

საქართველოს სსრ  
მეცნიერებათა აკადემიის

**გზაგა**

**СООБЩЕНИЯ**

АКАДЕМИИ НАУК  
ГРУЗИНСКОЙ ССР

**BULLETIN**

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE GEORGIAN SSR

ტომი 84 ტომ

№ 2

ნოემბერი 1976 НОЯБРЬ

თბილისი • ТБИЛИСИ • TBILISI

საქართველოს სსრ  
მეცნიერებათა აკადემიის

გოჯაგბე

СООБЩЕНИЯ

АКАДЕМИИ НАУК  
ГРУЗИНСКОЙ ССР

BULLETIN

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE GEORGIAN SSR

73177

ტოპი 84 ტომ

№ 2

ბოგბგბრი 1976 НОЯБРЬ

თბილისი • ТБИЛИСИ • TBILISI

ქ. შარქისი ს.ბ. სსრ  
სახელმწიფო ბესბუბლიკა  
ბიბლიოთეკა

ს ა რ ე დ ა კ ტ ი ო რ კ ო ლ ე გ ი ა

ა. ბოჭორიშვილი, თ. გამყრელიძე, პ. გამყრელიძე, ი. გიგინეიშვილი (მთ. რედაქტორის  
მოადგილე), თ. დავითაია, ს. დურმიშიძე, ა. თავხელიძე, ნ. კეცხოველი,  
ვ. კუპრაძე, ნ. ლანდია (მთ. რედაქტორის მოადგილე), ვ. მახალდიანი,  
გ. მელიქიშვილი, ვ. ოქუჯავა, ა. ცაგარელი, გ. ციციშვილი,  
ე. ხარაძე (მთ. რედაქტორი), გ. ხუციშვილი, ნ. ჯავახიშვილი

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

А. Т. Бочоришвили, П. Д. Гамкрелидзе, Т. В. Гамкрелидзе, 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. Махалдиани, Г. А. Меликишвили,  
В. М. Окуджава, А. Н. Тавхелидзе, Е. К. Харалдзе (главный  
редактор), Г. Р. Хуцишвили, А. Л. Цагарели,  
Г. В. Цицишвили

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

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 8.12.1976; შკვ. № 3252; ინაწილობის ზომა 7×12;  
ქაღალდის ზომა 70×108; ფიზიკური ფურცელი 16; სააღრიცხვო-საგამომცემლო  
ფურცელი 18,5; ნაბეჭდი ფურცელი 22,5; უე 11463; ტირაჟი 1800; ფასი 1 მან.

\* \* \*

Подписано к печати 8.12.1976; зак. № 3252; размер набора 7×12; размер  
бумаги 70×108; физический лист 16; уч.-издательский лист 18,5; печатный  
лист 22,5; УЭ 11463; 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

## შ ი ნ ა ა რ ს ი

### გათემატიკა

*ა. თავაძე. პროექციული პრინციპული $W$ -ჯგუფები	275
*თ. შერვაშიძე. უტოლობა ერთი გადავარებული მრავალგანზომილებიანი განაწილების მახასიათებელი ფუნქციისათვის	280
*გ. დარჯანიძე. კლასიკური სეკენციური აღრიცხვის ერთი ვარიანტის შესახებ	283
*რ. გეწაძე. $L(0,1)$ მეტრიკის აზრით ფურიეს მწკრივის განშლადობა ნებისმიერი ორთონორმირებული ერთობლივ შემოსაზღვრული სისტემის მიმართ	286
*ვ. თევზაძე. ფურიეს მწკრივების წერტილში კრებადობის შესახებ	291
*ნ. შველიძე. გარკვეული ფუნქციონალური მწკრივებით წარმოდგენადი ფუნქციების ინტეგრალის თეორემები	296
*ზ. შენგელიძე. ზოგიერთი შენიშვნა პროექციული მეთოდების კრებადობის შესახებ	299
*ლ. ზამბახიძე. ტოპოლოგიური სივრცეების ნაშთების შესახებ	303
*დ. გოგუაძე. წრფივი ფუნქციონალებისა და ოპერატორების წარმოდგენა კოლმოგოროვის ინტეგრალით	308
*გ. მირზაშვილი, მ. ფრიშლინგი. მართვადი მარკოვის პროცესებთან დაკავშირებული ოპერატორების სიმრავლეთა ნახევარჯგუფების შესახებ	312

### მიქანიკა

*გ. გეაზავა. ზოგიერთ ჰიდრონაგებობათა მასივური ელემენტების რხევებისა და მდგომარეობის (გადაყირაგებაზე) ანალიზი დინამიური ზემოქმედებისას	316
*ა. ქუთათელიძე. ტურბოჰაერმბერავ დანადგარში ხარჯვისა და წნევის პომპაჟური რხევის სინშირის განსაზღვრის საკითხისათვის	319

### კიბირნეტიკა

*ზ. ფირანაშვილი, თ. სულაბერიძე. უბან-უბან ექსპონენციალურად და პოლინომიალურად გარდაქმნილ გაუსის შემთხვევით პროცესთა არაწრფივი პროგნოზისა და ფილტრაციის შესახებ	324
*ო. ვერულავა. რეალიზაციების დაჯგუფების ერთი მეთოდის შესახებ სახეობათა გამოცნობაში	328
*მ. პერელმანი. ფუნქციის გაშლა ფურიეს მწკრივსა და ინტეგრალში და დაკვანტვის პრობლემა	332
*ა. მატევეოსიანი. ალბათური გარდაქმნების რეალიზაცია უჯრედოვან ავტომატებზე	335
*კ. კვინიხიძე, ვ. ქავჭავანიძე (საქ. სსრ მეცნ. აკად. აკადემიკოსი). ცილოვან სტრუქტურათა ევოლუციის აღწერისადმი კონცეპტუალური მიდგომა	340

\* ვარსკვლავით აღნიშნული სათაური ეკუთვნის წერილის რეზიუმეს.

ფიზიკა

- \*ზ. ცინცაძე, ვ. კორტოვი, ფ. გავრილოვი. ლალის კრისტალების კომპლექსური სპექტროსკოპიული გამოკვლევა 343
- \*ნ. გვილავა, ა. გერასიმოვი, ა. კალაშინი, გ. ნარსია, გ. ერისთავი. ნახტომური გამტარობა ჩქარი ელექტრონებით გასხივებულ გერმანიუმში 348
- \*ი. კირვალაძე, ნ. ზარატუიკო, ი. კირვალაძე. თერმული დამუშავების გავლენა ელექტრონული ტიპის სილიციუმის ხვედრით ელექტროწინააღმდეგობაზე 352

გეოფიზიკა

- \*მ. ალექსიძე, გ. გუგუნიავა, კ. პეტაია. დედამიწის ქერქის თერმული რეჟიმის ცვლილებით გამოწვეული თერმოდრეკადი დაძაბულობების გათვლა ერთი ფიზიკური მოდელისათვის 356
- \*მ. ალანია, ა. ქარცივაძე, ე. ხელია. მრავალგანზომილებიანი კორელაციის მეთოდის გამოყენება სეტყვისა და საწვიმარი ღრუბლების გასარჩევად 360
- \*ე. შიონი. დედამიწის ზედა მანტიის წარმოშობის საკითხისათვის 364
- \*ა. ხანთაძე, რ. გაჩეჩილაძე, ბ. ჩეხოშვილი. ვერტიკალური დრეიფის გავლენის შესახებ ელექტრონული კონცენტრაციის განაწილებაზე იონისფეროს F-არეში 368

ანალიზური ქიმია

- \*ი. ლომაძე, ნ. ჯღამაძე, ი. მონიავა, ე. ბოსტოლანაშვილი. ზოგიერთი ფლავონოიდის რაოდენობრივი განსაზღვრა მცენარეებში 371

ორგანული ქიმია

- \*ა. დოლიძე, ა. ლაპიდუსი, ქრ. არეშიძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი). ალუმოსილიკატურ კატალიზატორებზე ალკენილ- და ალკილიდენციკლოპუთანების გარდაქმნების პროდუქტთა შესახებ 376
- \*ა. კახნიაშვილი, ე. ჩიქოვანი, დ. იორამაშვილი, მ. მენტეშაშვილი. ალკენილფენოლების სპექტრალური და ქრომატოგრაფიული გამოკვლევა 380
- \*ი. გვერდწითელი (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), მ. ჯელია, ლ. ბარამიძე. ზოგიერთი მესამედი პიდროამინოსილანის ურთიერთქმედება ფენილ- და დიფენილაცეტოლენთან 384
- \*ლ. მელიქაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), ე. უშარაული, ლ. კორტავე. კონდენსირებულბირთვიანი არილდამანტანების პიდროკატალიზური გარდაქმნა 387
- \*გ. ბალარჯიშვილი, ა. დოლიძე, ქრ. არეშიძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი). ციკლოპენტენური ნახშირწყალბადების გარდაქმნები ამორფულ ალუმოსილიკატზე 392
- \*ნ. დოხტურიშვილი, გ. პაპავა, ნ. მაისურაძე, პ. ცისკარიშვილი, ი. აფხაზავა. გლიციდური ეთერების ახალი გამამყარებლები 396
- \*ა. ნოღაიძელი, ზ. ტაბიძე, გ. კახნიაშვილი. ციან-იონების გამოყოფა სპირტ-წყალხსნარებიდან იონმცვლელი პოლიმერების შემწეობით 399
- \*ლ. ბერიძე, მ. ქუთათელიაძე, გ. პაპავა, პ. ცისკარიშვილი. არომატული კარდული პოლისულფოქსიდების ზოგიერთი თვისების კვლევა 404

ფიზიკური ქიმია

- \*შ. სიღამონიძე, ქ. მარჩილაშვილი, ო. დევდარიანი. მეთინისა და ნ-ბუთანის ადსორბციის შესწავლა L-ტიპის სინთეზურ ცეოლითზე და მის კათონჩანაცვლებულ ფორმებზე 408
- \*კ. ქუთათელაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), გ. გაფრინდაშვილი, ე. ხარაშვილი. კერამიკული პიგმენტები პერლიტისა და Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ის ბაზაზე 412

ფიზიკური გეოგრაფია

- \*ლ. კოლოშვილი, ლ. გოგიჩაიშვილი. ალუვიონის ასაკი ცდოს გარდვიარდმო ჩანჩქეილობაში (დარიალის ვიწროებში) 415

ჰიდროგეოლოგია

- \*დ. კაჭარავა, ჯ. გაბიჩავა. თრიალეთის აღმოსავლეთი დაბლობების ნავთობ-გაზიანობის პროგნოზირების პალეოჰიდროგეოლოგიური და ჰიდროგეოქიმიური კრიტერიუმები 419

გეოლოგია

- \*რ. დამბაშიძე. ჯავახეთის ზეგნის ჩრდილო და დასავლეთ კიდეების ზედაცარცული ნალექების სტრატეგრაფიისათვის 423

- გ. ქელიძე. *Oxidacna*-ს გვარის ახალი წარმომადგენელი დასავლეთ საქართველოს კუიანციური ნალექებიდან 428

გეოქიმია

- \*ვ. იაროშევიჩი, მ. კავეილაძე, დ. არევაძე, ვ. გოგიშვილი. გოგირდის იზოტოპების ფრაქციონირება პირიტ-ბარიტის პარაგენეზის ჰიდროთერმული სინთეზის პროცესში 432

სამშენებლო მექანიკა

- \*გ. ხაშბა. ცილინდრული გარსების მდგრადობის გამოკვლევა დინამიური გრებისას 435
- \*გ. გვინჩიძე, გ. ძოძუაშვილი, გ. კიზირია. დაძაბულობათა განსაზღვრა სტატიკურად ურკვევად კონსტრუქციებში ბეტონის არაწრფივი ცოცვადობის გათვალისწინებით 439

მეტალურგია

- \*თ. სამყურაშვილი, ფ. თავაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი). ბორის ამორფული აფსეის ელექტრული თვისებების კვლევა 443
- \*ლ. ოკლეი, ა. თუთბერიძე, შ. ლელაშვილი, კ. პაპავა. საიმედო ექსპერიმენტის დაგეგმვის მეთოდის შესახებ მიღების გლინვის ტექნოლოგიის გამოკვლევისას საწარმოო პირობებში 448

მანქანათმშენებლობა

- \*ვ. ბაკაშვილი, ვ. კოვროვი. ქაოტურად არმირებული მინაპლასტიკების დეფორმაციულობის პროგნოზირება სხვადასხვა ტემპერატურის დროს 452

მასალათა ტექნოლოგია

\*ზ. წილოსანი, ხ. ჩიქოვანი, შ. მექვაბიშვილი. მკუმში დატვირთვის ხანგრძლივი მოქმედებისას ცემენტის ქვის კაპილარულ-ფორთვან სტრუქტურაში მიმდინარე ცვლილებების შესახებ 455

აბრძენი

ც. მკედლიშვილი. მანგანუმის და თუთიის მიკროსასუქების გავლენა სიმინდის მოსავლიანობაზე რუხი-ყაფისფერი ნიადაგების პირობებში 457

მიტყევი

\*მ. ზედელაშვილი. თხილის (*Corylus avellana* L.) პოპულაციების გენეტიკური სტრუქტურა და მისი პრაქტიკული მნიშვნელობა 462

ბიომი

\*ნ. ნუცუბიძე, ნ. დავითაშვილი. 2,4-D-ს წარმოებული ჰერბიციდების მოქმედება სიმინდის ნაზარდების ნიტრატრედუქტაზულ და გლუტამატდეჰიდროგენაზულ აქტივობებზე აზოტით კვების ფონზე 468

ფიტოპათოლოგია

\*გ. ყალიჩავა, დ. შარვაშიძე, ტ. ქოქრაშვილი, გ. გრიგორიანი. სპინური ნიშნის ლოკალიზაცია თამბაქოს მონაკის ვირუსში 472

მასპერიმენტული სორფოლოგია

\*ი. ბერაძე. თვალუდის არტერიის გამოვლინება სტრეო-კარტიდული ანგიოგრაფიის მეთოდით 474

\*გ. გვანცელაძე. მრავლობითი დამიზნებითი ბიოპსიის მეთოდის დიაგნოსტიკური მნიშვნელობა ქრონიკული გასტრიტის დროს 479

მასპერიმენტული მიმდინარე

\*კ. გაგუა, ა. გაგუა. ორგანოებისა და სისხლძარღვების კომპრესიის მნიშვნელობა ქირურგიაში 484

\*ვ. თერი, კ. კვიციანი. სხვადასხვა მიმართულების, ერთჯერადი და მრავალჯერადი გრძივი გადატვირთვის გავლენა ელენთის ჰისტოსტრუქტურაზე 487

\*ვ. ნაცვლიშვილი. კრიომოქმედება გვერდითი და გრანულოზური ფარინგიტების დროს 491

ეკონომიკა

ო. ქეშელაშვილი, ვ. ჯინჭარაძე. მოსავლიანობის პროგნოზირება მათემატიკური მეთოდების გამოყენებით მინერალური სასუქების ოპტიმალური განაწილების საფუძველზე 493

ენათმეცნიერება

თ. შიოშვილი. ზოგიერთი დაკვირვება სატყვის მწარმოებელ ვარიებაზე 500

არქეოლოგია

მ. ნიორაძე. ორთვალა მღვიმე 501

ხელოვნების ისტორია

\*ლ. ხრუშკოვა. საკურთხევლის ქვის ფილები წებელდიდან 508

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИКА

А. Д. Тавадзе. Проективные проинильпотентные $W$ -группы	273
Т. Л. Шервашидзе. Неравенство для характеристической функции одного вырожденного многомерного распределения	277
Г. К. Дарджания. Об одном варианте классического исчисления секвенции	281
Р. Д. Гецадзе. Расходящийся в смысле метрики $L(0,1)$ ряд Фурье для произвольной ограниченной ортонормированной системы	285
В. И. Тевзадзе. О сходимости ряда Фурье в точке	289
<b>Н. П. Швелидзе</b> . Теоремы интегрируемости функций, представимых некоторыми функциональными рядами	293
З. И. Шенгелия. Некоторые замечания о сходимости проекционных методов	297
Л. Г. Замбахидзе. О вычетах топологических пространств	301
Д. Ф. Гогоадзе. Представление некоторых линейных функционалов и операторов интегралом Колмогорова	305
Г. И. Мирзашвили, В. А. Фришлинг. О полугруппах множеств операторов, связанных с управляемыми марковскими процессами	309

### МЕХАНИКА

Г. Н. Гвазава. Анализ колебаний и устойчивости (на опрокидывание) массивных элементов некоторых гидросооружений при динамических взаимодействиях	313
А. А. Кутателадзе. К вопросу определения частоты помпажного колебания расхода и давления в турбовоздуходувной установке	317

### КИБЕРНЕТИКА

З. А. Пиранашвили, Т. Г. Сулаберидзе. О нелинейном прогнозе и фильтрации кусочно-экспоненциально и полиномиально преобразованных гауссовских случайных процессов	321
О. Г. Верулава. Об одном методе группировки реализаций в распознавании образов	325
М. Е. Перельман. Разложение функции в ряд и в интеграл Фурье и проблема квантования	329
А. А. Матевосян. Реализация вероятностных отображений на клеточных автоматах	333
К. С. Қвинихидзе, В. В. Чавчанидзе (академик АН ГССР). Концептуальный подход к описанию эволюции белковых структур	337

