Н. Я. Динник. Изв. КОРГО, т. XVI, № 3. Тбилиси, 1903.
3. К. Н. Подозерский. Записки КОРГО, т. XXIX, вып. I. Тбилиси, 1911.
4. А. Л. Рейнгард. Изв. КОРГО, т. XXIV, № 3, Тбилиси, 1916.
5. Д. Д. Табидзе. Сообщения АН ГССР, т. XXXVI, № 1, 1964.
6. Р. Г. Гобеджишвили. Сообщения АН ГССР, 67, № 1, 1972.



ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

В. М. ПЕШКОВ

О ВОССТАНОВЛЕНИИ ПЛЯЖА КУРОРТА ПИЦУНДА

(Представлено академиком Ф. Ф. Давитая 11.5.1976)

Как известно, два редких по силе и направлению шторма от ЮВ в начале 1969 г. вызвали катастрофический размыв пляжа и причинили серьезный ущерб зданиям и коммуникациям курорта Пицунда [1, 2].

Для научного обоснования мероприятий по стабилизации берега Черноморниипроектom и Сочинской волноисследовательской станцией Союзморниипроекта, а затем также Институтом географии им. Вахушти АН ГССР в районе Пицунды в течение 7 лет (1969—1976 гг.) выполнялись комплексные исследования, в том числе детальные промеры и нивелировки пляжа. По периметру Пицундского мыса промеры велись через 40—50 м нормальными к берегу поперечниками до глубины 40 м, а с 1973 г. — до 70—75 м, т. е. до нижнего основания откосов и начала отлогого дна шельфа. По полученным данным были составлены карты деформаций рельефа пляжа и дна и произведен подсчет размыва или накопления наносов в береговой зоне курорта.

Курорт Пицунда занимает участок берега на оконечности Пицундского мыса и частично в одноименном заливе общим протяжением около 1,6 км. Дугу заворота мыса со стороны моря окаймляет крутой откос, который начинается на расстоянии 40—60 м от уреза воды, с глубин 8—12 м.

Основные перемещения наносов в районе Пицундского мыса происходят под действием чередующихся волнений западных и южных румбов. Первые из них поставляют к мысу от устья р. Бзыби обломочный материал, который, распределяясь в береговой зоне, способствует общему выдвигению мыса в юго-восточном направлении. Количество наносов, поступающих к мысу за один шторм западного направления в 7 баллов (высота волн до 6 м), может достигать 50—60 тыс. м<sup>3</sup> [2].

Южные волны подходят почти по нормали к закруглению мыса и вызывают растекание наносов на его фланги: часть их оттягивается на северо-запад, а часть — к вершине Пицундского залива. Повторение южных волн дает возможность материалу СЗ потока наносов огибать Пицундский мыс и питать берега одноименного залива.

В начале 1969 г. объем размыва береговой зоны курорта до глубины 10 м после двух штормов южного направления достиг 200 тыс. м<sup>3</sup>. На оконечности Пицундского мыса по длине около 600 м берег отступил на 30—40 м. Толщина слоя размыва в зоне доштормового уреза достигла 5—7 м.

Последующий период (III/1969—III/1970 г.) характеризовался общим преобладанием западных волнений, среди которых шторм в июле 1969 г. достигал 6 баллов, а в октябре того же года и в феврале 1970 г.— 7 баллов. Этими штормами к мысу было принесено в общей сложности около 115 тыс. м<sup>3</sup> материала (около 60 тыс. м<sup>3</sup> гальки было 26. „მეცნიერება“, ტ. 83, № 2, 1976



отсыпано дополнительно), в результате чего пляж курорта практически восстановился.

9—10 марта 1970 г. на Пицунде прошел шторм от ЮЮВ в 7 баллов, вызвавший новый размыв пляжа курорта. Дефицит наносов до глубины 40 м составил около 85 тыс. м<sup>3</sup>, отступление берега на оконечности мыса — в среднем 8—12 м.

После этого шторма наблюдалось преобладание западных волнений, из которых один, в марте 1971 г., достиг силы 7 баллов. Объем накопления наносов на пляже и подводном склоне курорта до глубины 40 м после указанного шторма достиг 82 тыс. м<sup>3</sup>. Пляж курорта вновь восстановился.

Преобладание западных волнений отмечалось до конца января 1972 г. (осенью 1971 г. два шторма имели силу 6 баллов), что способствовало дальнейшему нарастанию пляжа курорта.

Шторм от ЮЮВ 1—3 февраля 1972 г. в 7 баллов снова размыв пляж курорта, а берег отступил в среднем на 8—10 м. Дефицит наносов береговой зоны (до глубины 40 м) составил 35 тыс. м<sup>3</sup>. Общее уменьшение дефицита в данном случае было обусловлено тем, что значительная часть смытого с пляжа материала отложилась на поверхности откосов (глубины 20—40 м).

С февраля 1972 по конец 1973 г. преобладали слабые и умеренные волнения с запада. Происходило постепенное наращивание пляжа, который восстановился, таким образом, почти через 2 года.

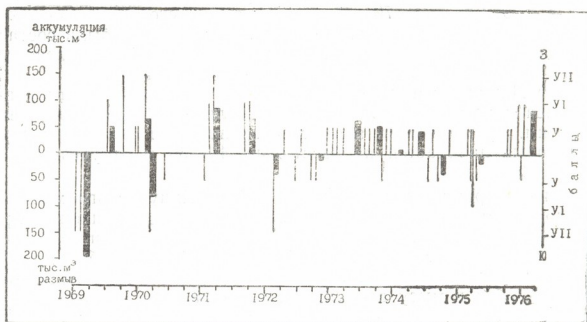


Рис. 1. Повторяемость волнения и баланс наносов береговой зоны курорта Пицунда за период с марта 1969 по март 1976 г. Тонкие вертикальные линии — направление (западные вверх, а южные и ЮВ вниз от оси абсцисс) и балльность волнений. Столбиками показаны накопление или потери наносов (соответственно вверх или вниз от оси абсцисс) береговой зоны за время между промерами (подсчет на март и август 1969 г. дан до глубины 20 м, за последующие сроки—до 40 м)

Общий ход процессов в береговой зоне курорта Пицунда и их зависимость от распределения волнений за период с 1969 по 1976 г. показан на рис. 1, где можно увидеть хорошо выраженную связь между размывом (восстановлением) пляжа курорта и повторяемостью волнений западных и южных румбов.

Подсчет суммарного накопления наносов у Пицундского мыса до глубины 20 м (глубина промера в марте 1969 г.) за период с марта

1969 по март 1976 г. дает величину 380 тыс. м<sup>3</sup>. Учитывая данные промеров, проведенных до глубины 40 м (1970—1973 гг.), а также до 70—75 м (1973—1975 гг.), общий объем накопления материала на пляже и подводном склоне курорта Пицунда до нижнего основания цоколя мыса можно определить в 650—700 тыс. м<sup>3</sup>, или около 100 тыс. м<sup>3</sup> в год.

Исходя из этой цифры, среднюю скорость нарастания берега Пицундского мыса можно определить в 0,1—0,2 м в год. В действительности возобновление материала на откосах и продвижение линии перегиба подводного берегового склона и цоколя мыса происходит по всему фронту мыса со скоростью 0,2—0,3 м в год (местами до 0,5 м в год).

Таким образом, Пицундский мыс на современном этапе своего развития продолжает выдвигаться в сторону моря. Это положение имеет принципиально важное значение для разработки мероприятий, связанных с защитой берега курорта.

Академия наук Грузинской ССР

Институт географии

им. Вахушти

(Поступило 13.5.1976)

ფიზიკური გეოგრაფია

3. კურორტი

კურორტ ბიჰვიმონას კლავის ალღენის შესახებ

რეზიუმე

პლაჟისა და წყალქვეშა ფერდის განმეორებითი ნიველირებისა და ავეგმვის საფუძველზე განგარიშებულია სანაპირო დინამიკის რაოდენობრივი მაჩვენებლები. დასავლეთის 7 ბალის სიძლიერის ტალღებს (სიმაღლე 6 მეტრამდე) კონცხზე მოაქვთ 50—60 ათასი მ<sup>3</sup> მასალა. იგივე სიძლიერის სამხრეთის შტორმს კონცხიდან გააქვს 60—80 ათასი მ<sup>3</sup> ქვიშა და ხრეში. დასავლეთის შტორმების სიხშირის გამო ბიჰვიმონას კონცხი წელიწადში იზრდება 0,2—0,3 მ-ით.

PHYSICAL GEOGRAPHY

V. M. PESHKOV

RESTORATION OF THE PITSUNDA RESORT BEACH

Summary

The quantitative data of many successive beach levelings and submarine slope soundings to 40 m. depth are given. They show the recent (1969-1976) dynamics of the Pitsunda cape shore-zone. Each western storm of 7 Beaufort scale (wave height of about 6 m.) carries up to the cape 50-60 thousand m<sup>3</sup> of sediments alongshore. Southern storm of the same strength takes away sediments from the cape on both sides. Each of them produce a sediment deficit along the cape shore of about 60-80 thousand m<sup>3</sup>. As the western storms prevail the cape's shoreline progrades ca 0.2 m per year on the average.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. П. Зенкович. Наука и жизнь, № 3, 1970.
2. В. М. Пешков. Труды координационных совещаний по гидротехнике, вып. 92 (морские берегозащитные мероприятия). Л., 1974.



У. И. ЗВИАДАДЗЕ

## ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОРОШЕНИЯ ШИРАКСКОЙ РАВНИНЫ (ВОСТОЧНАЯ ГРУЗИЯ)

(Представлено членом-корреспондентом Академии И. М. Буачидзе 26.5.1976)

Директивным планом развития народного хозяйства Грузинской ССР на 1976—1980 гг. предусмотрены значительные капиталовложения на строительство крупной ирригационной системы в юго-восточной Грузии с использованием водных ресурсов р. Алазани.

Одним из важных сельскохозяйственных районов Восточной Грузии, намечаемых к орошению, является Ширакская равнина [1], занимающая площадь более 80 000 га на широком водораздельном пространстве между рр. Алазани и Иори.

В геотектоническом отношении район является частью Куринской тектонической зоны [2] и образует пологую и широкую (до 20 км) синклиналь значительной протяженности (до 50 км). Ядро и крылья складки сложены осадками красно-колодской свиты мощностью более 1000 м, относимой по возрасту к акчагыл-апшеронскому ярусу. Литологически это однообразная толща рыхлых валунно-галечных отложений с суглинистым заполнителем, среди которых встречаются прослой галечника с песчаным заполнителем, а также супесей и песков, содержащих напорные воды [3, 4]. На всей площади Ширакской равнины коренные породы прикрыты пролювиально-делювиальными и озерными гипсоносными суглинками с прослойками супесей и гравия. Четвертичный покров в целом характеризуется большой пестротой литологического состава грунтов различных генетических типов и изменчивой мощностью, варьирующей от 5—10 до 40—50 м.

Сильное влияние на динамику подземных вод оказывает своеобразное морфологическое строение Ширакского массива, являющегося составной частью Иорского плоскогорья, разграничивающего бассейны рр. Иори и Алазани в нижнем течении. На севере Ширакский массив четко разграничивается от Алазанской долины эродированным тектоническим уступом высотой до 400 м. В пределах равнины современный рельеф характеризуется заметным уклоном к осевой части. Кроме того, прогиб наблюдается и вдоль оси синклинали, так что, несмотря на общий региональный уклон в юго-восточном направлении, сама равнина оконтуривается как замкнутая депрессия.

В условиях полного отсутствия гидрографической сети на местности питание грунтовых вод происходит за счет атмосферных осадков, что доказывается данными режимных наблюдений. Кроме того, нами допускается возможность некоторого подпитывания грунтовых вод снизу напорными водами, о чем подробно будет сказано ниже. Горизонт грунтовых вод приурочен к четвертичным отложениям и картируется довольно четко по данным замеров уровней в скважинах (рис. 1). Горизонт в целом является слабо водоносным и характеризуется низкими фильтрационными показателями. Усредненное значение коэффициента фильтрации составляет  $K=0,1-1,2$  м/сутки. На карте гидроизо-





гипс отчетливо вырисовывается картина передвижения воды от сравнительно приподнятых периферийных участков депрессии к пониженной и замкнутой центральной части, где грунтовые воды максимально приближаются к земной поверхности (6 м при средней глубине залегания 25 м) и целиком расходятся на эвапотранспирацию. Эти особенности гидродинамических условий накладывают отпечаток на химический состав рассматриваемых вод. Выделяются два участка, воды которых отличаются как по химическому составу, так и по степени общей минерализации. Первый участок представляет собой замкнутый обособленный

### Гидрогеолого-мелиоративная карта Ширакского орошаемого массива

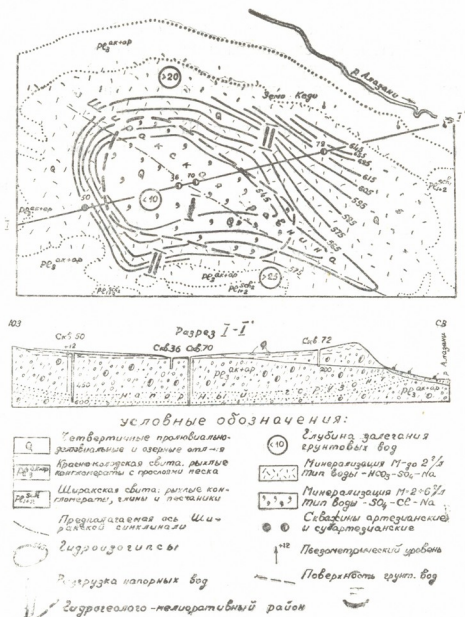


Рис. 1

контур, примерно совпадающий с участком замыкания гидрозогипс, ограничивающих здесь как бы застойный бассейн грунтовых вод. Отсутствие оттока в данном случае обуславливает максимальные для исследованного района значения общей минерализации 4—6 г/л и развитие сульфатных хлоридно-натриевых, либо хлоридных сульфатно-натриевых типов воды. На остальной площади распространены низкоминерализованные (до 2 г/л) гидрокарбонатные сульфатно-натриевые, реже сульфатные гидрокарбонатно-кальциевые воды. Причиной является наличие регионального уклона поверхности грунтовых вод к центру депрес-

сии. Тем самым на бортах синклинали создаются благоприятные условия для сравнительно быстрого оттока воды.

В Ширакской степи процессы засоления активного слоя почвы, представленного черноземом мощностью до 0,8 м, отсутствуют в основном из-за низкого положения зеркала грунтовых вод. Значительное засоление грунтов наблюдается лишь с глубины 4—5 м. Засоление в основном гипсовое, представленное чешуями, пятнами и отдельными включениями кристаллов гипса. Встречаются также карбонаты щелочно-земельных металлов в виде частых включений типа «белоглазки» и реже хлорид натрия.

Указывая на возможную гидравлическую связь между напорными и грунтовыми водами, исходим из того факта, что в пределах ширакской синклинали структуры осадки красноколотской свиты содержат напорные воды, пьезометрическая поверхность которых на юго-западном борту депрессии и в ее центральной части располагается выше поверхности грунтовых вод (см. разрез). Если учитывать рыхлое строение галечников указанной свиты, в целом ее нужно рассматривать как относительный водоупор, через который возможна вертикальная фильтрация подземных вод вследствие превышения пьезометрического уровня напорного горизонта над уровнем грунтовых вод [5]. Приведем ориентировочный расчет величины разгрузки напорных вод красноколотской свиты через относительно водонепроницаемую кровлю при следующих начальных условиях: а) средний коэффициент вертикальной фильтрации  $K=0,001$  м/сутки; б) площадь фильтрации  $\omega=10 \times 30=300$  км<sup>2</sup>; в) средний пьезометрический уровень напорных вод + 5 м при средней глубине зеркала грунтовых вод 20 м, т. е. разность уровней 25 м; мощность водоупорной толщи, рассматриваемая в данном случае как длина пути фильтрации, 450 м. Исходя из этого напорный градиент  $J=25:450=0,055$ .

Подставив в формулу Дарси эти значения, получим величину подпитывания грунтовых вод напорными:

$$Q=0,001 \times 300000 \times 0,055=16500 \text{ м}^3/\text{сутки}, \text{ или } Q=0,2 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Анализируя вышезложенный материал, приходим к заключению, что Ширакская равнина характеризуется специфическими с мелиоративной точки зрения геоморфологическими и гидрогеологическими условиями. Применение современных схем мелиоративного районирования [6, 7] с учетом природных условий рассматриваемого конкретного объекта позволяет выделить в пределах Ширакского орошаемого массива два основных района со следующими показателями:

1. Первый район с общей площадью до 25 000 га оконтуривается в центральной наиболее пониженной части депрессии и относится к типу с устойчиво-неблагоприятным режимом грунтовых вод. Глубина залегания грунтовых вод 5—10 м. Естественный отток отсутствует. Питание грунтовых вод, в том числе за счет напорных горизонтов, балансируется лишь испарением и транспирацией, в связи с чем эти воды отличаются высоким (до 6 г/л) содержанием хлоридных и сульфатных солей. Существует реальная возможность вторичного засоления почвогрунтов вследствие резкого подъема зеркала грунтовых вод при неправильном ведении оросительных работ.

2. Второй район занимает сравнительно возвышенные части на бортах депрессии и характеризуется неустойчивым режимом грунтовых вод. Глубина до воды разная на разных участках и меняется от 10 до 50 м. Естественный отток в сторону осевой части депрессии затруднен из-за низких фильтрационных свойств грунтов. На южном участке это-

го района должно иметь место подпитывание грунтовых вод напорными. Минерализация воды — до 2 г/л, химический тип — гидрокарбонатно-сульфатно-натриевый. Интенсивное засоление грунтов проявляется с глубины 4 м. Низкий уровень воды не исключает возможности вторичного засоления почвы в случае «наложения» ирригационных вод на грунтовые.

Очевидно, что в описанных выше условиях создание и регулирование рационального режима орошения может осуществляться лишь на основе проведения необходимого комплекса мелиоративно-гидрогеологических мероприятий, что особенно важно для первого мелиоративного района.

Грузинский политехнический институт  
 им. В. И. Ленина

(Поступило 28.5.1976)

ჰიდროგეოლოგია

უ. ზვიადაძე

შირაქის ველის მოწყობის ჰიდროგეოლოგიური პირობები

რეზიუმე

შირაქის სარწყავი მასივის გეომორფოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური პირობების ანალიზის საფუძველზე მოცემულია ტერიტორიის ჰიდროგეოლოგიურ-მელიორაციული დარაიონება, რაც აუცილებელია მორწყვის რაციონალური მეთოდის დასამუშავებლად.

HYDROGEOLOGY

U. I. ZVIADADZE

## HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF THE IRRIGATION OF THE SHIRAKI PLAIN (EASTERN GEORGIA)

Summary

On the basis of an analysis of the natural geomorphological and hydrogeological conditions of the Shiraki irrigated area a scheme of hydrogeological and land reclamation division of the territory is given, which is necessary in the working out of a rational way of irrigation.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. М. А. Долидзе, Б. Д. Сирадзе. Отчет о гидрогеолого-мелиоративных условиях района массива орошения Диди Шираки по работам 1967—1970 гг., Фонды ГГУ, Тбилиси, 1971.
2. П. Д. Гамкрелидзе. Геология СССР, сер. X, Тбилиси, 1957.
3. И. М. Буачидзе. Сообщения АН ГССР, VIII, № 8, 1947.
4. У. И. Звиададзе. Сообщения АН ГССР, 68, № 1, 1972.
5. А. Н. Мятнев. Изв. АН СССР, № 9, 1947.
6. А. Г. Владимиров. Мелиоративная гидрогеология. М., 1960.
7. Методическое руководство по гидрогеологическим и инженерно-геологическим исследованиям для мелиоративного строительства. М., 1972.



Ф. Д. МАЙСАДЗЕ

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПАЛЕОГЕОГРАФИИ  
ПАЛЕОГЕНА СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АБХАЗИИ

(Представлено академиком П. Д. Гамкрелидзе 25.5.1976)

В геологическом строении восточной части Сочи-Адлерской депрессии в пределах территории Абхазии важную роль играют регрессивные отложения, выделенные Б. М. Келлером и В. В. Меннером [1] под названием мацестинской свиты. Она расчленяется на три литологически различных горизонта: нижний — песчано-глинистый, средний — с включениями и верхний — глинисто-песчанистый.

Часть исследователей мацестинскую свиту относит к олигоцену [1, 2] или к верхнему эоцену-олигоцену (С. Г. Букция), другая — к верхнему эоцену [3, 4]. Результаты исследований последних лет подтверждают принадлежность этой свиты к верхнему эоцену [5, 6].

Для выяснения ряда палеогеографических вопросов наиболее интересной является средняя часть мацестинской свиты — горизонт с включениями. В геологической литературе эти образования именуется также горизонтом глыбовых брекчий [7], что, по нашему мнению, не отражает их истинной природы.

Горизонт с включениями, как и вся мацестинская свита, принимает участие в строении Троицкой и Ачмардской синклиналей, выполняя их мульды. Особенно широко развит этот горизонт в Ачмардской синклинали. Южнее последней выходы горизонта с включениями уже не фиксируются, и здесь верхний горизонт мацестинской свиты — песчано-глинистый непосредственно налегает на нижний — глинисто-песчанистый.

Некоторые авторы в мацестинской свите отмечают два горизонта с включениями, разделенных песчано-глинистой пачкой [7, 4]. Нашими наблюдениями, как и ряда других исследователей [5—7], присутствие двух таких горизонтов на изученной территории не подтверждается.

Переход горизонта с включениями в подстилающий песчано-глинистый и следующий за ним глинисто-песчанистый совершенно согласный. Граница между ними весьма четкая благодаря их литологическому различию. В природе горизонт с включениями большей частью обнажается неполно. Более или менее полные его выходы наблюдаются в окрестностях с. Михельрипш (Троицкая синклинали), на водоразделе рр. Лланта и Мехадыр и в окрестностях с. Багнари (Ачмардская синклинали). Основной породой горизонта с включениями являются песчаные мергели и карбонатные глины с линзами аркозово-кварцевых карбонатных песчаников и песчаных известняков мощностью до 3—5 см, реже 20—25 см. Эта основная порода переполнена включениями мергелей, известняков, песчаников и кремней. Размер включений варьирует от нескольких сантиметров до нескольких метров в поперечнике, достигая иногда десятка метров. В гранулометрическом составе, как и в процентном содержании этих включений, определенной закономер-



ности не наблюдается. Сам горизонт с включениями характеризуется в общем запутанным напластованием.

Из обломков, слагающих горизонт с включениями, в первую очередь следует отметить коричневые, коричневато-серые плитчатые верхнеэоценовые лиролеписовые мергели, которые благодаря своему специфическому облику хорошо выделяются среди других обломков. Они преобладают над другими обломками как по количеству, так и по размеру. Отдельные их глыбы превышают в поперечнике несколько десятков метров; например, на правом берегу р. Троицкой размер одного такого включения достигает  $10 \times 30$  м. Слонность глыбы совпадает с элементами залегания горизонта, что может создать ложное представление о первичном залегании отдельных таких включений. Крупные включения лиролеписовых мергелей обычно угловатые, но, наряду с ними, присутствуют и мелкообломочные их включения с более округлыми формами.

Следующим по значению составным компонентом горизонта с включениями являются обломки известняков и песчаников, содержащиеся в нем в значительном количестве. Они присутствуют приблизительно в равном количестве, хотя в отдельных обнажениях наблюдается преобладание одного из них, например, в районе с. Салхино преобладают песчаники, а в окрестностях с. Михельриши — известняки.

Песчаники аркозово-кварцевые, карбонатные. Размеры включений колеблются от нескольких сантиметров в поперечнике до глыб с величиной  $0,3 \times 0,5$  м. Они представляют собой переотложенный материал нижней песчано-глинистой пачки мацестинской свиты.

Известняки более разнообразны и часто содержат фауну. Встречаются дискоциклинные, нуммулитовые и литотамниевые известняки палеоэоцена. Определенная часть обломков известняков, не содержащая фауну, по облику обнаруживает большое сходство с меловыми отложениями этого региона и, по-видимому, представляет собой продукты их переотложения. Наряду с сравнительно мелкими обломками известняков (5—10 см), в горизонт включены также их крупные глыбы ( $0,3 \times 0,7$  м).

Крупные обломки песчаников и известняков, как правило, характеризуются угловатыми и неправильными формами, их мелкообломочные же разновидности имеют большей частью округлые формы.

Наряду с обломками пород, в горизонте с включениями в подчиненном количестве встречаются и включения кремней величиной 5—15 см, имеющие большей частью округлые формы. В отдельных обнажениях их обломки присутствуют в значительном количестве (правый берег р. Жеонсе).

Обломки кремней, по всей вероятности, происходят от палеоэоценовых зеленых мергелей, а отчасти переотложены из меловых известняков.

Наряду с вышеупомянутыми обломками, в незначительном количестве встречаются и обломки зеленовато-серых мергелей небольших размеров (5—20 см) и морских ежей.

Ввиду плохой обнаженности мощность горизонта с включениями исследователями трактуется по-разному. По мнению Б. М. Келлера и В. В. Меннера [1], к востоку от р. Мзымта мощность горизонта с включениями свыше 500 м. По нашим наблюдениям, мощность этих образований изменчива и на изученной территории не должна превышать 200 м.

Состав обломков, слагающих горизонт с включениями, показывает, что они переотложены из нижележащих пород палеоэоцена и эоцена и



отчасти мела. Несколько особое положение занимают обломки палеогеновых литотамниевых известняков, коренные выходы которых отмечались лишь в бассейне р. Бзыбь, откуда они в силу существования к этому времени суши в виде Клдеанской антиклинали не могли попасть в палеогеновый бассейн восточного окончания Сочи-Адлерской депрессии. Однако нами совместно с Н. Ш. Салуквадзе в северном крыле Троицкой синклинали был обнаружен коренной выход литотамниевых известняков мощностью 1,2—1,5 м, что хорошо объясняет присутствие их обломков в горизонте.

Таким образом, выяснилось, что весь обломочный материал, лежащий горизонт с включениями, является продуктом переотложения осадков, непосредственно участвующих в строении восточного окончания Сочи-Адлерской депрессии.

Палеогеновый бассейн, существовавший на территории северо-западной части Абхазии, к моменту образования горизонта с включениями с севера ограничивался сушей, представленной Ахцу-Кацирхской антиклиналью, а к югу охватывал прибрежную часть современного Черного моря.

К позднеэоценовому времени главные антиклинальные структуры Абхазской зоны уже были намечены достаточно ясно; некоторые из них выступали над уровнем моря, представляя собой сушу.

К таким структурам, кроме вышеупомянутой, относится и Клдеанская антиклиналь, южная граница распространения горизонта с включениями и, по-видимому, частично Ахштырская антиклиналь.

Антиклиналь Ахцу-Кацирха играла значительную роль в геологическом развитии всего западного окончания Южного склона Большого Кавказа. Она разделяла приморскую и горную части этого региона. К моменту образования горизонта с включениями эта антиклиналь в области распространения палеогенового бассейна представляла собой наиболее приподнятую сушу.

Вышеупомянутые антиклинали-суши были сложены главным образом палеоцен-эоценовыми и частично меловыми отложениями. Последние являлись самыми древними образованиями, обнажавшимися в центральных частях этих суши.

Позднеэоценовое время на Южном склоне Большого Кавказа, особенно в восточной его части, ознаменовалось сильными тектоническими движениями, вызвавшими значительные палеогеографические реконструкции с образованием свиты глыбовых брекчий [3, 8]. В западном окончании Южного склона эти тектонические движения проявились слабее и в пределах изученной депрессии вызвали главным образом сильные землетрясения.

Характер строения горизонта с включениями указывает на его подводно оползневое происхождение.

Во второй половине позднеэоценового времени в области рассматриваемого палеогенового бассейна после отложения нижнего горизонта мацестинской свиты — песчано-глинистого, началось накопление песчаных мергелей и карбонатных глин с редкими прослоями аркозово-кварцевых песчаников и песчаных известняков, представляющих в настоящее время основную породу горизонта с включениями. Проявившиеся в это время землетрясения, сопровождавшие тектонические движения, вызвали подводно-оползневые явления и обусловили образование горизонта с включениями, в котором обломочный материал, по-видимому, частично поступал и из суши, ограничивающих бассейн.



В образовании этого горизонта определенную роль играли также очертания дна бассейна и характер осадков, участвующих в его строении.

Академия наук Грузинской ССР  
Геологический институт

(Поступило 27.5.1976)

გეოლოგია

ფ. მაისაძე

ჩრდილო-დასავლეთი აფხაზეთის პალეოგენის  
პალეოგეოგრაფიის ზოგიერთი საკითხი

რეზიუმე

ჩრდილო-დასავლეთი აფხაზეთის პალეოგენის პალეოგეოგრაფიული საკითხების გადაწყვეტისათვის საინტერესოა ზედაეოცენური ასაკის მაცესტის წყების შუა ნაწილი — ჩანარებიანი ჰორიზონტი.

აღნიშნული ჰორიზონტის დეტალური შესწავლის შედეგად დადგინდა, რომ მის აგებულებაში იმ ჩანთა ჩანარები გვხვდება, რომლებიც უშუალოდ მონაწილეობენ ამ რეგიონის აგებულებაში.

ჩანარებიანი ჰორიზონტი წყალქვეშა მეწყრული წარმონაქმნია. მისი წარმოშობა შედეგია იმ მიწისძვრებისა, რომლებიც თან ახლდა ტექტონიკურ მოძრაობებს გვიანეოცენურ დროში.

GEOLOGY

F. D. MAISADZE

## SOME QUESTIONS OF THE PALEOGEOGRAPHY OF THE PALEOGENE IN NORTH-WESTERN ABKHAZIA

Summary

The middle part of the Upper Eocene suite of Matsesta—a horizon with inclusions—deserves special attention when solving a number of paleogeographic problems related to north-western Abkhazia.

The entire detrital material forming the horizon with inclusions is the product of redeposition of the sediments immediately taking part in the structure of the region.

The horizon with inclusions is a sub-aquaeous slump formation. Its origin is the result of the earthquakes that accompanied tectonic movements of the Late Eocene period.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Б. М. Келлер, В. В. Меннер. Бюлл. Московского о-ва испыт. природы. отд. геол., т. XX (1—2), 1945.
2. В. А. Гроссгейм. Труды Краснодарского филиала ВНИИНефти, вып. 4, геол. сб., 1960.
3. И. В. Качаравა. Геология СССР, т. X, ч. I, 1964.
4. А. Г. Лалиев. Майкопская серия Грузии. М., 1964.
5. დ. პაპავა, გ. გოდერძიშვილი. საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის მოამბე, 52, № 3, 1968.
6. Н. Ш. Салуквадзе. Сб. «Вопросы геологии северо-западной части Абхазии». Тбилиси, 1972.
7. А. Л. Козлов. МГК, XVII, Экскурсии по Кавказу, Черноморское побережье. М., 1937.
8. ფ. მაისაძე. საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის მოამბე 57, № 2, 1970.



М. С. ЦХЕЛИШВИЛИ

## НЕКОТОРЫЕ АКЦЕССОРНЫЕ МИНЕРАЛЫ ГРАНИТОИДОВ ХРАМСКОГО МАССИВА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. И. Схиртладзе 3.5.1976)

В последнее десятилетие интерес к акцессорным минералам особенно возрос [1]. Многочисленные работы [2—7 и др.] свидетельствуют о широком признании этого метода и его эффективности при решении теоретических и практических вопросов геологии.

Действительно, видовой состав и содержание акцессорных минералов могут быть использованы при оценке возможностей рудоносности пород, при выяснении источников тяжелых минералов в современных и древних осадочных породах и т. п. Особое значение приобретает возможность использования акцессорных минералов для выяснения условий образования метаморфических и изверженных пород.

Изучение акцессорных минералов проливает также свет на поведение редких элементов в магматическом процессе. Широкое распространение в изверженных породах минералов редких элементов, выделившихся в собственно магматическую стадию, показывает, что, помимо изоморфного рассеяния, для редких элементов характерна и другая форма нахождения — форма минерального рассеяния. Наличие последней представляется особенно важным, так как при существующих методах обогащения появляется возможность извлечения этих минералов из пород различного состава.

При выяснении особенностей видového состава и содержания акцессорных минералов в породах Храмского массива было изучено 1300 прозрачных и полированных шлифов, а также 70 проб различных слагающих массив пород весом 10—12 кг каждая. При диагностике акцессорных минералов широко применялись микрохимический, иммерсионный, рентгенографический и другие методы исследований. Выделение акцессорных минералов производилось в лаборатории акцессорных минералов ИМГРЭ по схеме проф. В. В. Ляховича [2], позволяющей производить количественное изучение содержащихся в породе акцессорных минералов.

Нами изучен минеральный состав гранитоидов Храмского массива, отличающихся по составу, возрасту, структурному положению, петрографическому составу, степени измененности и т. д.

Геолого-петрографическая характеристика пород Храмского массива изучена рядом авторов [8—19], по данным которых здесь выделяются следующие типы пород (в хронологической последовательности): а) каледонские гнейсовые кварцевые диориты; б) среднепалеозойские меланократовые гранитоиды (кварцевые диориты, гранатовые и биотитроговообманковые гранитоиды); в) верхнепалеозойские кварцевые порфиры и гранифиры, постсредневерхнекарбонные — досенноманские нормальные граниты (биотитовые и аляскитовые). Жильные породы разделены на: а) догерцинские габбро-порфиры, габбро-диабазы, диабазы,





пироксениты; б) послегерцинские диабазы и габбро-диабазы; в) меловые кварцевые порфиры и ортофиры.

О своеобразии содержания акцессорных минералов в различных породах Храмского массива можно судить по данным таблицы. В ней с учетом значительного количества минеральных анализов приведены важнейшие статистические характеристики оценок среднего содержания минералов.

СРЕДНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АКЦЕССОРНЫХ МИНЕРАЛОВ В Г/Т

НАЗВАНИЕ ПОРОД	Число анализов	Среднее содержание в г/т										Среднее	Стандартное отклонение	Максимум	Минимум		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
Габброидные диабазы	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	3,50	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
	2	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Гранитно-слюдянистые граниты	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
	2	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Биотитово-гранитовые граниты	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
	2	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Аляскинские граниты	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
	2	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Габбро-диабазы	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
	2	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Ортофиры	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
	2	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00

Проведенные нами исследования позволили установить в породах Храмского массива 37 акцессорных минералов, часть из которых описана впервые — муассанит, сподумен, турмалин и др. (семь минералов в таблице не фигурирует ввиду их ограниченной распространенности).

Результаты статистической обработки полученных данных показали, что содержания акцессорных минералов изменяются в широких пределах — от сотых и десятых долей г/т до нескольких кг/т, причем на долю магнетита, ильменита, граната, апатита, эпидота, циркона, ортита приходится 80—90% от общего содержания акцессорных минералов в гранитоидах. Анализ средних содержаний акцессорных минералов в изученных породах показал, что они достаточно полно отражают их петрохимические и геохимические особенности. Различия в видовом составе и содержании акцессорных минералов могут служить в качестве важного коррелятивного признака, например, гибридные граниты (гранатосодержащие и биотит-роговообманковые) и биотитовые и аляскинские граниты заметно различаются по составу и содержанию акцессорных минералов. В первых значительно выше содержание граната, апатита, монацита, в то время как в биотитовых и аляскинских гранитах набор акцессорных минералов более разнообразен.

Химические и морфологические особенности акцессорных минералов позволяют использовать их в качестве критериев генезиса пород. Так, детальное исследование акцессорного граната в гранитах [19] указывает на образование этого минерала за счет ассимиляции глинистых пород древними гранитоидами.

Минералы редких элементов концентрируются преимущественно в гранитоидах. При этом в аляскитовых гранитах отмечаются наиболее высокие содержания циртолита, торита и сподумена, а также халькопирита, в биотитовых гранитах — бастнезита, а также галенита и касситерита. Примечательны повышенные содержания ксенотима и шеелита в гнейсовидных кварцевых диоритах и монацита в массивных кварцевых диоритах, по-видимому, указывающие на значительную роль калиевого метасоматоза при формировании этих пород, в процессе которого TR и W получали возможность выделяться из решеток разрушающегося плагноклаза и образовывать собственные минералы.

Наблюдается определенное совпадение повышенных содержаний микроэлементов и их минералов, свидетельствующее о точности проведенных анализов. Так, максимальные количества цинка [18, 19] и сфалерита установлены в кварцевых диоритах, циркония (19) и циркона — в биотитово-роговообманковых гранитах и т. д.

Процессы гранитообразования ведут к перераспределению акцессорных минералов и образованию их локальных скоплений. В этом отношении значительный интерес представляют биотит-роговообманковые и биотитовые граниты, кварцевые диориты, с которыми связаны скопления акцессорных минералов; ортита, монацита, апатита, касситерита и др.

Морфологические особенности пирита, апатита, циркона, ортита дали возможность установить приблизительные температурные условия их образования.

Таким образом, полученные результаты позволяют положительно оценивать возможное поисковое значение отдельных разновидностей гранитов массива.

Грузинское производственное  
 геологическое управление

(Поступило 28.5.1976)

მინერალოგია

მ. ცხელიშვილი

ხრამის მასივის გრანიტოიდების ზოგიერთი  
 აკცესორული მინერალი

რეზიუმე

მოცემულია ხრამის მასივის გრანიტოიდებში დადგენილი აქცესორული მინერალების საშუალო შემცველობა და მათი განაწილების კანონზომიერება. გამოთქმულია მოსაზრება, რომ აქცესორების საშუალებით შეიძლება ვიმსჯელოთ მასივის გრანიტოიდების გენეზისისა და მადანთშემცველობის საკითხებზე.

MINERALOGY

M. S. TSKHELISHVILI

SOME ACCESSORY MINERALS OF THE GRANITOIDS OF THE  
 KHRAMI MASSIF

Summary

The average content of the accessory minerals in the granitoids of the Khrami massif and the regularity of their distribution are discussed. It is suggested that accessory minerals allow to judge about the genesis of granitoids and their ore-bearing properties.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. П. Петров. Мигматиты и происхождение гранитов. М., 1971.
2. В. В. Ляхович. Акцессорные минералы. М., 1968.
3. В. В. Ляхович. Советская геология, № 1, 1974.
4. С. Д. Туровский. Сб. «Акцессорные минералы изверженных пород». М., 1968.
5. О. Ш. Надарейшвили. Сб. «Акцессорные минералы изверженных пород». М., 1968.
6. Б. М. Меликсетян. Сб. «Акцессорные минералы изверженных пород». М. 1968.
7. В. В. Козырев и др. Редкие элементы и акцессорные минералы в интрузивных комплексах Среднего Тянь-Шаня. Ташкент, 1972.
8. Г. М. Заридзе, Н. Ф. Татришвили. Изв. АН СССР, сер. геол., № 3, 1953.
9. Г. М. Заридзе, Н. Ф. Татришвили, И. И. Хмаладзе, О. З. Дудаури. Труды ГИН АН ГССР, нов. сер., вып. I. Тбилиси, 1965.
10. Т. Г. Казахашвили. Труды ГГУ, вып. 5, 1941.
11. Н. И. Схиртладзе. ДАН АН СССР, 130, № 1, 1960.
12. Н. И. Схиртладзе. Труды ГИН АН ГССР, нов. сер. вып. I, 1965.
13. М. М. Рубинштейн. Труды ГИН АН ГССР, нов. сер., вып. 2, 1967.
14. Ш. И. Джавахишвили. Сб. трудов ГИН АН ГССР, 1959.
15. Ш. А. Адамия. Труды ГИН АН ГССР, нов. сер., вып. 16, 1968.
16. М. А. Кекелия, О. Д. Хуцишвили, И. И. Кикнадзе. Сообщения АН ГССР, 80, № 3, 1975.
17. Д. С. Белянкин и В. П. Петров. Петрография Грузии. М., 1945.
18. Т. В. Иваницкий, Т. Н. Мгелишвили. Сообщения АН ГССР, 66, № 2, 1972.
19. М. С. Цхелишвили. Сообщения АН ГССР, 71, № 2, 1973.



Г. И. НАСИДЗЕ, Р. А. АХВЛЕДИАНИ

## О РАЗДЕЛЕНИИ АМФИБОЛОВ НА СОСТАВЛЯЮЩИЕ МИНАЛЫ

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. М. Рубинштейном 24.5.1974)

Вопрос усовершенствования способа пересчета химических анализов цепочечных и ленточных алюмосиликатов (пироксенов и амфиболов) на составляющие миналы, позволяющего, как известно, сводить многокомпонентный состав минералов к небольшому числу переменных и облегчающего нанесение их на различные диаграммы, до настоящего времени остается актуальным [1—4].

Общепринятой схемы пересчета до сих пор не имеется, а отдельные исследователи, опираясь на косвенные предпосылки, по-разному интерпретируют химические анализы, что создает целый ряд неудобств при их сопоставлении и не всегда позволяет получать однозначные выводы.

Большое внимание в литературе уделено пересчету на миналы пироксенов [4], причем за исходную единицу различные авторы принимают разные молекулы: энстатитовую, эгириновую, чермака и т. д. Для амфиболов схем значительно меньше. Одной из них является расчет на миналы В. И. Вернадского [5], в котором за основу приняты «ядра» актинолитовое, чермака и жадеитовое; в последнее же время при расчетах амфиболов наиболее подходящими считаются соотношения, с одной стороны,  $(Na, K)$  и  $[Al^4]$ , а с другой,  $([Al^6] + Fe^{+3} + Ti)$  и  $[Al^4]$  [6].

Ниже предлагается схема пересчета на миналы амфиболов, выработанная на примере роговых обманок из вулканических пород палеогена Боржомского района, в которой за исходный критерий принимается соотношение двух и трехвалентного железа, существенное в том смысле, что оно находится в зависимости от физико-химических условий и в первую очередь от окислительно-восстановительного потенциала среды минералообразования.

Анализ химического состава изученных амфиболов с одновременным контролем результатов пересчета рентгеновским и оптическими методами показал наличие двух схем пересчета, одна из которых Фергастингсит-паргасит-роговая обманка, а вторая Fe-эденит-эденит-роговая обманка. Для обработки химических анализов по той или иной схеме необходим был критерий, который позволил бы относительно однозначно произвести отмеченное разделение. В наших расчетах в качестве этого критерия было принято соотношение двух- и трехвалентного железа для чистых разностей Фергастингсита и Fe-эденита [6], равное соответственно 1,3:1 и 3:1.

Исходя из этого, все анализы, имеющие соотношение  $FeO:Fe_2O_3$ , близкое к 1,3, рассчитывались по первой схеме, а близкое к 3 — по второй. В отдельных случаях при соотношениях  $FeO:Fe_2O_3=2,0—2,5$  возникала необходимость в проведении расчетов по обоим схемам, а



окончательный выбор падал на тот расчет, который давал более полную характеристику миналов и наименьший остаток.

Расчет химического анализа по первой схеме производился в следующей последовательности (см. таблицу):

Схема расчета на миналы амфиболов гастрингсит-роговозобманкового ряда

Окислы	Мол. кол.	Fe-гастрингсит	Паргасит	Актинолит	Остаток
SiO <sub>2</sub>	696 { 686 10	144	420	132	
TiO <sub>2</sub>					
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	170 { 134 36	24 36	105	5	-17
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>					
FeO	452 { 82 3 367	48	280	87	+14
MnO					
MgO					
CaO					
Na <sub>2</sub> O	47 { 35 12	12	35		
K <sub>2</sub> O					
H <sub>2</sub> O	69	12	35	22	
Миналы, мол. кол.		324	1015	327	Σ = 1666
Миналы, %		19,45	60,92	19,63	100 %

1. Молекулярные количества окислов (вторая графа), вычисленные из весовых процентов, распределялись на миналы Fe-гастрингсита исходя из количества трехвалентного железа, согласно данным У. А. Дира и др. [6], по формуле



2. Рассчитывался минал паргасита, для которого за единицу принимался остаток суммы молекул натрия и калия, по формуле



3. Остаток молекул в зависимости от соотношения катионов большей частью легко распределялся по формуле одного из членов группы амфиболов (тремолит, актинолит, чермакит), незначительные отклонения (см. графу «остаток») могут быть объяснены погрешностями химического анализа и расчетов.

Иногда остаток не может быть объяснен отмеченными погрешностями и всецело зависит от присутствия в анализируемой пробе ромбического амфибола или пироксена (что подтверждается как микроскопическими исследованиями, так и рентгеновскими данными), последние часто отмечаются на дифрактограммах присутствием дополнительных пиков, например 8,9; 3,24; 2,86 Å, характерных для антифиллита.

В таком случае предлагаемая схема пересчета позволяет устанавливать минеральный вид примеси при сопоставлении молекулярных количеств остатка с соответствующими молекулярными соотношениями, характерными для ромбического амфибола или для пироксена.

Последовательность расчета по второй схеме примерно та же, с той лишь разницей, что брались соотношения окислов, характерные для чистого Fe-эденита [6], исходя из количества трехвалентного железа:  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 4 \text{CaO} \cdot 6 \text{FeO} \cdot 2 \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 14 \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}.$

Далее рассчитывался эденит исходя из остатка суммы молекул  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$ , принимаемой за единицу. Излишек молекул хорошо распределялся по формуле роговой обманки. В отдельных случаях отмечается существенная недостача воды, что, по всей вероятности, также может быть объяснено погрешностью химического анализа.

В заключение необходимо отметить, что приемлемость предлагаемого нами метода пересчета амфиболов на миналы подтверждается рентгеновскими исследованиями. Так, например, согласно данным американской картотеки (ASTM), соотношение интенсивностей пиков (110) и (310) весьма существенно отличается для чистых Fe-гастингситов и паргаситов, составляя соответственно 1,2 и 0,4. Проведенный нами анализ полученных данных по миналам и соответствующим им соотношениям пиков подтверждает вышеотмеченный факт и выявляет прямую зависимость, т. е. с увеличением соотношения  $I_{110}/I_{310}$  увеличивается содержание Fe-гастингситового компонента. Кроме того, пересчет химических анализов базальтических роговых обманок, приводимых в работе У. А. Дира и др. [6], по предлагаемой схеме показал хорошую сопоставимость с теоретическими представлениями, а погрешность пересчета не превышала 1%.

Таким образом, выявленный нами критерий (соотношение двух- и трехвалентного железа) и предлагаемая схема пересчета на миналы, по-видимому, могут быть использованы при изучении других амфиболов и в первую очередь происходящих из эффузивных пород.

Академия наук Грузинской ССР  
геологический институт

(Поступило 27.5.1976)

მინერალოგია

ბ. ნასიძე, რ. ახვლედიანი

ამფიბოლების შემადგენელ მინალებად დაყოფის შესახებ

რ ე ზ ი მ ე

მოცემულია ამფიბოლების ქიმიური შედგენილობის მინალებად გადათვლის ახალი კრიტერიუმი, რომელიც ემყარება ორვალენტოვანი და სამვალენტოვანი რკინის შეფარდებას.

ბორჯომის რაიონის ვულკანოგენური კომპლექსის ამფიბოლებისათვის დადგენილია მინალებად გადათვლის ორი სქემა: Fe — გასტინგსიტი-პარგასიტი-რქატყუარა და Fe — ედენიტი-ედენიტი-რქატყუარა.

MINERALOGY

G. I. NASIDZE, R. A. AKHVLEDIANI

ON THE DIVISION OF AMPHIBOLES INTO CORRESPONDING  
MINALS

S u m m a r y

A new criterion of the division of amphiboles into minals, expressed by the ratio of two- and three-valent iron, is given. As a result, two schemes of



division into minals are established for amphiboles of the Borjomi region volcanic rocks: *Fe*: hastingsite-pargasite-hornblende, and *Fe*: edenite-edenite-hornblende.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. Л. Добрецов, Л. Г. Пономарева. Материалы по генетической и экспериментальной минералогии, № 2. Новосибирск, 1964.
2. Г. В. Гвахария, Е. К. Везиришвили, Т. Д. Багратишвили, Р. М. Манвелидзе, Р. А. Ахвледиани. Труды Геол. ин-та АН ГССР, нов. сер., вып. 6. 1965.
3. Е. А. Костюк. Статистический анализ и парагенетические типы амфиболов метаморфических пород. М. 1970.
4. Н. Л. Добрецов, Ю. И. Кочкин, Л. П. Кривенко, В. А. Кутолин. Породообразующие пироксены, Новосибирск, 1971.
5. В. И. Вернадский и Р. М. Курбатов. Земные силикаты, алюмосиликаты и их аналоги. Л.—М., 1937.
6. У. А. Дир, Р. А. Хауи, Дж. Зусман. Породообразующие минералы, т. 2. М., 1965.

Н. С. МОЦОНЕЛИДZE, З. Ш. ГЕДЕНИДZE

РАСЧЕТ СТЕНОК ПОЛЫХ КОНТРФОРСОВ ПЛОТИН  
 НА ПРОДОЛЬНЫЙ ИЗГИБ (ВЫПУЧИВАНИЕ) С ПРИМЕНЕНИЕМ  
 ТЕОРИИ ПЛАСТИН

(Представлено членом-корреспондентом Академии Ш. Г. Напетваридзе 6.4.1976)

Известно, что тонкостенные конструкции при определенном значении сжимающей нагрузки теряют устойчивую форму равновесия и переходят к неустойчивой.

Полый (спаренный) контрфорс состоит из двух сжатых треугольных стенок-плит, монолитно связанных между собой в оголовках, образующих соответственно верховую (напорную) и низовую грани контрфорса.

Если учтем, что исследуемый контрфорс жестко заделан в основании, то расчетную схему его стенок можно представить в виде защемленной по контуру треугольной пластины, мысленно вырезанной из него (рис. 1).

Дифференциальное уравнение устойчивости пластины постоянной толщины, показанной на рис. 1, без учета собственного веса будет иметь вид ([1], стр. 333).

$$D \left( \frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^2 W}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 W}{\partial y^4} \right) = - \left( N_x \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + 2 N_{xy} \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} + N_y \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \right), \quad (1)$$

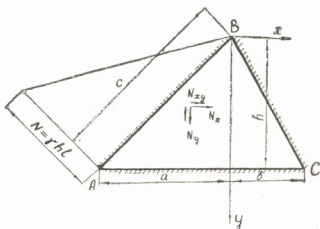


Рис. 1

где  $W$  — прогиб пластины;  $D$  — ее цилиндрическая жесткость;  $N_x$ ,  $N_y$  и  $N_{xy}$  — силы, действующие в срединной плоскости пластины на единицу длины.

В работе [2] силы, действующие в срединной плоскости пластины на единицу длины, определялись исходя из заданной гидростатической нагрузки с принятием упрощающего допущения об их постоянстве вдоль горизонтальной оси  $x$ .

В данной статье указанные силы представляются следующими линейными функциями координат, хорошо известными из теории упругости:

$$N_x = (a_1 x + b_1 y) \frac{\gamma l}{2}, \quad N_y = (a_2 x + b_2 y) \frac{\gamma l}{2}, \\ N_{xy} = (a_3 x + b_3 y) \frac{\gamma l}{2}, \quad (2)$$





где  $\gamma$  — объемная масса воды;  $l$  — ширина верховой оголовки двоянного контрфорса;  $d$  — толщина одной стенки контрфорса.

Коэффициенты, входящие в уравнение (2), определяются по известным формулам, полученным из анализа напряженного состояния плотины [4].

Преобразуем дифференциальное уравнение (1):

$$\frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 W}{\partial y^4} = -\lambda \left( T_x \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + T_{xy} \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} + T_y \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \right), \quad (3)$$

где

$$\lambda = \frac{\gamma l}{2D} = \frac{6\gamma(1-\mu^2)l}{Ed^3}; \quad T_x = \frac{2N_x}{\gamma l}; \quad T_{xy} = \frac{2N_{xy}}{\gamma l}; \quad T_y = \frac{2N_y}{\gamma l}; \quad (4)$$

$E$  и  $\mu$  — соответственно модуль упругости и коэффициент Пуассона материала контрфорса.

Задача устойчивости стенок двоянных (полых) контрфорсов плотин на выпучивание сводится к определению значения критического параметра  $\lambda_{кр}$ . Поскольку точное решение задачи затруднено, применяем вариационный метод в форме Галеркина.

Форму аппроксимирующей функции предварительно можно задать в виде двухчленного ряда

$$W = c_1 v_1 + c_2 v_2, \quad (5)$$

где  $v_1$  и  $v_2$  — координатные функции, каждая из которых удовлетворяет всем граничным условиям;  $c_1$  и  $c_2$  — произвольные параметры, подбираемые так, чтобы весь ряд в целом наилучшим образом аппроксимировал дифференциальному уравнению (3).

При представлении аппроксимирующей функции в виде двухчленного ряда уравнение Галеркина [3], стр. 227) запишется в форме

$$\begin{vmatrix} m_{11} - \lambda n_{11} & m_{12} - \lambda n_{12} \\ m_{21} - \lambda n_{21} & m_{22} - \lambda n_{22} \end{vmatrix} = 0, \quad (6)$$

где  $\lambda_i$  — собственные значения, минимальное из которых дает приближение к искомому критическому параметру ( $\lambda_{\min} \approx \lambda_{кр}$ );

$$m_{rs} = \int_0^h \int_{-\frac{a}{h}y}^{\frac{b}{h}y} v_r \left( \frac{\partial^4 v_s}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 v_s}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 v_s}{\partial y^4} \right) dx dy;$$

$$n_{rs} = \int_0^h \int_{-\frac{a}{h}y}^{\frac{b}{h}y} v_r \left[ (a_1 x + b_1 y) \frac{\partial^2 v_s}{\partial x^2} + 2(a_3 x + b_3 y) \frac{\partial^2 v_s}{\partial x \partial y} + (a_2 x + b_2 y) \frac{\partial^2 v_s}{\partial y^2} \right] dx dy;$$

$$r = 1, 2; \quad s = 1, 2. \quad (7)$$

В случае жесткой заделки стенки-пластины по всему контуру прогибы на краях будут равны нулю и плоскость, касательная к изогнутой



срединой поверхности, совпадает с начальным положением последней. Следовательно, граничные условия примут вид:

на верховой грани АВ

$$(W)_{y=-\frac{h}{a}x} = 0, \left[ \frac{\partial W}{\partial x} \cos(\widehat{nx}) + \frac{\partial W}{\partial y} \cos(\widehat{ny}) \right]_{y=-\frac{h}{a}x} = 0, \quad (8)$$

на низовой грани ВС

$$(W)_{y=\frac{h}{b}x} = 0, \left[ \frac{\partial W}{\partial x} \cos(\widehat{Tx}) + \frac{\partial W}{\partial y} \cos(\widehat{Ty}) \right]_{y=\frac{h}{b}x} = 0, \quad (9)$$

в основании АС

$$(W)_{y=h} = 0, \left( \frac{\partial W}{\partial y} \right)_{y=h} = 0. \quad (10)$$

Здесь  $n$  и  $T$  — нормали соответственно напорной грани АВ и низовой грани ВС.

Координатные функции, удовлетворяющие всем граничным условиям, задаются в виде

$$\begin{aligned} v_1 &= (y-h)^2 \left( y + \frac{h}{a}x \right)^2 \left( y - \frac{h}{b}x \right)^2, \\ v_2 &= (y-h)^2 \left( y + \frac{h}{a}x \right)^2 \left( y - \frac{h}{b}x \right)^3. \end{aligned} \quad (11)$$

Внося эти функции и значения их производных в выражение (7) и производя интегрирование, определяем значения коэффициентов  $m_{rs}$  и  $n_{rs}$ . После подстановки их в определитель (6) и последующего раскрытия его находим искомое минимальное значение параметра  $\lambda$ :

$$\lambda_{\min} \approx \lambda_{кр} = \frac{K_{\min}}{\left( 1 + \frac{a}{b} \right)^2 h^3}. \quad (12)$$

Для облегчения расчетов проведены соответствующие вычисления на ЭВМ М-220 и построены графики  $K_{\min} = f\left(\frac{a}{h}; \frac{b}{h}\right)$  (рис. 2).

Из уравнения (12) можно определить интенсивность критического гидростатического давления в основании контрфорса:

$$N_{кр} = (\gamma h)_{кр} = \frac{2DK_{\min}}{l \left( 1 + \frac{a}{b} \right)^2 h^2}, \quad (13)$$

а также критическую толщину  $d_{кр}$  и критический пролет  $l_{кр}$ .

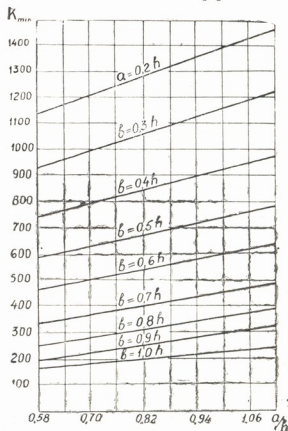


Рис. 2



Анализ показывает, что степень приближения критической нагрузки к истинному ее значению зависит от наклона граней контрфорса.

Разница между первым и вторым приближениями составляет 0,3÷27%, а между вторым и третьим — меньше 4%, так что второе приближение дает практически вполне приемлемые результаты.

Грузинский политехнический институт  
им. В. И. Ленина

(Поступило 16.4.1976)

საშენებლო მეცნიერება

ბ. მოწონალიძე, ზ. გედენიძე

ბრძივ ლუნვაზე (ბამოგაშრცვაზე) კაუხლის ღრუბანინან  
კონტრფორსების კაღლის ანბარინი ფირფიტების  
თეორიის ბამოქენებით

რეზიუმე

მოცემულია ღრუბანინან კონტრფორსების კრიტიკული პარამეტრების განსაზღვრა ვარიაციული მეთოდების გამოყენებით. საანგარიშო სქემა წარმოდგენილია ირგვლივ ხისტად ჩამაგრებული თხელი ფირფიტის სახით, რომელზედაც მოქმედებს სამკუთხოვანი ფორმის მკუშმაღვი დატვირთვა. ამოცანის ამოსახსნელად გამოყენებულია ელექტროგამომთვლელი მანქანა M-220.

STRUCTURAL MECHANICS

N. S. MOTSONELIDZE, Z. Sh. GEDENIDZE

## DESIGN OF THE WALLS OF HOLLOW COUNTERFORTS OF DAMS FOR LONGITUDINAL BENDING (BUCKLING), USING THE THEORY OF PLATES

Summary

The paper presents the results of theoretical research into the stability of a hollow counterfort for longitudinal bending. The wall of a hollow counterfort is considered to be a triangular plate of general configuration which is pinched along the contour. All critical parameters of the counterfort are determined using Galerkin's variation method.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. С. П. Тимошенко. Устойчивость упругих систем. М., 1955.
2. Н. С. Моцонелидзе, З. Ш. Геденидзе. Тез. докл. к Всесоюзной конференции МИСИ им. В. В. Куйбышева. М., 1972.
3. Л. Коллатц. Задачи на собственные значения. М., 1968.
4. М. М. Гришин, Н. П. Розанов и др. Бетонные плотины (на скальных основаниях). М., 1975.

ა. ხაბივიძე, კ. ალავიძე

დრეკადი სისტემების თავისუფალი რხევის მაღალი სიხშირების  
 განსაზღვრა მატრიცული ფორმით

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ზაერევა 4.5.1976)

თანდათანობითი მიხლოების მეთოდით თავისუფალი რხევის პირველი  
 სიხშირე იანგარიშება ფორმულით [1—3]

$$\varphi_{ii}^2 = \frac{W_i^{(1)}}{W_i^{(2)}}, \quad (1)$$

სადაც  $W_i^{(1)} = \sum_{k=1}^n \delta_{ik}^{(1)} P_k^{(1)}$  ფუნდამენტური ფუნქციებია და წარმოადგენენ

სტატიკურ ჩაღუნვებს  $i$  წერტილში, გამოწვეულს  $P_k^{(1)} = m_k g$  ძალებით.  
 $\delta_{ik}^{(1)}$  არის ერთეულოვანი გადაადგილებები,  $m_k - k$  წერტილში შეყურსული  
 მასა, ხოლო ნიშნაქი (1) გვიჩვენებს პირველ მიხლოებას.

$$W_i^{(2)} = \sum_{k=1}^n \delta_{ik}^{(2)} P_k^{(2)} \text{ არის } P_k^{(2)} = m_k W_k^{(1)}$$

ძალებით გამოწვეული ფუნდამენტური ფუნქციების მეორე მიხლოება.  
 შემოვიღოთ აღნიშვნა

$$W_i^{(1)} = \left\| \begin{array}{c} W_1^{(1)} \\ W_2^{(1)} \\ \vdots \\ W_i^{(1)} \end{array} \right\| = B^{(1)}; \quad W_i^{(2)} = \left\| \begin{array}{c} W_1^{(2)} \\ W_2^{(2)} \\ \vdots \\ W_i^{(2)} \end{array} \right\| = B^{(2)}. \quad (2)$$

მათი ჩაწერა მატრიცებში იქნება [4]

$$B^{(1)} = A^{(1)} P, \quad (3)$$

$$B^{(2)} = A^{(1)} M A^{(1)} P, \quad (4)$$

სადაც  $A^{(1)}$  არის ერთეულოვანი გადაადგილებების კვადრატული მატრიცა,  
 $P$  და  $M$  — ძალისა და მასის ვექტორები.

$$A^{(1)} = \left\| \begin{array}{cccc} \delta_{11}^{(1)} & \delta_{12}^{(1)} & \dots & \delta_{1k}^{(1)} \\ \delta_{21}^{(1)} & \delta_{22}^{(1)} & \dots & \delta_{2k}^{(1)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \delta_{i1}^{(1)} & \delta_{i2}^{(1)} & \dots & \delta_{ik}^{(1)} \end{array} \right\|; \quad P = \left\| \begin{array}{c} m_1 \\ m_2 \\ \vdots \\ m_k \end{array} \right\| g; \quad M = \left\| \begin{array}{c} m_1 \\ m_2 \\ \vdots \\ m_k \end{array} \right\|. \quad (5)$$

თუ (1)-ში შევიტანთ (2)-ის მნიშვნელობას მივიღებთ პირველი სიხშირის  
 საანგარიშო ფორმულას მატრიცული ფორმით

$$\varphi_{1i}^2 = \frac{B^{(1)}}{B^{(2)}} \quad (6)$$

უნდა აღვნიშნოთ, რომ (3)-ში და (4)-ში შემავალი ვექტორები ტოლი არ არის, ამიტომ (6)-ში მათი შეკვეცა არ შეიძლება.

პრაქტიკული მაგალითებით დამტკიცებულია, რომ თუ მიღებულ  $\varphi_{1i}$ -ს მნიშვნელობების საშუალო არითმეტიკულს ავიღებთ, მაშინ საჭირო არ არის მეორე, მესამე და ა. შ. მიახლოებების მოძებნა.

მეორე სიხშირის გამოსანგარიშებლად ინტეგრალური განტოლების გულის  $\delta_{ik}^{(2)}$  ჩაიწერება შემდეგნაირად [2]:

$$\delta_{ik}^{(2)} = \delta_{ik}^{(1)} - \frac{\eta_2^2}{\varphi_1^2} W_i^{(2)} W_k^{(2)}, \quad (7)$$

სადაც მანორმირებული კოეფიციენტი გამოითვლება ფორმულით

$$\eta_2^2 = \frac{1}{\sum_{k=1}^n W_k^{(2)2} m_k}$$

მეორე სიხშირის ფორმულა მატრიცული ფორმით იქნება

$$\varphi_{2i}^2 = \frac{\bar{B}^{(1)}}{B^{(2)}}, \quad (8)$$

სადაც

$$\bar{B}^{(1)} = A^{(2)} P; \quad \bar{B}^{(2)} = A^{(2)} P M A^{(2)};$$

$A^{(2)}$  არის მეორე სიხშირის  $\delta_{ik}^{(2)}$ -ის კვადრატული მატრიცა

$$A^{(2)} = \begin{vmatrix} \delta_{11}^{(2)} & \delta_{12}^{(2)} & \dots & \delta_{1k}^{(2)} \\ \delta_{21}^{(2)} & \delta_{22}^{(2)} & \dots & \delta_{2k}^{(2)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \delta_{i1}^{(2)} & \delta_{i2}^{(2)} & \dots & \delta_{ik}^{(2)} \end{vmatrix}. \quad (9)$$

ანალოგიურად მესამე სიხშირისათვის ვექნება

$$\varphi_{3i}^2 = \frac{\tilde{B}^{(1)}}{B^{(2)}}, \quad (10)$$

სადაც  $\tilde{B}^{(1)} = A^{(3)} P$ ;  $\tilde{B}^{(2)} = A^{(3)} M A^{(3)} P$ .  $A^{(3)}$  არის  $\delta_{ik}^{(3)}$ -ის კვადრატული მატრიცა.  $\delta_{ik}^{(3)}$  გამოითვლება ფორმულით

$$\delta_{ik}^{(3)} = \delta_{ik}^{(2)} - \frac{\eta_3^2}{\varphi_2^2} \bar{W}_i^{(2)} \bar{W}_k^{(2)}, \quad \text{სადაც} \quad \eta_3^2 = \frac{1}{\sum_{k=1}^n \bar{W}_k^{(2)2} m_k};$$

$$\bar{W}_i^{(1)} = \sum_{k=1}^n \delta_{ik}^{(2)} P_k^{(1)}; \quad \bar{W}_i^{(2)} = \sum_{k=1}^n \delta_{ik}^{(2)} P_k^{(2)}.$$

ასეთივე გზით შეიძლება გამოვთვალოთ უფრო მაღალი სიხშირეები. თანდათანობითი მიახლოების მეთოდის მატრიცული ფორმით ჩაწერა საშუალებას გვაძლევს ეფექტურად გამოვიყენოთ ელექტროგამომთვლელი მანქანები, შეგვიძლია ვიანგარიშოთ ნებისმიერი დრეკადი სისტემების (კოჭები, ფილები, გარსები და სხვა) როგორც პირველი, ისე მაღალი სიხშირეები, თუ ცნობილია  $n_{ik}$  ერთეულოვანი გადაადგილებები.

(6), (8) და (10) ფორმულები პროგრამირდება ციფრული გამომთვლელი მანქანებისათვის.