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



### ФИЗИКА

- З. Г. Цинцадзе, В. С. Кортов, Ф. Ф. Гаврилов. Комплексное спектроскопическое исследование кристаллов рубина 341
- Н. М. Гвилава, А. Б. Герасимов, А. Х. Калашян, Г. Ш. Нарсия, Г. Л. Эристави. Прыжковая проводимость в *Ge*, облученном быстрыми электронами 345
- И. Д. Кирвалидзе, Н. И. Заратуйко, И. И. Кирвалидзе. Влияние термической обработки на удельное электросопротивление кремния *n*-типа 349

### ГЕОФИЗИКА

- М. А. Алексидзе, Г. Е. Гугунава, К. В. Пертая. Расчет термоупругих напряжений, вызванных изменением термического режима земной коры, для одной физической модели 353
- М. В. Алания, А. И. Қарцивадзе, Э. И. Хелая. Применение метода многомерной корреляции для распознавания градовых и ливневых облаков 357
- Э. Л. Шен. К вопросу о происхождении верхней мантии Земли 361
- А. Г. Хантадзе, Р. Г. Гачечиладзе, Б. Я. Чехошвили. О влиянии вертикальных дрейфов на распределение электронной концентрации в области *F* ионосферы 365

### АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- И. А. Ломадзе, Н. Н. Джгамадзе, И. И. Моннава, В. С. Бостоганашвили. Количественное определение некоторых флавоноидов в растениях 369

### ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- А. В. Долидзе, А. Л. Лапидус, Х. И. Арешидзе (академик АН ГССР). О продуктах превращений алкенил- и алкилиденциклобутанов на алюмосиликатных катализаторах 373
- А. И. Кахнашвили, Э. Н. Чиковани, Д. Ш. Иорамашвили, М. М. Ментешашвили. Спектральное и хроматографическое исследование алкенилфенолов 377
- И. М. Гвердцители (член-корреспондент АН ГССР), М. И. Джелия, Л. В. Барамидзе. Взаимодействие некоторых третичных гидроаминосиланов с фенил- и дифенилацетиленами 381
- Л. Д. Меликадзе (академик АН ГССР), Э. А. Ушараули, Л. М. Кортава. Гидрокаталитическое превращение ариладамантанов с конденсированными ароматическими кольцами 385
- Г. И. Баларджишвили, А. В. Долидзе, Х. И. Арешидзе (академик АН ГССР). Превращения циклопентеновых углеводородов на аморфном алюмосиликате 389
- Н. С. Дохтуришвили, Г. Ш. Папава, Н. А. Майсурадзе, П. Д. Цискаришвили, И. И. Абхазава. Новые отвердители глицидных эфиров 393
- А. И. Ногайдели, З. С. Табидзе, Г. Д. Кахнашвили. Выделения циан-ионов из водно-спиртовых растворов с помощью ионообменных полимеров 397

- Л. А. Беридзе, М. К. Кутателадзе, Г. Ш. Папава, П. Д. Цискаришвили. Исследование некоторых свойств ароматических карбовых полисульфоксидов 401

#### ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Ш. И. Сидамонидзе, К. М. Марчилашвили, О. Г. Девдариани. Исследование адсорбции метана и н-бутана на синтетических цеолитах типа L и его катионзамещенных формах 405

#### ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

- К. С. Кутателадзе (член-корреспондент АН ГССР), Г. Г. Гаприндашвили, Е. Ш. Харашвили. Керамические пигменты на базе перлита и  $Nd_2O_3$  409

#### ФИЗИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

- Л. В. Когошвили, Л. К. Гогичайшвили. О возрасте аллювия в поперечном прогибе ЦДО (Дарьяльское ущелье Терек) 413

#### ГИДРОГЕОЛОГИЯ

- Д. В. Качарава, Дж. Ш. Габечава. Палеогидрогеологические и гидрогеохимические критерии прогноза нефтегазоносности восточного окончания Триавети 417

#### ГЕОЛОГИЯ

- Р. А. Гамбашидзе. К стратиграфии верхнемеловых отложений северного и западного обрамления Джавахетского нагорья (Южная Грузия) 421

- Г. Ф. Челидзе. Новый представитель рода *Oxidacna* из куяльницких отложений Западной Грузии 425

#### ГЕОХИМИЯ

- В. З. Ярошевич, М. Ш. Кавиладзе, Д. В. Аревадзе, В. Г. Гогичаишвили. Фракционирование изотопов серы в процессе гидротермально-го синтеза пирит-баритового парагенезиса 429

#### СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

- Г. Н. Хашба. Исследование динамической устойчивости цилиндрических оболочек при кручении 433
- Г. И. Гвинчидзе, Г. Г. Дзодзуашвили, Г. В. Кизирия. Определение усилий в однородных статически неопределимых конструкциях с учетом нелинейной ползучести бетона 437

#### МЕТАЛЛУРГИЯ

- Т. В. Самкурашвили, Ф. Н. Тавадзе (академик АН ГССР). Исследование электрических свойств аморфных пленок бора 441
- Л. Н. Оклей, А. И. Тутберидзе, Ш. Г. Лелашвили, К. Г. Папава. О методике планирования надежного эксперимента при исследовании технологии прокатки труб в производственных условиях 445

### МАШИНОВЕДЕНИЕ

- В. С. Баакашвили, В. Н. Ковров. Прогнозирование деформативности хаотически армированных стеклопластиков при различных температурах 449

### ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ

- З. Н. Циლოსани, Х. С. Чиковани, Ш. К. Меквабшвили. Об изменениях в капиллярно-пористой структуре цементного камня при длительном действии сжимающей нагрузки 453

### АГРОХИМИЯ

- \* Ц. И. Мchedlishvili. Влияние марганцевых и цинковых микроудобрений на урожай кукурузы в условиях серо-коричневых почв 460

### ЛЕСОВОДСТВО

- М. С. Зеделашвили. Генетическая структура естественных популяций лещины (*Corylus avellana* L.) и ее практическое значение 461

### БИОХИМИЯ

- Н. Н. Нуцубидзе, Н. А. Давиташвили. Влияние гербицидов, производных 2,4-Д, на нитратредуктазную и глутаматдегидрогеназную активности проростков кукурузы на фоне азотного питания 465

### ФИТОПАТОЛОГИЯ

- Г. С. Каличава, Д. И. Шарашидзе, Т. А. Кокрашвили, Г. Л. Григорян. Локализация спиновой метки в вирусе табачной мозаики 469

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ

- И. Н. Берадзе. Выявление глазничной артерии методом стерео-каротидной ангиографии 473
- В. И. Гванцеладзе. Значение множественной прицельной биопсии для диагностики хронического гастрита 477

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

- Ж. С. Гагуа, А. М. Гагуа. Значение компрессии органов и сосудов в хирургии 481
- В. К. Этерия, К. В. Кивиладзе. Влияние разнонаправленных однократных и многократных продольных перегрузок на гистоструктуру селезенки 485
- В. И. Нацвлишвили. Криовоздействие при боковом и гранулезном фарингите 489

### ЭКОНОМИКА

- \* О. Г. Кешелашвили, В. Г. Джинчарадзе. Прогнозирование урожайности с использованием математических методов на основе оптимального распределения минеральных удобрений 495

### ЯЗЫКОЗНАНИЕ

- Т. Г. Шиошвили. Некоторые наблюдения за словообразовательным варьированием 497

### АРХЕОЛОГИЯ

- М. Г. Ниорадзе. Находки из пещеры Ортвала 504

### ИСТОРИЯ ИСКУССТВА

- Л. Г. Хрушкова. Плиты алтарной преграды из Цebelды 505

## CONTENTS \*

### MATHEMATICS

A. D. Tavadze. Projective pronilpotent $W$ -groups	276
T. L. Shervashidze. Inequality for the characteristic functions of one degenerate multivariate distribution	280
G. K. Darjania. On a variant of classical sequent calculus	284
R. D. Getsadze. Divergence of Fourier series in the sense of $L(0,1)$ metric for all orthonormal bounded systems	287
V. I. Tevzadze. On the convergence of Fourier series at a point	292
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">N. P. Shvelidze</span> . On the integrability theorems for functions representable by certain functional series	296
Z. I. Shengelia. Some remarks on the convergence of projectional methods	299
L. G. Zambakhidze. On the residues of topological spaces	303
D. F. Gogvadze. Representation of linear functionals and operators by the integral of Kolmogoroff	308
G. I. Mirzashvili, V. A. Frishling. On semi-groups of operator sets connected with controlled Markovian processes	312

### MECHANICS

G. N. Gvazava. Analysis of oscillation and stability (against overturning) of the rigid elements (monoliths) of some hydraulic engineering structures under dynamic effects	316
A. A. Kutateladze. On determining the air rate and pressure frequency of surging oscillation in a turbo-blower installation	320

### CYBERNETICS

Z. A. Piranashvili, T. G. Sulaberidze. Nonlinear prognosis and filtration of piecewise-exponential and polynomially transformed Gaussian random processes	324
O. G. Verulava. A method of grouping realizations in pattern recognition	328
M. E. Perel'man. Expansion of functions into the Fourier series and integral and the problem of quantization	332
A. A. Matevosyan. Realization of probabilistic mappings on cellular automata	336

---

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

- K. S. Kvinikhidze, V. V. Chavchanidze. Conceptual approach to the description of the evolution of protein structures 340

## PHYSICS

- Z. G. Tsintsadze, V. S. Kortov, F. F. Gavrilov. Complex spectroscopic investigation of ruby crystals 343
- N. M. Gvilava, A. B. Gerasimov, A. Kh. Kalashian, G. Sh. Narsia, G. L. Eristavi. The hopping conduction in Ge irradiated by fast electrons 348
- I. D. Kirvalidze, N. I. Zaratuyko, I. I. Kirvalidze. The effect of thermal treatment on the electric resistivity of *n*-type silicon 352

## GEOPHYSICS

- M. A. Aleksidze, G. E. Gugunava, K. V. Pertalia. Calculation of the thermoelastic stresses due to the variance of the Earth's crust thermal regime for one physical model 356
- M. V. Alania, A. I. Kartsvivadze, E. I. Khelasia. Application of the multidimensional correlation method for the recognition of hail- and shower-producing clouds 360
- E. L. Schön. On the question of the origin of the Earth's upper mantle 364
- A. G. Khantadze, R. G. Gachechiladze, B. Y. Chekhoshvili. On the influence of vertical drifts on the electron concentration distribution in the ionospheric *F* region 368

## ANALYTICAL CHEMISTRY

- I. A. Lomadze, N. N. Jgamadze, I. I. Moniava, V. S. Bostoganashvili. Determination of some flavonoids in plants 371

## ORGANIC CHEMISTRY

- A. V. Dolidze, A. L. Lapidus, Ch. I. Areshidze. About the products of transformations of alkenyl- and alkylidene-cyclobutanes on silica-alumina catalysts 376
- A. I. Kakhniashvili, E. N. Chikovani, D. Sh. Ioramashvili, M. M. Menteshashvili. Spectral and chromatographic study of alkenylphenols 380
- I. M. Gverdtsiteli, M. I. Jelia, L. V. Baramidze. Reaction of some tertiary hydroaminosilanes with phenyl and diphenylacetylene 384
- L. D. Melikadze, E. A. Usharauli, L. M. Kortava. Hydrocatalytic transformation of condensed aryl adamantanes 388
- G. I. Balarjishvili, A. V. Dolidze, Ch. I. Areshidze. Transformations of cyclopentenic hydrocarbons on amorphous silica-alumina 392
- N. S. Dokhturishvili, G. Sh. Papava, N. A. Maisuradze, P. D. Tiskarishvili, I. I. Abkhazava. New hardeners of glycidic ethers 396
- A. I. Nogaideli, Z. S. Tabidze, G. D. Kakhniashvili. The isolation of cyan-ions from water-alcohol solutions by means of ion exchange resins 399

- L. A. Beridze, M. K. Kutateladze, G. Sh. Papava, P. D. Tsiskarishvili. Study of some properties of aromatic cardiac polysulfoxides 404

#### PHYSICAL CHEMISTRY

- Sh. I. Sidamonidze, K. M. Marchilashvili, O. G. Devdariani. Methane and *n*-butane adsorption study on *L* type synthetic zeolite and its cation-exchanged forms 408

#### CHEMICAL TECHNOLOGY

- K. S. Kutateladze, G. G. Gaprindashvili, E. Sh. Kharashvili. Ceramic pigments based on perlite and  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  412

#### PHYSICAL GEOGRAPHY

- L. V. Kogoshvili, L. K. Gogichaishvili. On the age of alluvium in the cross trough of Tsdo (Daryal Gorge) 415

#### HYDROGEOLOGY

- D. V. Kacharava, J. Sh. Gabechava. Paleohydrogeological and hydrogeochemical criteria for predicting the content of oil and gas in the eastern part of Trialeti 419

#### GEOLOGY

- R. A. Ghambashidze. On the stratigraphy of the Upper Cretaceous deposits of the northern and western exposure of the Djavakheti upland (southern Georgia) 423

- G. F. Chelidze. A new representative of the genus *Oxidacna* from the Kuyalnikian sediments of western Georgia 428

#### GEOCHEMISTRY

- V. Z. Yaroshevich, M. Sh. Kaviladze, D. V. Arevadze, V. G. Gogishvili. Fractionation of sulfur isotopes in the process of hydrothermal synthesis of pyrite-barite paragenesis 432

#### STRUCTURAL MECHANICS

- G. N. Khashba. Investigation of the dynamic stability of cylindrical shells under torsion 435

- G. I. Gvinchidze, G. G. Dzodzuashvili, G. V. Kiziria. Determination of stresses in uniform, statically indeterminate constructions taking into consideration the nonlinear creep of concrete 439

#### METALLURGY

- T. V. Samkurashvili, F. N. Tavadze. Investigation of the electrical properties of amorphous boron films 443

- L. N. Okley, A. I. Tutberidze, Sh. G. Lelashvili, K. G. Papava. On methods of planning a reliable experiment when investigating the technology of tube rolling in working conditions 448

## MACHINE BUILDING SCIENCE

- V. S. Baakashvili, V. N. Kovrov. Prediction of the deformation of chaotically reinforced glass fibres at various temperatures 452

## TECHNOLOGY OF MATERIALS

- Z. N. Tsilosani, Kh. S. Chikovani, Sh. K. Mekvabishvili. On changes in the capillary-porous structure of cement stone under constant action of compressive load 456

## AGRICULTURAL CHEMISTRY

- Ts. I. Mchedlishvili. The effect of manganese and zinc microfertilizers on the maize crop under cinnamon grey desert soil conditions 460

## FORESTRY

- M. S. Zedelashvili. Genetic structure of natural populations of hazel (*Corylus avellana* L.) and its economic significance 463

## BIOCHEMISTRY

- N. N. Nutsubidze, N. A. Davitashvili. Effect of herbicides of 2,4-D derivatives on the activities of nitrate reductase and glutamate dehydrogenase from maize seedlings against the background of nitrogen feeding 468

## PHYTOPATHOLOGY

- G. S. Kalichava, D. I. Sharvashidze, T. A. Kokrashvili, G. L. Grigoryan. Location of the spin label in TMV reconstructed from labelled protein spins 472

## EXPERIMENTAL MORPHOLOGY

- I. N. Beradze. Stereo-carotid angiography of the ophthalmic artery 475  
 V. I. Gvantseladze. Diagnostic importance of multiple gastroscopic biopsy in chronic gastritis 479

## EXPERIMENTAL MEDICINE

- K. S. Gagua, A. M. Gagua. The importance of compression of organs and macrovessels in surgery 484  
 V. K. Eteria, K. V. Kiviladze. The effect of variously-directed single and repeated longitudinal overloads on the spleen histostucture 487  
 V. I. Natsvlivshvili. Cryotherapy in lateral and granular pharyngitis 492

## ECONOMICS

- O. G. Keshelashvili, V. G. Jincharadze. Prediction of cropping capacity by mathematical methods on the basis of optimum distribution of fertilizers 495

---

LINGUISTICS

- T. G. Shioshvili. Some observations on derivational variation 500

ARCHAEOLOGY

- M. G. Nioradze. Ortvala Cave finds 504

HISTORY OF ART

- L. G. Khrushkova. The altar stone slabs from Tsebelda 508





А. Д. ТАВАДЗЕ

## ПРОЕКТИВНЫЕ ПРОНИЛЬПОТЕНТНЫЕ $W$ -ГРУППЫ

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 26.4.1976)

В некоторых многообразиях групп проективные группы совпадают со свободными группами этого многообразия. Такими являются, например, шрейеровы многообразия, нильпотентные многообразия экспоненты, равной нулю или степени простого числа [1, 2]. В настоящей заметке рассматривается вопрос о совпадении проективных и свободных объектов в некоторых классах пронильпотентных  $W$ -групп. (Определения и обозначения, связанные с пронильпотентными  $W$ -группами, см. в [3]).

Пусть  $K$ —класс пронильпотентных  $W$ -групп. Будем говорить, что группа  $F$  из  $K$  есть свободная группа в классе  $K$  со свободными образующими  $x_i$ ,  $i \in I$ , если  $F$  порождается ими топологически и если для любой группы  $G \in K$  с системой топологических образующих  $a_i$ ,  $i \in I$ , отображение  $x_i \rightarrow a_i$  продолжается до непрерывного гомоморфизма. Мощность множества  $I$  называется рангом группы  $F$ .

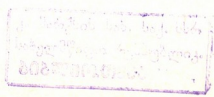
Группы, свободные в классе всех пронильпотентных  $W$ -групп (назовем их абсолютно свободными пронильпотентными  $W$ -группами), можно построить следующим образом. Обозначим через  $A(W, I)$  алгебру некоммутативных, ассоциативных степенных рядов от переменных  $x_i$ ,  $i \in I$  с коэффициентами в  $W$ . Пусть  $H$ —мультипликативная группа элементов из  $A(W, I)$ , свободные члены которых равны 1. Для  $\lambda \in W$  и  $1+h \in H$  определим

$$(1+h)^\lambda = 1 + \lambda h + \binom{\lambda}{2} h^2 + \dots + \binom{\lambda}{k} h^k + \dots$$

Тогда можно проверить, что замкнутая подгруппа группы  $H$ , порожденная элементами  $1+x_i$ ,  $i \in I$ , превращается в абсолютно свободную пронильпотентную  $W$ -группу ранга  $I$ .

Пусть  $F$ —абсолютно свободная пронильпотентная  $W$ -группа со свободными образующими  $x_i$ ,  $i=1, 2, 3, \dots$ ;  $V$ —некоторое множество элементов группы  $F$ .

Многообразием пронильпотентных  $W$ -групп, соответствующим множеству  $V$ , называется класс всевозможных пронильпотентных  $W$ -групп, таких, что при любом непрерывном гомоморфизме группы  $F$  в любую группу из этого класса все элементы множества  $V$  переходят в единицу.



В многообразиях пронильпотентных  $W$ -групп существуют свободные группы, которые мы будем называть относительно свободными пронильпотентными  $W$ -группами. Их можно получить в виде фактор-группы  $F/(\bar{V})^W$  абсолютно свободной пронильпотентной  $W$ -группы  $F$  соответствующего ранга по минимальному замкнутому идеалу, содержащему множество  $V$ .

Перейдем теперь к проективным группам многообразия пронильпотентных  $W$ -групп. Все группы предполагаются принадлежащими определенному многообразию.

Группа  $G$  называется проективной, если для любой точной последовательности  $A \xrightarrow{\alpha} B \rightarrow 1$  и для любого непрерывного гомоморфизма  $\beta: G \rightarrow B$  существует непрерывный гомоморфизм  $\gamma: G \rightarrow A$ , такой, что  $\gamma\alpha = \beta$ .

Очевидно, что все относительно свободные группы проективны.

**Предложение 1.** Группа  $G$  проективна тогда и только тогда, когда она является дополнением некоторого замкнутого идеала  $S$  относительно свободной группы  $F$ .

Условие этого предложения означает, что в группе  $F$  имеется замкнутый идеал  $S$ , такой, что  $F = SG$  и отображение  $(s, g) \rightarrow sg$  пространства  $S \times G$  на  $F$  является гомеоморфизмом, т. е. группа  $F$  расщепляется над  $S$  с помощью  $G$ .

**Предложение 2.** Группа  $G$  проективна тогда и только тогда, когда любая группа  $C$ , являющаяся расширением группы  $S$  с помощью группы  $G$ , является расщепляющимся расширением  $S$  с помощью  $G$ .

Чтобы выяснить условия, при которых проективные группы являются свободными, существенно используется следующее важное свойство пронильпотентной  $W$ -группы.

**Лемма 1.** Если в пронильпотентной  $W$ -группе  $G$  множество  $M$  порождает  $G$  по модулю замкнутого коммутанта  $\bar{G}_2$ , то  $M$  порождает  $G$  топологически.

По индукции можно доказать, что  $M$  порождает  $G$  по модулю  $\bar{G}_n$  для любого  $n$  (при этом используется соотношение  $\bar{G}_{n-1} = G \bar{G}_n$ ). Следовательно, для любого  $n$  всякий элемент  $g \in G$  представляется в виде  $g = h_n g_n$ , где  $h_n$  выражается через  $M$ , а  $v_n \in \bar{G}_n$ . Поэтому  $g \in \bar{M}$ .

По аналогии с понятием экспоненты абстрактной группы можно ввести понятие экспоненты пронильпотентной  $W$ -группы.

Экспонентой пронильпотентной  $W$ -группы  $G$  называется идеал  $L \subseteq W$ , состоящий из всех элементов  $\lambda \in W$ , таких, что  $x^\lambda = 1$  для любого  $x \in G$ .

**Лемма 2.** Если  $G$  относительно свободная пронильпотентная  $W$ -группа, то ее экспонента совпадает с экспонентой  $G/\bar{G}_2$ . Если при этом  $x_i, i \in I$  суть свободные образующие группы  $G$ , то  $G/\bar{G}_2$  разлагается в прямое произведение циклических  $W$ -групп, порожденных  $x_i$  по модулю  $\bar{G}_2$  (все они имеют экспоненту, равную экспоненте группы  $G$ ).

Доказательство леммы 2 исходит из того, что экспонента группы  $G$  равна, не изменяющейся при факторизации по  $\overline{G}_2$ , экспоненте циклической  $W$ -группы  $\{x_i\}^W$ . Кроме того, прямое произведение  $\prod_{i \in I} \{y_i\}^W$  циклических  $W$ -групп той же экспоненты, что и группа  $G$ , лежит в минимальном многообразии, содержащем  $G$ . Поэтому отображение  $x_i \rightarrow y_i$  определяет эпиморфизм  $\epsilon: G \rightarrow \prod_{i \in I} \{y_i\}^W$ . Проверяется, что  $\text{Ker } \epsilon = \overline{G}_2$ .

**Теорема 1.** Если над кольцом  $W$  всякий проективный модуль свободен, то во всяком многообразии проинильпотентных  $W$ -групп нулевой экспоненты каждая проективная группа свободна.

Пусть  $G$ —проективная группа многообразия  $U$ .

Тогда для некоторой  $U$ -свободной группы  $\Phi$  имеем  $\Phi = G \cdot N$  (т. е.  $G$ —ретракт группы  $\Phi$ ).

Поэтому  $\overline{\Phi}_2 \cap G = \overline{G}_2$  и  $G/\overline{G}_2$  будет прямым множителем для  $\Phi/\overline{\Phi}_2$ , т. е. будет свободным  $W$ -модулем.

Если  $a_i \in \overline{G}_2$ ,  $i \in I$ —свободные образующие этого модуля, то элементы  $a_i$ ,  $i \in I$  по лемме 1 порождают  $G$ .

Пусть  $F$ — $U$ -свободная группа со свободными образующими  $x_i$ ,  $i \in I$ . Обозначим через  $\varphi: F \rightarrow G$  эпиморфизм такой, что  $\varphi(x_i) = a_i$ . Тогда  $G$  будет ретрактом для  $F$ , т. е.  $F = GR$ . Так как  $\varphi$ —изоморфизм по модулю коммутантов, то  $R \subseteq \overline{F}_2$ , откуда, по лемме 1,  $F = G$ .

По аналогичной схеме доказывается

**Теорема 2.** Пусть  $P$ —идеал в  $W$ , такой, что над кольцом  $W/P$  все проективные модули свободны. Если многообразие проинильпотентных  $W$ -групп имеет экспоненту  $P$ , то все его проективные группы свободны.

**Замечание.** Если  $W$ —кольцо главных идеалов, то в качестве  $P$  можно взять идеал  $(p^k)$ , где  $p$ —простой элемент кольца  $W$ .

Тбилисский государственный университет

(Поступило 29.4.1976)

შათყვარძაძე

ა. შათყვარძაძე

პროექციული პრონილპოტენტური  $W$ -ჯგუფები

რეზიუმე

$G$  პრონილპოტენტური  $W$ -ჯგუფის ექსპონენტი ეწოდება  $W$  რგოლის  $L$  იდეალს, რომელიც შედგება ყველა იმ  $\lambda \in W$  ელემენტისაგან, რომლისთვისაც  $x^\lambda = 1$   $G$  ჯგუფის ნებისმიერი  $x$  ელემენტისათვის.

მტიკცდება შემდეგი თეორემები.

თეორემა 1. თუ  $W$  რგოლზე ყოველი პროექციული მოდული თავისუფალია, მაშინ ნულის ტოლი ექსპონენტის მქონე პრონილპოტენტურ  $W$ -ჯგუფთა ყოველ მრავალსახეობაში ყოველი პროექციული ჯგუფი თავისუფალია.

თეორემა 2. ვთქვათ,  $P$  ისეთი იდეალია  $W$  რგოლში, რომ  $W/P$  რგოლზე ყოველი პროექციული მოდული თავისუფალია, მაშინ  $P$ -ს ტოლი ექსპონენტის მქონე პრონილპოტენტურ  $W$ -ჯგუფთა ყოველ მრავალსახეობაში ყოველი პროექციული ჯგუფი თავისუფალია.

MATHEMATICS

A. D. TAVADZE

## PROJECTIVE PRONILPOTENT $W$ -GROUPS

### Summary

The ideal  $L$  of the ring  $W$  is said to be the exponent of the pronilpotent  $W$ -group  $G$  if it consists of all those elements  $\lambda \in W$  for which  $x^\lambda = 1$  for any  $x \in G$ .

The following is proved:

**Theorem 1.** If all projective modules over  $W$  are free, then in every variety of pronilpotent  $W$ -group of exponent  $O$  each projective group is free.

**Theorem 2.** Let  $P$  be an ideal of  $W$  such that over the ring  $W/P$  all projective modules are free. If the variety of pronilpotent  $W$ -groups is of exponent  $P$ , then all the projective groups of this variety are free.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Ph. Hall. Proc. London Math. Soc., 4, 1954, 343—356.
2. X. Нейман. Многообразия групп. М., 1969.
3. A. D. Tavadze. Сообщения АН ГССР, 79, № 2, 1975, 301—304.



Т. Л. ШЕРВАШИДЗЕ

НЕРАВЕНСТВО ДЛЯ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ  
 ОДНОГО ВЫРОЖДЕННОГО МНОГОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. В. Жижишвили 4.6.1976)

Пусть случайная величина  $X$  имеет равномерное распределение в  $[0, \pi]$ . Рассмотрим случайный вектор  $\bar{X} = (\cos X, \dots, \cos kX)$ , компоненты которого некоррелированы и одинаково распределены. Характеристическая функция  $\bar{X}$  равна

$$f_k(t) = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \exp \{i(t_1 \cos x + \dots + t_k \cos kx)\} dx, \quad t = (t_1, \dots, t_k) \in R^k. \quad (1)$$

Имеем  $f_k(0, \dots, 0, t_m, 0, \dots, 0) = f_1(t_m) = J_0(t_m)$ , где  $J_0(x)$  — бesselева функция нулевого порядка.

Для предельных теорем интересно определить характер убывания (1) при  $|t| \rightarrow \infty$ . Известно [1], что при больших  $|t|$  первый член асимптотического ряда  $f_1(t) = J_0(t)$  равен  $\sqrt{\frac{2}{\pi}} |t|^{-1/2}$  и справедливо неравенство

$$|f_1(t)| \leq \sqrt{\frac{2}{\pi}} |t|^{-1/2}. \quad (2)$$

В (2) привлекает внимание оптимальность показателя степени  $|t|$ .

Неравенство типа (1) для  $f_k(t)$  можно было искать посредством работы [2], которая содержит оценки характеристических функций вырожденных распределений в довольно общей ситуации. Однако даже в случае  $k=1$  порядок по  $t$  равен  $-\frac{1}{3}$ , а при  $k=2$  вычисления усложняются и единая оценка для всей плоскости (кроме тривиальной  $|t|^0$ ), повидимому, не получается.

С помощью второй теоремы о среднем значении при  $k=2$  обнаруживается любопытный результат: для любого  $\varepsilon > 0$  существуют константы  $C_\varepsilon^1$  и  $C_\varepsilon^2$  такие, что

$$|f_2(t)| \leq \begin{cases} C_\varepsilon^1 |t|^{-1/2} & \text{при } ||t_2/t_1| - 1/4| > \varepsilon, \\ C_\varepsilon^2 |t|^{-1/4} & \text{при } ||t_2/t_1| - 1/4| \leq \varepsilon. \end{cases}$$

В итоге при  $k=2$  единая оценка имеет вид

$$|f_2(t)| \leq C |t|^{-1/4}. \quad (3)$$

Заметим, что по этому пути при  $k=1$  приходим к оценке

$$|f_1(t)| \leq C |t|^{-1/2}, \text{ где } C = (6/\pi)^{3/2}.$$

Для больших  $k$  этот метод вряд ли можно рационализировать так, чтобы он стал приемлемым для оценки.

Ю. В. Прохоровым было предложено использовать с целью оценки  $f_k(t)$  известное неравенство И. М. Виноградова [3]

$$\left| \int_0^1 \exp \{i2\pi(t_1 x + \dots + t_k x^k)\} dx \right| \leq \min(1, 62k t_0^{-1/k}), \quad (4)$$

где  $t_0 = \max_{1 < m < k} |t_m|$ . Дело в том, что преобразованием переменных  $f_k(t)$  принимает вид

$$f_k(t) = \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \exp \left\{ i \sum_{m=1}^k t_m T_m(x) \right\} \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}},$$

где  $T_m(x) = \sum_{j=0}^m c_{mj} x^j$  — полином Чебышева первого рода, а неравенство типа (4) служит средством получения оценок для интеграла

$$g_k(t; p) = \int_a^b \exp \{i(t_1 x + \dots + t_k x^k)\} p(x) dx,$$

где  $p(x)$  — положительная интегрируемая функция на  $[a, b]$ , в частности, плотность вероятности.

Справедлива следующая

Лемма. Если  $p(x)$  — положительная интегрируемая функция и

$$q = \int_a^b \max(1, |x|^{1-1/k}) |p'(x)| dx < \infty,$$

то

$$|g_k(t; p)| \leq C_k^0 (q(a) + q(b) + q) |t|^{-1/k},$$

где

$$q(x) = \max(1, |x|^{1-1/k}) p(x), \quad C_1^0 = 2, \quad C_k^0 = 62k(2\pi\sqrt{k})^{1/k}, \quad q(\pm\infty) = 0.$$

Соотношение  $q(\pm\infty) = 0$  не следует из выражения для  $q(x)$ , но в ходе доказательства выясняется, что оценка  $g_k(t; 1)$  из работы [4] позволяет исключить влияние бесконечного конца интервала.

При  $p_0(x) = \pi^{-1}(1-x^2)^{-1/2}$ ,  $|x| < 1$ , очевидно, что  $q = \infty$ , но зафиксировав  $\alpha > 0$ ,  $g_k(t; p_0)$  можно оценить по лемме на интервале  $(-(1-\alpha),$

$1-\alpha)$  и добавить к полученному выражению оценку интеграла  $2 \int_{1-\alpha}^1 p_0(x) dx$ .

Последующий выбор оптимального  $\alpha$  приводит к оценке

$$\left| \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \exp \{i(t_1 x + \dots + t_k x^k)\} \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} \right| \leq \frac{4}{\pi} (C_k^0 + 1) |t|^{-1/2k}. \quad (5)$$

Если теперь принять обозначение

$$A_k = \begin{pmatrix} c_{11}, & 0, & \dots, & 0 \\ c_{21}, & c_{22}, & \dots, & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{k1}, & c_{k2}, & \dots, & c_{kk} \end{pmatrix},$$

то получим

$$f_k(t) = g_k(A_k' t; \rho_0)$$

( $'$  означает транспонирование;  $|A_k| = 2^{k(k-1)/2}$ ). Из (5) следует Теорема 1. *Имеет место оценка*

$$|f_k(t)| \leq \frac{4}{\pi} (C_k^0 + 1) (t' A_k A_k' t)^{-1/4k}. \quad (6)$$

Обозначим  $\lambda_k$  минимальное собственное число матрицы  $A_k A_k'$ . Так как  $t' A_k A_k' t \geq \lambda_k |t|^2$ , то из (6) имеем

$$|f_k(t)| \leq \frac{4}{\pi \lambda_k^{1/4k}} (C_k^0 + 1) |t|^{-1/2k}. \quad (7)$$

При  $k=1, 2, \lambda_k=1$ , а для больших  $k$  нами получена оценка

$$\lambda_k^{1/4k} > \frac{1}{6} 3^{-(k-1)/4}. \quad (8)$$

Согласно (7) и (8) верна Теорема 2. *Имеет место оценка*

$$|f_k(t)| \leq C_k |t|^{-1/2k}, \quad (9)$$

где

$$C_k = \frac{8}{\pi} 3^{k+3/4} (C_k^0 + 1).$$

(9) находится в согласии с (2) и (3). Замечательно, что порядок  $|t|$  в (9) является оптимальным. Существуют направления, вдоль которых главный член асимптотики  $f_k(t)$  имеет порядок  $|t|^{-1/2k}$ . Приведем пример. Числа  $a_{hm}$ ,  $m=0, \dots, k$ , можно подобрать так, чтобы  $(\cos x + 1)^k =$

$$= \sum_{m=0}^k a_{hm} \cos mx. \text{ Следовательно, при } t_0 = (a_{h1} t, a_{h2} t, \dots, a_{hm} t), \quad t > 0,$$

$$f_h(t_0) = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \exp \{it [(\cos x + 1)^k - a_{h0}]\} dx =$$

$$= \frac{\exp\{-it a_{k0}\}}{\pi} \int_0^1 \exp\{i 2^k t x^k\} \frac{dx}{\sqrt{x(1-x)}}.$$

Асимптотику последнего интеграла можно найти по [5]. Оказывается, главный член асимптотики имеет вид

$$\frac{1}{\pi k} \Gamma\left(\frac{1}{2k}\right) \exp\left\{i \frac{\pi}{4k}\right\} \frac{1}{\sqrt{2}} t^{-1/2k}.$$

В случае  $k=2$  наилучшие направления суть прямые  $t_2 = \pm \frac{1}{4} t_1$ .