მაგალითი. განვიხილოთ ორ საყრდენზე თავისუფლად მდებარე კოჭი ოთხი შეყურსული მასით:  $m_1 = m_3 = m_4 = m$ , ხოლო  $m_2 = 2m$ . ამ შემთხვევაში ერთეულოვანი გადაადგილებების მატრიცა ტოლია [5]

$$A^{(1)} = \begin{vmatrix} 25 & 38 & 31 & 17 \\ 38 & 64 & 56 & 31 \\ 31 & 56 & 64 & 38 \\ 17 & 31 & 38 & 25 \end{vmatrix} \alpha, \text{ სადაც } \alpha = \frac{l^3}{3888 EJ}.$$

ძალისა და მასის ვექტორი იქნება

$$P = \begin{vmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \\ 1 \end{vmatrix} mg; \quad M = \begin{vmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \\ 1 \end{vmatrix} m.$$

(3)-ის და (4)-ის გამოყენებით გვექნება

$$B^{(1)} = \begin{vmatrix} 25 & 38 & 31 & 17 \\ 38 & 64 & 56 & 31 \\ 31 & 56 & 64 & 38 \\ 17 & 31 & 38 & 25 \end{vmatrix} \alpha \cdot \begin{vmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \\ 1 \end{vmatrix} mg = \begin{vmatrix} 149 \\ 253 \\ 245 \\ 142 \end{vmatrix} mg \alpha.$$

$$B^{(2)} = \begin{vmatrix} 25 & 38 & 31 & 17 \\ 38 & 64 & 56 & 31 \\ 31 & 56 & 64 & 38 \\ 17 & 31 & 38 & 25 \end{vmatrix} \alpha \cdot \begin{vmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \\ 1 \end{vmatrix} m \cdot \begin{vmatrix} 149 \\ 253 \\ 245 \\ 142 \end{vmatrix} mg \alpha = \begin{vmatrix} 32962 \\ 56168 \\ 54031 \\ 31079 \end{vmatrix} mg \alpha m \alpha.$$

(6) ფორმულით

$$\varphi_{1i} = \begin{vmatrix} \varphi_{11} \\ \varphi_{12} \\ \varphi_{13} \\ \varphi_{14} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4,192 \\ 4,184 \\ 4,201 \\ 4,207 \end{vmatrix} \cdot \sqrt{\frac{EJ}{ml^3}}, \quad \text{ქ. ი. } \varphi_{1\text{საშ.}} = 4,196 \sqrt{\frac{EJ}{ml^3}}.$$

მეორე სიხშირის გამოსათვლელად გვექნება:

$$\bar{B}^{(1)} = \begin{vmatrix} 3,474 & 1,308 & 4,217 & 3,256 \\ 1,308 & 1,424 & 4,045 & 3,506 \\ 4,227 & 4,045 & 6,396 & 4,893 \\ 3,256 & 3,506 & 4,893 & 5,971 \end{vmatrix} \alpha \cdot \begin{vmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \\ 1 \end{vmatrix} mg = \begin{vmatrix} 13,563 \\ 11,707 \\ 23,596 \\ 21,132 \end{vmatrix} mg \alpha,$$

$$\bar{B}^{(2)} = \begin{vmatrix} 3,474 & 1,308 & 4,217 & 3,256 \\ 1,308 & 1,424 & 4,045 & 3,506 \\ 4,217 & 4,045 & 6,396 & 4,893 \\ 3,256 & 3,506 & 4,893 & 5,971 \end{vmatrix} \alpha \cdot \begin{vmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \\ 1 \end{vmatrix} m \cdot \begin{vmatrix} 13,563 \\ 11,707 \\ 23,596 \\ 21,132 \end{vmatrix} mg \alpha = \begin{vmatrix} 246,053 \\ 220,617 \\ 406,224 \\ 367,885 \end{vmatrix} mg \alpha m \alpha.$$

(8) ფორმულით გვექნება

$$\varphi_{2i} = \begin{Bmatrix} \varphi_{21} \\ \varphi_{22} \\ \varphi_{23} \\ \varphi_{24} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 14,638 \\ 14,362 \\ 15,029 \\ 14,944 \end{Bmatrix} \sqrt{\frac{EJ}{ml^3}}, \quad \text{ე. ი. } \varphi_{2\text{სშ.}} = 14,743 \sqrt{\frac{EJ}{ml^3}}.$$

ანალოგიურად შეგვიძლია გამოვითვალოთ მესამე, მეოთხე და ა. შ. სის-  
შორებები.

ე. ი. ლენინის სახელობის

საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტი

(შემოვიღა 7.5.1976)

### СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

А. Д. ХАБЕИШВИЛИ, К. Г. АЛАВИДЗЕ

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСШИХ ЧАСТОТ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ УПРУГИХ СИСТЕМ В МАТРИЧНОЙ ФОРМЕ

### Резюме

Излагается метод последовательных приближений определения частот как основных, так и высших собственных колебаний в матричной форме. Для расчета первой, второй и третьей частот выведены формулы

$$\varphi_{1i} = \sqrt{\frac{B^{(1)}}{B^{(2)}}}, \quad \varphi_{2i} = \sqrt{\frac{\bar{B}^{(1)}}{\bar{B}^{(2)}}}, \quad \varphi_{3i} = \sqrt{\frac{\tilde{B}^{(1)}}{\tilde{B}^{(2)}}}.$$

Эти формулы программируются для ЭЦВМ.

### STRUCTURAL MECHANICS

A. D. KHABEISHVILI, K. G. ALAVIDZE

## DETERMINATION OF THE HIGHEST FREQUENCIES OF NATURAL OSCILLATIONS OF ELASTIC SYSTEMS IN MATRIX FORM

### Summary

A method of successive approaches to the determination of frequencies with basic as well as highest natural oscillations in matrix form is proposed. The formulas

$$\varphi_{1i} = \sqrt{\frac{B^{(1)}}{B^{(2)}}}, \quad \varphi_{2i} = \sqrt{\frac{\bar{B}^{(1)}}{\bar{B}^{(2)}}}, \quad \varphi_{3i} = \sqrt{\frac{\tilde{B}^{(1)}}{\tilde{B}^{(2)}}}$$

are obtained for calculating the first, second and third frequencies. These formulas are programmed for an electronic digital computer.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. М. Какущадзе. Изв. Тбилисского научно-исследовательского института сооружений и гидротехники, т. III, 1950.
2. ა. კაკუშაძე, ა. ხაბეიშვილი, ე. ი. ლენინის სახ. სპი-ს შრომები, № 4 (139), 1970, 128—135.
3. ა. ხაბეიშვილი. საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის მოამბე, 52, № 3, 1968, 717—720.
4. А. Я. Аствацатуров. Труды ГПИ им. В. И. Ленина, № 5 (169), 1974, 139—141.
5. ა. ხაბეიშვილი, ე. ი. ლენინის სახ. სპი-ს სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენციის შრომები. ნაკვ. 8, 1970, 180—185.

МЕТАЛЛУРГИЯ

Д. Ш. ОЗИАШВИЛИ, Г. Н. ОДИЛАБАДЗЕ, Г. Л. АЗМАИПАРАШВИЛИ

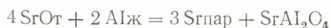
ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЮМОТЕРМИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКИСИ СТРОНЦИЯ В ВАКУУМЕ

(Представлено академиком Ф. Н. Тавадзе 23.4.1976)

Закономерности процесса получения стронция алюмотермическим восстановлением его окиси в вакууме изучались в работе [1].

Данное исследование проводилось с целью установления возможности осуществления этого процесса для окиси стронция, полученного из celestynовой руды месторождения «Синие камни».

Для выявления возможности протекания реакции



проделан термодинамический анализ с использованием новейших термодинамических данных (табл. 1). Величины  $\Delta G_T^0$  искомой реакции рассчитывались по методике, описанной в [2].

Таблица 1

Исходные данные для термодинамических расчетов

Вещество	$-\Delta H_{298}$ ккал/моль	$S_{298}$ кал/град·моль	Уравнение $C_p = f(T)$ кал/град·моль	Температурный интервал, °К	$\Delta H_{\text{перв}}$ кал/моль
$\text{Sr}_{\text{ТВ}}^{\alpha}$	—	12,5 [3]	$5,31 + 3,32 \cdot 10^{-3} T$ [6]	298—862	200
$\text{Sr}_{\text{ТВ}}^{\beta}$	—	—	9,12 [6]	862—1043	$\alpha \rightarrow \beta$ 2400
$\text{Sr}_{\text{Ж}}$	—	—	7,40 [6]	—	$\beta \rightarrow \text{ж}$ —
$\text{Sr}_{\text{Г}}$	—	—	4,97 [6]	—	—
$\text{SrO}_{\text{ТВ}}$	144,44 [3]	13,0 [3]	$12,34 + 1,12 \cdot 10^{-3} T - 1,80 \cdot 10^5 T^{-2}$ [4]	298—1270	—
$\text{Al}_{\text{ТВ}}$	—	6,77 [3]	$4,94 + 2,96 \cdot 10^{-3} T$ [4]	298—933	—
$\text{Al}_{\text{Ж}}$	—	—	7,0 [4]	—	$\text{ТВ} \rightarrow \text{ж}$ —
$\text{O}_{2\text{Г}}$	—	49,06 [4]	$7,16 + 1,0 \cdot 10^{-3} T - 0,4 \cdot 10^5 T^{-2}$ [4]	298—3000	—
$\text{Al}_2\text{O}_3_{\text{ТВ}}$	400,5 [3]	12,17 [3]	$27,38 + 3,08 \cdot 10^{-3} T - 8,20 \cdot 10^5 T^{-2}$ [4]	298—1800	—
$\text{SrAl}_2\text{O}_4_{\text{ТВ}}^{\alpha}$	13,4 [5]	25,6 [4]	$42,35 + 1,18 \cdot 10^{-3} T - 12,67 \cdot 10^5 T^{-2}$ [4]	298—932	460
$\text{SrAl}_2\text{O}_4_{\text{ТВ}}^{\beta}$	—	—	34,92 + $7,5 \cdot 10^{-3} T$ [7]	932—1600	$\alpha \rightarrow \beta$ —

Результаты расчетов (табл. 2) указывают на необходимость осуществления алюмотермической реакции в вакууме.



$\Delta G$  и  $P_{\text{равн.}}^{Sr}$  для алюмотермического восстановления окиси стронция

$T^{\circ}C$	$T^{\circ}K$	$\Delta G$	$\lg P$	$P_{\text{мм}}$
1050	1323	32255	1,11	4,14
1100	1373	29693	1,31	11,14
1150	1423	25334	1,63	21,20
1200	1473	21810	1,80	25,50

Температурная зависимость изменения свободной энергии Гиббса и равновесной упругости пара для изучаемого процесса могут быть выражены соответственно уравнениями:

$$\Delta G_T = 137868 + 24,31 T \lg T - 155,7 T \quad (1323-1600^{\circ}K)$$

$$\text{и } \lg P_{\text{мм}} = - \frac{\Delta G_T}{3 \cdot 4,57 T} + 2,88.$$

Кинетика алюмотермического восстановления окиси стронция была изучена на установке с автоматической записью хода восстановления [8]. Опыты проводились при разрежении  $\sim 10^{-3}$  мм рт. ст. для составов шихт с мол. отн.  $\frac{Al}{SrO} = 0,50; 0,625; 0,75$  в интервале температур 1000—1200°C.

Для всех составов шихт выход стронция с ростом температуры повышается. Особенно заметно это для кинетической области восстановления. Однако по истечении определенного периода показатели процесса при 1100 и 1200°C сближаются (рис 1).

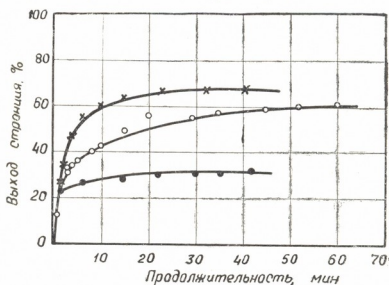


Рис. 1. Влияние температуры на кинетику алюмотермического восстановления окиси стронция:

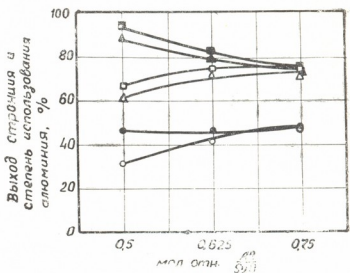
● — 1000°C; ○ — 1100°C; × — 1200°C

Согласно полученным данным, при температуре 1100 и 1200°C увеличение в шихте доли восстановителя повышает выход стронция и снижает степень использования алюминия (рис. 2).

Несколько иная зависимость наблюдается для степени использования алюминия при 1000°C. Эта величина практически не изменяется.

Выход стронция в зависимости от давления брикетирования шихты имеет экстремальный характер. Максимальная скорость восстановления и лучший выход металла наблюдаются при давлении 1000 кг/см<sup>2</sup>; использование же небрикетированной шихты несколько снижает это значение.

Рис. 2. Влияние мол. отн.  $\frac{Al}{SrO}$  на показатели алюмотермического восстановления окиси стронция: ○ — выход стронция и ● — степень использования алюминия при 1000°C; △ — выход стронция и ▲ — степень использования алюминия при 1100°C; □ — выход стронция и ■ — степень использования алюминия при 1200°C



Опыты показали, что максимальный выход стронция достигается при использовании крупности зерна алюминия 0,2 мм. Увеличение крупности восстановления приводит к некоторому снижению показателей процесса.

По экспериментальным данным, оптимальными условиями процесса восстановления окиси стронция алюминием следует считать: состав шихты с мол. отн.  $\frac{Al}{SrO} = 0,625$ ; температура 1100°C, вакуум  $10^{-3}$  мм. рт. ст., продолжительность 30 мин, давление брикетирования 1000 кг/см<sup>2</sup>, крупность восстановителя  $0,15 \pm 0,10$  мм.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт металлургии им. 50-летия СССР

(Поступило 13.5.1976)

მეტალურგია

დ. ოზიაშვილი, ბ. ოდილაგაძე, ბ. ახაიფარაშვილი

სტრონციუმის ჟანგის ალუმოთერმული აღდგენის  
კვლევა ვაკუუმში

რეზიუმე

გამოკვლეულია ცელესტინის მდნებიდან მიღებული სტრონციუმის ჟანგის ალუმინით აღდგენის შესაძლებლობა ვაკუუმში. ჩატარებულია პროცესის თერმოდინამიკური ანალიზი და შესწავლილია კინეტიკა. მიღებული შედეგებით დადგენილია პროცესის ოპტიმალური პირობები.

D. Sh. OZIASHVILI, G. N. ODILAVADZE, G. L. AZMAIPARASHVILI

STUDY OF ALUMINIUM THERMAL REDUCTION OF STRONTIUM  
OXIDE IN VACUUM

## Summary

The possibility of aluminium reduction of strontium oxide obtained from celestite ore has been studied in vacuum. Thermodynamic analysis was made and the kinetics of the process studied. The optimum conditions of the process were established.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. Г. Гвелесиани. Закономерности металлотермического восстановления окислов в вакууме. Тбилиси, 1971.
2. Д. Ш. Цагарейшвили, Г. Г. Гвелесиани. Сообщения АН ГССР, Л, № 2, 1968.
3. В. А. Киреев. Методы практических расчетов в термодинамике химических реакций. М., 1970.
4. А. Н. Крестовников, Л. П. Владимиров и др. Справочник по расчетам равновесий металлургических реакций. М. 1963.
5. O. Kubashevski, E. L. Evans, C. B. Alcock. Metallurgical Thermochemistry, London, 1967.
6. K. K. Kelly. U. S. Bur. of Mines. Bull. 584, 1960.
7. Б. Н. Бокерия, Д. Ш. Цагарейшвили, Г. Г. Гвелесиани. Сообщения АН ГССР, 58, № 3, 1970.
8. Г. Г. Гвелесиани, Н. И. Мгалоблишвили, А. А. Надирадзе. Труды Грузинского института металлургии, т. 14, 1964.



Ф. Н. ТАВАДЗЕ (академик АН ГССР), О. И. МИКАДЗЕ,  
 А. Н. РАКИЦКИЙ, В. П. ДОМУХОВСКИЙ, Н. П. КЕШЕЛАВА

### ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ОКИСЛЕНИЕ СПЛАВОВ ХРОМА С ГАФНИЕМ

Гафний относится к перспективным легирующим элементам с точки зрения разработки жаропрочных сплавов на основе хрома, предназначенных для высокотемпературного применения в специальных областях новой техники.

В этой связи представляло интерес выяснить возможное влияние небольших добавок гафния на жаростойкость нелегированного и малолегируемого иттрием хрома при 1200°C.

В качестве исходного материала использовался рафинированный в водороде электролитический хром с суммарным содержанием примесей 0,084% по массе. Сплавы хрома с гафнием и иттрием были получены методом индукционно-дуговой плавки в атмосфере тщательно очищенного аргона. Образцы подвергались окислению в спокойном воздухе горизонтальной печи сопротивления. Жаростойкость сплавов оценивалась по изменению массы образцов после нагрева длительностью 200 часов. Структура и фазовый состав окалина и прилегающих к ней слоев изучались с помощью металлографического и микрорентгеноспектрального анализов.

Увеличение массы образцов при 1200°C

Сплав	Содержание легирующих элементов		Уд. привес, мг/см <sup>2</sup>	
	Hf	Y	10 ч	200 ч
Cr электр.	—	—		60,2
Cr обезугл.	—	—		33,6
Cr иодидный	—	—		18,5
Cr—Hf	0,01	—	5,90	29,4
	0,05	—	4,66	23,9
	0,1	—	4,14	19,2
	0,5	—	3,45	15,9
Cr—Y	—	1,0	1,52	5,22
Cr—Hf—Y	0,01	1,0	1,76	6,88
	0,5	1,0	2,25	10,2

Результаты испытаний приведены в таблице. Сформированная при окислении сплавов системы Cr—Hf окалина в процессе охлаждения растрескивается по ребрам образца, в то время как по граням наблюдаются лишь незначительные локальные отслоения. Подокалинный слой, обогащенный кислородом и азотом, чрезмерно хрупок. Интеркристаллитные трещины, берущие начало в этой хрупкой зоне, рас-



пространяются как на поверхности, так и в глубине образца. Высокая хрупкость, присущая сплавам хрома с гафнием и до окисления, обусловлена наличием избыточных фаз, располагающихся в виде прослоек по границам зерен [1]. Растворимость гафния в хrome составляет 0,1—0,03% по массе и с понижением температуры она практически не меняется [2]. Поэтому рассмотренные сплавы остаются двухфазными даже при незначительном содержании гафния.

Микрорентгеноспектральный анализ показал, что наблюдаемые в структуре сплавов пограничные прослойки состоят из окислов и нитридов гафния. Причем нитридные выделения преобладают над окисными. Карбиды же гафния встречаются и в теле зерна в виде мелкодисперсных частиц. Наличие гафния в окалине не обнаружено. Подокалинный слой состоит в основном из азотированного хрома, в который внедрены отдельные участки окислов гафния и хрома. Подтверждением сказанному служат записи концентрационных кривых и снимки в характеристических рентгеновских лучах (рис. 1).

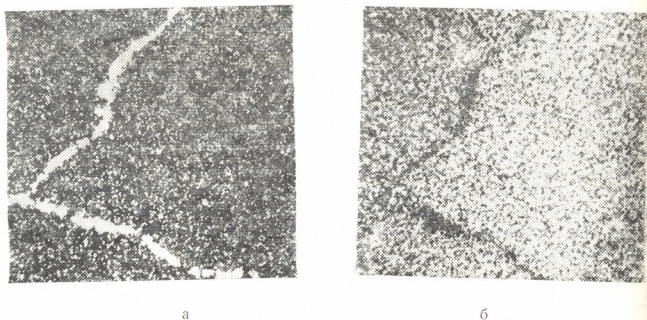


Рис. 1. Снимок с поверхности сплава  $\text{Cr} + 0,5\% \text{Hf}$  в характеристическом рентгеновском излучении  $\text{Hf L}_{\alpha}$  (а),  $\text{Cr K}_{\alpha}$  (б). Площадь сканирования  $300 \times 300 \text{ мкм}$

Благоприятное влияние гафния на жаростойкость хрома, по всей вероятности, связано с его рафинирующим воздействием. С таким предположением согласуются результаты исследования жаростойкости хрома различной чистоты [3]. Удельные привесы высокочистого иодидного и обезуглероженного хрома коррелируются с жаростойкостью сплавов  $\text{Cr}-\text{Hf}$  (см. таблицу). Однако легирование гафнием не препятствует азотации хрома при высокотемпературном окислении на воздухе, что проявляется в наличии подокалинной нитридной зоны (рис. 2). Это позволяет заключить, что наиболее существенный вклад гафния в улучшение жаростойкости хрома состоит в нейтрализации вредного влияния углерода.

Некоторое повышение скорости окисления хрома, легированного гафнием и иттрием, по сравнению с бинарным сплавом  $\text{Cr}-\text{Y}$ , объясняется изменением состава и свойств поверхностной окисной пленки, образующейся в процессе окисления этих сплавов.

При высокотемпературном окислении бинарных сплавов  $\text{Cr}-\text{Y}$  и  $\text{Cr}-\text{La}$  на поверхности образцов формируется легированная редкозе-

мельными металлами пленка окиси хрома [4, 5], обладающая высокими защитными свойствами. В окалине же сплавов Cr—Ni—Y присутствие легирующих элементов не обнаруживается. Ухудшение адгезионных свойств такой пленки ассоциируется с отсутствием иттрия, способного с окисью хрома образовывать термодинамически очень стабильное и жаростойкое соединение  $YCrO_3$ . Мелкодисперсные выделения хромита иттрия, располагаясь вблизи и на самой границе контакта окалины с металлом, увеличивают ее сцепляемость, ослабляя тем самым последствия скалывающихся термических напряжений, возникающих в процессе охлаждения [6]. Отсутствие иттрия ответственно и в облегчении протекания диффузионных процессов сквозь окисную пленку, так как фазы типа  $RCrO_3$  обладают настолько плотно упакованными катионными и анионными подрешетками, что представляют собой трудно преодолимые барьеры для диффузии компонентов сплава и газообразных реагентов.

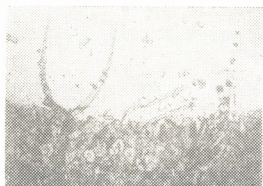


Рис. 2. Микроструктура сплава Cr + 0,5 % Ni, окисленного при 1200°C ( $\times 100$ )



Рис. 3. Микроструктура сплава Cr + 0,5 % Ni + 1,0 % Y, окисленного при 1200°C ( $\times 100$ )

При совместном легировании хрома гафнием и иттрием, как и в структуре двойного сплава Cr—Y, подокалинная прослойка не обнаруживается (рис. 3). Взамен образуются пограничные выделения Ni и Y, которые идентифицируются как самостоятельные окиси и нитриды этих элементов.

Таким образом, жаростойкость нелегированного электролитического хрома в исследованном концентрационном интервале возрастает пропорционально содержанию гафния; в сплавах же хрома с иттрием проявляется обратная тенденция: с увеличением концентрации гафния жаростойкость сплавов заметно понижается.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт металлургии  
им. 50-летия СССР

(Поступило 7.5.1976)

მ. თაბაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), მ. მიტაძე, ა. რაკიცი, ბ. დომუხოვსკი, ნ. კეშელავა

ქრომის ჰაფნიუმთან შენადნობების  
მაღალტემპერატურული ჟანგვა

რეზიუმე

შესწავლილია ჰაფნიუმის გავლენა ლითონური და იტრიუმით ლეგირებული ქრომის მხურვალმედეგობაზე. ნაჩვენებია, რომ ჰაფნიუმით ლეგირებისას შენადნობების მხურვალმედეგობის ცვლილება გამოწვეულია მყარი ხსნარის ჩანერგვის მინარევებისაგან რაფინირებითა და ჟანგეულის ფურჩის შედგენილობის შეცვლით.

METALLURGY

F. N. TAVADZE, O. I. MIKADZE, A. N. RAKITSKI, V. P. DOMUKHOVSKI,  
N. P. KESHELAVA

HIGH TEMPERATURE OXIDATION OF CHROMIUM-HAFNIUM  
ALLOYS

Summary

The high temperature oxidation of chromium-hafnium and chromium-hafnium-yttrium alloys was investigated in the air.

The mechanism of effect of hafnium on the heat-resistance of chromium and chromium-yttrium alloys is revealed both in a change of composition and of oxide film properties as well as in metal scavenging from instilling impurities.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. Н. Ракицкий, В. И. Трефилов. Сб. «Металлофизика», вып. 50. Киев, 1974, 31.
2. В. Н. Свечников. | А. К. Шурин, Г. П. Дмитриева. Сб. «Фазовые превращения в металлах и сплавах». Киев, 1965, 161.
3. О. И. Микадзе, Ф. Н. Тавадзе. Материалы докладов РНТК. Тбилиси, 1973, 21.
4. Видмер, Юкава, Грант. Сб., «Тугоплавкие металлы и сплавы». М., 1965.
5. О. И. Микадзе, А. Н. Ракицкий, Ф. Н. Тавадзе, В. И. Трефилов. ФММ, 39, № 2, 1975, 430.
6. Н. В. Агеев и др. ДАН СССР, 221, № 6, 1975, 1349.



Д. С. ТАВХЕЛИДЗЕ (член-корреспондент АН ГССР),  
Н. С. ДАВИТАШВИЛИ

### ВОПРОСЫ КИНЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПЛОСКОГО СЕМИЗВЕННОГО ШАРНИРНОГО МЕХАНИЗМА

Рассмотрим плоский семизвонный шарнирный механизм  $ABCDEFM$  (рис. 1) и задачу его кинематического исследования.

Для решения данной задачи будут заданы размеры звеньев механизма и углы поворота  $\varphi_2$  и  $\varphi_5$  ведущих звеньев 2 и 5 (обобщенные координаты).

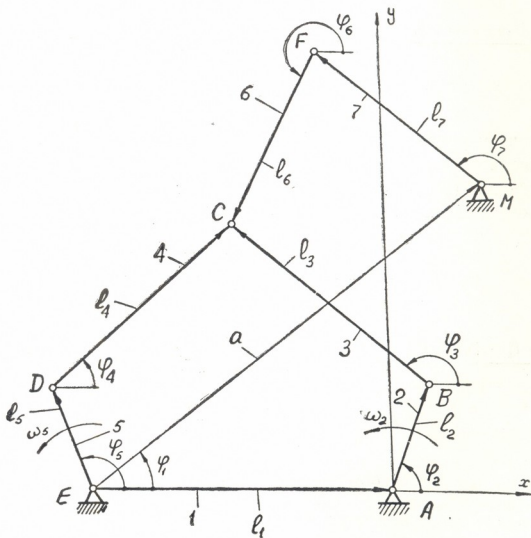


Рис. 1

Требуется определить положение звеньев 3, 4, 6 и 7, угловые скорости и ускорения этих же звеньев, а также линейные скорости и ускорения отдельных точек механизма.





Рассматривая контуры  $ABCDEA$  и  $EMFCDE$ , получаем векторные уравнения

$$l_1 + l_2 + l_3 - l_4 - l_5 = 0 \text{ и } a + l_6 + l_7 - l_4 - l_5 = 0. \quad (1)$$

Проектируя эти векторные уравнения на оси системы координат  $xAy$ , имеем

$$\begin{aligned} l_1 + l_2 \cos \varphi_2 + l_3 \cos \varphi_3 - l_4 \cos \varphi_4 - l_5 \cos \varphi_5 &= 0, \\ l_2 \sin \varphi_2 + l_3 \sin \varphi_3 - l_4 \sin \varphi_4 - l_5 \sin \varphi_5 &= 0, \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} a \cos \varphi_1 + l_6 \cos \varphi_6 + l_7 \cos \varphi_7 - l_4 \cos \varphi_4 - l_5 \cos \varphi_5 &= 0, \\ a \sin \varphi_1 + l_6 \sin \varphi_6 + l_7 \sin \varphi_7 - l_4 \sin \varphi_4 - l_5 \sin \varphi_5 &= 0, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, \varphi_5, \varphi_6, \varphi_7$  — углы, образованные звеньями 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7 с осью  $Ax$ .

Преобразуя систему уравнений (2), получаем

$$\cos \varphi_3 = - \frac{1}{1 + B^2} \left[ A \pm B \sqrt{1 - (A^2 - B^2)} \right], \quad (4)$$

где

$$\begin{aligned} A &= \frac{(l_1 + l_2 \cos \varphi_2 - l_5 \cos \varphi_5)^2 + (l_2 \sin \varphi_2 - l_5 \sin \varphi_5)^2 + l_3^2 - l_4^2}{2l_3(l_1 + l_2 \cos \varphi_2 - l_5 \cos \varphi_5)}; \\ B &= \frac{l_2 \sin \varphi_2 - l_5 \sin \varphi_5}{l_1 + l_2 \cos \varphi_2 - l_5 \cos \varphi_5}. \end{aligned}$$

С помощью уравнения (4) определяются угол  $\varphi_3$  и тем самым положение звена 3. А положение звена 4 можно найти с помощью одного из уравнений (2).

Положение звена 7 определяется из системы уравнений (3), после некоторых преобразований которых имеем

$$\cos \varphi_7 = \frac{-CD \pm E \sqrt{(D^2 + E^2) - C^2}}{D^2 + E^2}, \quad (5)$$

где

$$\begin{aligned} C &= \frac{a^2 + l_4^2 + l_5^2 - l_6^2 + l_7^2 - 2al_5 \cos(\varphi_5 - \varphi_1) - 2l_4[a \cos(\varphi_1 + \varphi_4) - l_5 \cos(\varphi_4 + \varphi_5)]}{2l_7(a \cos \varphi_1 - l_5 \cos \varphi_5)}; \\ D &= 1 - \frac{l_4 \cos \varphi_4}{a \cos \varphi_1 - l_5 \cos \varphi_5}; \\ E &= \frac{l_4 \sin \varphi_4}{a \cos \varphi_1 - l_5 \cos \varphi_5}. \end{aligned}$$

Положение звена 6 можно получить по одному из уравнений системы (3), угловые скорости и ускорения звеньев механизма — с помощью следующих известных формул [1, 2]:

$$\begin{aligned} \omega_3 &= i_{32} \omega_2 + i_{35} \omega_5, & \omega_4 &= i_{42} \omega_2 + i_{45} \omega_5, \\ \omega_6 &= i_{62} \omega_2 + i_{65} \omega_5, & \omega_7 &= i_{72} \omega_2 + i_{75} \omega_5, \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_3 &= \omega_2^2 i'_{32} + i_{32} \varepsilon_2 + \omega_5^2 i'_{35} + i_{35} \varepsilon_5, \\ \varepsilon_4 &= \omega_2^2 i'_{42} + i_{42} \varepsilon_2 + \omega_5^2 i'_{45} + i_{45} \varepsilon_5, \end{aligned} \quad (8)$$

$$\varepsilon_6 = \omega_2^2 i'_{62} + i_{62} \varepsilon_2 + \omega_5^2 i'_{65} + i_{65} \varepsilon_5,$$

$$\varepsilon_7 = \omega_2^2 i'_{72} + i_{72} \varepsilon_2 + \omega_5^2 i'_{75} + i_{75} \varepsilon_5,$$

где  $\omega_2$ ,  $\omega_5$ ,  $\varepsilon_2$  и  $\varepsilon_5$  — заданные угловые скорости и ускорения ведущих звеньев 2 и 5;  $i_{32}$ ,  $i_{35}$ ,  $i_{42}$ ,  $i_{45}$ ,  $i_{62}$ ,  $i_{65}$ ,  $i_{72}$  и  $i_{75}$  — аналоги угловых скоростей;  $i'_{32}$ ,  $i'_{35}$ ,  $i'_{42}$ ,  $i'_{45}$ ,  $i'_{62}$ ,  $i'_{65}$ ,  $i'_{72}$  и  $i'_{75}$  — аналоги угловых ускорений, равные производным по обобщенным координатам соответствующих аналогов угловых скоростей.

Для определения величины аналогов угловых скоростей дифференцируем уравнения (2) и (3) по обобщенным координатам  $\varphi_2$  и  $\varphi_5$ . После некоторых преобразований получаем

$$i_{32} = \frac{i_{52} l_5 \sin(\varphi_5 - \varphi_4) - l_2 \sin(\varphi_2 - \varphi_4)}{l_3 \sin(\varphi_3 - \varphi_4)}, \quad (9)$$

$$i_{42} = \frac{l_2 \sin(\varphi_2 - \varphi_3) - i_{52} l_5 \sin(\varphi_5 - \varphi_3)}{l_4 \sin(\varphi_4 - \varphi_3)}, \quad (10)$$

$$i_{35} = \frac{l_5 \sin(\varphi_5 - \varphi_4) - i_{25} l_2 \sin(\varphi_2 - \varphi_4)}{l_3 \sin(\varphi_3 - \varphi_4)}, \quad (11)$$

$$i_{45} = \frac{i_{25} l_2 \sin(\varphi_2 - \varphi_3) - l_5 \sin(\varphi_5 - \varphi_3)}{l_4 \sin(\varphi_4 - \varphi_3)}, \quad (12)$$

$$i_{62} = \frac{i_{42} l_4 \sin(\varphi_4 - \varphi_7) + i_{52} l_5 \sin(\varphi_5 - \varphi_7)}{l_6 \sin(\varphi_6 - \varphi_7)}, \quad (13)$$

$$i_{72} = \frac{i_{42} l_4 \sin(\varphi_4 - \varphi_6) + i_{52} l_5 \sin(\varphi_5 - \varphi_6)}{l_7 \sin(\varphi_7 - \varphi_6)}, \quad (14)$$

$$i_{65} = \frac{i_{45} l_4 \sin(\varphi_4 - \varphi_7) + l_5 \sin(\varphi_5 - \varphi_7)}{l_6 \sin(\varphi_6 - \varphi_7)}, \quad (15)$$

$$i_{75} = \frac{i_{45} l_4 \sin(\varphi_4 - \varphi_6) + l_5 \sin(\varphi_5 - \varphi_6)}{l_7 \sin(\varphi_7 - \varphi_6)}, \quad (16)$$

где

$$i_{52} = \frac{\omega_5}{\omega_2}, \quad i_{25} = \frac{\omega_2}{\omega_5}.$$

Аналогично определяются аналоги угловых ускорений, если уравнения (2) и (3) продифференцировать по обобщенным координатам  $\varphi_2$  и  $\varphi_5$  два раза.

Если допустить, что  $l_6 = l_7 = a = 0$ , получается плоский пятизвенный шарнирный механизм и известные выражения для его кинематического исследования [2], а если  $l_5 = l_6 = l_7 = a = 0$ , то плоский четырехзвенник и известные выражения для его кинематического исследования [3].

Таким образом, решена задача кинематического исследования плоского семизвенного шарнирного механизма. Полученные результаты да-



იუთ возможность провести кинематический анализ не только плоского семизвенника, но и плоского пятизвенного и четырехзвенного шарнирных механизмов.

Грузинский политехнический  
Институт им. В. И. Ленина

Тбилисский филиал ВНИИМа  
им. Д. И. Менделеева

(Поступило 7.5.1976)

მანქანათმშენობა

დ. თავხელიძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი),  
ნ. დავითაშვილი

ბრტყელი შვიდრგოლა სახსრიანი მექანიზმის  
კინემატიკური ანალიზის საკითხები

რეზიუმე

მოცემულია ბრტყელი შვიდრგოლა სახსრიანი მექანიზმის კინემატიკური კვლევის ამოცანის გადაწყვეტა ანალიზური მეთოდით. მიღებული შედეგები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს როგორც შვიდრგოლა, ისე ხუთრგოლა და ოთხრგოლა ბრტყელი სახსრიანი მექანიზმების კინემატიკური კვლევისათვის.