Константу  $C_k$ , по-видимому, можно и уменьшить.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт экономики и права

(Поступило 4.6.1976)

მათემატიკა

თ. შერვაშიძე

უტოლობა ერთი გადაბარებული მრავალგანზომილებიანი  
 განაწილების მახასიათებელი ფუნქციისათვის

რეზიუმე

(1) მახასიათებელი ფუნქციისათვის მიღებულია (9) უტოლობა, სადა  $C_k$  არის  $k$ -ზე დამოკიდებული მუდმივი.  $|t|$ -ს ხარისხის მაჩვენებლის მიხედვით შეფასება საუკეთესოა.

MATHEMATICS

T. L. SHERVASHIDZE

## INEQUALITY FOR THE CHARACTERISTIC FUNCTION OF ONE DEGENERATE MULTIVARIATE DISTRIBUTION

### Summary

For the characteristic function (1) the inequality (9) is obtained, where  $C_k$  is the constant, depending on  $k$ . The estimation is best with respect to the exponent of  $|t|$ .

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Дж. Ватсон. Бесселевы функции, т. I, М., 1949.
2. В. В. Юринский. Теория вероятн. и ее примен., XVII, 1, 1972, 99—111.
3. И. М. Виноградов. Метод тригонометрических сумм в теории чисел. М., 1971.
4. С. М. Садикова. Теория вероятн. и ее примен., XI, 3, 1966, 500—506.
5. А. Эрдей. Асимптотические разложения. М., 1962.



Г. К. ДАРДЖАНИЯ

ОБ ОДНОМ ВАРИАНТЕ КЛАССИЧЕСКОГО ИСЧИСЛЕНИЯ  
 СЕКВЕНЦИИ

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 5.6.1976)

Мы будем рассматривать язык  $\Omega$  предикатного исчисления первого порядка, в котором  $x, y, z, \dots$  — свободные,  $\xi, \eta, \zeta, \dots$  — связанные переменные.

Аксиомы исчисления  $G_n 1$ :  $\varphi \rightarrow \varphi$ , где  $\varphi$  — произвольная формула языка  $\Omega$ .

Правила вывода исчисления  $G_n 1$ :  
 логические:

$$(\supset \rightarrow) \frac{\Gamma \rightarrow \varphi, \Pi \quad \psi, \Sigma \rightarrow \Delta}{\varphi \supset \psi, \Gamma, \Sigma \rightarrow \Pi, \Delta},$$

$$(\rightarrow \supset) \frac{\varphi, \Gamma \rightarrow \Pi, \psi}{\Gamma \rightarrow \varphi \supset \psi, \Pi},$$

$$(\vee \rightarrow) \frac{\varphi, \Gamma \rightarrow \Pi \quad \psi, \Gamma \rightarrow \Pi}{\alpha \vee \psi, \Gamma \rightarrow \Pi},$$

$$(\rightarrow \vee) \frac{\Gamma \rightarrow \varphi_i, \Pi}{\Gamma \rightarrow \varphi_1 \vee \varphi_2, \Pi},$$

$$(\wedge \rightarrow) \frac{\varphi_i, \Gamma \rightarrow \Pi}{(\varphi_1 \wedge \varphi_2), \Gamma \rightarrow \Pi},$$

$$(\rightarrow \wedge) \frac{\Gamma \rightarrow \varphi, \Pi \quad \Gamma \rightarrow \psi, \Pi}{\Gamma \rightarrow \Pi, \varphi \wedge \psi},$$

$$(\neg \rightarrow) \frac{\Gamma \rightarrow \varphi, \Pi}{\neg \varphi, \Gamma \rightarrow \Pi},$$

$$(\rightarrow \neg) \frac{\varphi, \Gamma \rightarrow \Pi}{\Gamma \rightarrow \neg \varphi, \Pi},$$

$$(\forall \rightarrow_n) \frac{\varphi(\tau_1/\xi), \dots, \varphi(\tau_n/\xi), \Gamma \rightarrow \Pi}{\forall \xi \varphi, \Gamma \rightarrow \Pi},$$

$$(\rightarrow \forall) \frac{\Gamma \rightarrow \Pi, \varphi(x/\xi)}{\Gamma \rightarrow \Pi, \forall \xi \varphi},$$

$$(\exists \rightarrow) \frac{\varphi(x/\xi), \Gamma \rightarrow \Pi}{\exists \xi \varphi, \Gamma \rightarrow \Pi},$$

$$(\rightarrow \exists) \frac{\Gamma \rightarrow \varphi(\tau_1/\xi), \dots, \varphi(\tau_n/\xi), \Pi}{\Gamma \rightarrow \exists \xi \varphi, \Pi},$$

структурные:

$$(\Pi \rightarrow) \frac{\Gamma_1, \varphi, \psi, \Gamma_2 \rightarrow \Pi}{\Gamma_1, \psi, \varphi, \Gamma_2 \rightarrow \Pi},$$

$$(\rightarrow \Pi) \frac{\Gamma \rightarrow \Pi_1, \varphi, \psi, \Pi_2}{\Gamma \rightarrow \Pi_1, \psi, \varphi, \Pi_2},$$

$$(\Upsilon \rightarrow) \frac{\Gamma \rightarrow \Pi}{\varphi, \Gamma \rightarrow \Pi},$$

$$(\rightarrow \Upsilon) \frac{\Gamma \rightarrow \Pi}{\Gamma \rightarrow \Pi, \varphi},$$

$$(\text{сечение}) \frac{\Gamma \rightarrow \Pi, \varphi \quad \varphi, \Sigma \rightarrow \Delta}{\Gamma, \Sigma \rightarrow \Pi, \Delta}.$$

Буквы  $\Gamma, \Pi, \Sigma, \Delta, \Gamma_1, \Gamma_2, \Pi_1, \Pi_2$  обозначают последовательности (возможно пустые) формул языка  $\Omega$ ;  $\varphi, \psi, \varphi_1, \varphi_2$  — формулы; число  $i$  в правилах  $(\rightarrow \vee)$  и  $(\wedge \rightarrow)$  равно 1 и 2;  $x$  — свободная переменная, не вхо-

дящая в нижнюю секвенцию правил  $(\rightarrow V)$  и  $(\exists \rightarrow)$ ;  $\xi$ —связанная переменная;  $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$ —термы языка  $\Omega$ .

$G_n 1$ —исчисление генценовского типа, которое получается из системы  $G 1$  (см. [1], стр. 425) удалением структурных правил  $(C \rightarrow)$  и  $(\rightarrow C)$  и заменой правил  $(\rightarrow \exists)$  и  $(V \rightarrow)$  на правила  $(\rightarrow_n \exists)$  и  $(V \rightarrow_n)$ .

Если в правилах  $(\rightarrow_n \exists)$  и  $(V \rightarrow_n)$  термы  $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$  одинаковы, то такое исчисление будем обозначать через  $G^n 1$ .

Ясно, что  $G^1 1 = G_1 1$ . Исчисление  $G_1 1$  рассматривается в работе [2]. Там доказывается разрешимость и возможность устранения сечения. В данной статье доказывается, что  $G_n 1$  и  $G^n 1$  при  $n \geq 2$  совпадают с классическим исчислением секвенции. Доказывается также, что сечение нельзя устранить и что такое исчисление без сечения является разрешимым. Наконец, строится нестандартная алгебраическая модель классического исчисления.

$G' < G''$  означает, что множество выводимых секвенций в  $G'$  строго содержится во множестве выводимых секвенций в  $G''$ .

Введем сокращения (см. [2])  $\varphi + \psi = \neg \varphi \supset \psi$ ;  $\varphi \cdot \psi = \neg(\varphi \supset \neg \psi)$ . Определим по индукции  $a_1 T a_2 T \dots T a_n = (a_1 T \dots T a_{n-1}) T a_n$ , где  $T$  есть один из следующих символов:  $\vee, \wedge, \cdot, +$ .

Через  $H_n E^0$  обозначим теорию гильбертовского типа, которая получается из теории  $HE^0$  (см. [2]) заменой схем аксиом  $\varphi(\tau/\xi) \supset \exists \xi \varphi$  и  $V \xi \varphi \supset \varphi(\tau/\xi)$ , соответственно, схемами аксиом

$$E_n^0 10 \quad V \xi \varphi \supset \varphi(\tau_1/\xi) \cdot \varphi(\tau_2/\xi) \cdot \dots \cdot \varphi(\tau_n/\xi),$$

$$E_n^0 11 \quad \varphi(\tau_1/\xi) + \varphi(\tau_2/\xi) + \dots + \varphi(\tau_n/\xi) \supset \exists \xi \varphi.$$

Если в аксиомах  $E_n^0 10$  и  $E_n^0 11$  термы  $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$  одинаковы, то такую теорию будем обозначать через  $H^n E^0$ . В теориях  $H_n E^0$  и  $H^n E^0$  вывод  $\Gamma \vdash^0 \varphi$  определяется так же как в  $HE^0$  (см. [2], 1.4), где  $\Gamma$ —неупорядоченная последовательность формул.

Для каждой последовательности формул  $\Gamma$  определим формулы  $\Gamma^{[\cdot]}$  и  $\Gamma^{[+]}$  (см. [2]):

1)  $\Lambda^{[\cdot]} = V \xi (P(\xi) \supset P(\xi))$  и  $\Lambda^{[+]} = \neg V \xi (P(\xi) \supset P(\xi))$ , где  $\Lambda$ —пустая последовательность формул.

2)  $(\varphi, \Gamma)^{[\cdot]} = \varphi \cdot \Gamma^{[\cdot]}$  и  $(\varphi, \Gamma)^{[+]} = \varphi + \Gamma^{[+]}$ .

Лемма 1. Секвенция  $\Gamma \rightarrow \Pi$  выводима в  $G_n 1$  ( $G^n 1$ ) тогда и только тогда, когда формула  $\Gamma^{[\cdot]} \supset \Pi^{[+]}$  выводима в  $H_n E^0$  ( $H^n E^0$ ).

Доказательство аналогично доказательству теоремы 1.17 (см. [2]).

Лемма 2. При  $n \geq 2$  в  $H_n E^0$  ( $H^n E^0$ ) выводимы следующие формулы:  $\varphi + \varphi \supset \varphi$  и  $\varphi \supset \varphi \cdot \varphi$ .

Если учесть теорему 4.4 (см. [2]), то имеет место

Теорема 1. Если  $n \geq 2$ , то множество выводимых формул из  $H_n E^0$  ( $H^n E^0$ ) совпадает с множеством выводимых формул классического исчисления предикатов.

Из предыдущей теоремы и леммы 1 следует

**Теорема 2.** Если  $n \geq 2$ , то в исчислении  $G_n 1$  ( $G^n 1$ ) множество всех выводимых секвенций совпадает с множеством выводимых секвенций в классическом исчислении секвенции.

Обозначим через  $G_n$  ( $G^n$ ) секвенциальное исчисление, которое получается из  $G_n 1$  ( $G^n 1$ ) выбрасыванием сечения.

**Лемма 3.** Секвенции  $\forall \xi (P(\xi) \cdot \neg (P(x_1) \wedge P(x_2) \wedge \dots \wedge P(x_n))) \rightarrow$  и  $\rightarrow \exists \xi (P(\xi) + \neg (P(x_1) \vee \dots \vee P(x_n)))$  выводимые в  $G_n$ , но не выводимы в  $G_{n-1}$  ( $n \geq 2$ ) ( $P$  — одноместная предикатная буква).

Из леммы 3 следуют следующие теоремы.

**Теорема 3.**  $G_n < G_{n+1}$  ( $n \geq 1$ ).

**Теорема 4.** При  $n \geq 2$  в исчислениях  $G_n 1$  и  $G^n 1$  нельзя устранить сечение.

Можно также доказать, что  $G^n < G_n$  и  $G^1 < G^n$  ( $n \geq 2$ ).

Сейчас мы определим нестандартную алгебраическую модель классического исчисления.

$(V, \mathbf{A})_n$ -интерпретацией языка  $\mathcal{Q}$  назовем отображение  $I$  такое, что выполняются условия  $I1-I7, I10$  (см. [2])

$$I_n 8 \quad |\forall \xi \varphi|_I = \left( \bigcap_{v \in V} |\varphi(v/\xi)|_I \right)^n,$$

$$I_n 9 \quad |\exists \xi \varphi|_I = n \cdot \left( \bigcup_{v \in V} |\varphi(v/\xi)|_I \right).$$

Здесь запись  $a^n$  и  $n \cdot a$  обозначает  $(k+1)a = k \cdot a + a$ ;  $a^{k+1} = a^k \cdot a$ ;  $a^1 = a$ ;  $1 \cdot a = a$ .

Формула  $\varphi(x_1, \dots, x_m)$  называется  $E^n$ -общезначимой, если для любого непустого множества  $V$  и любой  $E^0$ -алгебры  $\mathbf{A}$  равенство  $|\varphi(x_1, x_2, \dots, x_m)|_I = 1$  имеет место для любой  $(V, \mathbf{A})_n$ -интерпретации и любых элементов  $v_1, v_2, \dots, v_m$  из  $V$  для  $x_1, x_2, \dots, x_m$ .

**Теорема 5.** Формула  $\varphi$  выводима в  $H_n E^0$  ( $H^n E^0$ ) тогда и только тогда, когда  $\varphi$  является  $E^n$ -общезначимой.

**Теорема 6.** Если исчисления  $G_n$  и  $G^n$  не содержат функциональных букв, то они разрешимы.

Для доказательства теоремы 6 нужно рассмотреть теорию без правил  $(\rightarrow \Pi)$  и  $(\Pi \rightarrow)$  и учесть, что число вершин в доказательстве секвенции  $S$  не больше  $2 \exp n^{1+\lambda(S)}$ , ( $n \geq 2$ ) ( $\lambda(S)$  — число логических операторов в  $S$ ).

Академия наук Грузинской ССР

Вычислительный центр

(Поступило 9.7.1976)

გამომცემი

ბ. ლარჯანი

კლასიკური სემპონციური აღრიცხვის ერთი ვარიანტის შესახებ

რეზიუმე

განხილულია კლასიკური სემპონციური აღრიცხვის ერთ-ერთი ვარიანტი. იგება არასტანდარტული ალგებრული მოდელი. მტკიცდება, რომ განკვეთის მოცილება არ შეიძლება და ასეთი აღრიცხვა უგანკვეთოთ არის ამოხსნადი.

G. K. DARJANIA

## ON A VARIANT OF CLASSICAL SEQUENT CALCULUS

## Summary

One kind of classical sequent calculus is considered and its non-standard algebraic model constructed. It is proved that a cut cannot be extracted and that such a calculus is solvable without a cut.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. С. К. Клини. Введение в метаматематику. М., 1957.
2. В. Н. Гришин. Сб. «Исследования по формализованным языкам и неклассическим логикам». М., 1974, 135—171.

Р. Д. ГЕЦАДЗЕ

РАСХОДЯЩИЙСЯ В СМЫСЛЕ МЕТРИКИ  $L(0,1)$  РЯД ФУРЬЕ  
ДЛЯ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ОГРАНИЧЕННОЙ  
ОРТОНОРМИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. В. Жижнашвили 24.6.1976)

С. В. Бочкарев [1] показал, что для любой ограниченной ортонормированной системы  $(\varphi_k)_{k>1}$  на  $[0,1]$  существует функция  $f \in L(0,1)$  такая, что ее ряд Фурье по системе  $(\varphi_k)_{k>1}$  неограниченно расходится на некотором множестве  $E \subset [0,1]$  положительной (вообще говоря, не полной) лебеговской меры. Нами [2] отмечено, что при некотором дополнительном условии на систему  $(\varphi_k)_{k>1}$  множество расходимости можно сделать полной меры для некоторой функции из  $L(0,1)$ .

В связи с этим, естественно искать решение вопроса о расходимости рядов Фурье произвольной ограниченной ортонормированной системы  $(\varphi_k)_{k>1}$  в смысле метрики  $L(0,1)$ .

Справедлива следующая

*Теорема. Пусть  $(\varphi_k)_{k>1}$  — ортонормированная на  $[0,1]$  система функций, удовлетворяющая условию*

$$|\varphi_k(t)| \leq C, \quad C > 0, \quad t \in [0,1] \quad (k = 1, 2, \dots).$$

*Тогда существует такая функция  $g \in L(0,1)$ , что ее ряд Фурье по системе  $(\varphi_k)_{k>1}$*

$$g(t) \sim \sum_{k=1}^{\infty} b_k(g) \varphi_k(t),$$

$$b_k(g) = (g, \varphi_k)$$

неограниченно расходитя в смысле метрики  $L(0,1)$ , т. е.

$$\overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \int_0^1 \left| \sum_{k=1}^n b_k(g) \varphi_k(t) \right| dt = +\infty.$$

Отметим, что при доказательстве используется лемма 3 из работы С. В. Бочкарева [1].

Заметим также, что схема доказательства приведенной нами теоремы существенно отличается от схемы доказательства (основного результата) С. В. Бочкарева [1].

Приведенная теорема позволяет получить ряд следствий. В частности, из нее вытекает результат Ф. Рисса (см. [3], стр. 599—601) о расходимости тригонометрических рядов Фурье в смысле метрики  $L(-\pi, \pi)$ .

Подобные следствия можно получить и относительно других хорошо известных ограниченных ортонормированных систем.

Тбилисский государственный  
 университет

(Поступило 24.6.1976)

შეჯამება

რ. ბეჟაძე

$L(0,1)$  მეტრიკის აზრით ფურიეს მწკრივის განშლადობა  
 ნაბისმიერი ორთონორმირებული ერთობლივ შემოსაზღვრული  
 სისტემის მიმართ

რეზიუმე

ნაჩვენებია, რომ ნებისმიერი,  $[0,1]$ -ზე ორთონორმირებული, ერთობლივ შემოსაზღვრული  $(\varphi_k)_{k \geq 1}$  სისტემის მიმართ არსებობს ისეთი ფუნქცია  $f \in L(0,1)$ , რომლის ფურიეს მწკრივი  $(\varphi_k)_{k \geq 1}$  სისტემის მიმართ განშლადობა  $L(0,1)$  მეტრიკის აზრით.

R. D. GETSADZE

DIVERGENCE OF FOURIER SERIES IN THE SENSE OF  $L(0, 1)$   
METRIC FOR ALL ORTHONORMAL BOUNDED SYSTEMS

## Summary

It is shown that for any orthonormal system  $(\varphi_k)_{k \geq 1}$ , totally bounded on  $[0, 1]$  there exists a function  $f \in L(0, 1)$  such that its Fourier series for the  $(\varphi_k)_{k \geq 1}$  system is divergent in the sense of the  $L(0, 1)$  metric.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. С. В. Бочкарев. Матем. сб., 98, 3, 1975, 436—449.
2. Р. Д. Гецадзе. Сообщения АН ГССР, т. 84, № 1, 1976, 41—44.
3. Н. К. Бари. Тригонометрические ряды, М., 1961.



В. И. ТЕВЗАДЗЕ

О СХОДИМОСТИ РЯДА ФУРЬЕ В ТОЧКЕ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Б. В. Хведелидзе 14.6.1976)

Хорошо известна теорема Дирихле ([1], стр. 122) о сходимости ряда Фурье в точке.

Теорему Дирихле обобщил Жордан ([1], стр. 121), который для этой цели ввел функцию ограниченной вариации. Он доказал, что если  $f \in V$ , то  $S_n(f, x) \rightarrow \frac{f(x+) + f(x-)}{2}$ , где  $S_n(f, x)$  — частная сумма ряда Фурье функции  $f$  в точке  $x$ .

Теорему Жордана обобщили Винер [2], Марцинкевич [3], Юнг [4]. Наиболее общий результат в этом направлении получил Салем [5].

Для того чтобы сформулировать результат Салема, нам понадобятся некоторые определения.

Пусть  $\Phi(u)$  — строго возрастающая непрерывная функция на  $[0, \infty)$  и  $\Phi(0) = 0$ . Класс  $V_\Phi$  функций  $f$ , имеющих ограниченную  $\Phi$ -вариацию, определяется как множество функций, для которых конечно число

$$V_\Phi(f) = \sup_{\Pi} \sum_{i=1}^n \Phi(|f(x_i) - f(x_{i-1})|),$$

где  $\Pi = \{0 \leq x_0 < x_1 < \dots < x_n \leq 2\pi\}$  — произвольное разбиение периода (см. [1], стр. 287).

Пусть  $\Phi(u)$  выпукла,  $\Psi(u)$  — дополнительная в смысле У. Юнга ([6], стр. 22) к функции  $\Phi(u)$ . Салем показал, что если  $f \in V_\Phi$  и

$$\sum_{k=1}^{\infty} \Psi\left(\frac{1}{k}\right) < \infty,$$

то

$$S_n(f, x) \rightarrow \frac{f(x+) + f(x-)}{2}, \quad x \in [0, 2\pi].$$

Ф. И. Харшиладзе [7] ввел понятие функций с ограниченным вторым изменением и доказал, что ряд Фурье этих функций сходится в каждой точке за исключением счетного множества.

Мы рассмотрим вопрос о сходимости ряда Фурье в точке в терминах модуля изменения второго порядка функций.





Определение модуля изменения ввел З. А. Чантурия [8].

Модулем изменения второго порядка функции  $f$ , ограниченной на  $[a, b]$ , называется функция  $\nu^{(2)}(n, f)$ , определенная для целых неотрицательных  $n$  следующим образом:

$$\nu^{(2)}(0, f) = 0,$$

а при  $n \geq 1$

$$\nu^{(2)}(n, f) = \sup_{\pi_n} \sum_{k=0}^{n-1} \left| f(x_{2k}) + f(x_{2k+1}) - 2f\left(\frac{x_{2k} + x_{2k+1}}{2}\right) \right|,$$

где  $\pi_n$  — любое разбиение интервала  $[a, b]$  точками

$$a \leq x_0 < x_1 \leq x_2 < x_3 \leq \dots \leq x_{2n-2} < x_{2n-1} \leq b.$$

Иногда, чтобы подчеркнуть на каком интервале рассматривается модуль изменения второго порядка, вместо  $\nu^{(2)}(n, f)$ , будем писать  $\nu^{(2)}(n, f; a, b)$ . Модуль изменения первого порядка получается, если вместо вторых разностей подставить первую разность.

Если  $\nu(n)$  — неубывающая выпуклая вверх функция,  $\nu(0) = 0$ ,  $\nu(n)$  назовем модулем изменения. Класс тех функций  $f$ , которые удовлетворяют соотношению  $\nu^{(2)}(n, f) = O(\nu(n))$ , обозначим через  $V^{(2)}(\nu(n))$ .

Очевидны следующие свойства модуля изменения второго порядка:

- 1)  $\nu^{(2)}(n, f) \leq \nu^{(2)}(n+1, f)$ ,  $n = 0, 1, 2, 3, \dots$
- 2)  $\nu^{(2)}(n, f) \leq \nu^{(2)}(m, f) + \nu^{(2)}(n-m, f)$ ,  $0 \leq m \leq n$
- 3)  $\nu^{(2)}(n, \lambda f) = |\lambda| \nu^{(2)}(n, f)$ ,
- 4)  $\nu^{(2)}(n, f+g) \leq \nu^{(2)}(n, f) + \nu^{(2)}(n, g)$ ,
- 5)  $\nu^{(2)}(n, f; a, b) \leq \nu^{(2)}(n, f; a, c) + \nu^{(2)}(n, f; c, b)$ .

Пусть  $f$   $2\pi$  — периодическая интегрируемая функция, ограниченная в  $\delta$  ( $\delta > 0$ ) окрестности точки  $x_0 \in [-\pi, \pi]$ . Обозначим через  $\nu^{(2)}(n, f; x_0 - \delta, x_0 + \delta) = \nu^{(2)}(n, f; x_0, \delta)$  модуль изменения второго порядка функций  $f$  в интервале  $[x_0 - \delta, x_0 + \delta]$ .

Имеет место следующая

Теорема 1. Если ряд

$$\sum_{k=1}^{\infty} \frac{\nu^{(2)}(k, f; x_0, \delta_0)}{k^2}$$

сходится для некоторого  $\delta_0 > 0$ , то  $S_n(f, x_0) \rightarrow \frac{f(x_0+) + f(x_0-)}{2}$ . Если же  $f$  непрерывна на интервале  $(x_0 - \delta_0, x_0 + \delta_0)$ , то ряд Фурье функций  $f$  сходится равномерно на интервале  $[x_0 - \delta', x_0 + \delta']$  для любого  $\delta' < \delta_0$ .

Доказательство теоремы опирается на следующие леммы.

Лемма 1. Для модуля изменения второго порядка справедливо соотношение

$$\frac{\nu^{(2)}(n, f)}{n} \geq \nu^{(2)}(n, f) - \nu^{(2)}(n-1, f), \quad n=1, 2, 3, \dots$$

Лемма 2. Для того чтобы функция  $f$  не имела разрывов второго рода, необходимо и достаточно, чтобы  $\nu^{(2)}(n, f) = o(n)$ .

Следствие 1. Если ряд  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\nu^{(2)}(n, f; -\pi, \pi)}{n^2}$  сходится, то ряд Фурье функций  $f$  сходится в каждой точке  $x_0 \in [-\pi, \pi]$  к  $\frac{f(x_0+) + f(x_0-)}{2}$ .

Следствие 2. Если ряд  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\nu(n, f; -\pi, \pi)}{n^2}$  сходится, то ряд Фурье функций  $f$  сходится в каждой точке  $x_0 \in [-\pi, \pi]$  к  $\frac{f(x_0+) + f(x_0-)}{2}$ .

Отсюда, применив результаты З. А. Чантурия [8], можно получить теорему Салема.

Следствие 3. [7]. Если  $f$  — непрерывная функция и имеет ограниченное второе изменение, то ряд Фурье функций  $f$  сходится равномерно.

Теорема 1 в некотором смысле окончательна, так как справедлива.

Теорема 2. Если  $\nu(n)$  — модуль изменения, удовлетворяющий условию

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

то в классе  $V^{(2)}(\nu(n))$  найдется функция  $f_0(x)$ , ряд Фурье которой расходится в некоторой точке.

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

(Поступило 18.6.1976)

მათემატიკა

ვ. თეზაჰიძე

ფურიეს მწკრივების წარბილში კრებადობის შესახებ

რეზიუმე

შემოღებულია ფუნქციის მეორე რიგის ცვლილების მოდულის ცნება და დამტკიცებულია თეორემა ფურიეს მწკრივების წარბილში კრებადობის შესახებ მეორე რიგის ცვლილების მოდულის ტერმინებში. დამტკიცებულია აგრეთვე, რომ ეს შედეგი გარკვეული აზრით საბოლოოა.

V. I. TEVZADZE

## ON THE CONVERGENCE OF FOURIER SERIES AT A POINT

## Summary

The concept of the modulus of variation of the second order of a function is introduced and the theorem is proved on the convergence of Fourier series at a point in terms of the modulus of variation. It is also proved that this result cannot be improved in a certain sense.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. К. Барн. Тригонометрические ряды. М., 1961.
2. N. Wiener. Publ. Mass. Inst. Techn. 3, 1924.
3. J. Marcinkiewicz. Collected Papers, Warszawa, 1964.
4. L. C. Young. Comptes Rendus Acad. Sci., Paris, 204, 1937.
5. R. Salem. Actualites Sci. et Industr., Paris, 862, 1940.
6. М. А. Красносельский, Я. Б. Рудицкий. Выпуклые функции и пространства Орлича. М., 1958.
7. Ф. И. Харшиладзе. Труды Тбилисского матем. из-та, т. 20, 1954.
8. З. А. Чантурия. ДАН СССР, 214, № 1, 1974.



Н. П. ШВЕЛИДЗЕ

ТЕОРЕМЫ ИНТЕГРИРУЕМОСТИ ФУНКЦИЙ, ПРЕДСТАВИМЫХ НЕКОТОРЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ РЯДАМИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. В. Жижиашвили 10.6.1976)

Пусть  $\mu$  — положительная  $\sigma$ -аддитивная мера на конечном сегменте  $[a, b]$ . Если  $p \in (0, \infty)$  — некоторое число, то символ  $L_p(d\mu)$  обозначает пространство  $\mu$ -измеримых (вобще говоря комплекснозначных) функций  $f$ , для которых

$$\|f\|_{L_p(d\mu)} \equiv \left\{ \int_a^b |f(x)|^p d\mu(x) \right\}^{1/p} < \infty. \quad (1)$$

Допустим,  $(\varphi_n)_{n \geq 1}$  — последовательность  $\mu$ -измеримых функций, определенных на  $[a, b]$ , для которой существуют последовательности положительных чисел  $(\alpha_n)_{n \geq 1}$  и  $(\beta_n)_{n \geq 1}$ , и неотрицательная функция  $\lambda$  со следующими условиями:

а)  $\lambda(x) \leq M_\delta$  для каждого  $x \in [a, b] \setminus \bigcup_{i=1}^m (c_i - \delta, c_i + \delta)$  и  $\delta > 0$ , где  $M_\delta \geq 0$ ,  $a \leq c_1 \leq c_2 \leq \dots \leq c_m \leq b$ ;

в)  $|\varphi_n(x)| \leq \alpha_n$  и  $\left| \sum_{k=1}^n \varphi_k(x) \right| \leq \beta_n \lambda(x)$  для каждого  $x \in [a, b]$ ,  $n=1, 2, 3, \dots$

Введем следующие обозначения:

$$E_n \equiv \bigcup_{i=1}^{m-1} \left\{ \left( c_i + \frac{c_{i+1} - c_i}{n+2}, c_i + \frac{c_{i+1} - c_i}{n+1} \right) \cup \left( c_{i+1} - \frac{c_{i+1} - c_i}{n+1}, c_{i+1} - \frac{c_{i+1} - c_i}{n+2} \right) \right\} \cup \left[ c_1 - \frac{c_1 - a}{n}, c_1 - \frac{c_1 - a}{n+1} \right) \cup \left( c_m + \frac{b - c_m}{n+1}, c_m + \frac{b - c_m}{n} \right], \quad (2)$$

$$\lambda_n \equiv \sup_{x \in E_n} \lambda(x) \quad \text{и} \quad \gamma_n \equiv \mu E_n (n = 1, 2, 3, \dots).$$

Рассмотрим функциональный ряд

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n \varphi_n(x). \quad (3)$$

Легко проверить, что если  $a_n \beta_n \rightarrow 0$  и  $\sum_{n=1}^{\infty} |a_n - a_{n+1}| \beta_n < \infty$ , то для любого  $\delta > 0$  ряд (3) равномерно сходится на  $[a, b] \setminus \bigcup_{i=1}^m (c_i - \delta, c_i + \delta)$ .

Определение 1. Скажем, что  $\mu \in A_p (0 < p < \infty)$ , если

$$\sum_{n=N}^{\infty} \gamma_n \leq C_1 \gamma_N \cdot N^p \quad \text{при } 0 < p \leq 1, \quad (4)$$

$$\left( \sum_{n=N}^{\infty} \gamma_n \right) \left( \sum_{n=1}^N \gamma_n^{-\frac{1}{p-1}} n^{-\frac{p}{p-1}} \right)^{p-1} \leq C_2 \quad \text{при } 1 < p < \infty, \quad (5)$$

где  $C_1$  и  $C_2$  — положительные числа, независимые от  $N$ .

Справедлива следующая

Теорема 1. Пусть  $\mu \in A_p$ ,  $0 < p < \infty$ ,  $a_n \beta_n \rightarrow 0$ ,

$$\sum_{n=1}^{\infty} \gamma_n \alpha_n^p n^p |a_n|^p < \infty \quad \text{и} \quad \sum_{n=1}^{\infty} \gamma_n \lambda_n^p \left( \sum_{k=n}^{\infty} |a_k - a_{k+1}| \beta_k \right)^p < \infty.$$

Тогда  $f(x) \equiv \sum_{n=1}^{\infty} a_n \varphi_n(x) \in L_p(d\mu)^*$  и

$$\|f\|_{L_p(d\mu)}^p \leq C_3 \left\{ \sum_{n=1}^{\infty} \gamma_n \alpha_n^p n^p |a_n|^p + \sum_{n=1}^{\infty} \gamma_n \lambda_n^p \left( \sum_{k=n}^{\infty} |a_k - a_{k+1}| \beta_k \right)^p \right\}, \quad (6)$$

где  $C_3$  — положительное число, независимое от  $f$ .

Рассмотрим случай, когда  $[a, b] = [0, \pi]$  и  $\varphi_n(x) = \sin nx$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ). Пусть  $L_p(d\mu)$  — класс  $\pi$ -периодических,  $\mu$ -измеримых функций с условием (1).

Теорема 2. Пусть  $\gamma_n = \mu \left( \frac{\pi}{n+1}, \frac{\pi}{n} \right]$ ,  $\mu \in A_p$ ,  $0 < p < \infty$ . Если

$$\sum_{n=1}^{\infty} \gamma_n n^p |a_n|^p < \infty \quad \text{и} \quad \sum_{n=1}^{\infty} \gamma_n n^p \left( \sum_{k=n}^{\infty} |a_k - a_{k+1}| \right)^p < \infty,$$

то  $g(x) \equiv \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin nx \in L_p(d\mu)$  и

$$\|g\|_{L_p(d\mu)}^p \leq C_4 \left\{ \sum_{n=1}^{\infty} \gamma_n n^p |a_n|^p + \sum_{n=1}^{\infty} \gamma_n n^p \left( \sum_{k=n}^{\infty} |a_k - a_{k+1}| \right)^p \right\}, \quad (7)$$

где  $C_4$  — положительное число, независимое от  $g$ .