MACHINE BUILDING SCIENCE

D. S. TAVKHELIDZE, N. S. DAVITASHVILI

## PROBLEMS OF KINEMATIC ANALYSIS OF SEVEN-LINK PLANE HINGED MECHANISMS

Summary

The problem of kinematic investigation of seven-link plane hinged mechanisms by the analytical method is considered. The results obtained can be used in solving the problem of kinematic investigation for seven-link, five-link and four-link plane hinged mechanisms as well.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Д. С. Тавхелидзе, Н. С. Давиташвили. Теоретические основы проектирования плоских и сферических пятизвенных стержневых механизмов. Тбилиси, 1975.
2. Н. С. Давиташвили. Сообщения АН ГССР, 65, № 3, 1972.
3. И. И. Артоболевский. Теория механизмов. М., 1965.

Р. Ш. ВАРСИМАШВИЛИ, В. К. САНИКИДЗЕ

## НАРЕЗАНИЕ СФЕРИЧЕСКОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ С ПРЯМЫМИ ЗУБЬЯМИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. Я. Шхвацабая 23.5.1976)

В работе [1] исследуется сферическая зубчатая передача с прямыми зубьями. Настоящая работа посвящена нарезанию сферической зубчатой передачи с прямыми зубьями на универсальном оборудовании.

Для нарезания сферической зубчатой передачи с прямыми зубьями было разработано специальное приспособление (рис. 1). На плите 1 рабочей поверхностью вниз, а опорной поверхностью вверх крепится:

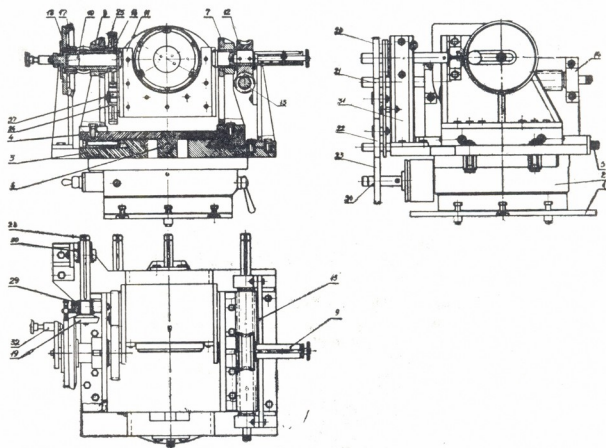


Рис. 1

стандартный поворотный стол 2. На опорной поверхности круглого поворотного стола 2 крепится плита 3, имеющая направляющие в виде ласточкиного хвоста, на которых устанавливается салазка 4. Салазка 4 винтом 5 и гайкой 6 соединяется с плитой 3. На салазке 4 устанавливаются стойки 7 и 8, в подшипниках которых цапфами 9, 10 подвешивается делительный червячный редуктор 11. На цапфе 9 устанавливается червячное колесо 12, находящееся в зацеплении с червяком 13, который подшипниками 14 крепится на опоре 15. На цапфе 10 с помощью втулки 16 устанавливается коническое колесо 17 с делительным:

дискон 18, который через коническую шестерню 19, сменные шестерни гитары обкатки 20, 21, 22, 23 соединяются с валом 24 червячка поворотного стола 2. На втулке 16 крепится цилиндрическое колесо 25,

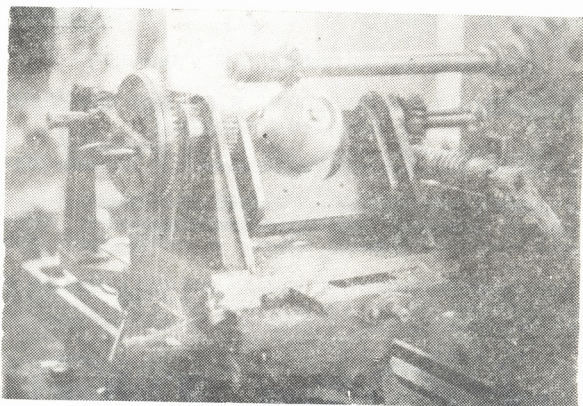


Рис. 2

которое посредством цилиндрического колеса 26, вала 27 соединяется с червячным редуктором 11. Вал 28 конической шестерни 19 подшипником 29 крепится на стойке 8, а подшипником 30 — на опоре 31, за-

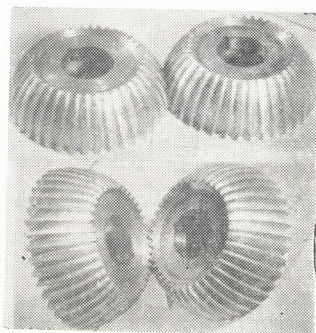


Рис. 3

крепленной на плите 3. В червячном редукторе 11 устанавливается шпindelь, на котором крепится заготовка нарезаемого сферического колеса. Приспособление с помощью плиты 1 крепится на стол станка и может выполнять следующие движения: с вращением винта 5 салаз-

ка 4 перемещается по направляющим плиты 3, при этом червячное колесо 12 перекачивается по червячку 13 и вызывает вращательное движение редуктора 11 вокруг цапф 9, 10, с вращением вала 24 через червяк и червячное колесо поворотного стола 2 приспособление совершает вращательное движение вокруг вертикальной оси поворотного стола 2, а через цилиндрические колеса 23, 22, 21, 20, вал 28, шестерню 19, колесо 17, делительный диск 18, фиксатор 32, втулки 16, цилиндрические колеса 25, 26, вал 27 и червячную передачу редуктора 11 заготовка нарезаемого колеса получает вращательное движение вокруг своей оси. Эти движения обеспечивают обкатку нарезаемого колеса по воображаемому плоскому колесу.

Применением описанного приспособления на горизонтально фрезерном станке были нарезаны (рис. 2) сферические зубчатые колеса с прямыми зубьями (рис. 3). Нарезанная передача обеспечивает передачу вращательного движения при переменном угле между осями вращения.

Грузинский политехнический  
 институт им. В. И. Ленина

(Поступило 27.5.1976)

მანქანათმშენობა

რ. პარსიმაშვილი, ვ. სანიკიძე

სწორკბილბიანი სფერული კბილანების დამზადება

რეზიუმე

თავისუფლების ორხარისხიანი კბილანური გადაცემის უნივერსალურ მოწყობილობაზე დასამზადებლად დამუშავებულია სპეციალური სამარჯვი. აღნიშნული სამარჯვის გამოყენებით ჰორიზონტალურ საფრეზო ჩარხზე დამზადებულია სფერული კბილანები სწორი კბილებით.

MACHINE BUILDING SCIENCE

R. Sh. VARSIMASHVILI, V. K. SANIKIDZE

## CUTTING OF SPHERICAL TOOTHED GEARING WITH STRAIGHT TEETH

Summary

A special device has been worked out for cutting toothed gearing with two degrees of freedom on universal equipment. Using the said device on a horizontal milling machine, spherical toothed wheels with straight teeth have been cut.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Р. Ш. Варсимашвили. Сообщения АН СССР, 77, № 3, 1975.



М. В. ХВИНГИЯ, А. Н. КОБЦЕВ, Т. Г. ТАТИШВИЛИ,  
В. И. ПЕРЕПЕЛКА

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С НЕСИММЕТРИЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ УПРУГО-ФРИКЦИОННЫХ СИЛ

(Представлено академиком Р. Р. Двали 26.5.1976)

В транспортных и технологических машинах используются упругие системы, имеющие несимметричные упруго-фрикционные характеристики. Из-за нелинейного характера упругой силы, например, в многослойной балке с защемленными концами, в составных пружинах, в системах, состоящих из металлической резины и др., при широком диапазоне изменения возмущающей частоты могут возникнуть резонансные колебания обычных суб- и супергармонических типов, характерные для нелинейно-параметрических систем [1]. Эти резонансы, помимо теоретического, представляют и практический интерес для деления или умножения частот [2] в вибрационных машинах.

В многослойной или составной упругой системе несимметричную упруго-фрикционную характеристику создают дополнительные опоры, которые изменяют упругость системы в двух смежных полупериодах и фрикционные силы взаимодействия между отдельными слоями или элементами.

Рассмотрим колебания такой системы, когда на нее действует гармоническая возмущающая сила, несимметричность создается только упругими силами, а нелинейные силы трения независимы от упругих сил.

Уравнение движения массы имеет вид

$$m\ddot{x} + P(x) = F \sin \omega t. \quad (1)$$

Здесь  $m$  — приведенная сосредоточенная масса,  $F$  — амплитуда действующей силы,  $P(x)$  — упруго-фрикционная характеристика, которую можно представить в виде

$$P(x) = k(x) + P_{\text{тр}}(x), \quad (2)$$

где  $k(x)$  несимметричная кусочно-линейная функция, соответствующая жесткости системы и описываемая выражением

$$k(x) = \begin{cases} A_1 x & \text{при } x < 0, \\ A_2 x & \text{при } x > 0, \end{cases} \quad (3)$$

$A_1, A_2$  — коэффициенты жесткости в смежных полупериодах,  $P_{\text{тр}}$  — фрикционная составляющая, имеющая форму замкнутой симметричной пет-



ли гистерезиса, полученная по принципу Мазинга [3]. Скелетная кривая фрикционной составляющей имеет вид

$$P'_{\text{тр}} = Bx^2 + Cx^3, \quad (4)$$

где  $B$  и  $C$  подобраны таким образом, что площади реальной петли и петли, полученной по принципу Мазинга, одинаковы.

Уравнение движения (1) решалось на ЭЦВМ «Урал-11» и на гибридной системе, состоящей из ЭЦВМ «Урал-11» и АВМ ЭМУ-10. На рис. 1 показаны амплитудно-частотные характеристики, полученные

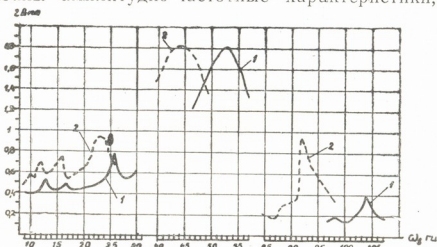


Рис. 1

на ЦВМ для  $\chi=1,2$  (кривая 1) и  $\chi=1,7$  (кривая 2). Здесь  $\chi=A_1/A_2$  показывает величину асимметрии упругой силы. Коэффициент демпфирования по статической петле  $\psi_{\text{ст}}=0,335$ . Как видно из амплитудно-частотной диаграммы, при действии на механическую систему гармонической

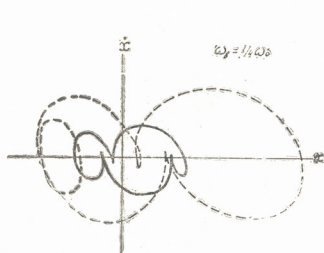


Рис. 2

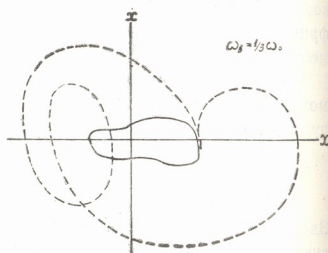


Рис. 3

ческой возмущающей силы, кроме основного резонанса, возникают супер- и субгармонические резонансы при частотах  $\omega_b = k\omega_0$ , где  $k=1/4, 1/3, 1/2$  и  $2$ ,  $\omega_b$  — частота возмущения,  $\omega_0$  — частота свободных колебаний системы. С увеличением асимметрии величина амплитуды основного резонанса не меняется (рис. 1), тогда как величина амплитуд суб- и супергармонических резонансных колебаний возрастает.

Учитывая наличие в системе (1) параметрической слагаемой с коэффициентами, зависящими от показателя асимметрии  $\chi$  упругой харак-



теристики, можно заключить, что параметрическая составляющая и в этом случае является существенной частью суммарных основных, суб- и супергармонических колебаний, как в обычной несимметричной системе, рассмотренной в [4].

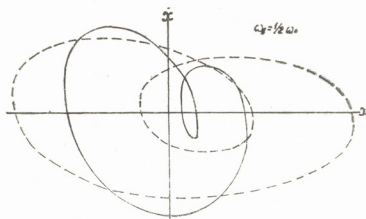


Рис. 4

На рис. 2, 3, 4, 5 и 6 показаны фазовые портреты, соответствующие основным, супер- и субгармоническим резонансам системы для  $\chi = 1,2$  и  $\chi = 1,7$  (пунктир). Графики показывают, что во всех рассмотренных ре-

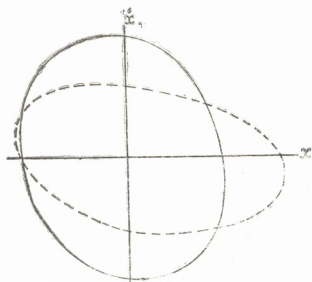


Рис. 5

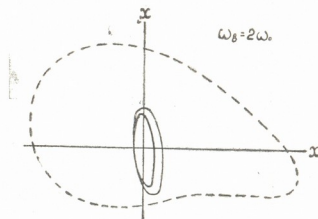


Рис. 6

зонансах фазовые кривые имеют замкнутый вид, колебания характеризуются ограниченной амплитудой и устойчивы. Ограничение амплитуды устойчивых колебаний происходит за счет нелинейных составляющих в упругой характеристике системы.

მ. ხვინგია, ა. კობცევი, თ. ტატიშვილი, ვ. პერეპოლკა

არასიმეტრიული დრეკად-ფრიქციული მახასიათებლების მქონე  
 მექანიკური სისტემის რეზონანსების კვლევა

რეზიუმე

განხილულია არაწრფივი მექანიკური სისტემის რხევა არასიმეტრიული დრეკად-ფრიქციული მახასიათებლებით. დრეკადი მახასიათებელი წარმოდგენილია წრფივმონაკვეთიანი ფუნქციით, ხოლო ფრიქციული მახასიათებელი აღწერილია სიმეტრიული ჰისტერეზისის მარყუქით, რომელიც მიღებულია მაზინგის მეთოდით.

ამოცანა ამოხსნილია ელექტრონულ გამოთვლით მანქანაზე „ურალი-11“ და პარალელურად ჰიბრიდულ სისტემაზე მექანიკური სისტემის სხვადასხვა ასიმეტრიის დროს. შესწავლილია სუბ- და სუპერჰარმონიული რხევების წარმოშობისა და მდგრადობის შესაძლებლობა. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ამპლიტუდურ-სინფორული მახასიათებლებისა და ფაზური პორტრეტების სახით.

MACHINE BUILDING SCIENCE

M. V. KHVINGIA, A. N. KOBTSEV, T. G. TATISHVILI, V. I. PEREPYOLKA

INVESTIGATIONS OF RESONANCE OF A MECHANICAL  
 SYSTEM WITH AN UNSYMMETRICAL CHARACTERISTIC OF  
 ELASTIC FRICTIONAL FORCES

Summary

A nonlinear mechanical system with an unsymmetrical frictionally elastic characteristic is investigated. The elastic properties of the system are represented by piecewise-linear function, while the friction part of the characteristic is given by the symmetrical hysteresis loop obtained by the Masing principle. The problem has been solved with the help of a digital computer and a hybrid computer system. In investigating the problem, different values of symmetry were applied. The possibility of exciting sub-vibrations as well as superharmonic ones has been analysed. Results are represented as amplitude-frequency curves and phase plane diagram.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Нгуен Ван Дао. Проблемы прочности, № 11, 1975.
2. S. Maezawa. Buletinul Institut Politehnic Din. Iasi. Tomul XVII (XXI), fase 1—2, seria IV Mecanica Tehnica, 1971.
3. В. В. Москвитин. Пластичность при переменных нагрузках. М., 1965.
4. М. В. Хвингия, А. М. Багдоева и др. Колебания и устойчивость упругих систем машин и приборов. Тбилиси, 1974.



Р. Г. ЧАГЕЛИШВИЛИ

## СТОК НАНОСОВ С МАЛЫХ ВОДОСБОРОВ РАЗНОЙ ЛЕСИСТОСТИ В ГОРАХ ГРУЗИИ

(Представлено академиком В. З. Гулисашвили 28.5.1976)

Различают следующие составляющие твердого стока: а) взвешенные наносы, б) влекомые, или донные, наносы и в) растворенные вещества.

В исследованиях стока наносов с малых водосборов разной лесистости нами особое внимание уделялось первым двум составляющим стока, т. е. взвешенным и донным наносам, поскольку по величине последних определяется характер происходящих эрозионных и денудационных процессов со всеми их отрицательными последствиями.

В ущелье р. Сацхенисцкали на склонах гор Триалетского хребта нами были подобраны объекты исследования — водосборные бассейны с различным процентом лесистости (70; 50; 30% и безлесный водосбор) с целью изучения влияния разной степени лесистости на сток наносов с малых водосборов в горных условиях.

Характеристика объектов исследования, методика работ и основные элементы водотоков в ущелье р. Сацхенисцкали, изложены в ранее опубликованных работах [1, 2].

Основные закономерности формирования стока наносов, разработанные Г. В. Лопатиным и С. И. Шамовым [3, 4], приняты нами в качестве основы при исследованиях стока наносов с малых водосборов разной лесистости. Причем на водосливах малых водосборов, наряду с одной из составляющих водного баланса стока воды, представляется возможным определять интенсивность смыва почвы путем наблюдения за стоком твердых и растворенных веществ. Вместе с тем, одну из составляющих твердого стока — донные наносы можно получить после их оседания в полезном объеме водослива, взвешенные же наносы — путем вывода интерполяционных зависимостей расходов взвешенных наносов от расходов воды:  $R=f(Q)$  [5].

Одной из характерных особенностей горных районов является формирование своеобразного режима водных условий. Процессы же эрозии почвы на горных склонах определяются характером растительного покрова и интенсивностью выпавших дождевых осадков.

Наблюдениями установлено, что в сомкнутом лесу смыв почвы атмосферными осадками практически близок к нулю, но в изреженных рубкой древостоях он может варьировать в широких пределах.

Наличие защитного древесного полога, лесной подстилки или же надпочвенного травяного покрова существенно меняет силу воздействия дождевых капель на почву. Часто при наличии надлежащего защитного полога представляется возможным угашение энергии падающих дождевых капель на 95% [6].

При исследованиях, предпринимаемых нами, как было отмечено выше, защитным мероприятием против воздействия дождевых капель



послужил полог древостоев с лесистостью 70; 50; и 30%. В таблице приводятся результаты исследований, проведенных в 1968—1973 гг.

Согласно приведенным данным (см. таблицу), за шестилетний период наблюдений с водосборных бассейнов лесистостью 70; 50; 30% вынесено всего 1,699; 101,680; 126,880 м<sup>3</sup>/га твердого материала соответственно. В среднем за время наблюдений твердый сток с водосборных бассейнов лесистостью 70; 50; 30% составлял 0,283; 16,946; 21,146 м<sup>3</sup>/га соответственно.

Суммарные показатели взвешенных и донных наносов с малых водосборов в горных условиях, м<sup>3</sup>/га

Год наблюдений	Водосбор лесистостью 70 %			Водосбор лесистостью 50 %			Водосбор лесистостью 30 %		
	Взвешенные наносы	Донные наносы	Всего	Взвешенные наносы	Донные наносы	Всего	Взвешенные наносы	Донные наносы	Всего
1963	1,560	—	1,560	22,797	9,710	32,507	37,719	13,920	57,639
1969	—	—	—	2,700	3,400	6,100	4,050	3,230	7,280
1970	—	—	—	2,270	1,670	3,940	3,240	2,540	5,780
1971	0,008	—	0,008	9,748	3,160	12,908	7,370	4,790	12,160
1972	0,123	—	0,123	29,387	3,310	32,697	19,170	9,230	28,450
1973	0,008	—	0,008	10,618	2,920	13,538	10,280	7,300	15,580
Всего	1,699	—	1,699	77,510	24,170	101,680	81,820	47,060	126,880
Среднее	0,283	—	0,283	12,919	4,028	16,946	13,671	7,843	21,146

В водосборном бассейне с высоким процентом (70%) лесистости твердый сток формируется исключительно за счет взвешенных наносов, донные наносы здесь отсутствуют. С водосборного бассейна лесистостью 50% донные наносы составляют в среднем 4,028 м<sup>3</sup>/га, или 23,8% от суммарной величины наносов, а с водосборного бассейна лесистостью 30%—7,843 м<sup>3</sup>/га, или 37,3%.

Полученные нами данные о соотношении между количествами донных и взвешенных наносов значительно превышает данные ряда других авторов [7—9]. Однако в литературе [10] есть указания, что малые реки характеризуются высокими значениями отношения

$\frac{G}{R}$  ( $G$  — донные наносы,  $R$  — взвешенные наносы) в связи с поступлением в их русла преимущественно крупного рыхлообломочного материала.

Повышенные показатели донных наносов с водосборного бассейна лесистостью 30%, по сравнению с таковыми с водосборного бассейна лесистостью 50%, свидетельствуют о более жестких условиях формирования стока наносов с водосборов со слабым защитным пологом.

При сопоставлении данных о наносах с водосборных бассейнов 50 и 70% становится ясным, что горные леса с высоким процентом (70%) лесистости несравненно сильнее и многостороннее выполняют почвозащитные функции, чем древостой лесистостью 50%.

Высокие почвозащитные функции водосборного бассейна с лесистостью 70% обусловлены хорошими водно-физическими свойствами и прежде всего высокой некапиллярной скважностью и влагоемкостью.





5. М. И. Львович, А. М. Грин. Методы исследования водного баланса территории и картирование его элементов. М., 1973.
6. А. А. Молчанов. Лес и окружающая среда. М., 1968.
7. Л. Г. Гвелесиани. Метеорология и гидрология, № 9—10, 1938.
8. А. Н. Попов. Сб. работ по гидрологии, № 9. Л., 1970.
9. Д. Л. Соколовский. Речной сток. Л., 1968.
10. Г. Н. Хмаладзе. Сб. работ «Вопросы гидрологии горных рек», вып. 37 (43). Л., 1970.



Т. А. ЦЕРЦВАДЗЕ

## ЗНАЧЕНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА В ПЕРЕЗИМОВКЕ НЕКОТОРЫХ ЗИМНЕЦВЕТУЩИХ РАСТЕНИЙ

(Представлено академиком Н. Н. Кецохели 19.5.1976)

Как известно, рост и выносливость растения являются взаимоположными явлениями. Для перезимовки растениям необходимо своевременное завершение процессов роста [1, 2]. Однако многие растения представляют исключение и характеризуются зимней вегетацией и генерацией.

В последнее время в литературе встречаются указания об относительном повышении морозостойкости растений в стадии вегетации [3—5].

Наряду с другими факторами, в процессе зимования значительную роль играют регуляторы роста [5—7].

Нами была поставлена цель исследовать динамику регуляторов роста в цветочных почках, бутонах и цветках некоторых зимнецветущих растений, в частности мушмулы японской, зимовца и жасмина китайского. Анализы проводились хроматографическим методом [8]. Цифровые показатели обрабатывались статистически.

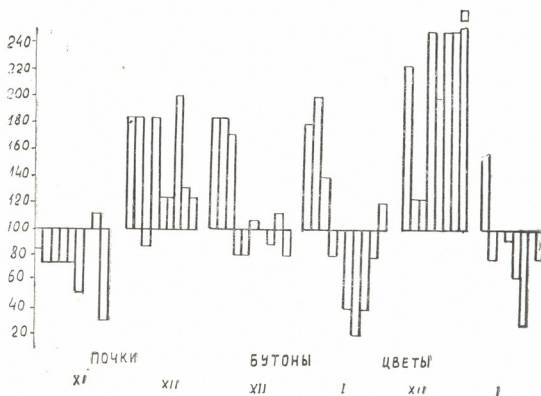


Рис. 1. Динамика регуляторов роста в мушмеле японской

Выяснилось, что изменение активности регуляторов роста находится в соответствии с выносливостью растений. Ростовые вещества ауксиновой природы преобладают в менее выносливом растении—мушмеле японской (рис. 1). В этом растении вместе с развитием почек



содержание ауксинов повышается, а к концу роста оно снижается. Согласно рис. 1, в почках указанного растения в ноябре стимуляция невысокая, а повышенное ингибирование наблюдается в I, II, VI и IX зонах, причем отличается наиболее высоким ингибирующим эффектом IX зона с Rf 0,93. Что касается ауксинов, то их активностью выражена весьма слабо.

В декабре с ростом цветочных органов стимуляция повышается и достигает максимума как в почках, так и в бутонах и цветках. В этом месяце в почках стимуляция отмечается во всех зонах хроматограммы, за исключением III.

Аналогично цветочным почкам ингибирование не наблюдается ни в одной зоне хроматограммы цветка.

Исходя из полученных данных, надо полагать, что закалка этих органов (почек, цветов) достаточно повышена и обуславливает их устойчивость в декабре, когда в растениях степень стимуляции довольно высокая.

В январе с окончанием роста снижается стимуляция. Если в декабре в цветочных бутонах (I, II, III зоны) наблюдается интенсивная стимуляция, то в январе аналогичное явление имеет место лишь в I и во II зонах, а в остальных зонах отмечается ингибиторный эффект.

Аналогичным характером соотношения регуляторов роста обладают и цветки.

Активность природных регуляторов роста в различных частях зимнецветущих растений (прирост coleoptилей в % к контролю\*)

Зона активно- сти	Жасмин китайский					Зимocвет					
	Почки			Буто- ны	Цветы	Почки			Буто- ны	Цветы	
	XI	XII	II	I	I	XI	XII	I	I	XII	I
I	208,3	18,7	76,9	57	152,6	108,3	66,6	100	107,7	175	9,9
II	133,3	75,4	21,5	83	119	141,6	58,3	36,6	96,6	46,2	27,2
III	150	18,7	27	123	131,5	158,3	41,6	96,6	68	132,5	45,4
IV	150	18,7	17	40	84	58,6	100	78,3	130,8	56,2	36,3
V	83,3	34	50,4	103	48	78,3	91,6	70	57	50	100
VI	67,5	18,7	46,15	153	68	100	83,3	50	77	200	146,3
VII	66,6	75,4	33	123	68	66,6	108,3	83	68	87	72,7
VIII	131,6	18,7	27	76,6	65,8	78,3	150	75	116	117,5	22,7
IX	100	18,7	17,7		84,2	98,6	83,3			87,5	45,4

\* Контроль—показатель биотеста в 2% растворе сахаразы, равный 100%.

По содержанию регуляторов роста зимocвет и китайский жасмин отличаются от японской мушмулы тем, что в них соотношение стимуляторов и ингибиторов уклоняется в сторону ингибирования, что должно обусловить их более высокую стойкость. В ноябре в почках зимocвета отмечаются как стимуляция, так и ингибирование, в декабре — ингибирование, лишь в водной зоне (с Rf 0,96) остается стимуляция, что вызвано наличием соединений индольной группы. А в стадии бутонов также отмечается ингибирование (см. таблицу). По сравнению с почками в цветках, имеется незначительная стимуляция, что, по-видимому, обусловлено физиологическим состоянием растений при распускании цветов.



В январе к концу роста в цветочных почках, бутонах и цветках регуляторы роста представлены лишь ингибиторами.

В почках жасмина китайского стимуляция отмечается только в ноябре, а в последующие месяцы (декабрь, январь) наблюдается ингибирование. В этом растении регуляция роста идет за счет веществ, входящих в состав флавоноидной группы и фенилкарбоновой кислоты. Соединения индольной группы встречаются редко.

Таким образом, выявлено преобладание стимуляции в менее стойком растении—мушмале японской. В более стойких растениях — зимоцвете и китайском жасмине в период вегетации регуляторы роста представлены в основном ингибиторами.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт ботаники

(Поступило 28.5.1976)

მცენარეთა ფიზიოლოგია

თ. ცერცვაძე

ზრდის რეგულატორების მნიშვნელობა ზომიერით  
ზამთარმოყვავილე მცენარის გადაზამთარებაში

რეზიუმე

ქალაქის ქრომატოგრაფიული მეთოდით შესწავლილია სტიმულატორებისა და ინჰიბიტორების როლი ზამთარმოყვავილე მცენარეთა (იაპონური ზღმარტლი *Eriobotrya japonica* Linde, ჩინური ჟასმინი *Jasminum nudiflorum* Linde, ჰიმონანტუსი *Chimonanthus fragrans* Linde) საყვავილე კვირტებში, კოკრებსა და ყვავილებში შემოდგომა-ზამთრის პერიოდში.

გამოირკვა, რომ ამ ორგანოებში ზრდის რეგულირება ხდება როგორც სტიმულაციის გამოყენებით აუქსინური, ისე შემაფერხებელი ინჰიბიტორული ბუნების მქონე ნივთიერებებით. სახელობრ, სტიმულატორების დაგროვება იაპონურ ზღმარტლში ასუსტებს გამძლეობას, ხოლო ინჰიბიტორების სიჭარბე ჩინურ ჟასმინსა და ჰიმონანტუსში ხელს უწყობს არახელსაყრელი გარემო პირობებისადმი შეგუებას და ყინვაგამძლეობის უნარის ამაღლებას.

PLANT PHYSIOLOGY

T. A. TSERTSVADZE

SIGNIFICANCE OF GROWTH REGULATORS IN THE WINTERING  
OF SOME WINTER-FLOWERING PLANTS

Summary

The part played by stimulators and inhibitors in the reproductive organs of winter-flowering plants (*Eriobotrya japonica* Linde, *Jasminum nudiflorum* Linde, *Chimonanthus fragrans* Linde) was studied by the method of chromatography in the autumn-winter period. Growth regulation in these organs was found to occur both at the expense of auxins and of inhibitors. Among the plants studied stimulation was more pronounced in the less hardy *Eriobotrya japonica*, while inhibition occurred in the more hardy *Jasminum nudiflorum* and *Chimonanthus fragrans*.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. И. И. Туманов. Физиология растений, т. 2, вып. 3, 1955.
2. Т. С. Сулакадзе. Изв. АН СССР, сер. биол., № 4, 1961.
3. М. М. Тюрина. Тез. докл. на конф. по физ. уст. растений. Душанбе, 1959.
4. Т. С. Сулакадзе, Л. П. Рапава. Сообщения АН ГССР, 70, № 1, 1973.
5. О. А. Гашкова. Вопросы биологии, № 2, 1971.
6. R. M. Irving. Plant Physiology, 44, 6, 1969.
7. T. H. Thomas. J. Exptl. Bot., 20, 62, 1969.
8. В. И. Кефели, Р. Х. Турецкая. Методы определения регуляторов роста и гербицидов. М., 1966.

## ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

З. С. ХАНАЕВА

### ВЛИЯНИЕ СТИМУЛЯЦИИ И ПОВРЕЖДЕНИЯ ПЕРЕДНИХ БУГРОВ ЧЕТВЕРОХОЛМИЯ НА ЗРИТЕЛЬНЫЕ ОТВЕТЫ АССОЦИАТИВНОЙ ОБЛАСТИ КОРЫ БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА КОШКИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии С. П. Нарикашвили 29.4.1974)

Одним из важных и, вместе с тем, малоизученных вопросов функциональной организации передних бугров четверохолмия (ПБЧ) млекопитающих являются коликуло-кортикальные отношения. Разнообразный афферентный приток к ПБЧ [1], обширные связи этой структуры с рядом важных таламических образований [2—4], которые тесно связаны с корой больших полушарий, дают достаточное основание предполагать участие ПБЧ в организации некоторых корковых процессов [5—8].

В одной из предыдущих работ [8] нами были описаны корковые эффекты одиночного электрического раздражения ПБЧ, а также влияние предшествующей их стимуляции (или повреждения) на ответы коры, возникающие на разные периферические раздражения. Опыты показали, что ПБЧ кошки являются одним из каналов поступления импульсов в ассоциативную кору (АК) и что они имеют отношение к поздним компонентам ответов АК, возникающих на периферические раздражения любой модальности. Еще более четко зависимость позднего компонента зрительных ответов АК от ПБЧ выявилась в опытах с электрическим раздражением разных частей зрительного пути (зрительного тракта — ЗТ), наружного коленчатого тела — НКТ, зрительной коры — ЗК). Ниже приводятся результаты этих опытов.

Опыты проводились на обездвиженных «тубарином» кошках под умеренным хлоралозовым наркозом (50—55 мг/кг). Для отведения и раздражения подкорковых структур использовались стальные биполярные (150—200 мк в диаметре, межполюсное расстояние 0,5 — 1,0 мм) электроды, вводимые стереотаксически. Раздражение зрительной коры (полей 17 и 18 по Отсука и Хасслеру [9]) осуществлялось биполярным электродом с межполюсным расстоянием 1—2 мм. Повреждения в ПБЧ осуществлялись электролитической коагуляцией (подробности см. в [8]). Точки отведения и раздражения подкорковых структур, а также локализация и объем повреждений в ПБЧ проверялись на обработанных срезах мозга.

На рис. 1 показаны потенциалы АК, в частности переднего отдела средней супрасильвиевой извилины (ПСС), возникающей в ответ на умеренное электрическое раздражение ЗТ, НКТ и ЗК. Во всех случаях хорошо видно, что в данных условиях ответ состоит из двух частей — ранней, главным образом положительной, и поздней, положительно-отрицательной волны. Латентные периоды этих двух компонентов ответа ПСС составляли в среднем 8—15 мсек для раннего и 20—40 мсек для позднего ответов (до пика соответствующей положительной вол-



ны). Поздний длиннопотенциальный компонент потенциала ПСС характеризовался более высокими порогами возникновения. Такой сложный потенциал ПСС на электрическое раздражение зрительного афферентного пути регистрировался, как правило, при неглубоком наркозе. При углублении наркоза ответ ПСС состоял из одиночной волны большой продолжительности, равной общей продолжительности обоих компонентов описанного сложного ответа. Ранний и поздний компоненты (хотя и менее выраженные) можно было наблюдать иногда (также при неглубоком наркозе) и в ответах ПСС, возникающих на световую вспышку.