\* ) Предполагаем, что  $f(x) = 0$  при  $x \in \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$ .

Определение 2. Следуя Макенхаупту [1] скажем, что  $\mu \in \tilde{A}_p$  ( $p \geq 1$ ), если

$$\sup_{0 < x < \pi} \left[ \int_x^\pi t^{-p} d\mu(t) \right]^{\frac{1}{p}} \left[ \int_0^x \left( \frac{d\mu''}{dt} \right)^{-\frac{1}{p-1}} dt \right]^{\frac{p-1}{p}} < \infty, \quad (8)$$

где  $\mu''$  — абсолютно непрерывная часть относительно меры Лебега меры  $\mu$ .

Теорема 3. Пусть  $\mu \in A_p$  ( $p \geq 1$ ),  $g \in L_p(d\mu) \cap L_1$  и  $g(x) \sim \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin nx$ ,  $a_n \geq 0$  ( $n = 1, 2, \dots$ ). Тогда

$$\sum_{n=1}^{\infty} \gamma_n \left( \sum_{k=\lfloor \frac{n}{2} \rfloor}^n a_k \right)^p \leq C_5 \|g\|_{L_p(d\mu)}^p, \quad (9)$$

где  $C_5$  — положительное число, независящее от  $g$ .

Для пространств  $L_p(d\mu)$ , в случае, когда  $\mu \in A_p \cap \tilde{A}_p$  ( $p \geq 1$ ), можно получить более сильное утверждение. В частности, верна следующая

Теорема 4. Пусть  $\mu \in A_p \cap \tilde{A}_p$  ( $p \geq 1$ ) и  $a_n \downarrow 0$ . Тогда условие

$$\sum_{n=1}^{\infty} \gamma_n n^p a_n^p < \infty \quad (10)$$

является необходимым и достаточным для того чтобы функция  $g \in L_p(d\mu)$ .

Примером мер, удовлетворяющим условию  $\mu \in A_p \cap \tilde{A}_p$ , служат: мера Лебега при  $p > 1$ , меры, определенные равенствами  $d\mu(x) = x^\nu \Omega(x) dx$  при  $p \geq 1$  и  $-1 < \nu < p - 1$ , где  $\Omega$  — некоторая слабо колеблющая функция. Заметим, что аналогичные результаты справедливы и для косинус-рядов.

В случае, когда  $\mu$  — мера Лебега, теорема 4 обращается в известную теорему Харди и Литтлвуда [2]. Если же  $\mu$  определена равенством  $d\mu(x) = |\sin x|^{ap} dx$ ,  $p \geq 1$ ,  $-1 < ap < p - 1$ , то из теорем 2, 3 и 4 следуют основные результаты работы [3].

Рассмотрим теперь случай, когда  $[a, b] = [0, 1]$  и  $\varphi_n(x) = \psi_n^{(j)}(x)$ , где  $j \geq 2$  — целое число, а  $\psi^{(j)} \equiv (\psi_n^{(j)})_{n \geq 1}$  — ортонормированная система на  $[0, 1]$ , изученная Крестенсоном [4]. Известно, что  $\psi^{(2)}$  совпадает с системой Уолша — Пэли.

Теорема 5. Пусть  $\gamma_n = \gamma \left( \frac{1}{n+1}, \frac{1}{n} \right)$ ,  $\mu \in A_p$  ( $0 < p < \infty$ ),

$$\sum_{n=1}^{\infty} \gamma_n n^p |a_n|^p < \infty \text{ и } \sum_{n=1}^{\infty} \gamma_n n^p \left( \sum_{k=n}^{\infty} |a_k - a_{k+1}| \right)^p < \infty.$$

Тогда  $f(x) \equiv \sum_{n=1}^{\infty} a_n \psi_n^{(j)}(x) \in L_p(d\mu)$  и

$$\|f\|_{L_p(d\mu)}^p \leq C_6 \left\{ \sum_{n=1}^{\infty} \gamma_n n^p |a_n|^p + \sum_{n=1}^{\infty} \gamma_n n^p \left( \sum_{k=n}^{\infty} |a_k - a_{k+1}| \right)^p \right\}, \quad (11)$$

где  $C_6$  — положительное число, независящее от  $f$ .

В случае, когда  $j=2$ ,  $\mu$  — мера Лебега и существует такое  $\tau > 0$ , что  $n^{-\tau} a_n \downarrow 0$ , то теорема 5 обращается в соответствующий результат работы [5].

Тбилисский государственный университет

(Поступило 11.6.1976)

მათემატიკა

5. შველიძე

ბარკვეული ფუნქციონალური მწკრივებით წარმოდგენადი  
 ფუნქციების ინტეგრაციის თეორემები

რეზიუმე

განხილულია გარკვეული სახის ფუნქციონალური მწკრივით წარმოდგენილი ფუნქციის  $L_p(d\mu)$  კლასისათვის მიკუთვნების საკითხი.

მიღებულია ფურიეს მონოტონურკოეფიციენტებთან ფუნქციების გარკვეული  $L_p(d\mu)$  კლასებისთვის მიკუთვნების აუცილებელი და საკმარისი პირობა.

MATHEMATICS

N. P. SHVELIDZE

ON THE INTEGRABILITY THEOREMS FOR FUNCTIONS  
 REPRESENTABLE BY CERTAIN FUNCTIONAL SERIES

Summary

The note deals with a theorem on the belonging to the space  $L_p(d\mu)$  of functions representable by certain functional series. The necessary and sufficient conditions are obtained for functions with monotone Fourier coefficients to belong to the class  $L_p(d\mu)$ .

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. B. Muckenhoupt. *Studia Math.*, 64, 1, 1972, 31—38.
2. G. H. Hardy, J. E. Littlewood. *London Math. Soc.* 6, 1931, 3—9.
3. R. Askey, S. Wainger. *Duke Math. J.*, 33, 1966, 223—228.
4. H. E. Chrestenson. *Pacific J. Math.*, 5, 1, 1955, 17—31.
5. В. М. Кокилашвили. *Bull. Acad. Pol. Sci. Ser. Sci. Math., Astron., et Phys.*, 13, 6, 1965, 405—410.

3. И. ШЕНГЕЛИЯ

## НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ О СХОДИМОСТИ ПРОЕКЦИОННЫХ МЕТОДОВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии В. Г. Челидзе 10.6.1976)

В настоящей заметке некоторые общие проекционные схемы [1—3], рассмотрены с точки зрения подхода [4, 5] и показано, что при исследовании сходимости приближенных решений они значительно упрощаются.

Пусть  $X$  и  $Y$  — банаховы пространства.  $A$  — нелинейное отображение из  $X$  в  $Y$  с  $D(A) \subseteq X$  и  $R(A) \subset Y$ ;  $\{X_n\}_{n=1}^{\infty}$  и  $\{Y_n\}_{n=1}^{\infty}$  — последовательности конечномерных пространств с условием, что для любого  $n$   $\dim X_n = \dim Y_n$ . Зададим последовательности отображений  $\{T'_n\}_{n=1}^{\infty}$  и  $\{T''_n\}_{n=1}^{\infty}$  (могут быть нелинейными)  $T'_n: X \rightarrow X_n$  и  $T''_n: Y \rightarrow Y_n$ .

Отображение  $A$  будем аппроксимировать с помощью последовательности отображений  $\{A_n\}_{n=1}^{\infty}$ , где  $A_n: X_n \rightarrow Y_n$  и  $A_n \equiv T''_n A / X_n$ .

По аналогии с [5] введем следующее

Определение 1. Будем говорить, что последовательность отображений  $\{A_n\}_{n=1}^{\infty}$  аппроксимирует нелинейное отображение  $A$  на элементе  $x \in X$ , если выполняется следующее условие:

$$\|T''_n A T'_n x - T''_n A x\| \rightarrow 0 \quad \text{при } n \rightarrow \infty.$$

Замечание 1. Легко показать, что в случае, рассмотренном в [1], когда  $A$  — непрерывное отображение,  $X_n \subset X$ ,  $Y_n \subset Y$ , при  $n \rightarrow \infty$  для любого  $x \in X$   $T'_n x \rightarrow x$ , а для любого  $y \in Y$   $T''_n y$  сильно сходится к  $y$  равномерно на компактном подмножестве в  $Y$ , где  $T''_n$  — непрерывное отображение, последовательность отображений  $\{A_n\}_{n=1}^{\infty}$  аппроксимирует нелинейное отображение  $A$ .

Действительно:

$$\|T''_n A T'_n x - T''_n A x\| \leq \|T''_n A T'_n x - A T'_n x\| + \|A T'_n x - A x\| + \|A x - T''_n A x\| \rightarrow 0.$$

Замечание 2. В ситуации, рассмотренной в [2], когда  $X_n \subset X$ ,  $Y_n \subset Y$ , а  $\{T'_n\}_{n=1}^{\infty}$  и  $\{T''_n\}_{n=1}^{\infty}$  — непрерывные отображения с условием, что при  $n \rightarrow \infty$   $T'_n x \rightarrow x$  и  $T''_n y \rightarrow y$  для любых  $x \in X$  и  $y \in Y$  соответственно, и выполняется условие  $T''_n A T'_n x \rightarrow A x$  при  $n \rightarrow \infty$ , последовательность отображений  $\{A_n\}_{n=1}^{\infty}$  аппроксимирует нелинейное отображение  $A$ .



Действительно:

$$\|T_n^* A T_n^* x - T_n^* A x\| \leq \|T_n^* A T_n^* x - A x\| + \|A x - T_n^* A x\| \rightarrow 0 \quad \text{при } n \rightarrow \infty.$$

Замечание 3. Пусть  $A$  — непрерывное отображение,  $X_n$  и  $Y_n$  — конечномерные подпространства  $X$  и  $Y$  соответственно,  $T_n^* x \rightarrow x$  при  $n \rightarrow \infty$ , а  $\{T_n^*\}_{n=1}^\infty$  — последовательность линейных непрерывных отображений. Тогда выполняется условие аппроксимации.

Рассмотрим уравнение

$$A(x) = y, \quad (1)$$

где  $A$  — нелинейное отображение из  $X$  в  $Y$ . Предположим, что  $y \in R(A)$ , т. е. уравнение (1) имеет решение.

Наряду с (1) рассмотрим приближенное уравнение

$$A_n x_n = T_n^* y, \quad (2)$$

где  $A_n \equiv T_n^* A / X_n$  и  $x_n \in X_n$ .

Определение 2. Будем говорить, что выполнено условие устойчивости проекционного метода, если существует непрерывная, возрастающая функция  $\gamma(r) : R^+ \rightarrow R^+$ ,  $\gamma(0) = 0$  и  $\gamma(\infty) = \infty$ , такая, что для любых  $x'_n$  и  $x''_n$  выполняется неравенство  $\|T_n^* A x'_n - T_n^* A x''_n\| \geq \gamma(\|x'_n - x''_n\|)$ .

Замечание 4. В [3] доказывается, что если  $A$  — линейное ограниченное отображение, а  $\{T_n^*\}_{n=1}^\infty$  и  $\{T_n^*\}_{n=1}^\infty$  — линейные непрерывные, то условие устойчивости переходит в следующее условие: для любого  $x_n \in X_n$

$$\|T_n^* A x_n\| \geq \gamma \|x_n\|,$$

где  $\gamma = \text{const} > 0$ , что совпадает с определением 3 в [5].

Замечание 5. Если  $X_n \subset X$ ,  $Y_n \subset Y$  и последовательность  $\{A_n\}_{n=1}^\infty$  аппроксимирует отображение  $A$ , то выполнение условия устойчивости обеспечивает единственность решения уравнения (1), а в случае непрерывных  $A_n$  — везде разрешимость уравнения (2).

Проверка выполнения условия устойчивости представляет собой определенную трудность. Поэтому, чтобы пояснить для каких отображений оно имеет место, сформулируем одно достаточное условие, которое включает в себя некоторые условия из [1—3].

Сначала введем

Определение 3. Отображение  $A : X \rightarrow X$  называется сильно  $I$ -монотонным, если для любых  $x_1, x_2 \in X$  выполняется неравенство

$$\langle A x_1 - A x_2, I(x_1 - x_2) \rangle \geq \gamma (\|x_1 - x_2\|) \|x_1 - x_2\|,$$

где отображение  $I : X \rightarrow X^*$ , такое, что  $\|I x\| = \|x\|$  и  $\langle I x, x \rangle = \|x\|^2$ . (Часто в литературе  $I$  называют дуальным отображением).

Замечание 6. Пусть  $A : X \rightarrow X$  — сильно  $I$ -монотонное отображение,  $X^*$  — строго выпукло,  $X_n \subset X$ ,  $\overline{X}_n = X$ ,  $T_n$  — проекторы на  $X_n$  и для любого  $n$   $\|T_n\| = 1$ . Тогда выполняется условие устойчивости.

Действительно, применив лемму 1 из [6] получим

$$\begin{aligned} \|T_n Ax'_n - T_n Ax''_n\| \|x'_n - x''_n\| &\geq \langle T_n Ax'_n - T_n Ax''_n, I(x'_n - x''_n) \rangle = \\ &= \langle Ax'_n - Ax''_n, T_n^* I(x'_n - x''_n) \rangle \geq \gamma (\|x'_n - x''_n\|) \|x'_n - x''_n\|, \end{aligned}$$

т. е.

$$\|T_n Ax'_n - T_n Ax''_n\| \geq \gamma (\|x'_n - x''_n\|).$$

Замечание 7. Если  $A: X \rightarrow X^*$ , где  $X$  — рефлексивное пространство,  $X_n \subset X$ ,  $X_n^* \subset X^*$ ,  $T'_n$  и  $T''_n$  — проекторы, то, применив технику замечания 6, легко убедиться, что для обычных сильно монотонных операторов условие устойчивости выполняется.

Наконец отметим, что варьируя перечисленными условиями, можно сформулировать различные теоремы о сходимости проекционных методов.

Московский институт  
стали и сплавов

(Поступило 10.6.1976)

მათემატიკა

ზ. შენგელია

ზოგიერთი შენიშვნა პროექციული მეთოდების კრებადობის  
შესახებ  
რეზიუმე

პროექციული მეთოდების კრებადობის საკითხი განხილულია მიახლოებითი მეთოდების ზოგადი თეორიის [4, 5] თვალსაზრისით. მიღებულია არაწრფივი ოპერატორების აპროქსიმაციისა და პროექციული მეთოდების მდგრადობის საკმარისი პირობები.

MATHEMATICS

Z. I. SHENGELIA

SOME REMARKS ON THE CONVERGENCE OF  
PROJECTIONAL METHODS\*

Summary

Some results obtained for projectional schemes are considered from the viewpoint of the finite difference methods.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. F. E. Browder. Arch. Rat. Mech. Anal. 26, 1967, 33—42.
2. W. V. Petryshyn. Arch. Rat. Mech. Anal. 26, 1967, 43—49.
3. W. V. Petryshyn. J. Math. Mech. 19, 1967, 353—372.
4. В. А. Треногин. ДАН СССР, 201, № 6, 1971.
5. В. А. Треногин, З. И. Шенгелия. Сообщения АН ГССР, 82, № 1, 1976.
6. F. E. Browder. D. G. De Figueiredo. Nederl. Akad. Wetensch. Proc. Ser A 69, Indag. Math. 28, 1966.



Л. Г. ЗАМБАХИДЗЕ

## О ВЫЧЕТАХ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ПРОСТРАНСТВ

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 5.7.1976)

В [1] было введено и изучено понятие вычета топологических пространств. Различные приложения этого понятия были указаны в [2—5]. В настоящей работе при помощи вычета в смысле [1] строится целочисленная функция  $r(X)$ , устанавливаются ее свойства и аксиоматическая характеристика. Кроме того, выясняется связь функции  $r(X)$  с функцией  $I(X)$  (см. [6]), построенной при помощи понятия расширения конечного порядка в смысле [7]. В заключении даны некоторые приложения полученных результатов.

В работе все встречающиеся пространства предполагаются вполне регулярными и хаусдорфовыми, отображения — непрерывными и «на», расширения — хаусдорфовыми и бикompактными,  $n, i$  — целые числа  $\geq -1$ .

**Определение 1.** Пусть  $X$  — пространство. Положим, что  $r(X) = -1$  тогда и только тогда, когда  $X = \emptyset$ ; далее, если  $n > -1$ , то  $r(X) \leq n$ ; если  $R^{n+1}(X) = \emptyset$ , где  $R^0(X) = X$ ,  $R^1(X)$  суть множество точек не локальной бикompактности пространства  $X$ , а  $R^i(X) = R^1[R^{i-1}(X)]$ , если  $i > 1$ . Считаем, что  $r(X) = n$ , если  $r(X) \leq n$  верно, а  $r(X) \leq n-1$  неверно. Будем считать, что  $r(X) = +\infty$ , если неравенство  $r(X) \leq n$  неверно ни для какого  $n \geq -1$ .

**Теорема 1.** Пусть  $X$  — пространство. Тогда  $r(X) \leq n$  тогда и только тогда, когда  $r(R^1(X)) \leq n-1$ .

Имеют место следующие предложения, являющиеся аналогами теорем классической теории размерности.

0. Пусть  $f: X \rightarrow Y$  совершенное отображение. Тогда  $r(X) = r(Y)$ .

1. Если  $G \subseteq X$  либо открыто, либо замкнуто в  $X$ , то  $r(G) \leq r(X)$ .

2. Пусть  $X = \bigcup_{\alpha \in M} X_\alpha$ , где каждое  $X_\alpha$  замкнуто в  $X$ , система  $\{X_\alpha\}_{\alpha \in M}$  локально-конечно в  $X$  и  $r(X_\alpha) \leq n, \alpha \in M$ . Тогда  $r(X) \leq n$ .

3. Пусть  $X = A \cup B$ , где  $A$  и  $B$  — произвольные подмножества пространства  $X$ . Тогда  $r(X) \leq r(A) + r(B) + 1$ .

4. Пусть  $r(X) \leq n$ . Тогда  $X = \bigcup_{i=1}^{n+1} A_i$ , где  $A_i \cap A_j = \emptyset$ , как только  $i \neq j$  и  $r(A_i) \leq 0$  для каждого  $i = 1, 2, \dots, n+1$ .

5. Пусть  $X$  — пространство. Неравенство  $r(X) \leq n$  имеет место тогда

и только тогда, когда  $X = \bigcup_{i=1}^{n+1} A_i$ , где  $A_i \cap A_j = \emptyset$  как только  $i \neq j$  и  $r(A_i) \leq 0$  для каждого  $i=1, 2, \dots, n+1$ .

6. Если пространство  $X = X_1 \times X_2$ , где  $X_1 \times X_2$  обозначает прямое произведение пространств  $X_1$  и  $X_2$ , то  $r(X) \leq r(X_1) + r(X_2)$ .

7. Пусть  $X$  — метрическое пространство,  $A$  — такое его подмножество, что  $r(A) < +\infty$ . Тогда  $A$  — множество типа  $G_\delta$  в  $X$ .

На основании вышеуказанных свойств функции  $r(X)$  можно дать ее аксиоматическую характеристику. Имеет место следующая

*Теорема 2. Пусть  $f$  — функция, определенная на классе всех вполне регулярных пространств и принимающая значения в расширенном множестве действительных чисел и удовлетворяющая следующим условиям: 1)  $f$  — совершенно, т. е. если существует совершенное отображение  $X$  на  $Y$ , то  $f(X) = f(Y)$ ; 2)  $f(\emptyset) = 0$ ; 3) для каждого  $X \neq \emptyset$  имеет место неравенство  $f(R^1(X)) \leq f(X) - 1$  (предполагая, что  $\infty - 1 = \infty$ ); 4)  $f(A \cup B) \leq f(A) + f(B) + 1$ ; 5) для каждого открытого  $G \subseteq X$  имеем  $f(G) \leq f(X)$ . Тогда  $f(X) = r(X)$  для каждого вполне регулярного пространства  $X$ . Причем система аксиом 1 — 5 независима.*

Выясним взаимоотношения между функциями  $r(X)$ ,  $\dim X$  и  $I(X)$ . Легко построить пример таких пространств  $X$  и  $Y$ , для которых  $\dim X = 0$ ,  $r(X) = +\infty$  и  $r(Y) = 0$ , а  $\dim Y = +\infty$ . Что касается взаимоотношений между функциями  $r(X)$  и  $I(X)$ , то имеет место следующая

*Теорема 3. Пусть  $X$  — пространство. Тогда*

$$r(X) \leq I(X) \leq 2r(X) + 1,$$

*причем эти оценки неулучшаемы.*

*Замечание 1.* Сравнивая функции  $I(X)$  и  $r(X)$  мы видим, что свойства  $r(X)$  ближе к свойствам классических размерностей, чем функции  $I(X)$ . Однако  $I(X)$  обладает преимуществами другого сорта. Так, например, при помощи функции  $I(X)$  и понятия бикompактной расположенности в смысле [8] удастся найти условия нульмерности (в смысле  $\text{ind}$ ) вторых и третьих наростов расширений пространств, кроме того  $I(X)$  различает классы бикompактов от локальных бикompактов; для нее справедлив аналог теоремы Гуревича [9] и т. д.

Теперь приведем несколько результатов, связанных с вопросами нульмерности пространств, для которых  $r(X) \leq 1$ . Имеет место следующая

*Теорема 4. Пусть  $X$  — открытое и непустое подмножество обобщенного канторова дисконтинуума  $D^\tau$  [10] ( $\tau \geq \aleph_0$ ). Тогда  $\dim \beta X = \text{ind } X = 0$ , а также  $\gamma X = 0$  (относительно  $\gamma X$  см. [9, 11, 12]), где  $\beta X$  — стоун-чеховское расширение  $X$ .*

*Замечание 2.* В [13] был поставлен следующий вопрос: пусть  $M \subseteq D^\tau$  — нормальное пространство, построенное К. Даукером, для которого  $\text{ind } M = 0$ , а  $\dim M = 1$  (см., например, [10]). Существуют или нет открытые в  $D^\tau$  и нормальные в индуцированной топологии окрестности множества  $M$ , имеющие положительную размерность в смысле  $\dim$ .



Из теоремы 4 следует, что ответ на этот вопрос отрицательный.

З а м е ч а н и е 3. В [2] был поставлен следующий вопрос: существует ли нет для каждого  $C$ -разложимого [2] и индуктивно-нульмерного пространства  $X$  бикомпактное расширение  $bX$  с разложимым [2] наростом?

Мы сейчас покажем, что ответ на этот вопрос также отрицательный. Используя известную конструкцию (см., например, [14], теорема 2.7), можно построить пространство  $X$ , стоун-чеховский нарост которого гомеоморфен  $D^{\tau} \setminus \{p\}$ , где  $D^{\tau}$  — обобщенный канторовый дисконтинуум веса  $\tau > \aleph_0$ , а  $\{p\}$  — точка  $D^{\tau}$ . Используя теорему 4 и свойства функции  $r(X)$ , указанные выше, можно показать, что  $\text{ind } X = 0$ ,  $r(X) = 1$  (следовательно,  $X$   $C$ -разложимо), но  $X$  не имеет никакого бикомпактного расширения с разложимым наростом. Ясно, что улучшить этот пример за счет понижения значения  $r(X)$  невозможно.

З а м е ч а н и е 4. В [15] был поставлен следующий вопрос: будет ли нет нульмерным каждое пространство  $X$ , уплотняющееся на нульмерный бикомпакт? Можно показать, что если  $X$  дополнительно обладает тем свойством, что  $r(X) = 0$ , то тогда  $\text{ind } X = 0$ . Однако, используя одну конструкцию из [16] и свойства функции  $r(X)$ , можно показать, что существует такое нормальное пространство  $X$ , для которого  $r(X) = 1$ ,  $\text{ind } X > 0$  и тем не менее уплотняющееся на нульмерный бикомпакт.

З а м е ч а н и е 5. Недавно автор показал, что свойство уплотняемости пространств на метрические пространства со счетной базой сохраняются при открытых совершенных отображениях. Тем самым получен частичный ответ на вопрос, поставленный в [17]. Подробнее этот вопрос наряду с другими будет изложен отдельно.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 23.7.1976)

მათემატიკა

ლ. ზამბახიძე

ტოპოლოგიური სივრცეების ნაშთების შესახებ

რეზიუმე

შესწავლილია ფუნქცია  $r(X)$ , რომელიც აიგება პ. ალექსანდროვისა და ი. პროსკურიაკოვის მიერ შემოტანილი ნაშთის ცნების საშუალებით. დადგენილია  $r(X)$  ფუნქციის კლასიკური განზომილების ფუნქციების ანალოგიური თვისებები. მიღებული შედეგები გამოყენებულია ლიტერატურაში დასმული ამოცანების ამოსახსნელად.

MATHEMATICS

L. G. ZAMBAKHIDZE

ON THE RESIDUES OF TOPOLOGICAL SPACES

Summary

The function  $r(X)$ , which is constructed by means of the notion of space residue in the sense of P. A. Alexandrov and I. K. Proskuriakov, is

studied. The properties of the function, analogous to that of classical dimensional functions, are established. The obtained results are applied in solving problems raised by various authors.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. П. С. Александров, И. В. Проскураков. Изв. АН СССР, сер. матем., 5, 1941, 217—220.
2. R. Teigarski. Fund. Math., 73, 1971, 59—74.
3. Н. К. Додоц, М. Н. Чобан. Доклады Болг. АН, 28, № 4, 1975.
4. R. Teigarski. Topics in Topology, Amsterdam-London, 1974, p. 617—624.
5. Н. К. Додон. Матер. конфер. по итогам научн.-исслед. работы проф.-преп. состава Тираспольского пед. ин-та за 1971 г., Кишинев, 1973.
6. Л. Г. Замбахидзе. Сб. Topology and Its Applications, Beograd, 1973, 242—248.
7. Х. Н. Инасаридзе. ДАН СССР, 166, 1966, 1043—1045.
8. Г. С. Чогошвили. Труды Тбилисского матем. ин-та, 18, 1950, 1—52.
9. Л. Г. Замбахидзе, Б. А. Пасынков. Сообщения АН ГССР, 79, № 3, 1975.
10. R. Engelking. Outline of General Topology, Amsterdam-Warszawa, 1968.
11. Л. Г. Замбахидзе. Сообщения АН ГССР, 53, № 3, 1969.
12. Л. Г. Замбахидзе. Сообщения АН ГССР, 67, № 1, 1972.
13. А. В. Зарелуа. Матем. сб., 62, № 3, 1963, 295—319.
14. M. Henriksen, J. R. Isbell. Duke Math. J., 25, 1958, 83—106.
15. S. V. Nadler, Jr. J. Quinn, H. Reiter. Fund. Math. 79, № 1, 1975.
16. J. R. Isbell. Uniform Spaces, Providence, R. I., 1964.
17. H. W. Martin. Pac. J. Math., 61, № 1, 1975.



МАТЕМАТИКА

Д. Ф. ГОГУАДЗЕ

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ЛИНЕЙНЫХ ФУНКЦИОНАЛОВ И ОПЕРАТОРОВ ИНТЕГРАЛОМ КОЛМОГОРОВА

(Представлено членом-корреспондентом Академии В. Г. Челидзе 7.7.1976)

Класс множеств, содержащий вместе с любыми двумя своими множествами и их пересечение, называется мультипликативным классом и обозначается через  $\mathfrak{M}$ . Пусть  $E \in \mathfrak{M}$ . Конечный класс попарно не пересекающихся множеств  $\{E_1, \dots, E_n\}$ , принадлежащих классу  $\mathfrak{M}$ , соединение которых равно  $E$ , называется конечным разбиением множества  $E$  и обозначается через  $DE$ . Множества  $E_k$  ( $k=1, 2, \dots, n$ ) называются компонентами разбиения  $DE$ . Класс всех компонентов всевозможных конечных разбиений множества  $E$  обозначается через  $\mathfrak{ME}$ . Мультипликативный класс называется правильным и обозначается через  $\mathfrak{M}_\sigma$ , если из  $E_1, E_2 \in \mathfrak{ME}$  следует  $E_1 \cup E_2 \in \mathfrak{ME}$ . Пусть на множестве  $E \in \mathfrak{M}$  задана конечная функция  $f(x)$ . Будем говорить, что функция  $f(x)$  обобщенно измерима на множестве  $E$  относительно класса  $\mathfrak{M}$  или принадлежит классу  $[M; E; \mathfrak{M}]$ , если для всякого числа  $\varepsilon > 0$  найдется такое конечное разбиение  $D_\varepsilon E = \{E_1, \dots, E_n\}$  множества  $E$ , что имеет место неравенство

$$|f(x'_k) - f(x)^\sigma_k| < \varepsilon,$$

каковы бы ни были  $x'_k, x^\sigma_k \in E_k$  ( $k=1, 2, \dots, n$ ). В множестве  $[M; E; \mathfrak{M}]$  введем норму

$$\|f\| = \sup_{x \in E} |f(x)|.$$

Нетрудно проверить, что  $[M; E; \mathfrak{M}]$  является банаховой алгеброй. Пусть на классе  $\mathfrak{M}$  определена функция множества  $\mu$ . Будем говорить, что функция  $\mu$  имеет конечную вариацию на множестве  $E$  относительно класса  $\mathfrak{M}$  или принадлежит классу  $[VB; E; \mathfrak{M}]$ , если

$$V(\mu; E; \mathfrak{M}) = \sup_{DE} \left\{ \sum_{k=1}^n |\mu(E_k)| \right\} < +\infty,$$

где верхняя грань берется по всевозможным конечным разбиениям множества  $E$ . Если функция  $\mu$  конечно-аддитивна на классе  $\mathfrak{ME}$  и имеет конечную вариацию на множестве  $E$  относительно класса  $\mathfrak{M}$ , то будем говорить, что она принадлежит классу  $[A; VB; E; \mathfrak{M}]$ .

Теорема 1. *Общий вид линейного функционала в пространстве  $[M; E; \mathfrak{M}]$  дается интегралом Колмогорова [1]*

$$\Phi(f) = (\mathfrak{M}) \int_E f(x) \mu(dE),$$

где  $\mu$  принадлежит классу  $[A; VB; E; \mathfrak{M}]$ . При этом

$$\|\Phi\| = V(\mu; E; \mathfrak{M}).$$

Эта теорема содержит в себе, как частный случай, все до сих пор известные представления линейных функционалов от ограниченных функций.

Пусть, например,  $E = [a, b]$ , а  $\mathfrak{M}$  представляет собой мультипликативный класс, состоящий из всех подсегментов сегмента  $[a, b]$ , всех отдельных точек интервала  $(a, b)$  и пустого множества. За конечное разбиение сегмента  $[a, b]$  примем всякий конечный класс неналегающих (т. е. имеющих общими только концы) подсегментов сегмента  $[a, b]$ , объединение которых дает сегмент  $[a, b]$ . Тогда, очевидно,  $C[a, b] \subset \subset [M; E; \mathfrak{M}]$ , где  $C[a, b]$  означает множество всех непрерывных функций, заданных на  $[a, b]$ , и мы получаем теорему Рисса [2].

Аналогично, если  $E$  — компактное множество из  $R_n$ , а  $\mathfrak{M}$  — мультипликативный класс всех борелевских подмножеств множества  $E$ , то мы получаем теорему Радо на [3].

Если  $E$  — произвольное множество, а  $\mathfrak{M}$  — мультипликативный класс всех подмножеств множества  $E$ , то каждая ограниченная функция, заданная на множестве  $E$ , принадлежит классу  $[M; E; \mathfrak{M}]$  и мы получаем теорему Фихтенгольца—Кантаровича [4].

Пусть  $(E, \tau)$  — топологическое пространство и  $\mathfrak{M}$  — мультипликативный класс, состоящий из всех открытых подмножеств и всех отдельных точек множества  $E$ ,  $C(E)$  — множество всех ограниченных непрерывных функций, заданных на множестве  $E$ . Очевидно, и этот случай содержится в теореме 1.

Теорема 2. *Общий вид линейного оператора, отображающего  $[M; E; \mathfrak{M}]$  в  $[M; E; \mathfrak{M}]$ , дается формулой*

$$A(f) = (\mathfrak{M}) \int_{E_y} f(y) k(x, dE_y),$$

где  $k(x, e)$  для любого фиксированного  $x \in E$  принадлежит классу  $[A; VB; E; \mathfrak{M}]$ , а для любого фиксированного  $e \in \mathfrak{M}E$  принадлежит классу  $[M; E; \mathfrak{M}]$  и

$$\|A\| = \sup_{x \in E} V(K; E; \mathfrak{M}).$$

Теорема 3. *Общий вид вполне непрерывного линейного оператора, отображающего  $[M; E; \mathfrak{M}_\sigma]$  в  $[M; E; \mathfrak{M}_\sigma]$ , дается формулой*

$$A(f) = (\mathfrak{M}_\sigma) \int_{E_y} f(y) k(x, dE_y),$$

где функция  $k(x, e)$ , кроме условий теоремы 2, удовлетворяет еще следующему условию: для всякого числа  $\varepsilon > 0$  найдется такое конечное разбиение



$D_\varepsilon E = \{E_1, \dots, E_n\}$  множества  $E$ , что, как бы ни были  $x'_i, x''_i \in E_i (i=1, 2, \dots, n)$ , имеет место неравенство

$$(\mathfrak{M}_\sigma) \int_{E_y} |K(x'_i, dE_y) - K(x''_i, dE_y)| < \varepsilon.$$

Будем говорить, что обобщенная последовательность функций  $\{\mu_\alpha\} (\mu_\alpha \in [A; VB; E; \mathfrak{M}])$  слабо сходится к функции  $\mu (\mu \in [A; VB; E; \mathfrak{M}])$ , если для любой функции  $f \in [M; E; \mathfrak{M}]$  справедливо равенство

$$\lim_{\alpha} (\mathfrak{M}) \int_E f(x) \mu_\alpha(dE) = (\mathfrak{M}) \int_E f(x) \mu(dE).$$

Будем говорить, что линейный функционал  $\Phi^*$ , заданный на пространстве  $[A; VB; E; \mathfrak{M}]$ , слабо непрерывен, если

$$\lim_{\alpha} \Phi^*(\mu_\alpha) = \Phi^*(\mu),$$

когда обобщенная последовательность  $\{\mu_\alpha\}$  слабо сходится к  $\mu$ .