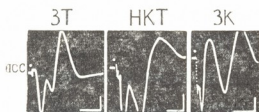
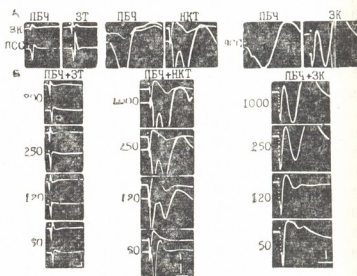


Рис. 1. Ответы ПСС на одиночное электрическое раздражение ЗТ (6 в, 0,1 мсек — порог 4 в), НКТ (4 в, 0,05 мсек — порог 2 в) и ЗК (12 в, 0,05 мсек — порог 8 в). Калибровка (здесь и на последующих рисунках): 20 мсек и 100 мкв. Отклонения вверх — отрицательность

Зависимость позднего компонента зрительного ответа ПСС от ПБЧ хорошо видна в опытах с сочетанием раздражений ПБЧ с любым из участков зрительного пути. На рис. 2 показаны изменения одновременно регистрируемых ответов ЗК и ПСС, возникающих на раздражение ЗТ, НКТ и ЗК (а также ответов ПСС на раздражение ЗК) под влиянием предшествующей стимуляции ПБЧ. Хорошо видно, что даже при больших интервалах времени (Б, 700 мсек для ПБЧ+ЗТ; 250—120 мсек для ПБЧ+НКТ и ПБЧ+ЗК) заметно подавляется поздний компонент тестируемых ответов ПСС, которые блокируются почти полностью при меньших интервалах времени между стимулами (Б, 700—50 мсек для ПБЧ+ЗТ; 50 мсек для ПБЧ+НКТ; 120—50 мсек для ПБЧ+ЗК). Хорошо видно также, что в это время ранние

Рис. 2. А — в каждой паре осциллограмм левая представляет собой ответы корковых зон (ЗК и ПСС) на одиночное кондиционирующее раздражение ПБЧ (6 в, 0,1 мсек—порог 4 в), правая — ответы тех же зон коры на одиночное тестирующее раздражение (6—8 в, 0,1 мсек — пороги 4—6 в) соответствующего участка зрительного афферентного пути (ЗТ, НКТ и ЗК). Б — тестируемые ответы ЗК и ПСС (для первого и второго ряда осциллограмм) и ответы ПСС (для третьего ряда осциллограмм) после кондиционирующего раздражения ПБЧ (ПБЧ+ЗТ, ПБЧ+НКТ, ПБЧ+ЗК). Обратить внимание на развертку. Цифры слева указывают интервалы времени между раздражениями в мсек



компоненты ответов почти не меняются. Следует отметить, что эти изменения поздних компонентов ответа ПСС наблюдаются при отсутствии значительных изменений одновременно регистрируемых первичных ответов зрительной коры.

Зависимость поздних компонентов ответа ПСС от ПБЧ видна также в опытах с электролитической коагуляцией в ПБЧ. На

рис. 3 представлены ответы ЗК и ПСС на раздражение НКТ (слева) и ответы ПСС на раздражение ЗК (справа) до (А) и после (Б) повреждения в ПБЧ. Хорошо видно, что после повреждения в ПБЧ почти полностью пропадает поздний компонент ответа ПСС, который восстанавливается крайне незначительно даже к 6 часам после повреждения. То же самое наблюдалось и в случае светового раздражения [8].

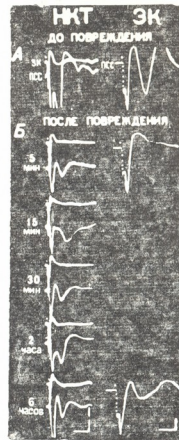


Рис. 3. Ответы ЗК и ПСС, вызванные раздражением НКТ, и ответы ПСС, возникающие при раздражении ЗК до (А) и через разное время после (Б) электролитического повреждения в ПБЧ (1 мА 40—60 сек по двум трекам во фронтальной плоскости на уровне А2, 2 и 4 мм от средней линии по атласу Джаспера и Аймоне Марсана, 1954)

Результаты настоящих опытов дополняют наши предыдущие данные [8] о роли ПБЧ в ответной активности ассоциативной области коры больших полушарий головного мозга кошки и дают основание считать, что в организации ответов АК на зрительные раздражения известное значение имеют и ПБЧ.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт физиологии

(Поступило 29.4.1976)

ადამიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

ზ. ხანაივა

ოთხბოროპის წინა გორცვების სტიმულაციისა და  
 დაზიანების გავლენა კატის დიდი ტვინის ქერქის  
 ასოციაციური უბნების მხედველობით პასუხებზე

რეზიუმე

ქლორალოზით ზომიერად დანარკოზებულ (50—55 მგ/კგ) და „ტუბარინით“ იმობილიზებულ კატებზე შევისწავლეთ მხედველობის ტრაქტის, გარეთა დამუხვ-  
 ლილი სხეულისა და მხედველობითი ქერქის ერთხელობრივი ელექტრული ვაღი-  
 ზიანებით გამოწვეული ასოციაციური პასუხები. უკანასკნელი შედეგებია ორი წაწი-



ლისაგან: ადრეული (ფარული პერიოდი 8—15 მსეკ) და მოგვიანო (20—40 მსეკ) კომპონენტებისაგან. ოთხგორაკის წინა ბორცვების წინარე ერთხელობრივი ელექტრული გალიზიანება, ისე როგორც დაზიანება, შესამჩნევად აკნინებს ასოციაციური პასუხების მოგვიანო კომპონენტს. მიღებული შედეგები ადასტურებს ჩვენს ადრინდელ დასკვნას იმის შესახებ, რომ ოთხგორაკის წინა ბორცვები გარკვეულ როლს უნდა თამაშობდეს მხედველობითი გალიზიანებით გამოწვეული ასოციაციური პასუხების ორგანიზაციაში.

## HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Z. S. KHANAIEVA

### THE INFLUENCE OF STIMULATION AND LESIONS IN THE ANTERIOR COLLICULUS ON THE ASSOCIATION RESPONSES TO VISUAL STIMULI IN CATS

#### Summary

The association responses evoked by electrical stimulation of the optic tract, lateral geniculate body and visual cortex were studied in cats moderately chloralosed (50-55 mg/kg) and immobilized with "Tubarine". They consisted of two clearly-defined components: *a*) early, with 8-15 msec latency and *b*) late, with 20-40 msec latency.

Both the preceding single electrical stimulation and lesions in the anterior colliculus resulted in pronounced suppression of the late component of the association responses evoked by any stimulation used.

The results obtained support the author's previous conclusions that the impulses from the anterior colliculus play a definite role in the organization of the association responses to visual stimuli.

#### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. J. Altman. J. Comp. Neurol., 119, 1962, 77.
2. J. Altman, M. B. Carpenter. J. Comp. Neurol., 116, 1961, 157.
3. G. F. Martin. J. Comp. Neurol., 135, 1969, 209.
4. A. Escobar. Proc. Intern. Union Physiol. Sci., IX (481), 1971, 165.
5. J. Orem, J. Rhodes. Brain Research, 28, 1971, 511.
6. B. Dubrovsky, E. Garcia-Rill. Exp. Neurol., 33, 1971, 475.
7. J. G. Balaban, E. L. Gasteiger. Brain Research, 45, 1972, 569.
8. З. С. Ханаева. Сообщения АН ГССР, 73, № 1, 1974, 177.
9. R. Otsuka, R. Hassler. Arch. Psychiat. Nervenkrank., 203, 1962, 212.

## ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Д. Н. АДИКАШВИЛИ

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕРЕЗКИ МОЗОЛИСТОГО ТЕЛА НА  
СИНХРОННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КОРЫ БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЙ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. Н. Ониани 17.5.1976)

Изучение механизмов межполушарных отношений за последние 10—15 лет заметно продвинулось вперед [1, 2], но многие вопросы данного взаимодействия остаются все еще не изученными. Для выяснения механизмов межполушарных отношений большое значение приобретают электрофизиологические опыты. Особый интерес представляет изучение роли мозолистого тела — самой большой комиссуры мозга — в синхронной деятельности полушарий. Исследования в этом направлении проводились как на бодрствующих, так и на спящих животных. Одни исследования [3—5], указывают на нарушение после перерезки мозолистого тела (МТ) синхронности биоэлектрических потенциалов симметричных областей коры, другие же — на сохранение синхронии потенциалов симметричных областей коры после разобщения полушарий мозга [6, 7]. Вышеприведенные сведения говорят о том, что к настоящему времени значение МТ в механизмах, обуславливающих двусторонность и билатеральную симметричность электрических феноменов в коре больших полушарий, все еще не определено. Проведенное нами исследование ставило целью изучить значение МТ в билатерализации и синхронии медленной активности, вызванной односторонним низкочастотным раздражением мезэнцефалической ретикулярной формации (МРФ) у ненаркотизированных животных.

Опыты проводились на семи взрослых кошках с хронически вживленными электродами. Электроды вживлялись в симметричные области зрительной коры, в дорсальный гиппокамп и МРФ. Электрическая активность отводилась монополярно. Запись биоэлектрической активности производилась на 16-канальном чернильнопишущем электроэнцефалографе. Раздражение производилось биполярно прямоугольными электрическими импульсами низкой частоты (3—12 гц) и низкой силы (2—5 в). Длительность импульса составляла 0,1 или 0,5 мсек, длительность раздражения 30—60 сек. У одной группы животных с хронически вживленными электродами устанавливался фон и затем перерезалось МТ, у второй группы заранее перерезалось МТ и после выздоровления животных вживлялись электроды. После окончания опытов производилась электрокоагуляция точек отведения, локализация электродов устанавливалось на срезах по атласу [8].

Низкочастотное одностороннее раздражение некоторых точек МРФ на фоне бодрствования у интактных животных вызывает развитие дремотного состояния. Такому состоянию животного на ЭЭГ соответствует появление веретенообразной активности и низкочастотных высокоамплитудных волн как в новой коре, так и в гиппокампе (рис. 1). Как видно из рисунка, при раздражении медленные волны начинаются одновременно в симметричных областях зрительной коры. На фоне раз-

драждения синхронизация ЭЭГ иногда сменяется ее десинхронизацией, что происходит одновременно в обеих симметричных областях коры. Следует отметить, что при прекращении раздражения восстанавливается десинхронизация ЭЭГ.

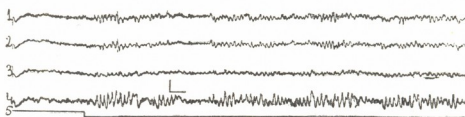


Рис. 1. Влияние электрического раздражения правой МРФ на активность различных структур мозга у интактных животных: 1—2 — симметричные области правой и левой зрительной коры, 3 — правый гиппокамп, 4 — раздражение. Параметры раздражения: 2 в, 7 в/сек, 0,1 мсек. Калибровка: 200 мкв, 1 сек

Низкочастотное раздражение МРФ на фоне медленной или парадоксальной фазы она не влияет на картину ЭЭГ и на поведение животного. Надо полагать, что синхронизирующий эффект низкочастотного раздражения МРФ на фоне медленного сна маскируется из-за доминирования низкочастотных высокоамплитудных волн на спонтанной ЭЭГ. Неэффективность же раздражения на фоне парадоксальной фазы объясняется тем, что во время этой фазы сна порог возбуждения синхронизирующего механизма значительно повышен по сравнению с пассивным бодрствованием.

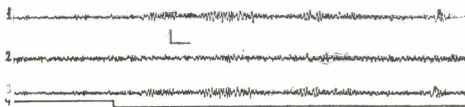


Рис. 2. Влияние электрического раздражения правой МРФ на активность различных структур мозга каллозотомированных животных: 1—2 — симметричные области правой и левой зрительной коры, 3 — правый гиппокамп, 4 — раздражение. Параметры раздражения: 2в, 7 в/сек, 0,1 мсек. Калибровка: 100 мкв, 1 сек

После перерезки МТ на фоне одностороннего раздражения МРФ у (рис. 2) бодрствующих животных тоже наблюдается развитие дремотного состояния и сна, однако в этом случае на ЭЭГ отмечается некоторая асимметрия биоэлектрической активности полушарий. Веретена и медленные волны при одностороннем раздражении МРФ у комиссуратомированных животных начинаются на ипсилатеральной коре, и только через некоторое время они появляются на противоположной стороне. В наших опытах производилась также регистрация биоэлектрической активности зрительных областей коры. В случае, когда у кошки было перерезано МТ, за исключением сплениального участка, мы не наблюдали асимметрии биоэлектрической активности зрительной коры. Это, видимо, было вызвано тем, что волокна, проходящие сплениальную часть МТ и связывающие главным образом зрительные области полушарий, остались не затронутыми.



Низкочастотное раздражение МРФ на фоне медленноволновой или парадоксальной фазы сна у каллозотомированных животных, так же как у интактных, не влияет на ЭЭГ и на поведение животного.

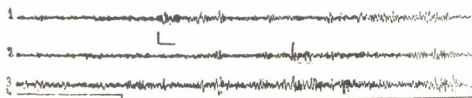


Рис. 3

Таким образом, исходя из полученных нами результатов можно заключить, что в синхронии биоэлектрической активности коры больших полушарий головного мозга принимает участие МТ. Известно, что сами по себе электрические феномены коры в основном обусловлены деятельностью подкорковых структур, но в синхронном возникновении этих феноменов, видимо, определенную роль играют волокна, связывающие полушария мозга. В частности, исходя из наших опытов, синхронность биоэлектрических феноменов симметричных областей зрительной коры обуславливается, видимо, в основном сплениальным участком МТ.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт физиологии

(Поступило 21.5.1976)

ადამიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

დ. ადიკაშვილი

კორძიანი სხეულის გადაკვეთის გავლენა თავის ტვინის  
ღიღი ჰემისფერობის ქერქის სინქრონულ მოქმედებაზე  
რეზიუმე

ინტაქტურ კატებში მეზენცეფალური ბადებრივი ფორმაციის დაბალსიხშიროვანი უნილატერალური გალიზიანებით გამოწვეული თითისტრები და დაბალსიხშიროვანი მაღალი ამპლიტუდის ბიოელექტრული რხევები აღმოცენდება ერთდროულად თავის ტვინის ჰემისფერობის ქერქის სიმეტრიულ უბნებში. კორძიანი სხეულის გადაკვეთის შემდეგ ადგილი აქვს ელექტრული აქტივობის ასიმეტრიას. გალიზიანებით გამოწვეული თითისტრები აღმოცენდება იფსილატერალურ ქერქში და მხოლოდ დროის გარკვეული ინტერვალის შემდეგ რეგისტრირდება კონტრალატერალური ქერქის სიმეტრიულ უბანში. ცდების საფუძველზე დედგინდა, რომ თავის ტვინის ქერქის სიმეტრიული უბნების ბიოელექტრული აქტივობის სინქრონიზმში გარკვეულ როლს უნდა ასრულებდეს კორძიანი სხეული.

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

D. N. ADIKASHVILI

EFFECT OF TRANSECTION OF THE CORPUS CALLOSUM  
ON THE SYNCHRONY OF THE CEREBRAL HEMISPHERES

Summary

Spindles and low frequency high amplitude waves produced by low frequency stimulation of the mesencephalic reticular formation in intact cats arise simultaneously in the symmetrical areas of the cortex. Section of the corpus



callosum induces the asymmetry of the bioelectrical activity. Spindles evoked by stimulation arise first in the ipsilateral cortex and then in the symmetrical area of the contralateral hemisphere. It is suggested that the corpus callosum plays a certain role in the synchronism of the symmetrical areas of the cerebral cortex.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. R. W. Sperry. In: *Interhemispheric Relations and Cerebral Dominance*. Baltimore, Johns Hopkins Press, 1962, 43—49.
2. В. М. Мосидзе, Р. С. Рижинашвили, Н. К. Тотებაдзе, З. Ш. Кеванишвили, К. К. Акбардия. *Расщепленный мозг*. Тбилиси, 1972.
3. F. Bremer. *The Brain and Human Behavior*. Baltimore, 36, 1958.
4. S. Giaquinto. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 36, L., 1969.
5. G. Berlucchi. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 20, 4, 1966.
6. M. R. De Lucchi, B. A. Garoutte, R. B. Aird. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 20, 4, 1966.
7. C. Batini, M. Radulovacki, R. Kado, W. R. Adey. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 22, 1967, 101—112.
8. H. H. Gasper, A. C. Ajmone-Marsan. *A Stereotaxic Atlas of Diencephalon of Cat*. National Research Council of Canada, Ottawa, 1954.



К. В. ЦИНЦАДЗЕ, С. Г. ВАРТАПЕТОВ

НОВЫЙ ЭНТОМОПАТОГЕННЫЙ ГРИБ *ENTOMOPHTHORA*  
*ADJARICA* SP. N. (*PHYCOMYCETES*, *ENTOMOPHTHORACEAE*),  
ПОРАЖАЮЩИЙ ОБЫКНОВЕННОГО ПАУТИННОГО КЛЕЩА  
*TETRANYCHUS URTICAE* KOCH

(Представлено академиком Л. А. Канчавели 25.3.1976)

В Аджарии (Кобулет) при испытании акарицидов против обыкновенного паутинного клеща на сое в 1973—1975 гг. нами была отмечена массовая вспышка эпизоотии клеща, вызванная ранее неизвестным грибом.

В литературе сообщается о поражении тетраниховых клещей грибами сем. *Entomophthoraceae*. В Чехословакии клещ *Tetranychus althaeae* Hanst., обитающий на фруктовых деревьях, поражен энтотофторовым грибом *Triplosporium tetranychii* Weiser [1]. В Техасе (США) на цитрусовом клеще *Eutetranychus banksi* McGregor было обнаружено заболевание, вызванное грибом *Entomophthora floridana* [2]. В штате Алабама (США) *Entomophthora* sp. вызывал эпизоотии клеща *Tetranychus urticae* Koch на хлопковых полях [3].

В Советском Союзе очаги энтотофтороза на тетраниховых клещах ранее не отмечались [4]. Однако в Латвийской ССР искусственно вызывалась эпизоотия клещей *T. urticae* и *T. cinnabarinus* Boisd грибом *Entomophthora thaxteriana* Petch, который поражает тлей [5, 6].

Обнаруженный нами гриб по морфологическим признакам отличается от других описанных видов.

Заражение грибом *E. adjarica* sp. n. происходит при попадании конидий на клещей или при переносе их самцами, которые часто пытаются коопулировать с погибшими самками. В тело клеща проникают гифы гриба, прорастающие из конидий или из миндалевидных спор. Проросшие гифы разрастаются, делятся и гифальные тельца проникают во все части тела клеща. Разрывы органов приводят к смерти хозяина. Затем образуются конидиеносцы, они пронизывают кутикулу клеща, и на поверхности тела формируются первичные конидии. Конидии отстреливаются с конидиеносцев и разбрасываются вокруг мертвого клеща. Прорастание и разбрасывание конидий происходит только в темный период суток. Затем из конидий образуются капиллярные конидиеносцы, из которых формируются вторичные грушевидные конидии или миндалевидные споры. Миндалевидные или грушевидные конидии, попадая на кутикулу других клещей, прорастают, проникают в тело и инфицируют нового хозяина.

Описание. Мицелий распадается на короткие гифальные тела, обычно палочковидной формы, с четырьмя крупными ядрами (рис. 1), длиной 17—27 мкм и шириной 5—7 мкм, в среднем 20×6 мкм. По мере



роста они приобретают булавовидную форму и заполняют все тело погибшего клеща. В дальнейшем некоторые гифы образуют неразветвленные конидиеносцы, которые прорастают через кутикулу.

На поверхности хозяина нити мицелия не образуются. Ризоиды отсутствуют.

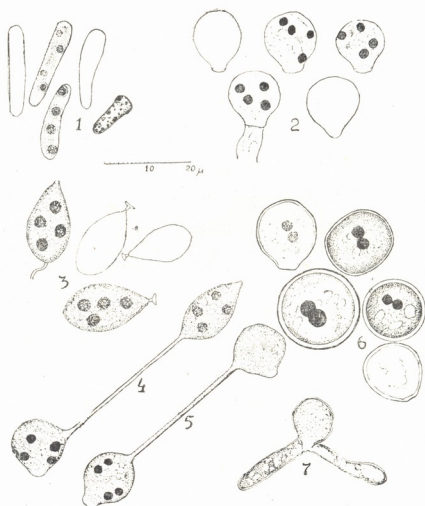


Рис. 1—7

**Конидии** образуются на конидиеносце и имеют грушевидную форму с сосковидным окончанием (рис. 2). Размер конидий  $12-17 \times 10-14$  мкм, в среднем  $12 \times 14$  мкм, ширина у основания сосочков  $3-4$  мкм. Конидии с четырьмя ядрами, заполнены мельчайшими гранулами и жировыми каплями. Отстрелянные конидии отлетают на расстояние до  $3$  м (рис. 8). Конидии, прорастая, образуют капиллярные конидиеносцы длиной  $38-44$  мкм, на которых формируются вторичные конидии.

**Вторичные конидии** в большинстве случаев миндалевидной (рис. 3, 4) и реже грушевидной (рис. 5) формы. Миндалевидные конидии способны образовывать себе подобные. Размер миндалевидных конидий  $14-24 \times 7-10$  мкм. На узком конце конидий имеется фиксаторный аппарат, с помощью которого они прикрепляются к субстрату. Внутри миндалевидные конидии заполнены мельчайшими гранулами и содержат по четыре ядра.

**Покоящиеся споры** — зигоспоры образуются путем конъюгации двух гифальных тел (рис. 7). Покоящиеся споры обычно шаровидной формы, темно-коричневого цвета, с толстой оболочкой. Тело погибших клещей полностью заполнено спорами (рис. 9). Покоящиеся споры размером  $14-25 \times 14-22$  мкм. Внутри спор содержится по два крупных ядра. Поверхность созревшей споры гладкая.

Образование покоящихся спор сопровождается ростом вегетативных сплетений, образующих подстилку и прикрепляющих тело клеща к субстрату.

Описываемый нами гриб по форме первичных конидий можно отнести, по классификации Хатчисона [7], к типу *fresenii* (род *Entomophthora*), который идентичен типу *truncata lageniformis*, по классификации Лакона [8]. *Entomophthora adjarica* sp. n. близок к *Triplosporium tetranychi* Weiser, но отличается от него формой гифальных тел, размером миндалевидных конидий, размером и формой покоящихся спор, а также наличием

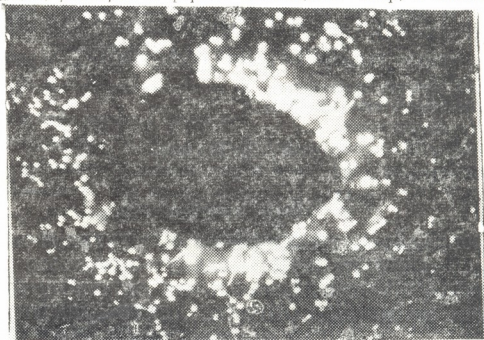


Рис. 8

зигогамии. *E. adjarica* sp. n. отличается также от *E. floridana*, описанного Вейзером и Мумой [2], формой и размером гифальных тел, длиной капил-

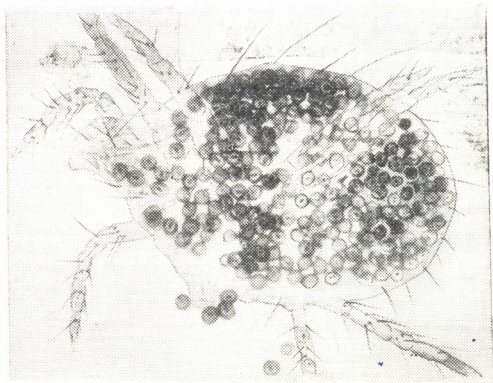


Рис. 9

лярных конидиеносцев, размером миндалевидных конидий и покоящихся спор, наличием в последних двух ядер.

Ниже приводится описание на латинском языке.

*Entomophthora adjarica* sp. n.

*Mycelio* septato, fragmentario, hyphis bi-seu quadrinucleariis 17—27  $\mu$  longis et 5—7  $\mu$  latis, conidiophoris tubularibus, singulis, conidio solitario in apica. Conidiis piriformis, hyalinis, quadrinucleariis typo fresenii (sensu Hutchison, 1963), 12—17  $\mu$  longis et 10—14  $\mu$  latis, cum papilla 3—4  $\mu$  lata. Conidia secundaria non adhesiva clavata superficie brunea et verruculosa, 14—24  $\mu$  longa et 7—10  $\mu$  lata, quadrinuclearia. Sporis perdurantibus (Zygosporis) subsphaericis seu sphaericis, 14—25  $\mu$  longis et 14—22  $\mu$  latis. Exosporio nigro et endosporio tenui hyalino, plasmate adjacenti endosporio, cum duo nuclei.

Hospes typicus: *Tetranychus urticae* Koch, Kobuleti, Adjaria, URSS.

Грузинский филиал Всесоюзного  
научно-исследовательского института  
фитопатологии

(Поступило 25.3.1976)

ფიტოპათოლოგია

ბ. ცინცაძე, ს. ვარტაპეტოვი

ჩვეულებრივი აბლაბუდიანი ტკიპის *TETRANYCHUS*  
*URTICAE* KOCH დაავადების გამომწვევი

ახალი ენტომოპათოგენური სოკო *ENTOMOPHTHORA*  
*ADJARICA* SP. N. (*PHYCOMYCETES*, *ENTOMOPHTHORACEAE*)

რეზიუმე

აქარაში (ქობულეთის რაიონი) აღინიშნა და აღწერილ იქნა ჩვეულებრივი აბლაბუდიანი ტკიპის დაავადება, გამომწვეული ახალი ენტომოპათოგენური სოკოთი.

PHYTOPATHOLOGY

K. V. TSINTSADZE, S. G. VARTAPETOV

A NEW FUNGUS *ENTOMOPHTHORA ADJARICA* SP. N.  
(*PHYCOMYCETES*, *ENTOMOPHTHORACEAE*)  
AFFECTING *TETRANYCHUS URTICAE* KOCH

Summary

In Adjaria (Kobuleti district) there has been found a disease of the spider mite *Tetranychus urticae* Koch caused by a new fungus species *Entomophthora adjarica* (*Phycomycetes*, *Entomophthoraceae*).

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. I. Weiser. Folia Parasitol. 15, 1968, 115—122.
2. I. Weiser, M. H. Мума. Fla Entomol. 49, 166, 1971, 155—159.
3. G. R. Carner, T. D. Sanarday. J. Econ. Entomol., 63, 2, 1970, 638—640.
4. А. А. Евлахова. Энтомопатогенные грибы. Л., 1974.
5. М. Р. Яковлев. Сб. «Теоретические и практические вопросы рационального использования животных и растений». Рига, 1973.
6. К. Д. Егина, Я. П. Цинковский. Сб. «Биологическая защита плодовых и овощных культур». Кишинев, 1971.
7. J. A. Hutchison. Trans. Kansas Acad. Sci., 66, 1963, 237—254.
8. G. Lason. Ztschr. angew. Entomol. 5, 1919, 161—216.

А. М. ГЕГЕЧОРИ

ЭНДЕМИЧНЫЕ ПСИЛЛИДЫ (HOMOPTERA, PSYLLOIDEA)  
КАВКАЗА ИЗ ГРУЗИИ<sup>1</sup>

(Представлено академиком Л. А. Канчавели 20.4.1976)

1. *Craspedolepta armazhi* Gegeck.

Степной ксерофил. На *Artemisia fragrans*. В разнообразных ксерофитных полынно-степных ассоциациях. Редок, немногочислен. Пока известен только из Восточной Грузии (Картли).

2. *C. georgica* Gegeck.

Горный гемиксерофил. На сухих склонах горных массивов. Трофически связан с *Artemisia chamaemelifolia*. Нередок, часто дает массовые размножения. Большой Кавказский хребет: Пшав-Хевсурети, Казбегский р-н. За пределами Грузии вид известен еще из Северной Осетии (Джариахское ущелье, по сборам 1975 г.).

3. *C. sp.*

Горный мезофил. В долинах горных массивов. На *Anthemis rigescens*. Новый для науки вид, близок к *C. pntica* Dobr. et Man. Нередок, часто массов. Большой Кавказский хребет: Ахметский р-н, ущ. р. Илто (по сборам 1972 г.); Южная Осетия, окр. оз. Эрцо (по сборам 1975 г.); Рача, Онский р-н, на известняковом массиве окр. сс. Мтискалта и Шкмери (по сборам 1975 г.). Малый Кавказский хребет: Месхет-Джавахеги. На Кавказе известен еще из Азербайджана (Шах-Дагский массив по сборам 1975 г.).

4. *C. sp.*

Новый для науки вид, близок к *C. bulgarica* Klimasz. Стациально, ареалогически, и трофические связи как у предыдущего вида.

5. *C. sp.*

Эвритопный ксерофил. Во всевозможных белополынных ассоциациях сухих и опустыненных степей. Питается на *Artemisia fragrans*. Новый для науки вид, близок к *C. armazhi*. Обычен, многочислен. Степи и полупустыни Восточной Грузии (Кахетия). На Кавказе обнаружен также в Армении и Азербайджане (по сборам 1972—1975 гг.).

6. *C. gulisashvili* Gegeck.

Ксерофил. В разнотравно-полынных ассоциациях. На *Artemisia fragrans*. Редок, в районе обитания довольно многочислен. Обнаружен пока только в Вашловачском государственном заповеднике (Восточная Грузия).

<sup>1</sup> Пока ареалы видов в Палеарктике изучены недостаточно, группа эндемиков выделяется условно.

7. *Spanioneura caucasica* Log.

Эвритропный мезофил. В разных колхидских лесах Трофически связан с самшитом — *Vixus colchica*. Обычен, часто массов. Все Черноморское побережье Кавказа, а также смешанные колхидские леса известняковых ущелий Абхазии, Мегрелии, Аджарии [2].

8. *Psylla keizchovellii* Gegechk. (*in litt.*)

Эвритропный ксеромезофил. В зарослях кустарников. На *Crataegus* spp. Нередок, немногочислен. Низменная и предгорная части Восточной Грузии: окр. Давид-Гареджи (Гардабанский р-н), Вашлованский заповедник. На Кавказе обнаружен также в Азербайджане, Армении, Нахичеване и прикаспийской части Дагестана (по сборам 1973—1975 гг.).

9. *P. fraterna* Gegechk (*in litt.*)

Горный мезофил. Припойменные и природниковые луговины, долины гор. На *Salix* spp. Нередок, часто массов. Главный Кавказский хребет: Пшав-Хевсурети [1], Лагодехский заповедник (по сборам Аренса, 1955), Сванетия (по сборам 1965 г.). Малый Кавказский хребет: окр. Бакуриани (по сборам 1973 г.), Месхет-Джавахети.

10. *P. subklapaleki* Gegechk.

Горный мезофил. Стациально, как *P. fraterna*. На ивах, особенно на *Salix caprea*. Редок, немногочислен. Главный Кавказский хребет: Пшав-Хевсурети. Известен только в некоторых боковых ущельях р. Арагви.

11. *P. loginovae* Gegechk.

Горный мезофил. Стациально, как два предыдущих вида. На ивах. Редок, в районе распространения многочислен. Главный Кавказский хребет: Пшав-Хевсурети. Найден только в Пирикети Хевсурети, в ущ. р. Ардот.

12. *P. iphigenia* Gegechk.

Горный мезофил. В поймах горных рек, ивняках. На *Salix armena-rossica*. Редок, в местах находок массов. Малый Кавказский хребет: Месхет-Джавахети. Собран только в Джавахети (Тетроб-Чобаретский лесной массив).

13. *P. megrelica* Gegechk.

Горный мезофил. Альпийское разнотравье. На травянистых бобовых. Редок, немногочислен. Большой Кавказский хребет: Мегрелия, Абхазия. На Кавказе обнаружен только в пределах Грузии.

14. *P. caucasica* Bajeva

Эвритропный ксеромезофил. Различные разнотравные ассоциации равнинных и горных мест. На травянистых бобовых. Обычен, часто массов. В Грузии, как и по всему Кавказу, повсеместно.

15. *Eutricza* sp.

Горный мезоксерофил. В пятнах леса. Кормовое растение не известно. Новый для науки вид, близок к *E. optima* Log. Единичен. Главный Кавказский хребет: Пшав-Хевсурети. Известен только из Ардонского ущелья.



16. *Trioza vaeriana* Gegechk.

Горный мезофил. В горных массивах (поднимается высоко). На *Valeriana* spp. Обычен, часто массов. В Грузии повсеместно. Известен также из Армении (Мегрийский р-н) и Азербайджана (Шах-Дагский массив, по сборам 1974—1975 гг.).

17. *T. bathiashvili*, Gegechk.

Степной ксерофил. В полынно-кохневых ассоциациях. Трофически связан с *Kochia prostrata*. Редок, в местах обнаружения массов. Вашлованский заповедник. Кроме данного заповедника, нигде не отмечается.

18. *T. kochiae* Gegechk.

Степной ксерофил. Стациально, как предыдущий вид; более ксерофилен, в полупустынях заменяет вышеуказанный кохиевый вид. Редок, иногда многочислен. Степи и полупустыни Восточной Грузии. На Кавказе обнаружен в Армении и Азербайджане (по сборам 1973 — 1975 гг.).

19. *T. liberta* Log.

Горный мезофил. Субальпийское высокотравье. Нередок, немногочислен. В горах Грузии почти повсеместно. Известен из Северного Кавказа (Дагестан по сборам Медведева, 1963).

20. *T. sabashvili* Gegechk. (*it litt.*)

Горный мезофил. Субальпийское высокотравье. Редок, немногочислен. Малый Кавказский хребет: Месхет-Джавахеги. Известен только из Тетроб-Чобаретского массива.

21. *T. chevsurethi* Gegechk.

Горный мезофил. Субальпийское высокотравье, чаще в ассоциациях осыпной растительности. На *Acaillea ptarmicifolia*. Редок, немногочислен. Главный Кавказский хребет: Пшав-Хевсурети. Известен только из долины рр. Аргун и Ассы.

22. *T. anna* Gegechk.

Горный мезофил. Стациально, ареалогически и трофические связи, как у предыдущего вида. Редок, немногочислен.

23. *T. kanchavelii* Gegechk. (*in litt.*)

Эвритопный ксеромезофил. В горах приурочен к мезофильному разнотравью. В условиях Грузии редок, немногочислен. Главный Кавказский хребет: Пшав-Хевсурети. Малый Кавказский хребет: Месхети, Зекарский перевал (по сборам Логвиненко, 1967); Аджария, Годердзский перевал — Бешуми (по сборам 1975 г.). На Кавказе обнаружен также в Армении и Нахичеване (по сборам 1974—1975 гг.).

24. *T. kartlica* Gegechk.

Мезофил. Припойменные ивняки. На *Salix* sp. Зимует имаго. Редок, немногочислен. Известен из Восточной Грузии (Каспский р-н) [1].

Таким образом, к условным эндемикам, как продуктам местного автохтонного видообразования, относим 24 вида, т. е. 15,0% от всей фауны (160 видов), что в сравнении с некоторыми другими группами насекомых Кавказа, выглядит довольно внушительно.



Самое высокое количество эндемиков (от 24 видов) включает в себя семейство *Triozidae* — 10 видов (41,7%); дальше следуют семейства *Psyllidae*—8 видов (33,3 %) и *Aphalaridae*—6 видов (25,0 %).

До последнего времени считалось, что эндемизм на Кавказе касался в основном только видового состава [2]. Есть основания к числу эндемиков причислить олиготипичный род *Eutrioza* Log., ареал которого пока не выходит за пределы Крыма и Кавказа.

Эндемичные псиллиды Грузии своим происхождением связаны с разными ландшафтными зонами. Печать самого высокого эндемизма несет на себе горная фауна — 14 видов (8,7%), эндемики со степным и полупустынным ареалом составляют 7 видов (4,3%), лесным — 3 (1,8%).

Высокому эндемизму горной фауны, как и в других странах с горным рельефом, способствуют, видимо, интенсивные формо- и видообразовательные процессы, происходящие в высокогорьях под влиянием разных биотических и абиотических факторов. Тот факт, что явление эндемизма ярче всего выражено именно в горной части республики, подтверждается весьма ограниченным ареалом некоторых местных псиллид.

Академия наук Грузинской ССР  
Государственный музей Грузии  
им. акад. С. Н. Джанашиа

(Поступило 29.4.1976)

ენტომოლოგია

ა. გეგეჩკორი

კავკასიის ენდემური ფსილიდები (*HOMOPTERA, PSYLLOIDEA*)  
საქართველოდან

რეზიუმე

საქართველოს ფსილიდოფაუნიდან (160-მდე სახეობა) 24 (15,0%) მივაკუთვნეთ პირობით ენდემებს.

ENTOMOLOGY

A. M. GEGECHKORI

THE CAUCASIAN ENDEMIC PSYLLIDS (*HOMOPTERA, PSYLLOIDEA*) FROM THE GEORGIAN SSR

Summary

The present-day fauna of Psylloidea in Georgia contains about 160 species, of which 24 (15.0%) are regarded as endemics.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. М. Гегечкори. Сообщения АН ГССР, 78, № 2, 1975.
2. М. М. Логинова. Труды ВЭО, т. 52, 1968.



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ

К. Ш. ЛОГУА

О НЕКОТОРЫХ ОБМЕННЫХ СДВИГАХ В НЕЙРОНАХ  
ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ МОРФИННОЙ  
ИНТОКСИКАЦИИ

(Представлено академиком А. Д. Зурабшвили 28.3.1976)

В наших предыдущих исследованиях было показано, что морфин влияет на различные структуры ЦНС, при этом сдвиги носят разлитой, диффузный характер. Изменения при хронической морфинной интоксикации по своей интенсивности могут быть расположены в следующем нисходящем порядке: зрительные бугры, кора мозга, мозжечок, гипоталамус, аммонов рог, ствол мозга. Интенсивные сдвиги, полученные как на патоархитектоническом, так и на электронномикроскопическом материале, безусловно, должны указывать на нарушение обмена веществ в нейронах.

Целью работы является изучение сдвигов в обмене нуклеиновых кислот, полисахаридов и фосфата в нейронах головного мозга при хронической морфинной интоксикации. Материал охватывает три группы опытов и представлен 10 случаями. Во всех трех группах морфин вводился ежедневно из расчета 0,008 мг на кг веса животного. В первой и третьей группах препарат вводился в течение 1 месяца, во второй группе — в течение 6 месяцев. Животные первой и второй групп забивались непосредственно после последней инъекции, тогда как животные третьей группы — спустя 1 месяц после последней инъекции. Во всех трех группах животные (собаки) забивались путем введения 5 мл наркотозного эфира в полость сердца.

Для изучения гистохимических изменений брались следующие участки ЦНС: корковые поля ( $PrC_2$ ,  $P$ ,  $O_1$ ,  $PJ_1-PJ_2$ ) по О. С. Адрианову и Т. А. Меринг [1], аммонов рог, мозжечок, гипоталамус (передний, средний и задний отделы), зрительный бугор (медиальная и латеральная области), ствол мозга (варолиев мост, продолговатый мозг) и область шейного утолщения спинного мозга. Были проведены следующие гистохимические реакции: на ДНК по Фельгену, на РНК по Браше и Андресу, на гликоген по Шабадашу, на щелочную и кислую фосфатазу по Гомори. Одновременно изучалась полимеризация на ДНК. Препараты, подготовленные для гистохимического изучения, просматривались и фотографировались с помощью фотомикроскопа III фирмы «Оптон» (ФРГ).

Изучение гистохимического материала показывает, что окраска зерен ДНК наиболее интенсивна во второй группе опытов, в третьей интенсивность заметно снижается. Если в первой и особенно во второй группах опытов зерна ДНК распределены в основном около края ядра и они крупные, то в третьей они становятся заметно мельче, бледнее, количество их около края ядра уменьшается. Скопление зерен ДНК около края ядра, по данным Г. П. Георгиева [2], указывает на на-



чало ранней дегенерации ДНК, так как подобный факт говорит о воз-  
растании связи ДНК с триптофансодержащим белок.

Реакция на РНК наиболее интенсивна во второй группе опытов, в третьей она проявляется несколько слабее, чем в первой, что, согласно Дж. Уотсону [3], А. Ленинджеру [4] и др., указывает на повышение ее активности в синтезе белка, связанное, по мнению А. Ленинджера, с различными энергетическими возможностями клетки. В первой и во второй группах опытов энергетическая возможность клетки снимается, тогда как в третьей повышается. Различная скорость выработки клеткой энергии, необходимой для построения белковых молекул, безусловно, связана с различной функциональной активностью клетки, т. е. с процессом торможения или ускорения обмена, что, в свою очередь, обусловлено различной функциональной возможностью корковых и подкорковых систем. В первой и особенно во второй группах опытов функциональная активность корковых и подкорковых систем более низка, при этом преобладает торможение обмена. В третьей группе этот показатель, а также обмен веществ выше, чем в предыдущих группах. Сдвиги в обмене нуклеиновых кислот и белков приводят к изменениям морфологических структур клетки [5]. Одновременно со снижением обмена РНК усиливаются гликолитические процессы. Этот факт подтверждается ультраструктурным изучением внутримитохондриальных мембран (крист).

На экспериментальном материале отмечается изменение обмена гликогена, который снижен в первой и особенно во второй группах опытов. В третьей группе интенсивность окраски зерен гликогена, а значит, и интенсивность его обмена приближаются к таковым в первой группе. Различный уровень обмена полисахаридов говорит не только о неодинаковом его потреблении и неодинаковом поддержании коллоидального состояния белка, но и о том, что создаются новые комплексы соединения между гликогеном и различными токсическими веществами.

Имеется определенная связь между обменом полисахаридов щелочной фосфатазы и нуклеиновых кислот. Гликоген принимает участие в ресинтезе АТФ, который снижается в первой и особенно четко во второй группах опытов и вновь повышается в третьей. Щелочная фосфатаза обнаруживает большую вариабельность, зависящую от функции клетки [6]. С ростом полимеризации ДНК активность щелочной фосфатазы снижается, что отмечается при изучении материала первой и особенно второй групп опытов. В третьей группе вновь обнаруживается повышение интенсивности реакции на щелочную фосфатазу.

По данным А. А. Новикова [7, 8] и др., возрастание количества кислой фосфатазы указывает на деструктивные процессы, протекающие в нейронах и связанные с гипоксией, дефицитом энергии, поражением ДНК и т. д. Если в первой и особенно во второй группах опытов отмечается резкое увеличение числа лизосом, то в третьей число их снижено и даже становится несколько ниже, чем в первой. Интенсивные сдвиги в обмене кислой фосфатазы, имеющие место в первой и особенно во второй группах опытов, уменьшается в третьей группе.

Таким образом, глубокие деструктивные изменения, значительно выраженные в первой, и особенно во второй группах опытов и несколько снижающиеся в третьей, находят свое подтверждение при изучении нашего экспериментального материала патархитектоническим, ультраструктурным и гистохимическим методами исследования.

Результаты работы показывают, что хроническое применение мэрфина в эксперименте приводит к сдвигам обменного и структурного

характера, зависящим от срока использования препарата. Морфин в хроническом эксперименте избирательно влияет на структуры головного мозга, резко нарушая при этом обмен веществ, приводя к гипоксическому состоянию нейрона, поражению структуры ДНК и т. д.

Прекращение дачи морфина в течение 1 месяца приводит лишь к незначительным репаративным проявлениям в нейронах, выражающимся в некотором усилении обмена веществ. Однако общая картина структурных и обменных сдвигов продолжает оставаться довольно тяжелой.

Институт психиатрии  
 им. М. М. Асатиани МЗ ГССР

(Поступило 29.4.1976)

მასპერიმენტული მორფოლოგია

ა. ლოგუა

ზოგიერთი ცვლითი ძვრების შესახებ თავის ტვინის  
 ნეირონებში ქრონიკული მორფიული ინტოქსიკაციის დროს

რეზიუმე

ექსპერიმენტში მორფიუმის ქრონიკული გამოყენება იწვევს ცვლითი ხასიათის ძვრებს, რომლებიც ძლიერდება პრეპარატის ზემოქმედების დროის გახანგრძლივებასთან ერთად. ქრონიკულ ექსპერიმენტში მორფიუმი, მოქმედებს რა არჩევითად თავის ტვინის სტრუქტურებზე, იწვევს ნივთიერებათა ცვლის მნიშვნელოვან დარღვევას, რომლის შედეგია ნეირონში ჰიპოქსიის განვითარება, დნმ-ის სტრუქტურის დაზიანება და სხვ. მორფიუმის შეყვანის შეწყვეტა ერთი თვის ვადით იწვევს მხოლოდ უმნიშვნელო აღდგენით-კომპენსატორულ გამოვლინებებს ნეირონში, რაც გამოიხატება ნივთიერებათა ცვლის გაძლიერებით, ამასთან მძიმე დისტროფიულ ცვლილებათა საერთო სურათი არ იცვლება.

EXPERIMENTAL MORPHOLOGY

K. Sh. LOGUA

ON SOME METABOLIC CHANGES IN THE NEURONS OF THE  
 BRAIN DURING CHRONIC MORPHINE INTOXICATION

Summary

The results of the present study have shown that chronic administration of morphine induces alterations of metabolic nature, increasing with the period of use of the preparation. In the chronic experiment morphine selectively affects brain structures and causes an acute disturbance of metabolism, hypoxia of neurons, breakdown of DNA structure etc. The withdrawal of morphine for one month produces only insignificant restorative-compensatory effects in the neurons, manifested in some increase of metabolism. However, the general picture of grave dystrophic metabolic changes, remains unaltered.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. О. С. Адрианов и Т. А. Меринг. Атлас мозга собаки. М., 1959.
2. Г. П. Георгиев. Сб. «Цитология ферментов». М. 1971.
3. Дж. Уотсон. Молекулярная биология гена. М., 1967.
4. А. Ленинджер. Биохимия, М., 1974.
5. Х. Иост. Физиология клетки. М., 1975.
6. М. Берстон. Гистохимия ферментов. М., 1965.
7. А. А. Новиков и др. Сб. «Ультраструктура и функция клетки». М., 1965.
8. A. Novikoff. Biochemical and Staining Reactions of Cytoplasmic Constituents. N.-Y. Ronald Press, 1960, 167.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

Р. Д. ЧХЕНДЗЕ, З. М. ТОПУРИЯ

ГИСТОЭНЗИМОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
СЛИЗИСТОЙ КИШОК КРОЛИКА

(Представлено академиком И. Я. Татишвили 28.5.1976)

Несмотря на то что кролик является одним из наиболее часто используемых лабораторных животных, в литературе имеются лишь единичные работы, в которых отражены данные по гистоэнзимологической характеристике эпителия слизистой кишечника [1, 2]. Вместе с тем, изучая характер патоморфологических изменений слизистой кишечника при экспериментальном моделировании наружных кишечных свищей, мы столкнулись с необходимостью иметь данные по гистоэнзимологической характеристике слизистой кишечника в норме.

Исследования были проведены на кроликах породы шиншилла весом 2500—3000 г, которые содержались в стандартных условиях вивария на диете. Забой животных осуществлялся в одно и то же время суток. Сразу после забоя брались участки слизистой: в 1—2 см от двенадцатиперстно-подвздошной связки, вблизи места перехода тощей кишки в толстую и на середине длины толстого кишечника.

Участки слизистой без фиксации резались на криосталике ТОС-2. Определялась активность следующих ферментов: сукцинатдегидрогеназы, лактатдегидрогеназы, НАД- и НАДФ-диафраз,  $\alpha$ -глицерофосфатдегидрогеназы, дегидрогеназы яблочной кислоты, эстераз, щелочной фосфатазы, глутаматдегидрогеназы и кислой фосфатазы.

Выраженность гистохимических реакций на вышеуказанные ферменты представлена в таблице, из которой видно, что слизистая тонкого кишечника кролика характеризуется высокой активностью таких ферментов, как сукцинатдегидрогеназа, лактатдегидрогеназа, кислая и щелочная фосфатазы, а также эстераза  $\alpha$ -нафтилацетат, эстераза АС-Д-хлорацетат. Высокую активность первых четырех ферментов следует связать с высоким окислительно-восстановительным потенциалом слизистой тонкого кишечника. Вместе с тем, высокая активность эстераз связана и с напряженным липидным обменом в эпителиальных клетках кишечника. Ферменты анаэробного обмена НАД- и НАДФ-диафраз характеризовались обратными соотношениями активности, так как в слизистой тощей кишки обнаруживалась максимальная активность НАД-диафразы, а в толстой — НАДФ-диафразы. Минимальная активность обнаруживалась у ряда дегидрогеназ, связанных с ДПН, таких как дегидрогеназа яблочной кислоты, глутаматдегидрогеназа и  $\alpha$ -глицерофосфатдегидрогеназа.

В результате анализа распределения ферментов было показано, что большинство ферментов отчетливо и относительно равномерно выявляется в цитоплазме кишечного эпителия с некоторым преобладанием в поверхностных отделах. Особенно отчетливо это выявляется на примере эстераз.



Представленные данные согласуются с данными других авторов [3] о том, что содержание щелочной фосфатазы достигает наиболее высокого уровня в проксимальных отделах кишки (двенадцатиперстная и начало тощей) и постепенно снижается в каудальном направлении.

Выраженность гистозимологических реакций в слизистой кишечника у кролика в норме

№ п/п	Фермент	Тошная кишка ±M	Подвздошная кишка ±M	Толстая кишка ±M
1	Сукцинатдегидрогеназа	4,85 ± 0,12	4,80 ± 0,14	3,76 ± 0,12
2	Лактатдегидрогеназа	4,12 ± 0,16	4,26 ± 0,16	4,11 ± 0,11
3	Дегидрогеназа яблочной кислоты	0,85 ± 0,07	0,84 ± 0,05	1,15 ± 0,08
4	НАД-диафараза	4,75 ± 0,16	2,26 ± 0,23	2,14 ± 0,14
5	НАДФ-диафараза	0,87 ± 0,06	0,88 ± 0,07	4,24 ± 0,18
6	Глутаматдегидрогеназа	0,93 ± 0,09	1,12 ± 0,17	0,84 ± 0,09
7	α-Глицерофосфатдегидрогеназа	2,35 ± 0,21	2,46 ± 0,24	0,95 ± 0,11
8	Кислая фосфатаза	4,89 ± 0,13	3,76 ± 0,12	4,67 ± 0,23
9	Щелочная фосфатаза	4,84 ± 0,14	3,62 ± 0,21	3,12 ± 0,28
10	Эстераза α-нафтилацетат	4,76 ± 0,17	3,18 ± 0,34	0,85 ± 0,06
11	Эстераза АС-Д-хлорацетат	4,66 ± 0,14	4,71 ± 0,14	4,68 ± 0,27

Полученные данные показали, что ферментами, характеризующими кишечный эпителий кроликов по степени активности, являются неспецифические фосфатазы, эстеразы, сукцинатдегидрогеназа и лактатдегидрогеназа.

Слизистая тонкого кишечника кролика характеризуется высокой активностью ферментов окислительно-восстановительного цикла. Слизистая толстого кишечника, в отличие от слизистой тонкого кишечника, имеет низкую активность НАД-диафаразы, α-глицерофосфатдегидрогеназы и эстеразы α-нафтилацетат.

АМН СССР  
 Институт хирургии  
 им. А. В. Вишневского

Тбилисский государственный  
 медицинский институт

(Поступило 28.5.1976)

ქვეყნიერების მედიცინის

რ. ჩხენიძე, ზ. თოფურია

კურდღლის ნაწლავთა ლორწოვანის  
 ჰისტოენზიმოლოგიური თავისებურებანი

რეზიუმე

ექსპერიმენტში შესწავლილია ნაწლავთა ლორწოვანის ფერმენტული აქტივობა. დადგენილია, რომ წვრილი ნაწლავის ლორწოვანა ხასიათდება შედარებით მაღალი ჟანგვა-აღდგენითი ფერმენტული აქტივობით. მსხვილი ნაწლავის ლორწოვანაში ნაღ-დიაფორაზას, α-გლიცეროფოსფატდეჰიდროგენაზასა და ესტერაზას α-ნაფტილაცეტატის აქტივობა დაბალია.



R. D. CHKHEIDZE, Z. M. TOPURIA

HISTOENZYMOLGICAL CHARACTERISTICS OF THE RABBIT'S  
INTESTINES

## Summary

Nonspecific phosphatases, esterases, succinic dehydrogenase and lactate dehydrogenase are the enzymes characterizing the intestinal epithelium of rabbits. The mucous membrane of the small intestine, as compared with that of the large intestine, is characterized by a high activity of the enzymes of the oxidation-reduction cycle. Unlike the mucus of the small intestine, that of the large intestine has a low activity of NAD-diaphorase,  $\alpha$ -glycerophosphate dehydrogenase and  $\alpha$ -naphthylacetate esterase.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Y. More, M. Baule. Ann. rech. vet. 3, № 3, 1972, 367—372.
2. А. И. Тюков, Е. Р. Черкезова-Кинова. Бюлл. exper. биол. и мед., 75, 6, 1973, 115—118.
3. К. Рахимов, Н. А. Коротина, И. Ш. Халпаев. Физиол. ж. СССР, 58, № 9, 1972, 1453—1459.



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

В. И. ПИПИЯ, Г. П. ЭТЕРИЯ, П. Р. ГВЕТАДЗЕ, Т. Г. АРОШИДЗЕ

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ МОБИЛИЗАЦИИ  
ТРАХЕИ НА АНАСТОМОЗ ПРИ ОБШИРНЫХ РЕЗЕКЦИЯХ  
ГРУДНОГО ОТДЕЛА ТРАХЕИ**

(Представлено академиком И. К. Пипия 27.5.1976)

После иссечения большого сегмента грудной трахеи для наложения анастомоза конец в конец и уменьшения натяжения шва требуется не только производить широкую мобилизацию трахеи в области резецируемого сегмента, но и осуществлять мобилизацию всей трахеи и корня правого легкого [1—3]. Однако результаты подобных операций остаются неблагоприятными из-за осложнений со стороны соустья [4, 5]. Поэтому необходимо было разработать щадящую методику мобилизации трахеи и технику операции, позволяющую иссекать обширный участок трахеи с созданием стабильного анастомоза.

Для выполнения намеченной задачи было поставлено 30 экспериментов в 3 сериях на взрослых беспородных собаках.

В первой серии экспериментов была осуществлена резекция грудного отдела трахей с ее широкой мобилизацией и иссечением паратрахеальной клетчатки на всем протяжении, во второй серии — резекция грудного отдела трахеи в условиях мобилизации правого корня легкого с нарушением паратрахеальной клетчатки, в третьей серии — резекция грудного отдела трахей в условиях щадящей мобилизации с дополнительной плевризацией линии соустья.

Все операции были выполнены из правостороннего доступа в V междуреберье. На период вскрытия трахеи применялась интубация левого бронха через бронхотомию хрящевой части правого главного бронха («шунт-дыхание»).

Опыты с иссечением паратрахеальной клетчатки, а также с мобилизацией правого корня легкого (пересечение непарной вены, легочной связки, освобождение легочных сосудов от перикарда, выделение бронха) показали, что данные методы отрицательно влияют на заживление анастомоза.

По нашему новому методу для выполнения щадящей мобилизации трахеи правый блуждающий нерв и ветви симпатического нерва, проходящие в нижних отделах трахеи, препарировались и отводились кнаружи. Рассекались медиастинальная плевро и адвентиция по правому краю трахеи только над сегментом предполагаемой резекции. Затем при помощи диссектора и тупферов с применением гидравлической препаровки, выделялась трахея из окружающих тканей. Под последнюю подводилась толстая лигатура и отводилась кнаружи. При этом на остающихся сегментах трахеи по обе стороны от уровня резекции полностью и на всем протяжении сохранялись неповрежденными адвентиция и окружающая соединительная ткань между трахеей и пищеводом. Натягивались швы-держалки и резецировалось 15 хрящевых колец трахей (7—8 см). Анастомоз формировался П-образными швами

с проведением лигатур в межхрящевую ткань позади хрящевых полуколец. В качестве шовного материала использовался сутрамед на атравматических иглах.

По результатам опытов, сохранение паратрахеальной клетчатки, нервных ветвей и кровеносных сосудов практически выполнимо при резекции грудной трахеи. Однако для этого необходима тщательная гидравлическая препаровка во время выделения трахеи из окружающих тканей и адвентиции с выполнением бронхотомии для наложения «шунт-дыхания» через хрящевую часть правого главного бронха.

Анализируя процессы регенерации в зоне соустья при резекции грудного отдела трахеи в условиях применения различных методов мобилизации трахеи, следует отметить, что эти процессы различаются в основном по своим срокам и характеру. Микроскопически в этих случаях обнаруживалось резкое воспаление в зоне соустья с тромбозами и эндо- и периваскулитами вокруг мелких кровеносных сосудов. На концевых хрящах выявлялись дегенеративные и некротические изменения, особенно в каудальных хрящах, у места перехода их в мембранозную часть. Наряду с этим, при широкой мобилизации трахеи и правого корня легкого процессы регенерации протекали замедленно с сохранением лимфоцитарной реакции в течение 30—60 дней. Наблюдалось образование грубого и деформирующего рубца по линии соустья с наличием обширных бессосудистых зон. В то же время в условиях щадящей мобилизации трахеи по разработанной нами методике процессы заживления и эпителизации раны анастомоза заканчивались к концу 1 месяца и не носили столь интенсивного характера.

Таким образом, широкая мобилизация правого корня легкого с паратрахеальной клетчаткой и адвентицией отрицательно влияет на регенерацию анастомоза. Наиболее благоприятные условия для сращения анастомоза создаются тогда, когда сохраняется паратрахеальная и перибронхиальная клетчатка на сшиваемых концах трахеи вместе с блуждающим нервом, его ветвями, а также с ветвями симпатического нерва.

Тбилисский институт усовершенствования  
 врачей МЗ СССР

(Поступило 28.5.1976)

ქვემოთხსენიებული მეთოდის

ვ. ზვიგია, ზ. მთერია, პ. გვებაძე, თ. აროშვიძე

ტრაქეის მობილიზაციის სხვადასხვა მეთოდის გავლენა ტრაქეაზე წარმოებული ანასტომოზის დროს. ჩატარებულია ცდების სამი ვარიანტი.

რეზიუმე

ექსპერიმენტში 30 ძალზე შესწავლილია ტრაქეის მობილიზაციის სხვადასხვა მეთოდის გავლენა ტრაქეაზე წარმოებული ანასტომოზის დროს. ჩატარებულია ცდების სამი ვარიანტი.

შემუშავებულია ოპერაციის ახალი მეთოდიკა და ტექნიკა, რომლის დროს ტრაქეის მობილიზაცია არ იწვევს პარატრაქეული ქსოვილების, ცთომილი და სიმპატიური ნერვებისა და მათი ტოტების დაზიანებას, რაც კარგ პირობებს ქმნის ანასტომოზის ჩამოყალიბებისათვის.

V. I. PIPIA, G. P. ETERIA, P. R. GVETADZE, T. G. AROSHIDZE

EFFECT OF VARIOUS METHODS OF TRACHEA MOBILIZATION  
ON ANASTOMOSIS IN EXTENSIVE RESECTIONS OF THE  
THORACIC AREA OF THE TRACHEA

Summary

The experiment involving 30 adult mongrel dogs aimed at studying various methods of trachea mobilization and its effect on tracheal anastomosis. The resection of the thoracic area of the trachea was carried out in three series of tests.

The authors have worked out a new method of operation which ensures sparing mobilization of the trachea, preserving the paratracheal cellular tissue, together with the vagus and sympathetic nerves and their branches and vessels. This creates favourable conditions for the formation of an anastomosis.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. H. A. Grillo, E. K. Dignan, T. H. Miura. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 3, 48, 1964, 741—749.
2. V. P. Dor, P. S. Kreitman, A. J. Dumon, R. D. Pons. *Presse med.*, 9, 42; 1971, 1843—1847.
3. Ф. Г. Пирсон, Р. Д. Хендерсон, Ф. Г. Керчин. Сб. "24-й конгресса Международного общества хирургов". М., 1972, 344—346.
4. М. И. Перельман. Резекция трахеи. М., 1972.
5. А. П. Кузьмичев. Автореферат, М., 1965.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

М. А. ГЕЛОВАНИ, В. В. ОКРОШИДЗЕ

ОБ ЭЛЕКТРОЛИТОВЫДЕЛИТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ  
ПОЧЕК ПРИ ДИФФУЗНОМ ГЛОМЕРУЛОНЕФРИТЕ У ДЕТЕЙ

(Представлено членом-корреспондентом Академии И. К. Пагава 18.5.1976)

В сохранении постоянства внутренней среды организма особое значение имеет электролитовыделительная функция почек.

Изучение обмена электролитов при исследовании функционального состояния почек представляет особый интерес с точки зрения определения патогенетической терапии при диффузном гломерулонефрите.

С целью изучения функции почек в минеральном обмене у 90 детей (от 2 до 14 лет) с различными формами диффузного гломерулонефрита с помощью клиренс-тестов определялись следующие показатели в динамике: клубочковая фильтрация и канальцевая реабсорбция воды по эндогенному креатинину. Помимо содержания в плазме натрия, хлора, калия и кальция, исследовались минутный фильтрационный заряд, минутная экскреция и клиренс указанных ионов, канальцевая реабсорбция в абсолютных величинах, в процентах к фильтрационному заряду и в расчете на 100 мл клубочкового фильтрата натрия, калия и хлора, а также дистальная реабсорбция натрия.

Параллельно определялись соотношения экскреции натрия и хлора, натрия и калия, а также канальцевой реабсорбции воды и натрия.

Проведенные исследования показали, что при всех формах диффузного гломерулонефрита (острая и затяжная гематурическая, а также нефротическая форма с волнообразным течением) имеет место значительное поражение клубочков, проявляющееся в виде снижения клубочковых фильтраций. Это снижение ( $43,25 \pm 2,08$  мл/мин) было выражено особенно отчетливо ( $P > 0,001$ ) при нефротической форме в период нарастания и стабилизации отеков, при этом усиленной оказалась канальцевая реабсорбция воды ( $99,01 \pm 0,065\%$ ;  $P > 0,001$ ). При гематурической же форме (как с острым, так и с затяжным течением) эта функция была в пределах нормы.

В результате снижения клубочковой фильтрации фильтрационный заряд натрия, почечная экскреция и клиренс натрия оказались резко сниженными ( $P > 0,001$ ) при нефротической форме в период нарастания и стабилизации отеков (соответственно  $5,793 \pm 0,291$  м-экв/мин;  $0,029 \pm 0,003$  м-экв/мин;  $0,22 \pm 0,024$  мл/мин) по сравнению с гематурической формой заболевания как с острым ( $8,803 \pm 0,43$  м-экв/мин;  $0,069 \pm 0,004$  м-экв/мин;  $0,52 \pm 0,03$  мл/мин), так и с затяжным течением ( $10,638 \pm 0,45$  м-экв/мин;  $0,088 \pm 0,003$  м-экв/мин;  $0,63$  мл/мин).

Приведенные данные свидетельствуют о том, что ретенция натрия и обусловленное ею увеличение отеков при нефротической форме гломерулонефрита являются результатом резкого уменьшения экскреции натрия почками, снижения функциональной способности почек в отношении очищения крови от натрия.



Параллельно снижению фильтрационного заряда натрия уменьшилась абсолютная величина общей канальцевой реабсорбции натрия. Количество же натрия, реабсорбированного канальцами из каждых 100 мл клубочкового фильтрата, у всех больных оказалось примерно одинаковым.

Относительная величина общей канальцевой реабсорбции натрия (в процентах к фильтрационному заряду) и реабсорбция натрия в дистальных канальцах оказались особенно увеличенными по сравнению с гематурической формой (при остром течении  $99,16 \pm 0,06\%$ ;  $94,09 \pm 0,45\%$ , при затыжном  $99,16 \pm 0,034\%$ ;  $93,60 \pm 0,26$ ) при нефротической форме заболевания в период нарастания и стабилизации отеков (соответственно  $99,50 \pm 0,06\%$ ;  $96,11 \pm 0,44\%$ ), что и обусловило сохранение в плазме крови нормального уровня натрия, если учесть усиленный переход последнего из крови в ткани.

Процентное соотношение канальцевой реабсорбции воды и натрия при различных периодах диффузного гломерулонефрита характеризовалось одинаковыми величинами, не отличаясь от аналогичных показателей в контрольной группе. Это свидетельствует об изосмотической взаимосвязи воды и иона натрия ( $0,99 \pm 0,0009$ ).

Почечная экскреция и клиренс калия оказались сравнительно пониженными в период нарастания и стабилизации отеков ( $0,026 \pm 0,001$  м-экв/мин;  $5,95 \pm 0,268$  мл/мин), а при гематурической форме с острым течением были снижены в меньшей степени ( $0,041 \pm 0,002$  м-экв/мин;  $9,12 \pm 0,36$  мл/мин).

Содержание калия в плазме крови при всех формах диффузного гломерулонефрита — гематурической с острым ( $4,56 \pm 0,12$  м-экв/л) и затыжным ( $4,45 \pm 0,082$  м-экв/л) течением, нефротической ( $4,45 \pm 0,12$  м-экв/л) в период нарастания и стабилизации отеков — оказалось повышенным в незначительной степени. Этому способствовали уменьшение фильтрации калия, а также его переход из клеток в кровь.

Особенно резко пониженным было соотношение экскреции натрия и калия при нефротической форме заболевания в период увеличения и стабилизации отеков ( $1,07 \pm 0,114$ ). Это указывало на большее снижение экскреции натрия по сравнению с калием, т. е. реабсорбция натрия в канальцах была усиленной при нормальной реабсорбции калия. Повышение содержания калия в плазме может явиться следствием его перехода из клеток в результате поступления в клетки натрия. Это неудивительно, если принять во внимание, что одним из основных звеньев механизма почечной экскреции калия является ионная заместительная секреция вместо реабсорбированных в дистальных канальцах ионов натрия.

Повышению уровня калия в плазме способствует не столько почечный механизм его потери из организма, сколько его выход из клеток, вследствие замещения натрием.

Снижение соотношения экскреции натрия и калия является косвенным доказательством участия альдостерона в нарушении электролитовыделительной функции почек [1—4].

Хлор, можно сказать, пассивно следует за натрием, испытывая те же изменения в смысле выделения и всасывания, что и натрий, хотя подобный параллелизм имеет место не во всех звеньях механизма.

Эти данные вполне согласуются с результатами наблюдений авторов [5—8].

В тех случаях (5 больных), когда отеки носили упорный и длительный характер, функция дистальных канальцев соответственно снижению клубочковой фильтрации, в отличие от остальных случаев, не была усиленной, вследствие чего содержание электролитов в плазме крови не достигало нормального уровня.

Таким образом, наличие отеков в определенном периоде гломерулонефрита является свидетельством активного действия почечных канальцев. Активное функционирование почечных канальцев (преимущественно дистального отдела нефрона) является адекватно-детерминированной ответной реакцией на поражение клубочков. А неадекватная реакция функции тубулярного аппарата (несмотря на максимальное проявление отеков и значительное снижение клубочковой фильтрации) в смысле реабсорбции электролитов свидетельствует о значительном снижении их функциональных возможностей и об их органическом поражении, что является плохим прогностическим признаком.

Интенсивность и характер нарушения обмена электролитов, присущие диффузному гломерулонефриту, зависят от клинической формы и течения указанной патологии.

Нарушение обмена электролитов, определяя течение и исход заболевания, создает основу для правильного подбора патогенетического лечения и свидетельствует о необходимости отражения этих изменений при формулировке диагноза.

Тбилисский государственный  
медицинский институт

(Поступило 28.5.1976)

მასპერინენტული მიღწერა

ა. ბალოვანი, ვ. თუროშიძე

თირკმლის ელექტროლიტების გამომყოფი ფუნქციის შესახებ  
დიფუზური გლომერულონეფრიტის დროს გავრცელებული

რეზიუმე

გლომერულონეფრიტის სხვადასხვა ფორმით დაავადებულ 90 ბავშვში (2-დან 14 წლამდე) კლირენს-ტესტების საშუალებით შესწავლილია თირკმლის ელექტროლიტების გამომყოფი ფუნქცია. დადგენილია, რომ დიფუზური გლომერულონეფრიტის დროს გარკვეულ პერიოდში შესუბების არსებობა თირკმლის მილაკების აქტიურ მოქმედებაზე მეტყველებს. თირკმლის მილაკების (უპირატესად ნეფრონის დისტალური ნაწილის) აქტიური ფუნქციონირება წარმოადგენს ადეკვატურ-დეტერმინირებულ საპასუხო რეაქციას გორგლების დაზიანებაზე. ელექტროლიტების მილაკოვანი რეაბსორბციის არაშესატყვისი გაძლიერება (მიუხედავად შესუბების მაქსიმალური გამოვლინებისა და გორგლოვანი ფილტრაციის მნიშვნელოვანი დაქვეითებისა), მიუთითებს მილაკების ფუნქციური შესაძლებლობის მნიშვნელოვან დაქვეითებაზე და მის ორგანულ დაზიანებაზე, რაც ცუდი პროგნოზის მუწყებელია.

M. A. GELOVANI, V. V. OKROSHIDZE

## ELECTROLYTE EXCRETORY RENAL FUNCTION IN CHILDREN WITH DIFFUSE GLOMERULONEPHRITIS

## Summary

Using clearance-tests, the electrolyte excretory renal function was studied in 90 children (2-14 years old) with different forms of diffuse glomerulonephritis.

The obtained data showed that the presence of oedema in a certain period of glomerulonephritis attests to the active function of renal tubuli. This active function (mainly of the nephron distal part) is an adequately-determined response to the glomerulus affection. An inadequate increase of tubulus function (in spite of maximal oedema and considerable decrease of glomerulus filtration) points to a significant decrease of their functional capacity and their organic affection, which is a bad prognostic sign.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Ф. М. Палеева. Тер. арх., № 1, 1963, 40—44.
2. J. Grabbe. Clin. Sci. 23, 1, 1962, 39.
3. В. В. Johnson, W. H. Lieberman, P. J. Mulrow. J. Clin. Invest. 36, 1957, 757.
4. A. F. Müller, E. L. Maning. Schweiz. med. Wschr. № 3, 1964, 87.
5. Е. М. Витебский. Матер. 8-го съезда детских врачей Эстонской ССР. Таллин 1967, 121—124.
6. А. К. Мерзон, Г. Г. Седой. Клин. мед. № 10, 1963, 73—86.
7. А. И. Таран. Сб. «Нефротический синдром». Тбилиси, 1972, 111—113.
8. S. Metcalf, N. Nakasone, C. P. Rance. J. Clin. Invest., 1954, v. 33, 665.





Г. Н. ИМЕДАШВИЛИ

## ТАКТИКА ХИРУРГА ПРИ ОСТРОЙ ПОЧЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ НА ПОЧВЕ НЕФРОУРЕТЕРОЛИТИАЗА

(Представлено академиком И. К. Пипия 28.5.1976)

Острая почечная недостаточность (ОПН), вызванная обструкцией верхних мочевых путей камнем, в урологической практике встречается нередко и является грозным осложнением нефроуретеролитиаза.

Актуальность вопроса возрастает в связи с экскреторной анурией, вызванной ущемлением конкремента.

Установление диагноза ОПН, вызванной обструкцией верхних мочевых путей камнем, не всегда бывает возможным из-за многообразия ее клинических форм, отсутствия в ряде случаев типичных проявлений почечно-каменной болезни (болей, гематурии и др.). Своевременное применение неотложных мер по выявлению причин анурии помогает не только установить диагноз заболевания, но и решить вопросы его дальнейшего лечения. Диагноз анурии калькулезного происхождения основывается на данных анамнеза, клиники, рентгено-лабораторных исследований.

Изучение особенностей течения почечной недостаточности у больных с обструкционной анурией показывает, что развитие ее и прогрессирование связано в первую очередь с калькулезным пиелонефритом, с нарушением проходимости верхних мочевых путей.

В связи с изложенным тактика лечения этих больных основывается на первоочередном удалении конкрементов, нарушающих отток мочи.

В течение 6 лет (1969—1975 гг.) в нефрологическом отделении Института урологии и нефрологии им. А. П. Цулукидзе МЗ Грузинской ССР находилось на лечении 30 больных с ОПН, развившейся вследствие калькулезной анурии (мужчин — 15, женщин — 15).

Возраст больных колебался в пределах 32—88 лет (до 40 лет — 2, 41—50 лет — 9, 51—60 лет — 7, 61—70 лет — 6, старше 70 лет — 6).

Из 30 больных с ОПН 7 были с единственной почкой; причиной удаления контралатеральной почки был нефролитиаз. У 12 больных было сочетанное поражение камнями одной почки или мочеточника и нефункционирующей контралатеральной почки. У остальных 11 больных наблюдалось двухстороннее поражение камнями.

Продолжительность анурии у 13 больных составляла 2 дня, у 4—3 дня, у 4—4 дня, у 5—5 дней и у 4—6 дней и больше.

При обследовании у всех 30 больных отмечались боли в пояснице; почки пальпировались только у 21 (70,0%); положительный симптом Пастернацкого был выявлен у 26 больных (86,7%); почечная колика при поступлении в клинику наблюдалась только у 16 больных (53,3%).

В анамнезе в большинстве случаев (27 из 30) больные отмечали отхождение солей и камней; атаки пиелонефрита имели место у всех больных, при последнем стационаровании — у 13 (43,3%).



Степень нарушения внутренней среды организма при почечной недостаточности, вызванной обструкцией мочевых путей камнем, во многом зависит от длительности анурии, тяжести клинического течения болезни, причем характерным признаком является все же прогрессивное нарастание азотемии.

Содержание остаточного азота и креатинина в крови было выявлено у всех 30 больных. В начале заболевания отмечалось прогрессивное повышение содержания остаточного азота в крови, в то время как показатели креатинина оставались сравнительно низкими. В середине лечения показатели остаточного азота и креатинина в крови соответствовали друг другу. При выписке больных из клиники в части случаев показатели креатинина оставались высокими, в то время как содержание остаточного азота нормализовалось.

У 12 больных из 30 наблюдалась анемия; реакция оседания ферментных элементов крови была ускорена у большинства больных (29); лейкоцитоз и сдвиг формулы крови влево имели место у 19 больных (63,3%).

Из рентгенологических методов обследования применялись обзорные снимки мочевых путей и ретроградная пиелография с томографией почек. На полученных снимках у 19 из 30 больных контуры почек были увеличены, у 7 не были выявлены, у 8 определялась интенсивная тень конкремента, у 6 — подозрительная на конкремент тень, у 16 тень отсутствовала вовсе (рентгенонегативные конкременты), в этих случаях мы прибегали к ретроградной пиело- или пневмоуретропиелографии.

Всем больным с экскреторной анурией оказывалась помощь по неотложным показаниям; вопрос о срочности оперативного вмешательства в каждом отдельном случае решался индивидуально. При поступлении в клинику всем 30 больным производилась катетеризация мочеоточника соответствующей стороны с последующим рентгенографическим исследованием; катетеризация применялась с диагностической и лечебной целью. В 5 случаях проведенная катетеризация мочеоточника привела к восстановлению пассажа мочи, однако общее состояние больных не улучшилось. Нарастание интоксикации и признаков острого пиелонефрита диктовало необходимость оперативного вмешательства. Характер и объем его определялся в зависимости от состояния больного, причины и длительности анурии. Только у 7 больных из 30 анурия была ликвидирована консервативными методами лечения (спазмолитики, обезболивающие средства, тепловые процедуры, катетеризация мочеоточника), из них у 3 больных отошли мелкие камни, у 4 анурия разрешилась после катетеризации мочеоточника.

Оперативное лечение было проведено 23 больным. Всего было выполнено 24 операции (одного больного оперировали дважды): нефростомия — 8, уретеролитотомия — 7, пиело-нефролитотомия — 6, пиелостомия — 3; 12 больных операция была произведена в первые 2 суток госпитализации, 11 — в более поздние сроки (от 3 до 5 суток — 8 больных, от 5 до 7 суток — 2, свыше 7 суток — 1).

Ранняя госпитализация (от 12 часов до 2 дней), относительно удовлетворительное состояние больного позволили выполнить радикальную операцию 14 из 23 больных (в том числе у 4 были удалены конкременты почки и мочеоточника и одномоментно).

У 9 больных с давностью анурии свыше 5 суток проведенная катетеризация хотя и дала восстановление пассажа мочи, однако общее состояние этих больных оставалось тяжелым, поэтому всеми им был проведен первый этап операции — отведение мочи.



Из 9 больных у 6 конкременты находились в почке и мочеточнике, у 3 — только в почке; всем этим больным произведена операция — нефролитотомия с пиело- или нефростомией. Камни мочеточника у 4 больных отошли в клинике самостоятельно на 7—10-й день после операции, после чего у них был удален нефростомический дренаж. 2 больным из 9 перед оперативным вмешательством был применен виводиализ (1 — гемодиализ, 1 — перитонеальный диализ).

Наш опыт показал, что гемодиализ, так же как и перитонеальный диализ, служит подготовительной мерой для проведения в дальнейшем операции нефро- или пиелостомии и др.

Следует отметить, что виводиализ чаще применялся у больных с ОПН (22 случая) как до, так и после оперативного вмешательства. Виводиализ нам приходилось проводить и после оперативного вмешательства, осложненного уремией.

После операции умерли 4 человека, у 3 из них причиной смерти были почечная недостаточность, уремия, интоксикация гнойным пиелонефритом ввиду поздней госпитализации, у 1 — кровотечение.

Анализ наших наблюдений показывает, что тактика лечения больных с ОПН, развившейся в результате обструкции мочевых путей камнем, основывается на первоочередном удалении конкрементов, нарушающих отток мочи.

Ранняя госпитализация, относительно удовлетворительное состояние больного, продолжительность анурии до 2 суток служат прямым показанием к радикальному оперативному вмешательству. При локализации конкрементов одновременно в почке и мочеточнике целесообразно их одномоментное удаление.

В случаях более продолжительной анурии (3—5 дней и более) операцию следует проводить в два этапа; первый этап — наложение нефро- или пиелостомы для восстановления оттока мочи, второй этап — радикальная операция, которая может быть выполнена после улучшения общего состояния больного и почечной функции, медикаментозной терапии, ликвидации острых проявлений пиелонефрита.

В случаях крайне тяжелого течения ОПН у этой группы больных показано комплексное лечение с применением виводиализа как до, так и при показаниях после оперативного вмешательства.

Институт урологии и нефрологии  
им. А. П. Цулукидзе МЗ ГССР

(Поступило 28.5.1976)

ქვემოთხატული მუშაობის

ბ. იმედაშვილი

ქირურგის ტაქტიკა უარღვევადანი დაავადებით გამოწვეული  
თირკმლის მწვავე უკმარისობის დროს

რეზიუმე

შესწავლილია კენჭოვანი გენეზის მქონე 30 ავადმყოფი, რომელთაც კლინიკაში სხვა კონსერვატულ მეურნალობასთან ერთად ჩატარდათ შარდსაწვევის კათეტერიზაცია. აღნიშნული მეურნალობის შედეგად 7 შემთხვევაში შარდის გამოყოფა აღდგა, ხოლო 23 შემთხვევაში ჩატარდა სხვადასხვა სახის ოპერაციული ჩარევა.

როდესაც ანურის ხანგრძლივობა 2—3 დღეს არ აღემატება, საჭიროა კენჭის ამოღება ოპერაციული გზით; თუ ანურის ხანგრძლივობა 3 დღეზე მეტია და ავადმყოფის ზოგადი მდგომარეობა რადიკალური ჩარევის საშუალებას არ იძლევა, მიზანშეწონილად უნდა იქნეს მიჩნეული ოპერაციის ორ ეტაპად წარმოება; თირკმლის კალკულოზური გენეზის მწვავე უკმარისობის შორსწასულ შემთხვევებში დამაკმაყოფილებელ შედეგებს იძლევა ოპერაციამდე და ოპერაციის შემდეგ პერიოდშიც წარმოებულ ვივოდიალიზი (პემო- ან პერიტონეალური დიალიზი).

---

 EXPERIMENTAL MEDICINE
 

---

G. N. IMEDASHVILI

 SURGEON'S TACTICS IN ACUTE RENAL INSUFFICIENCY  
 DUE TO NEPHROURETEROLITHIASIS

## Summary

The author made a careful study of 30 patients with acute renal insufficiency. They were treated both by conservative therapy and by catheterization simultaneously. In 7 cases the passage of urine was restored and in 23 cases various operations were carried out.

On the basis of analysis of the data the author has come to the following conclusion: in the cases when the duration of anuria does not exceed 2-3 days, an operation with calculi extraction is necessary, but when anuria lasts for more than 3 days and the patient's condition forbids a radical intervention a two-stage operation is considered expedient.

When the cases of acute renal insufficiency are gone too far it is suggested to carry out vivodialysis before and after the operation.



ც. ბაჩიჩილაძე, კ. გელაშვილი

ვირთავების საკვირცხეებში მოციტიისა და ფოლიკულოციტების ციტოქიმიური და ულტრასტრუქტურული თავისებურებანი პოსტნატალურ მონტაჟში

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ა. ბაკურაძემ 25.5.1976)

თანამედროვე ბიოლოგიის აქტუალური პრობლემა ინტოგენეზში ორგანიზმის განვითარების მექანიზმების ამოხსნა და უჯრედთა დიფერენცირება.

მორფოლოგიური მონაცემები ძუძუმწოვართა ოოციტისა და მასთან დაკავშირებული ფოლიკულოციტების დიფერენცირების შესახებ წარმოდგენილია კლასიკურ შრომებში, ჰისტოქიმიური მაჩვენებლები ერთმანეთს ეწინააღმდეგება, ხოლო ულტრასტრუქტურა არ არის სისტემატიზებული.

ჩვენ მიზნად დავისახეთ ოოციტთან დაკავშირებული სხვადასხვა სტრუქტურის განვითარების და დიფერენცირების პროცესების შესწავლა, კერძოდ, ტროფიკული უჯრედების — ფოლიკულოციტების ულტრასტრუქტურულ ცვლილებათა დაპირისპირება ჰისტოქიმიურ ვარიაციებთან პოსტემბრიონული ინტოგენეზის სხვადასხვა პერიოდში.

კვლევის ობიექტად გამოვიყენეთ დედალი ვირთავები. გამოსაკვლევი მასალა — საკვერცხე — ავიღეთ პოსტნატალური განვითარების პერიოდში: 4—7, 10—15, 20—22, 30, 60 დღეზე.

ჰისტოქიმიურად გამოვსინებულა რ ნ 3 (ახურ-ეოზინით) დ ნ 3 (ფელგენის რეაქციით), ცილები — თიოზინი, ტრიფტოფანი, ჰისტიდინი (დანიელის მეთოდი ამჩენკოვის მოდიფიკაციით), შიმ-დადებითი ნივთიერებები (მაბადაშის მეთოდით), მუკოპოლისაქარიდები (ტოლუიდინის ლურჯით), ციტოქრომოქსიდაზა, ნა დ-დიაფორაზა, ნა დ ფ-დიაფორაზა, სუქცინატდეჰიდროგენაზა, (ნახლასის და სხვ. მეთოდით), დეჰიდროგენაზები, რომელთა კოფერმენტებია ნა დ- და ნა დ ფ-, მალატ-, ლაქტატ- და იზოციტრატდეჰიდროგენაზა (გეისის, სკარპელისა და პირსის მეთოდით).

ელექტრონული მიკროსკოპული კვლევისათვის მასალა ფიქსირებულია 2 საათის განმავლობაში ცივი 1% ოსმიუმის მყავას ხსნარში. აღმავალ სპირტებსა და პროპილენის ნაქანგში გაუწყლოების შემდეგ ნაჭრები ჩაყალიბებულია არაღლიტში. ულტრატომის მეშვეობით მიღებულ 300—800 Å სისქის ანათლების კონტრასტირებას ვახდენდით ლიმონმყავა თუთიის ხსნარში.

კუბური ფორმის ფოლიკულოციტებში აღინიშნება რ ნ 3, ცილების (თიოზინი, ტრიფტოფანი, ჰისტიდინი), მუკოპოლისაქარიდებისა და გლიკოგენის ზომიერი რაოდენობა. ციტოქრომოქსიდაზის, მალატ-, იზოციტრატ- და ლაქტატდეჰიდროგენაზების მცირე აქტივობა.

ბოტყელი და კუბური ფოლიკულოციტების ბაზალური მემბრანა ფაშარბოჭკოვანია, თხელია. ბირთვები ოვალური, გრანულური ბირთვაკით. ვაგრძელებული ან ოვალური ფორმის მიტოქონდრიები მცირე რაოდენობითაა. ფირფიტოვანი კომპლექსი და გრანულური ენდოპლაზმური ბადე სუსტადაა განვითარებული. თავისუფალი რიბოსომებიც ბევრია. უჯრედული ორგანელების განაწილების მიხედვით პოლარობა არ აღინიშნება. ორგანელები უპირატესად კონცენტრირებულია ბირთვთან ახლოს.

ოოციტის უჯრედული მემბრანა განლაგებულია უშუალოდ ფოლიკულოციტების მემბრანის ქვეშ. ოოციტის მცირერიცხოვანი მიკროზომები შედის ორი



მეზობელი ფოლიკულოციტების უჯრედშორის სივრცეში. ხაოები მთელ სენაპირზე არ აღინიშნება. ობოლანაში ჩანს მიტოქონდრიები, ფირფიტოვანი კომპლექსი და მცირე რაოდენობით თავისუფალი რიბოსომები. ფოლიკულოციტების მიტოქონდრიებთან შედარებით ოციტის მიტოქონდრიები უფრო მსხვილია და მომრგვალო. ენდოპლაზმური ბადე არ ჩანს.

ცილინდრული ფორმის ფოლიკულოციტებში აღინიშნება რნპ. გლიკოგენის, პოლისაქარიდების ჭარბი შემცველობა და ზოგიერთი ფერმენტის — მალაქტდეჰიდროგენაზას, იზოციტრატდეჰიდროგენაზას აქტივობა.

პრიზმული ფოლიკულოციტების ბაზალური მემბრანა ჰომოგენური და გასქელებულია. ფოლიკულოციტებში აღინიშნება პოლარობა, რომელიც გამხსატულია ორგანელების დამახასიათებელი განლაგებით. თითოეულ ფოლიკულოციტში განირჩევა სამი ზონა: ბაზალური უბნები — უმარცვლო მემბრანული სტრუქტურებით და თავისუფალი რიბოსომებით; შუა ნაწილი — ბირთვის უბანი, რომლის ზემოთ განლაგებულია ფირფიტოვანი კომპლექსი, სფეროსებური ფორმის მილაკოვანი კრისტების მქონე მიტოქონდრიები ძირითადად ბირთვის გარშემო; ზემო — აპიკალური — ნაწილი კი შეიცავს მარცვლოვან ენდოპლაზმურ ბადეს, თავისუფალ რიბოსომებს და სეკრეტორულ გრანულებს. რომელთა უმრავლესობა გარსს მოკლებულია. ოციტის მთელ ზედაპირზე აღინიშნება მიკროხაოები. აქა-იქ ზედაპირთან ახლოს პინოციტოზური ბუშტუკებია.

ფოლიკულოციტების დიფერენცირების პარალელურად რნპ, ცილების (ტრიოფანი, ტიროზინი, ჰისტიდინი), მუკოპოლისაქარიდების, გლიკოგენის და ზოგიერთი ფერმენტის სიჭარბე გვიჩვენებს ამ ელემენტების აქტიურ მეტაბოლიზმს [1], რაც აიხსნება ცილის სინთეზის აქტივობის გაძლიერებით, რომელიც უზრუნველყოფს ოციტის ტროფიკას, ფოლიკულოციტის სითხის და გამჭვირვალე გარსის წარმოქმნას [2], დაკავშირებულს რეგულარულ სასქესო ციკლის ჩამოყალიბებასთან [3].

აღნიშნული ციტოქიმიური მაჩვენებლები დასაბუთებულია აგრეთვე ელექტრონულმიკროსკოპული მონაცემებითაც: ფოლიკულოციტების ულტრა-სტრუქტურა იცვლება ოციტის განვითარების პარალელურად. ოციტი მისი მცირე ზრდის პერიოდში არ შეიცავს განვითარებულ ენდოპლაზმურ ბადეს, თავისუფალ რიბოსომებს შეიცავს მცირე რაოდენობით, ე. ი. შესაბამისად არ ასინთეზებს ტროფიკულ ნივთიერებებს. ცხოველმყოფელობისათვის საჭირო ნივთიერებებს იღებს ფოლიკულოციტებიდან, რომელთა სინთეზურ აქტივობაზე მიუთითებს კარგად განვითარებული ენდოპლაზმური ბადე, თავისუფალი (პოლისომები) და მასთან დაკავშირებული მრავალრიცხოვანი რიბოსომებით, ფირფიტოვანი კომპლექსი და სეკრეტორული გრანულები. ზემოაღნიშნული ორგანელების არსებობა და დამახასიათებელი განლაგება მიუთითებს სეკრეტორული ფუნქციის ჩამოყალიბებაზე.

ციტოპლაზმურ ნივთიერებასთან — პირდაპირ პინოციტოზთან [4] უშუალოდ დაკავშირებული, მიკრობუშტუკებით მდიდარი ოლემა მიუთითებს აგრეთვე ფოლიკულოციტებიდან ნივთიერებათა ტრანსპორტზე.

ოციტის მიკროხაოები უპირატესად ოციტის მემბრანის იმ ნაწილშია, რომელიც უშუალოდ ორი მეზობელი ფოლიკულოციტის საზღვარზეა და მათი ფუძიდან მიემართება პინოციტოზური ბუშტუკები. მიკროხაოების არსებობა ოციტის შთანთქმელი ზედაპირის მომატების მაჩვენებელია, ხოლო ფოლიკულოციტების არჩევითი განვლადობა უზრუნველყოფილია ფოლიკულოციტების მემბრანის მეშვეობით [5].

მასადავად, ყველა ნივთიერება, რომელიც ფოლიკულის შემავრთებელ-სოვოლოვან შიგნითა თეკაში განლაგებული კაპილარებიდან განვითარებულ ოციტებში ხვდება, გაივლის ფოლიკულოციტის ეპითელიუმის მთლიან უჯრედულ ბარიერს. ამიტომ ოციტსა და ფოლიკულოციტებს შორის ურთიერთ-კავშირი მალალსპეციალიზებულია. ზემოაღნიშნული გამოვლინებულია მიკრო-

ხაოების სისტემის და ფოლიკულოციტების კონტაქტით, რომელიც უზრუნველყოფს ოოციტების ტროფიკას.

რეპროდუქციის ებოქაში ჰიპოფიზურ ჰორმონთა ზეგავლენით ციკლურად მიმდინარე ფოლიკულთა მომწიფებას, ე. ი. პრიმორდიულ ფოლიკულთა გამეტოგენურ ევოლუციას სხვადასხვა ოდენობის მზარდ, ღრუიან ფოლიკულბად საფუძვლად უდევს ოოციტისა და ფოლიკულოციტების დიფერენცირების ციტოქიმიური და ულტრასტრუქტურული მაჩვენებლები.

თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო ინსტიტუტი

(შემოვიდა 28.5.1976)

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

Ц. В. ГАЧЕЧИЛАДЗЕ, К. Д. ГЕЛАШВИЛИ

### ЦИТОХИМИЧЕСКИЕ И УЛЬТРАСТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ООЦИТА И ФОЛЛИКУЛОЦИТОВ ЯИЧНИКОВ КРЫС В ПОСТНАТАЛЬНОМ ОНТОГЕНЕЗЕ

#### Резюме

Изучено взаимоотношение ооцита и связанных с ним различных структур в процессе их дифференциации, в частности, сопоставляются ультраструктурные изменения трофических клеток — фолликулоцитов и яйцеклетки с гистохимическими вариациями в различных периодах постэмбрионального онтогенеза. Гистохимически выявлены РНП, ДНП, белки (в состав которых входят аминокислоты тирозин, триптофан, гистидин), ШИК-положительные вещества, цитохромоксидаза, НАД-диафораза, НАДФ-диафораза, сукцинат-дегидрогеназа, дегидрогеназы, коферментами которых являются НАД- и НАДФ-, малат-, лактат- и изоцитрат-дегидрогеназы.

Сопоставление гистохимических и ультраструктурных данных фолликулоцитов и ооцита на различных стадиях созревания фолликулов показывает, что с усилением созревания фолликулов и дифференциации фолликулоцитов меняется их субклеточная организация. Гистохимические показатели предшествуют и отражают ультраструктурную организацию фолликулоцитов и ооцита и подтверждают их высокоспециализированную связь.

## EXPERIMENTAL MEDICINE

Ts. V. GACHECHILADZE, K. D. GELASHVILI

### CYTOCHEMICAL AND ULTRASTRUCTURAL CHARACTERISTICS OF THE OOCYTE AND FOLLICULOCYTES OF THE RAT OVARIES IN POSTNATAL ONTOGENESIS

#### Summary

A comparison of histochemical and ultrastructural data on folliculocytes and the oocyte in different phases of the maturation of follicles shows that their subcellular organization changes with the growing maturity of fol-



lices and differentiation of folliculocytes. Histochemical indices precede and reflect the ultrastructural organization of folliculocytes and the oocyte, confirming their highly specialized relationship.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. С. Г а б а е в а, Н. О. Е р м о л и н а. Арх. анат., гист. и эмбр., 67, 8, 1974, 24.
2. Х. Р а в е н. Овогенез. М., 1964.
3. А. Н а т. Histology. London-Philadelphia, 1965.
4. W. A. A n d e r s o n, G. A. S p i e l m a n. J. Cell Biol. 50,1 1971, 201.
5. W. B e l t. Anat. Rec., 142, 1962, 214.





И. Г. МЕСТИАШВИЛИ, В. М. НАЦВЛИШВИЛИ, Е. Н. ЦВЕРАВА,  
Л. М. ФРИДМАН

## ГЕМОГЛОБИН $A_2$ ПРИ ЗАБОЛЕВАНИЯХ СИСТЕМЫ КРОВИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии А. Н. Бакурадзе 3.5.1976)

Проблема гемоглобинообразования (НвF, Нв $A_2$ ) при заболеваниях системы крови за последние годы приобрела особую актуальность в связи с высказыванием мнения о способности гемопоэтической стволовой клетки дифференцироваться еще до развития лейкозного процесса в эритроидные клетки с качественно измененным гемоглобином [1]. Закономерность колебания уровня НвF при лейкозах и других заболеваниях системы крови нами выявлена в предыдущих исследованиях [2, 3]. Изучение Нв $A_2$  при данной патологии представилось нам актуальным ввиду скудности и разноречивости литературных данных [4—8].

Цель настоящей работы — изучение частоты и закономерности колебаний уровня Нв $A_2$  в сопоставлении с показателями НвF при лейкозах различной формы и различных анемических состояниях.

Мы исследовали 55 больных с различными формами лейкоза, 58 — с различными видами анемий (всего 113 больных) в динамике наблюдений: при поступлении больного в клинику (до начала лечения), в период ремиссии, при обострении заболевания, а также в терминальной стадии (ввиду того что в наших исследованиях не было обнаружено какой-либо зависимости между уровнем Нв $A_2$  и вариантами острого лейкоза, мы не сочли целесообразным разделять группу больных лейкозом на подгруппы по вариантам). Контролем служили образцы крови 25 доноров и пуповинной крови 10 новорожденных.

Нв $A_2$  определяли методом электрофореза гемоглобина в полиакриламидном геле [9], в ряде случаев параллельно применяли общепринятый метод электрофореза гемоглобина на бумаге. Во всех случаях изучали НвF методом кислой элюции на мазках крови [10], в ряде случаев параллельно применяли метод щелочной денатурации [11].

Как показали наши наблюдения, при поступлении в клинику повышение уровня Нв $A_2$  в пределах 3,2—10% отмечалось у 20 из 21 исследованного больного острым лейкозом, в пределах 3,1—7,1% — у всех 9 наблюдаемых больных хроническим миелолейкозом и в пределах 3,1—9,6% — у 13 из 16 изученных больных хроническим лимфолейкозом. При этом с наступлением клинко-гематологической ремиссии наблюдалось снижение среднего показателя Нв $A_2$ : с  $5,04 \pm 0,5\%$  до  $2,6 \pm 0,18\%$  — у 13 больных острым лейкозом, с  $4,6 \pm 0,7\%$  до  $2,9 \pm 0,27\%$  — у 6 больных хроническим миелолейкозом и с  $4,8 \pm 0,65\%$  до  $2,9 \pm 0,8\%$  — у 13 больных хроническим лимфолейкозом (норма, по нашим данным,  $M=2,2\%$ ,  $\sigma=0,73$ ,  $m=0,15$ ). Хотя уровень Нв $A_2$  во всех случаях оставался несколько выше нормы, разница оказалась статистически недостоверной при остром лейкозе ( $t=1,9$ ;  $P<0,1$ ) и хроническом миелолейкозе ( $t=2,27$ ;  $P<0,1$ ), что говорит о восстановлении темпов син-



теза гемоглобина в указанных случаях и подтверждает полноценность ремиссии. При хроническом лимфолейкозе средний показатель  $HbA_2$  оставался статистически достоверно отличным от показателей здорового человека ( $t = 2,43$ ;  $P < 0,05$ ), что ставит под сомнение урегулирование синтеза гемоглобина данных больных к моменту их выписки из стационара.

У больных с различными формами лейкоза при затяжном клиническом течении заболевания, когда, несмотря на длительное специфическое лечение, ремиссия не наступала,  $HbA_2$  оставался на высоких цифрах, имея даже тенденцию к повышению, по сравнению с показателями при поступлении. Так, у 7 больных острым лейкозом средний показатель  $HbA_2$  повысился с  $5,3 \pm 0,8\%$  до  $5,65 \pm 1,04\%$ , у 3 больных хроническим миелолейкозом — с  $4,7 \pm 0,19\%$  до  $4,8 \pm 0,17\%$ , у 4 больных хроническим лимфолейкозом — с  $3,74 \pm 1,1\%$  до  $4,9 \pm 1,7\%$ , что указывает на глубокие нарушения в синтезе гемоглобина.

У всех больных, изученных нами в терминальной стадии (5 — острым лейкозом, 3 — хроническим миелолейкозом, 1 — хроническим лимфолейкозом), отмечалось резкое снижение количества  $HbA_2$  ниже нормальных показателей — до  $0,8 \pm 0,13\%$ , почти до показателей пуловинной крови, содержащей, как правило, минимальные концентрации  $HbA_2$  ( $M = 0,66 \pm 0,23\%$ , по нашим данным). Во всех указанных случаях смерть наступила в ближайшие дни после определения  $HbA_2$ .

Таким образом, наши исследования показали, что уровень  $HbA_2$  у больных различными формами лейкоза подвержен колебаниям в зависимости от стадии заболевания: повышается в остром периоде заболевания и снижается с выправлением клинического статуса. При этом повышение его наблюдается довольно часто (у 42 из 55 изученных нами больных) и самый высокий средний показатель отмечается у больных острым лейкозом.

При сопоставлении показателей  $HbA_2$  и  $HbF$  при лейкозах различной формы оказалось, что у ряда больных при поступлении в клинику отмечалось одновременное повышение  $HbA_2$  и  $HbF$ . При выправлении клинико-гематологического статуса, как правило, параллельно снижению  $HbA_2$  до нормального уровня наблюдалась и нормализация  $HbF$ . При этом самые высокие показатели  $HbA_2$  (7—10%) имелись у больных, у которых при наличии выраженного анемического синдрома  $HbF$  отсутствовал полностью либо обнаруживался в незначительном количестве.

По-видимому, в таких случаях  $HbA_2$  в какой-то степени берет на себя функцию компенсировать недостаток  $\beta$ -цепей, как это имеет место при наследственных нарушениях темпов синтеза гемоглобина, а именно при различных вариантах  $\beta$ -талассемии: наряду с вариантами одновременного повышения  $HbA_2$  и  $HbF$ , имеются и варианты с высоким стоянием  $HbF$  либо  $HbA_2$ .

Изучением  $HbA_2$  при различных видах анемии обнаружено, что колебания его уровня при данных заболеваниях (за исключением  $\beta$ -талассемии) подчиняются той же закономерности, что и при лейкозах. Так, повышение уровня  $HbA_2$  при поступлении в клинику наблюдалось у 7 из 8 исследованных больных постгеморрагической анемией ( $M = 3,9 \pm 0,24\%$ ), у 7 и 8 наблюдаемых больных гипопластической анемией ( $3,7 \pm 0,26\%$ ) и у всех 10 больных с наследственным сфероцитозом, обследованных нами в период гемолитического криза ( $4,9 \pm 0,5\%$ ). После проведения лечения средний показатель уровня  $HbA_2$  снизился при

постгеморрагической анемии до  $2,8 \pm 0,33\%$ , при гипопластической анемии — до  $2,7 \pm 0,12\%$  и при наследственном сфероцитозе — до  $2,8 \pm 0,1\%$ . При различных формах  $\beta$ -талассемии наблюдалось стойкое повышение уровня  $HbA_2$  с самым высоким средним показателем  $M = 5,2 \pm 0,4\%$ .

Обработкой полученных данных методом вариационной статистики установлено, что снижение  $HbA_2$  при вышеуказанных анемических состояниях в результате проведенного лечения не означает полной нормализации темпов синтеза гемоглобина (разница по отношению к норме статистически достоверна,  $t = 3,22$ ;  $P < 0,02$  при постгеморрагической анемии,  $t = 3,8$ ;  $P < 0,02$  при гипопластической анемии и  $t = 3,41$ ;  $P < 0,01$  при врожденном сфероцитозе). Следовательно, в данных случаях требуется дальнейшее наблюдение клинициста.

Таким образом, в отличие от предшествующих исследований [4—8], наши данные позволяют не только констатировать факт повышения (или снижения) уровня  $HbA_2$  при гематологических заболеваниях, но и выявить закономерную связь между колебанием  $HbA_2$ , с одной стороны, и клиническим течением болезни и колебанием уровня  $HbF$ , с другой. Если повышение  $HbF$ , обладающего большим, чем  $HbA_2$ , сродством к кислороду, объяснялось нами [2, 3] компенсаторным ускорением синтеза  $\gamma$ -цепи гемоглобина в ответ на анемизацию и гипоксию, то повышение  $HbA_2$  следует расценивать как нарушение темпов синтеза гемоглобина в сторону ускорения синтеза  $\delta$ -цепи. По-видимому, увеличение и данной гемоглобиновой фракции является компенсаторным, на что указывают восстановление темпов синтеза  $HbA_2$  (та же как и  $HbF$ ) в стадии клинической ремиссии, резкое повышение уровня  $HbA_2$  в тех случаях лейкоза, когда при наличии выраженного анемического синдрома не отмечается повышение  $HbF$ , а также резкое снижение  $HbA_2$  в терминальной стадии заболевания, предвещающее полный упадок компенсаторных сил организма.

Полученные нами данные говорят о том, что определение уровня  $HbA_2$  при заболеваниях системы крови как показателя равновесия в синтезе гемоглобина можно применять в качестве дополнительного теста для оценки полноценности ремиссии. При этом не следует переоценивать его диагностическое значение при талассемии, особенно при популяционных и генеалогических исследованиях.

Научно-исследовательский  
 институт гематологии и переливания  
 крови им. Г. М. Мухадзе МЗ ГССР

(Поступило 7.5.1976)

ქსავარიმენტული მდივინა

ი. მისტიაშვილი, ვ. ნაცვლიშვილი, ე. ჟვარავა, ლ. ფრიდმანი

ჰემოგლობინი  $A_2$  სისხლის სისტემურ დაავადებათა დროს

რეზიუმე

სისხლის სისტემურ დაავადებათა დროს (ლეიკოზი, ანემია)  $HbA_2$  დონის დინამიკაში შესწავლის საფუძველზე დადგენილ იქნა, რომ ჰემოგლობინის აღნიშნული ფრაქცია ზემოთ ჩამოთვლილ დაავადებათა დროს კანონზომიერად მატულობს დაავადების მწვავე პერიოდში და კლებულობს კლინიკური სურათის გაუმ-



ჯობესებასთან ერთად, თუმცა ყოველთვის ნორმას არ უბრუნდება. ამდენად ეს ტესტი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს რემისიის სრულღირებულოვნების შესაფასებლად.

ლეიკოზის სხვადასხვა ფორმების დროს ტერმინალურ სტადიაში აღინიშნება  $HbA_2$  მკვეთრი დაქვეითება ნორმასთან შედარებით, რაც ორგანიზმის კომპენსატორული ძალების დათრგუნვაზე მიუთითებს.

## EXPERIMENTAL MEDICINE

I. G. MESTIASHVILI, V. M. NATSVLISHVILI, E. N. TSVERAVA, L. M. FRIDMAN

### $HbA_2$ IN BLOOD DISEASES

#### Summary

$HbA_2$  study in various blood diseases (different forms of anaemia and leukaemias) has shown an increase of this haemoglobin fraction in the acute stage of disease and a decrease in the remission. In cases without remission the  $HbA_2$  remains at high levels. The  $HbA_2$  level decrease below the normal ranges was observed in the terminal stage of various leukaemias.

#### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. B. F. Horton *et al.*, Cancer, 26, № 4, 1970, 904.
2. И. Я. Татишвили и др. Сообщения АН ГССР, 61, № 1, 1971, 221.
3. В. М. Нацвлишვილი и др. Сообщения АН ГССР, 65, № 1, 1972, 205.
4. Weatherall *et al.* Brit. Med. J., I, 1968, 679.
5. Б. Н. Безбородько и др. Проблемы гематологии, II, № 34, 1969.
6. Э. М. Семенчева. Врачебное дело, II, 1971, 130.
7. V. Brabec *et al.* Clin. Chim. Acta 28, 1970, 489.
8. J. Steiner *et al.*, Acta Haematol., 45, № 2, 1971, 77.
9. B. J. Davis. Ann. N. J. Acad. Sci., 121, 1964, 404.
10. E. Kleinhauser *et al.* Klin. Wschr., 35, № 12, 1957.
11. K. Singer *et al.*, Blood, № 6, 1951, 413.



И. Г. ТАКТАКИШВИЛИ

## О ФАУНЕ И СТРАТИГРАФИЧЕСКОМ УРОВНЕ БИЙСКИХ (УРТИЙСКИХ) СЛОЕВ ЗАПАДНОЙ ГРУЗИИ

(Представлено академиком Л. Ш. Давиташвили 10.5.1976)

За пределами Паннонско-Дакийской области ромбоидные слои понтического яруса были встречены лишь в Рионском заливе Черноморского бассейна, а именно в Мегрелии (Западная Грузия). Слои эти, получившие название бийских (впоследствии — уртийских), привлекли к себе внимание исследователей, и им было посвящено немалое количество работ. Приводились, естественно, и списки моллюсковых форм из этих отложений [1—4]. Последний такой перечень форм, наряду с анализом комплекса и описанием некоторых видов, в том числе и новых, был дан в работе Г. Ф. Челидзе [4].

Собранный нами за последние годы материал позволяет существенно пополнить эти списки и, кроме того, иначе осветить некоторые вопросы, связанные с условиями обитания бийского сообщества донных моллюсков. Не менее важным представляется нам и уточнение стратиграфического уровня бийских (уртийских) отложений.

Итак, в этих слоях, выступающих в окрестностях с. Бия (Хобский район) и представленных ожелезненными песчаниками, нами были собраны следующие формы (звездочкой отмечены упоминаемые впервые):

1. *Congeria rhomboidea* M. Heger. — более 260 экз.
2. " *rumana* Sabba — около 40 экз.
3. *Dreissena rostriformis* (Desh.) — 25 экз.
4. " " *corniculata* Sabba — около 40 экз.
5. " *simplex* (Barb.) — 32 экз.
6. *Dreissenomya aperta* (Desi.) — 3 экз.
7. *Phyllocardium planum* (Desh.) — 48 экз.
- \*8. " *cf. complanatum* (Fuchs) — 14 экз.
9. *Limnocardium* sp. — 4 экз.
- \*10. " *cf. decorum* (Fuchs) — 1 экз.
- \*11. " *aff. apertum* (Muensl.) — 1 экз.
12. " (*Tauricardium*) *subsquamulosum* Andrus. (= *L. petersi* M. Hoern.) — около 40 экз.
13. (*Euxinocardium*) *subodessae* (Sinz.) — 215 экз.
14. " (*Arpadicardium*) *peregrinum* Ebers. — 20 экз.
15. " (*Bosphoricardium*) *emarginatum* (Desh.) — 3 экз.
16. " (*Bosph.?*) — 5 экз.
17. *Didacna* (?) sp. — 1 экз.
18. " sp. — 6 экз.



19. *Didacna subincerta* Andrus.—более 100 экз.
- \*20. „ *otiophora* (Brus.)—5 экз.
- \*21. „ *cf. georgiana* Ebers.—4 экз.
22. *Didacnomya* sp.—1 экз.
23. *Monodacna (Pseudocatillus)* sp.—6 экз.
24. „ „ *pseudocatillus* (Barb.)—2 экз.
25. „ „ *aff. pseudocatillus* (Barb.)—1 экз.
- \*26. „ „ *cf. simplex* (Fuchs)—149 экз.
27. *Prosodacna* (?) sp.—1 экз.
28. *Paradacna* (?) sp.—1 экз.
29. „ sp. sp.—15 экз.
- \*30. „ *andrussowi* Ebers.—2 экз.
- \*31. „ *reicwskii ossoinae* Stev.—45 экз.
- \*32. „ *cf. radiata* Stev.—3 экз.
- \*33. „ *cf. okrugici* (Brus.)—2 экз.
34. „ *planicostata* Stev.—121 экз.
35. *Caladacna steindachneri* (Brus.)—21 экз.
36. *Plagicdacna carinata* (Desh.)—3 экз.
- \*37. *Pisidium krambergeri* Brus.—15 экз.
38. *Viviparus achatinoides* Desh.—1 экз.
39. *Bithynia* sp.—8 экз.
- \*40. *Zagrabica* sp.—187 экз.
- \*41. „ *naticina* Brus.—2 экз.
42. *Melania* (?)—*fragm.*—1 экз.
- \*43. *Micromelania cf. laevis* (Fuchs)—122 экз.
44. *Planorbis* sp.—167 экз.

Таким образом, нам удалось обнаружить в бийских (уртйских) слоях новые паннонско-дакийские формы, которые ранее там не отмечались (*Phyl cf. complanatum*, *Limnoc. cf. decorum*, *Limnoc. aff. apertum*, *Did. otiophora*, *Mcn. cf. simplex*, *Pcr. reicwskii ossoinae*, *Par. cf. radiata*, *Par. cf. okrugici*, *Pisidium krambergeri*, *Zagr. naticina*, *Micr. cf. laevis*). Правда, многие из них огределены нами как *cf.*, тем не менее их паннонско-дакийское происхождение не вызывает сомнения. Заслуживает внимания отсутствие форм, выделенных Г. Ф. Челидзе [4] из этих слоев в качестве новых видов: го нашму глусокму усежденнк, годавляющее их большинство (*Dreissenomya modiolaeformis*, *Arpadicardium megrelicum*, *Paradacna substratonis* и гесвдокатиллусы) принадлежат хорошо известным видам.

Далее, здесь было найдено огромное количество гастропод — микромеланий, планорбисов и заграбик. Их присутствие в таком количестве, наряду с битиниями и псидидумами, ставит под сомнение заключение Г. Ф. Челидзе [1, 4], согласно которому соленость вод бийского участка Рионского залива была сравнительно выше, чем других участков Эвксинского и Дакийского бассейнов. Едва ли в этом отношении имелась какая-нибудь существенная разница между ними.

Перейдем теперь к другому вопросу: соответствуют ли ромбоидные слои Мегрелии всей толще ромбоидных слоев Паннонско-Дакийской области или же только определенной их части. Второе предположение



представляется нам более вероятным, и вот почему. Во-первых, мощность ромбовидных слоев Паннонско-Дакийского бассейна достигает многих десятков, а то и сотен метров, бийские (уртийские) же слои не превышают 5 м. Во-вторых, ромбовидные слои Югославии, выделенные П. М. Стевановичем [5] в качестве самостоятельного горизонта понтического яруса — портаферского, отличаются большим фаунистическим и литологическим разнообразием и в них П. М. Стеванович выделяет несколько фаций и типов [5—7]; бийские же слои отнюдь не разнообразны, а, напротив, монофациальны, что, наряду с их незначительной мощностью, должно указывать на геологически кратковременное их образование. К тому же следует заметить, что у П. М. Стевановича имеются указания на то, что эти фации, слои и т. д. ромбовидного горизонта Югославии занимают разные стратиграфические уровни: придунайская фация залегает в низах портаферия [7, 8], сирмийско-костолацкая — в его верхах [6—8], равно как и будманиевые слои [5], а колубарская образуется, по-видимому, его средней частью. Если это действительно так, то все они могли бы рассматриваться не как фации, а как самостоятельные стратиграфические единицы в рамках портаферия. Таким образом, в ромбовидных отложениях Югославии намечается определенная вертикальная последовательность слоев (не всегда, впрочем, уловимая), чего никак нельзя сказать о бийских (уртийских) слоях Мегрелии.

Помимо перечисленных фаций и слоев, П. М. Стеванович выделяет в Югославии еще два типа ромбовидных образований — гетский тип [5] и слои с *Limnocardium petersi* (M. Hoern.) [9], не касаясь, однако, вопроса о том, к какой именно части портаферия они относятся. Отличительной особенностью этих отложений является смешанный состав моллюскового комплекса, состоящего из паннонских и дакийско-черноморских форм. Именно к этим типам, особенно к гетскому, и стоят ближе всего бийские (уртийские) слои.

Надо полагать, что в такую отдаленную от Паннонской области часть Паратетиса, какой является Рионский залив, обитатели Портаферского моря проникли тогда, когда последнее достигло своего наибольшего распространения, т. е. в среднем портаферии. Более того, можно даже думать, что бийские (уртийские) слои отлагались не в течение всего среднего портаферия, а лишь его нижней части; наличие большого количества *Cong. rumana* позволяет высказать такое предположение.

В заключение несколько слов вообще об эквивалентах портаферия в Черноморском бассейне. Широко распространенное мнение о полном соответствии ромбовидных отложений Паннонского и Дакийского водоемов с субромбовидными слоями Эвксина нуждается в существенной поправке: субромбовидные отложения отвечают, по нашему мнению, лишь нижней части ромбовидных слоев, т. е. нижнему портаферию. В пользу этого говорит залегание бийских слоев непосредственно над субромбовидными слоями и стратиграфическое распространение *Cong. subrhomboides* в Румынии, где она характеризует низы портаферия [10]. Косвенным доказательством этого, возможно, следовало бы считать и широкое распространение *Cong. rumana* в субромбовидных слоях Западной Грузии [11]. Между прочим, эта форма была найдена нами недавно и в подстилающих бийские отложения субромбовидных слоях.



Вполне вероятно, что верхи средней части портаферия и верхний портаферий (будманиевые слои и сирмийско-костолацкая фация?) отвечают значительной части босфорского горизонта Черноморской области.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт палеобиологии

(Поступило 13.5.1976)

პალეობიოლოგია

ი. თაკთაკიშვილი

დასავლეთ საქართველოს ბიის (ურთის) შრეების ფაუნისა და  
სტრატობრაფიული დონის შესახებ

რეზიუმე

მოყვანილია ბიის (ურთის) შრეებში (ხობის რაიონი) ნაპოვნი მოლუსკების სია, შემდგარი 44 დასახელებისაგან. 14 ფორმა პირველად მოიხსენიება, მათგან ბევრი პანონურ-დაციური წარმოშობისაა. გამოთქმულია ვარაუდი, რომ ბიის (ურთის) შრეები შუაპორტაფერულის ქვედა ნაწილს შეესატყვისება.

PALAEOBIOLOGY

I. G. TAKTAKISHVILI

ON THE FAUNA AND STRATIGRAPHIC LEVEL OF THE BIA  
(URTHA) BEDS OF WESTERN GEORGIA

Summary

The paper contains the list of molluscan forms (44 species), found in the Bia (Urtha) beds of Western Georgia (Khobi district, Megrelia). 14 species are mentioned for the first time, many of them being of the Pannonian-Dacian origin. The author assumes that the Bia (Urtha) beds conform to the Lower Middle Portaferrian (the Pliocene, the Pontian stage).

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. Ф. Челидзе. ДАН СССР, нов. сер., т. ХСІ, № 1, 1953.
2. Г. Ф. Челидзе. Сообщения АН ГССР, 58, № 3, 1970.
3. И. Г. Тактакишвили. Сообщения АН ГССР, 62, № 2, 1971.
4. Г. Ф. Челидзе. Морской понт Грузии. Тбилиси, 1974.
5. П. М. Стеванович. Доньи плицен Србије и суседни области. Београд, 1951.
6. P. M. Stevanovic. Földt. közl., 89, № 1. 1959.
7. P. Stevanovic. Proc. of the Third Sess. in Bern. Int. Union of Geol. Sci. 1966.
8. P. M. Stevanovic. Földt. közl., 101, № 2—3. 1971.
9. П. М. Стеванович. Геол. ан. Балк. пол., кн. XXVIII, 1961.
10. Fl. Marinescu. Dări de seamă ale șed., vol. LX. Paleontol. 1974.
11. И. Г. Тактакишвили. Сообщения АН ГССР, 77, № 3, 1975.





Е. М. ЖГЕНТИ

О НАХОЖДЕНИИ РОДА *ALVEINUS* В СРЕДНЕМ  
МИОЦЕНЕ ПАРАТЕТИСА

(Представлено академиком Л. Ш. Давиташвили 17.5.1976)

После сдачи в печать монографии о лютецидах среднего миоцена [1], продолжая изучать ископаемые материалы, мы совершенно неожиданно убедились в том, что одна из описанных нами форм принадлежит к роду *Alveinus*, который до сих пор был известен только из кайнозоя Северной Америки. К этому роду следует отнести форму, упоминаемую под названием *Spaniodontella sokolovi* (Sinčov). Наиболее подробно представители этого рода изучены Г. Гаррисом [2]. Раковина альвейнусов отличается от лютеций строением замочной площадки. У *Lutetia* замок состоит в правой створке из трех кардинальных зубов; два зуба, сходящиеся верхними концами, расположены под самым носиком макушки: передний — маленький, тонкий, почти параллельный замочному краю, задний — толстый, треугольный, расширяющийся книзу и достигающий нижнего края замочной площадки. Под этими зубами, которые образуют лямбдовидное сочетание, расположена глубокая лямбдовидная ямка, ограниченная снизу третьим кардинальным пластинчатым зубом. Позади заднего зуба находится углубление для зуба противоположной створки; за нею — едва приметная, прижатая к краю раковины площадка для связки. В левой створке под носиком расположены два молотковидно сросшихся зуба и за ямкой для заднего зуба правой створки — третий пластинчатый, валикообразный зуб; позади — него узкая, неограниченная площадка для внутренней связки.

*Spaniodontella* отличается от *Lutetia*, помимо более крупной величины раковины, некоторым упрощением замочного аппарата. В правой створке уменьшается лямбдовидный зуб, слабее развита задняя ветвь, которая сходит на нет, не доходя до края замочной площадки (рис. 1, фиг. 5). Увеличивается третий, нижний зуб. На широкой замочной площадке в заднем углу расположено округлое слабо очерченное место для связки. В левой створке отсутствует хорошо развитый у лютеций третий задний зуб. За двумя молотковидно сросшимися зубами в верхнем углу широкой замочной площадки расположена связочная ямка (рис. 2, фиг. 4).

Альвейнусы (рис. 1; рис. 2, фиг. 6—9) отличаются от лютеций строением связки и еще большей, чем у спаниодонтелл, редукцией зубов.



В правой створке отсутствует задняя ветвь лямбдовидного зуба, передняя, значительно уменьшенная, почти полностью сливается с краем раковины и лишь иногда задний его конец слабо загнут книзу. Нижний пластинчатый зуб не претерпевает почти никаких изменений. В левой створке редуцируется задний валикообразный зуб, остаются лишь сросшиеся, похожие на лежащую семерку или молоток зубы. На месте отсутствующих зубов и редуцированной части замочной площадки в обеих створках развита глубокая, отодвинутая в подмакушечную область ямка для связки. Важнейшая особенность альвейнусов заключа-

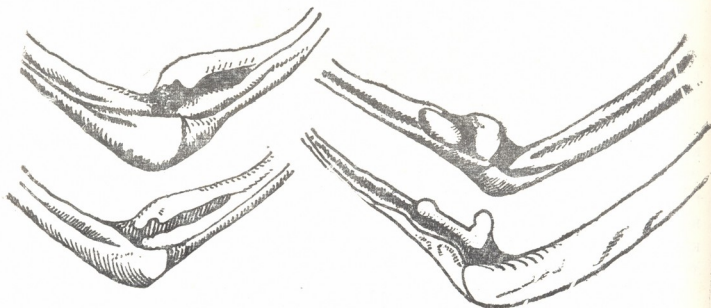


Рис. 1. Схематическое изображение замков *Alveinus sokolovi* (Sinzov)

ется в сужении задней части замочной площадки и полном погружении и увеличении внутренней связки.

Сопоставление морфологических особенностей трех родов — *Lutetia*, *Spaniodontella*, *Alveinus* с признаками вида *Spaniodontella sokolovi* Sinzov, а также все известные нам данные о представителях семейства *Lutetiidae* David. [3], к которым они относятся, побуждают нас отнести конкский вид к роду *Alveinus* Conrad и впредь называть его *Alveinus sokolovi* (Sinzov). Этот вид отличается от американских форм заметным увеличением раковины и еще большим погружением связки. По величине раковин и строению замка почти идентичны типовому виду *Alveinus minutus* Conrad экземпляры, обнаруженные в сартаганских отложениях.

Наличие тесной филогенетической связи между лутециями и альвейнусами установлено В. Д о л л о м [4], Г. Гаррисом [2], Л. Ш. Д а в и т а ш в и л и [5]. Но альвейнусы до сих пор не были известны в третичных отложениях Европы и Азии. Надо думать, что в период от эоцена до миоцена, когда происходил экогенез представителей рода *Lutetia*, в полисоленых бассейнах Западной Европы обитало много форм, переходных между лутециями, альвейнусами и спаниодонтеллами. Они различными исследователями определялись по-разному, что вносило путаницу в систематику семейства. Например, известно, что Н. А. Соко-

Конки мельчайшие двустворки, определил их как *Spaniodon nitidus* Reuss. Лишь позже И. Ф. Синцов [7] обнаружил у экземпляров,



Рис. 2. 1—3—*Lutetia umbonata* Deshayes ( $\times 50$ ); 4—5—*Spaniodontella pulchella* (Baily) ( $\times 15$ ); 6—10—*Alveinus sokolovi* (Sinzov)

найденных на р. Конке, признаки, отличающие их от волынских, и описал их как новый вид под названием, *Spaniodon sokolovi*. Вскоре преокупированное название *Spaniodon* было замснено новым—*Spaniodontella*. После этого за видом "sokolovi" закрепилось родовое название *Spaniodontella*, а за видом "nitidus" (в силу того, что большинство исследователей сочло его „абсолютно идентичным“ с лутецией)—*Lutetia*. На основании новых данных мы пришли к выводу, что *Lutetia nitida* (Reuss) (*-Spaniodon nitidus* Reuss), незначительно отличающийся от *Alveinus sokolovi* вид, тоже принадлежит альвейнусам. Следовательно, родовое название *Spaniodon*, 1867 надо считать синонимом не *Lutetia* Deshayes, 1860, (8), а синонимом рода *Alveinus* Conrad, 1865.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт палеобиологии

(Поступило 21.5.1976)

ე. ჯგენტი

პარათეტიკის უზამიოცენურ ნალექებში *ALVEINUS*-ის  
 გვარის კოჰნის შესახებ

რეზიუმე

დადგენილია, რომ შავი ზღვისა და კასპიის ზღვის ოლქების კონკურ ნალექებში ფართოდ გავრცელებული სახე *Spaniodontella sokolovi* Sinzov მიეკუთვნება *Alveinus* Conrad-ის გვარს, რომელიც დღემდე არ იყო ცნობილი ევროპისა და აზიის შესამეულ ნალექებში. ამავე გვარს მიეკუთვნება აგრეთვე *Lutetia nitida* (Reuss) (= *Spaniodon nitidus* Reuss), ხოლო გვარის სახელწოდება *Spaniodon* Reuss სინონიმა *Alveinus* Conrad-ისა და არა *Lutetia* Deshayes-ისა.

PALAEOBIOLOGY

E. M. ZHGENTI

ON THE FIND OF THE GENUS *ALVEINUS* IN THE MIDDLE MIOCENE  
 OF PARATHETIS

Summary

*Spaniodontella sokolovi* Sinzov, widely distributed in the Konkian (the Upper Badenian) deposits of the Euxine-Caspian region, belongs to the genus *Alveinus* Conrad, hitherto unknown in Europe. The species *Lutetia* (= *Spaniodon*) *nitida* (Reuss) is attributed to the same genus. The names *Alveinus* Conrad, 1865 and *Spaniodon* Reuss, 1867 constitute synonyms.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. E. M. ჯგენტი. Лютециды среднего миоцена, их эволюция и стратиграфическое значение. Тбилиси, 1976.
2. H. D. HARRIS. Paleontographica Americana I, № 2, 1920.
3. Л. Ш. Давиашвили. Изменчивость организмов в геологическом прошлом. Тбилиси, 1970.
4. W. DALL. Tertiary Fauna of Florida. Philadelphia. 1900.
5. Л. Ш. Давиашвили. Труды Закавказ. геол. гидр. геодез. треста. Тифлис, 1934.
6. Н. А. СОКОЛОВ. Труды Геол. комиссии, т. IX, № 5. СПб, 1899.
7. И. Ф. СИНЦОВ. Записки Минерал. о-ва, т. X, вып. 2. СПб, 1903.
8. Основы палеонтологии. М., 1960.

## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

1. В журнале «Сообщения АН ГССР» публикуются статьи академиков, членов-корреспондентов, научных работников системы Академии и других ученых, содержащие еще не опубликованные новые значительные результаты исследований. Печатаются статьи лишь из тех областей науки, номенклатурный список которых утвержден Президиумом АН ГССР.

2. В «Сообщениях» не могут публиковаться полемические статьи, а также статьи обзорного или описательного характера по систематике животных, растений и т. п., если в них не представлены особенно интересные научные результаты.

3. Статьи академиков и членов-корреспондентов АН ГССР принимаются непосредственно в редакции «Сообщений», статьи же других авторов представляются академиком или членом-корреспондентом АН ГССР. Как правило, академик или член-корреспондент может представить для опубликования в «Сообщениях» не более 12 статей разных авторов (только по своей специальности) в течение года, т. е. по одной статье в каждый номер, собственные статьи без ограничения, а с соавторами — не более трех. В исключительных случаях, когда академик или член-корреспондент требует представления более 12 статей, вопрос решает главный редактор. Статьи, поступившие без представления, передаются редакцией академику или члену-корреспонденту для представления. Один и тот же автор (за исключением академиков и членов-корреспондентов) может опубликовать в «Сообщениях» не более трех статей (независимо от того, с соавторами она или нет) в течение года.

4. Статья должна быть представлена автором в двух экземплярах, в готовом для печати виде, на грузинском или на русском языке, по желанию автора. К ней должны быть приложены резюме — к грузинскому тексту на русском языке, а к русскому на грузинском, а также краткое резюме на английском языке. Объем статьи, включая иллюстрации, резюме и список цитированной литературы, приводимой в конце статьи, не должен превышать четырех страниц журнала (8000 типографских знаков), или шести стандартных страниц машинописного текста, отпечатанного через два интервала (статьи же с формулами — пяти страниц). Представление статьи по частям (для опубликования в разных номерах) не допускается. Редакция принимает от автора в месяц только одну статью.

5. Представление академика или члена-корреспондента на имя редакции должно быть написано на отдельном листе с указанием даты представления. В нем необходимо указать: новое, что содержится в статье, научную ценность результатов, насколько статья отвечает требованиям пункта 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: сверху страницы в середине пишутся инициалы и фамилия автора, затем — название статьи; справа сверху представляющий статью указывает, к какой области науки относится она. В конце основного текста статьи с левой стороны автор указывает полное название и местонахождение учреждения, где выполнена данная работа.

8. Иллюстрации и чертежи должны быть представлены по одному экземпляру в конверте; чертежи должны быть выполнены черной тушью на кальке. Надписи на чертежах должны быть исполнены каллиграфически в таких размерах, чтобы даже в случае уменьшения они оставались отчетливыми. Подписанные подписи, сделанные на языке основного текста, должны быть представлены на отдельном листе. Не следует приклеивать фото и чертежи к листам оригинала. На полях ори-



гинала автор отмечает карандашом, в каком месте должна быть помещена табличная иллюстрация. Не должны представляться таблицы, которые не могут уместиться на одной странице журнала. Формулы должны быть четко вписаны чернилами в оба экземпляра текста; под греческими буквами проводится одна черта красным карандашом, под прописными — две черты черным карандашом снизу, над строчными — также две черты черным карандашом сверху. Карандашом должны быть обведены полукругом индексы и показатели степени. Резюме представляются на отдельных листах. В статье не должно быть исправлений и дополнений карандашом или чернилами.

9. Список цитированной литературы должен быть отпечатан на отдельном листе в следующем порядке. Вначале пишутся инициалы, а затем — фамилия автора. Если цитирована журнальная работа, указываются сокращенное название журнала, том, номер, год издания, а если цитирована книга, — полное название книги, место и год издания. Если автор считает необходимым, он может в конце указать и соответствующие страницы. Список цитированной литературы приводится не по алфавиту, а в порядке цитирования в статье. При ссылке на литературу в тексте или в сносках номер цитируемой работы помещается в квадратные скобки. Не допускается вносить в список цитированной литературы работы, не упомянутые в тексте. Не допускается также цитирование неопубликованных работ. В конце статьи, после списка цитированной литературы, автор должен подписаться и указать место работы, занимаемую должность, точный домашний адрес и номер телефона.

10. Краткое содержание всех опубликованных в «Сообщениях» статей печатается в реферативных журналах. Поэтому автор обязан представить вместе со статьей ее реферат на русском языке (в двух экземплярах).

11. Автору направляется корректура статьи в сверстанном виде на строго ограниченный срок (не более двух дней). В случае невозвращения корректуры к сроку редакция вправе приостановить печатание статьи или напечатать ее без визы автора.

12. Автору выдается бесплатно 25 оттисков статьи.

(Утверждено Президиумом Академии наук Грузинской ССР 10.10.1968; внесены изменения 6.2.1969)

Адрес редакции: Тбилиси 60, ул. Кутузова, 19, телефоны 37-22-16, 37-93-42.

Почтовый индекс 380060

Условия подписки: на год — 12 руб.

## ს ა ტ ო რ ტ ა ს ა ყ უ რ ა ლ ე ბ ო ლ

1. ჟურნალ „საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბეში“ ქვეყნდება აკადემიოსთა და წევრ-კორესპონდენტთა, აკადემიის სისტემაში მომუშავე და სხვა მეცნიერთა მოკლე წერილები, რომლებიც შეიცავს ახალ მნიშვნელოვან გამოკვლევათა ჯერ გამოუქვეყნებელ შედეგებს. წერილები ქვეყნდება მხოლოდ იმ საბეჭდო 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 აკადემიოსთა და წევრ-კორესპონდენტთა წერილები უშუალოდ გადაეცემა გამოსაქვეყნებლად „მოამბის“ რედაქციას, ხოლო სხვა ავტორთა წერილები ქვეყნდება აკადემიოსთა ან წევრ-კორესპონდენტთა წარდგინებით. როგორც წესი, აკადემიოსს ან წევრ-კორესპონდენტს „მოამბეში“ დასაბეჭდად წელიწადში შეუძლია წარმოდგინოს სხვა ავტორთა არაუმეტეს 12 წერილისა (მხოლოდ თავისი სპეციალობის მიხედვით), ე. ი. თითოეულ ნომერში თითო წერილი. საკუთარი წერილი — რამდენიც სურს, ხოლო თანაავტორებთან ერთად — არაუმეტეს სამი წერილისა. გამონაკლის შემთხვევაში, როცა აკადემიოსი ან წევრ-კორესპონდენტი მოითხოვს 12-ზე მეტი წერილის წარდგენას, საკითხს წყვეტს მთავარი რედაქტორი. წარდგინების ვარჯშე შემოსულ წერილს „მოამბის“ რედაქცია წარმოსადგენად გადასცემს აკადემიოსს ან წევრ-კორესპონდენტს. ერთსა და იმავე ავტორს (გარდა აკადემიოსისა და წევრ-კორესპონდენტისა) წელიწადში შეუძლია „მოამბეში“ გამოაქვეყნოს არაუმეტეს სამი წერილისა (სულ ერთია, თანაავტორებთან იქნება იგი, თუ ცალკე).

4. წერილი წარმოდგენილი უნდა იყოს ორ ცალად, დასაბეჭდად საცხებიტ 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 (ფორმულბიანი წერილი კი 5 გვერდს). არ შეიძლება წერილების ნაწილებად დაყოფა სხვადასხვა ნომერში გამოსაქვეყნებლად. ავტორისაგან რედაქცია ღებულობს თვეში მხოლოდ ერთ წერილს.

5. აკადემიოსთა ან აკადემიის წევრ-კორესპონდენტთა წარდგინება რედაქციის სახელზე დაწერილი უნდა იყოს ცალკე ფურცელზე წარდგინების თარიღის აღნიშვნით. მასში აუცილებლად უნდა 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 გამოკვლევის შედეგებს. თუ წერილში გზადაგზა, ქვეთავების 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, წარმომდგენმა უნდა წააწეროს, თუ მეცნიერების რომელ დარგს განეკუთვნება წერილი. წერილის ძირითადი ტექსტის ბოლოს, მარცხენა მხარეს, ავტორმა უნდა აღნიშნოს იმ დაწესებულების სრული სახელწოდება და ადგილმდებარეობა, სადაც შესრულებულია შრომა.

8. ილუსტრაციები და ნახაზები წარმოდგენილ უნდა იქნეს თითო ცალად კონვერტით. ამასთან, ნახაზები შესრულებული უნდა იყოს კალკაზე შავი ტუშით, წარწერები ნახაზებს უნდა 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 ფოტოებისა და ნახა-

ზების დაწვება დედნის გვერდებზე. ავტორმა დედნის კიდზე ფანქრით უნდა აღნიშნოს, რა ადგილას მოთავსდეს ესა თუ ის ილუსტრაცია. არ შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს მისთვის ცხრილი, რომელიც ჟურნალის ერთ გვერდზე ვერ მოთავსდება. ფორმულები მელნით მკაფიოდ უნდა იყოს ჩაწერილი ტექსტის ორივე ეგზემპლარში; ბერძნულ ასოებს ქვემოთ ყველგან უნდა გაესვას თითო ხაზი წითელი ფანქრით, მთავრულ ასოებს — ქვემოთ ორ-ორი პატარა ხაზი შავი ფანქრით, ხოლო არამთავრულ ასოებს — ზემოთ ორ-ორი პატარა ხაზი შავი ფანქრით. ფანქრითვე უნდა შემოიფარგლოს ნახევარწრით ნიშნაკებიც (ინდექსები და ხარისხის მაჩვენებლები). რეზიუმეები წარმოდგენილ უნდა იქნეს ცალ-ცალკე ფურცლებზე. წერილში არ უნდა იყოს ჩასწორებები და ჩამატებები ფანქრით ან მელნით.

9. დამოწმებული ლიტერატურა უნდა დაიბეჭდოს ცალკე ფურცელზე. საჭიროა დაცულ იქნეს ასეთი თანმიმდევრობა: ავტორის ინიციალები, გვარი. თუ დამოწმებულია საჟურნალო შრომა, ვუჩვენოთ ჟურნალის 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 ჟურნალებში. 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 დაბეჭდვას და დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.

12. ავტორს უფასოდ ეძლევა თავისი წერილის 25 ამონაბეჭდი.

(დამტყიცებულია საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის

პრეზიდიუმის მიერ 10.10.1968; შეტანილია ცვლილებები 6.2.1969)

რედაქციის მისამართი: თბილისი 60, კუტუშოვის ქ. № 19; ტელ. 37-22-16, 37-93-42.

საფოსტო ინდექსი 380060

ხ ე ლ მ ო წ ე რ ი ს პ ი რ ო ბ ე ბ ი: ერთი წლით 12 მან.