Обозначим через  $\delta(x) (x \in E, E \in \mathfrak{M})$  функцию множества, равную единице на множествах  $e (e \in \mathfrak{M}E)$ , содержащих элемент  $x$ , и равную нулю на остальных множествах класса  $\mathfrak{M}E$ .

Будем говорить, что линейный функционал  $\Phi^*$ , заданный на пространстве  $[A; VB; E; \mathfrak{M}]$ , удовлетворяет условию  $(M)$ , если функция точки  $\varphi(x) = \Phi^*(\delta(x)) (x \in E)$  принадлежит классу  $[M; E; \mathfrak{M}]$ .

**Теорема 4.** *Общий вид линейного, слабо непрерывного и обладающего свойством  $(M)$  функционала в пространстве  $[A; VB; E; \mathfrak{M}]$  дается формулой*

$$\Phi^*(\mu) = (\mathfrak{M}) \int_E f(x) \mu(dE),$$

где  $f \in [M; E; \mathfrak{M}]$  и  $\|\Phi^*\| = \|f\|$ .

Будем говорить, что линейный оператор  $A^*(\mu)$ , отображающий  $[A; VB; E; \mathfrak{M}]$  в  $[A; VB; E; \mathfrak{M}]$ , слабо непрерывен, если

$$\lim_{\alpha} A(\mu_\alpha) = A(\mu),$$

когда обобщенная последовательность  $\{\mu_\alpha\}$  слабо сходится к  $\mu$ .

Будем говорить, что линейный оператор  $A^*(\mu)$ , отображающий  $[A; VB; E; \mathfrak{M}]$  в  $[A; VB; E; \mathfrak{M}]$ , обладает свойством  $(M)$ , если для любого  $e \in \mathfrak{M}E$  линейный функционал  $A^*(\mu)(e)$  обладает свойством  $(M)$ .

**Теорема 5.** *Общий вид линейного, слабо непрерывного и обладающего свойством  $(M)$  оператора, отображающего  $[A; VB; E; \mathfrak{M}]$  в  $[A; VB; E; \mathfrak{M}]$ , дается формулой*

$$A^*(\mu) = (\mathfrak{M}) \int_E K(x, e) \mu(dE),$$

где  $K(x, e)$  для любого фиксированного  $e \in \mathfrak{M}E$  принадлежит классу  $[M; E; \mathfrak{M}]$ , а для любого фиксированного  $x \in E$  принадлежит классу  $[A; E; \mathfrak{M}]$ , интеграл

$$(\mathfrak{M}) \int_E K(x, e) \mu(dE)$$

принадлежит классу  $[VB; E; \mathfrak{M}]$  и

$$\|A^*\| = \sup_{e \in \mathfrak{M}E} \{ \sup_{x \in E} |K(x, e)| \}.$$

Из приведенных теорем следует, что сопряженным линейному оператору

$$A(f) = (\mathfrak{M}) \int_{E_y} f(y) K(x, dEy),$$

отображающему  $[M; E; \mathfrak{M}]$  в  $[M; E; \mathfrak{M}]$ , является линейный оператор

$$A^*(\mu) = (\mathfrak{M}) \int_E K(x, e) \mu(dE),$$

отображающий  $[A; VB; E; \mathfrak{M}]$  в  $[A; VB; E; \mathfrak{M}]$ , где  $K(x, e)$  удовлетворяет условиям теоремы 2.

Академия наук Грузинской ССР  
 Вычислительный центр

(Поступило 9.7.1976)

მათემატიკა

დ. გოგუაძე

წარმოდგენილია ფუნქციონალისა და ოპერატორების წარმოდგენის  
 კოლმოგოროვის ინტეგრალით

რეზიუმე

ზოგიერთ სივრცეში წრფივი ფუნქციონალისა და ოპერატორის ზოგადი  
 სახე წარმოდგენილია კოლმოგოროვის ინტეგრალით.

MATHEMATICS

D. F. GOGUADZE

## REPRESENTATION OF LINEAR FUNCTIONALS AND OPERATORS BY THE INTEGRAL OF KOLMOGOROFF

Summary

The general form of linear functionals and operators is presented by the integral of Kolmogoroff in some spaces.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. A. N. Kolmogoroff. Math. Ann. 103, 1930.
2. F. Riesz. C. R. Acad. Sci. Paris, 149, 1909.
3. И. Радон. УМН, вып. 1, 1936.
4. G. Fichtenholz et L. Kantorovitch. Studia Math. 5, 1935.

Г. И. МИРЗАШВИЛИ, В. А. ФРИШЛИНГ

## О ПОЛУГРУППАХ МНОЖЕСТВ ОПЕРАТОРОВ, СВЯЗАННЫХ С УПРАВЛЯЕМЫМИ МАРКОВСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

(Представлено академиком И. Н. Векуа 5.7.1976)

В [1] была установлена связь управляемых марковских процессов с полугруппами множеств операторов. В настоящей работе рассматриваются структура и свойства таких полугрупп. Полученные результаты развивают известные результаты теории полугрупп [2, 3]. Например, имеет место аналог теоремы Хилле—Иосиды.

Пусть  $X$  — некоторое множество.  $E(X)$  — класс действительных функций на  $X$ , образующих банахово пространство, и замкнутый относительно умножения. Через  $\tau(x, f)$  будем обозначать значение функции, получаемой действием линейного оператора  $\tau$  на  $f$  в точке  $x$ .

Композицию операторов запишем в виде  $\tau_1 \cdot \tau_2 f = \tau_1(x_1 \tau_2 f)$ .

Пусть  $M$  и  $N$  два множества операторов в  $E(X)$ .

Определение 1.  $M \cdot N = K = \{\kappa : (\kappa f)(x) = \mu(x, \nu f), \mu \in M, \nu \in N\}$ .

Определение 2.

$$M \circ N = L = \{\lambda : (\lambda f)(x) = \mu(x, \nu^x f); \mu \in M; \nu^x \in N\},$$

где  $\nu^x$  — функция, действующая из  $X$  в  $N$  такая, что  $\nu^x f \in E(X)$  для любой  $f$  из  $E(X)$ .

Пусть  $t \in [0, \infty)$  и при каждом  $t$  имеется множество операторов  $\tilde{T}_t(T_t)$ .

Определение 3. Скажем, что  $\tilde{T}_t, (T_t) t \in [0, \infty)$  образует множественную (марковскую множественную) полугруппу операторов если для  $\forall t, s \geq 0$ .

$$\tilde{T}_{t+s} = \tilde{T}_t \circ \tilde{T}_s \quad (T_{t+s} = T_t \cdot T_s) \quad \tilde{T}_0 = T_0 = I \text{ — единичный оператор.}$$

Будем рассматривать множественные полугруппы, удовлетворяющие условиям

$$\sup_{\tilde{\tau} \in \tilde{T}_t} \|\tilde{\tau}\| \leq 1; \quad \sup_{\tau \in T_t} \|\tau\| < 1 \quad \text{для всех } t \geq 0$$

$$\sup_{\tilde{\tau}_t \in \tilde{T}_t} \|\tilde{\tau}_t - I\| \rightarrow 0; \quad \sup_{\tau_t \in T_t} \|\tau_t - I\| \rightarrow 0 \quad \text{при } t \rightarrow 0.$$

Теорема 1. Для любой множественной полугруппы спектров  $\tilde{T}_t$  в  $E(X)$  существует марковская множественная полугруппа  $T_t$  в  $E(X)$  такая, что

$$T_t \subset \tilde{T}_t \text{ и } \overline{co} T_t = \overline{co} \tilde{T}_t \text{ при каждом } t.$$

Операции  $\overline{co}$  и  $co$  даются определениями 4 и 5.

Определение 4. Выпуклой оболочкой множества  $M$  называется множество

$$co M = \{ \mu : \mu = \sum a_i \mu_i; a_i \geq 0; \sum a_i = 1; \mu_i \in M \}.$$

Определение 5. Сильно выпуклой оболочкой множества  $M$  называется множество

$$\overline{co} M = \{ \mu : \mu f = \sum a_i(x) \mu_i(x, f); a_i(x) \geq 0; \sum a_i(x) = 1; a_i(x) \in E(X); \mu_i \in M \}.$$

Определение 6. Траекторией (марковской траекторией) назовем отображение, которое каждому  $t \in [0, \infty)$  ставит в соответствие

$$\tilde{\tau}_t \in \tilde{T}_t(\tau_t \in T_t) \text{ так, что } \tilde{\tau}_{t+s} \in \tilde{\tau}_t \circ \tilde{T}_s; (\tau_{t+s} \in \tau_t \cdot T_s)$$

(траектории и элементы из  $\tilde{T}_t(T_t)$  будем иногда обозначать одинаково, так как это не вызовет недоразумений).

Множество всех траекторий (марковских траекторий) будем обозначать через  $\tilde{\Gamma}$  и  $\Gamma$ .

Лемма 1. Если  $\tau_t^1 \in \Gamma$  и  $\tau_t^2 \in \Gamma$ , то

$$\Gamma \ni \tau_t^3 = \begin{cases} \tau_t^1 & t \leq s \\ \tau_s^1 \cdot \tau_{t-s}^2 & t > s \end{cases} \text{ при всех } s \geq 0.$$

Лемма 2. Для любой траектории  $\tau_t \in \Gamma$  и  $s \geq 0$  существует  $\tau_t^s \in \Gamma$  такая, что  $\tau_t = \begin{cases} \tau_t & t \leq s \\ \tau_s \cdot \tau_{t-s}^s & t > s \end{cases}$  при всех  $s \geq 0$ .

Лемма 3. Каждая траектория  $\tau_t \in \Gamma$  почти всюду дифференцируема по  $t$ .

Из лемм 1, 2, 3 следует

Теорема 2. Существует непустое инфинитезимальное множество операторов

$$A = \left\{ \alpha : \alpha = \lim_{t \rightarrow 0} \frac{\tau_t - I}{t}; \tau_t \in \Gamma \right\},$$

причем  $\sup_A \|\alpha\| < \infty$ .

Теорема 3. Для любого  $t \geq 0$  и  $\tau \in T_t$  существует траектория  $\tau_t \in \Gamma$ , проходящая через  $\tau$ , причем

$$\tau_u = I + \int_0^u \tau_s \alpha_s ds, \quad (1)$$

где  $\alpha_s$  — измеримая функция со значениями в  $A$  и  $\tau_t = \tau$ .

Если же выбрать измеримую функцию  $\alpha_s$ , то решение (1) будет марковской траекторией.

Последнее замечание и теорема 3 позволяют по данному инфинитезимальному множеству операторов  $A$  построить полугруппы, которые

имеют  $A$  в качестве инфинитезимального множества операторов, причем их сильно выпуклые оболочки совпадают.

В качестве примера приведем минимальную полугруппу

$$T_t^{\min} = \{ \tau_t : \tau_t = \prod_{\sum_{\alpha_i \in A} t_i = t} e^{\alpha_i t} \}, \text{ что}$$

в (1) соответствует выбору всех кусочно-постоянных  $\alpha_s$ .

Определение 7. Резольвентой  $\tilde{R}_\lambda(R_\lambda)$  называется множество операторов

$$\tilde{R}_\lambda = \left\{ \tilde{\rho}_\lambda : \tilde{\rho}_\lambda = \int_0^\infty e^{-\lambda t} \tilde{\tau}_t dt; \tilde{\tau}_t \in \tilde{\Gamma} \right\},$$

$$R_\lambda = \left\{ \rho_\lambda : \rho_\lambda = \int_0^\infty e^{-\lambda t} \tau_t dt \quad \tau_t \in \Gamma \right\}.$$

Очевидно, что

$$\overline{co} R_\lambda = co \tilde{R}_\lambda.$$

Лемма 4. При любом  $t \geq 0$

$$R_\lambda = \left\{ \int_0^t e^{-\lambda s} \tau_s ds + e^{-\lambda t} \tau_t R_\lambda, \quad \tau_t \in \Gamma \right\}.$$

Определение 8.  $\rho_\lambda^c \in R_\lambda$  называется стационарной точкой резольвенты, если при всех  $t \geq 0$

$$\rho_\lambda^c \in \left\{ \int_0^t e^{-\lambda s} \tau_s ds + e^{-\lambda t} \tau_t \rho_\lambda^c \quad \tau_t \in \Gamma \right\}.$$

Обозначим  $R_\lambda^c = \{ \rho_\lambda^c \}$ .

Теорема 4.

$$R_\lambda^c = \left\{ \rho_\lambda^c : \rho_\lambda^c = \int_0^\infty e^{-\lambda t} \tau_t dt, \quad \tau_t = e^{\alpha t} \alpha \in A \right\},$$

причем  $\overline{co} R_\lambda^c = co \tilde{R}_\lambda^c$ .

Академия наук Грузинской ССР  
Институт экономики и права

(Поступило 8.7.1976)

ბ. მირზაშვილი, ვ. ფრიშლინგი

მართვადი მარკოვის პროცესებთან დაკავშირებული ოპერატორების  
 სიმრავლითა ნახევარჯგუფების შესახებ

რეზიუმე

განხილულია ოპერატორების სიმრავლეთა ნახევარჯგუფების სტრუქტურა და თვისებები. ასეთი ნახევარჯგუფების განხილვა საჭირო ხდება მართვადი მარკოვის პროცესების შესწავლისას.

მიღებულია ჰილე—იოსიდას თეორემის ანალოგი თანაბრად უწყვეტი ნახევარჯგუფებისათვის.

შესწავლილია ასეთი ნახევარჯგუფებისადმი შესაბამისი რეზოლვენტის სტრუქტურა.

MATHEMATICS

G. I. MIRZASHVILI, V. A. FRISHLING

ON SEMI-GROUPS OF OPERATOR SETS CONNECTED WITH  
 CONTROLLED MARKOVIAN PROCESSES

Summary

The paper deals with the structure and properties of the semi-groups of operator sets. Consideration of such semi-groups is necessary when controlled Markovian processes are studied. An analogue of the Hille-Iosida theorem is obtained for uniformly continuous semi-groups. The structure of the resolvent corresponding to such semi-groups is studied.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. А. Фришлинг, Р. Я. Читашвили, Г. И. Мирзашвили. Конференция молодых ученых по математике и механике. Тбилиси, 1976.
2. К. Иосида. Функциональный анализ. М., 1967.
3. Е. Б. Дынкин. Марковские процессы. М., 1963.

Г. Н. ГВАЗАВА

## АНАЛИЗ КОЛЕБАНИЙ И УСТОЙЧИВОСТИ (НА ОПРОКИДЫВАНИЕ) МАССИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НЕКОТОРЫХ ГИДРОСООРУЖЕНИЙ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. Г. Гегелия 8.9.1976)

Характер колебаний массивных элементов некоторых гидросооружений определяется, с одной стороны, размерами и массой самих элементов, а с другой — свойствами их основания.

В статье рассматриваются плоские задачи колебаний массивных элементов при допущении неподвижности твердого скелета основания, по которому они не могут скользить, но могут совершать колебания-качания.

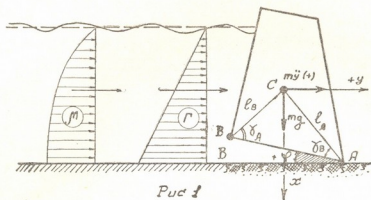
Следует особо отметить, что задача колебаний и устойчивости массивных элементов изучается нами в экстремальной ситуации, когда контакт между бетонным массивом и основанием нарушен. Такое рассмотрение задачи колебаний и устойчивости твердых тел соответствует общепринятой классификации в теории устойчивости движения, а именно устойчивости в «малом» (при бесконечно малых колебаниях элементов на границе упругого полупространства) и устойчивости в «большом» (конечные колебания массивных элементов на жестком основании как при набегании турбулентного пульсирующего потока, так и при учете сил внешнего динамического воздействия: сейсмических сил, эффектов локальной нестационарности, волновых давлений, срывов вихрей Кармана и др.). В первом случае неустойчивость приводит к отрыву массивных элементов от основания, а во втором — к их «раскачиванию» вокруг нижних ребер и возможному «опрокидыванию». Колебания и устойчивость в «малом» элементов гидросооружений на границе двухфазного полупространства достаточно полно изучены [1].

Так как устойчивость в «малом» является необходимым, но недостаточным условием для устойчивости в «большом», цель настоящей работы составляли оценка параметров конечных колебаний массивных элементов и анализ их устойчивости после отрыва от основания.

Несмотря на то что колебания массивных элементов гидросооружений являются вообще нелинейными, при расчетах общей устойчивости пользуются предпосылками линейной теории.

В работе Цубой и Таджиами [2] впервые было обращено внимание на фактор нелинейности колебаний-качаний, но центр вращательных колебаний был избран единственным, что не вполне соответствует физической сущности качательной вибрации. В дальнейшем П. П. Кульмачом [3] были рассмотрены некоторые задачи устойчивости массивного сооружения на опрокидывание (при жестком основании и произвольно изменяющейся во времени нагрузке), но лишь при небольших углах поворота массива. Это привело его к линеаризации исследуемых дифференциальных уравнений. В работе [4] были про-

анализированы нелинейные колебания-качания прямоугольного массива на жестком основании и с помощью разработанного нами эффективного численного метода приближенного решения нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка построен характерный график изменения периода свободных колебаний в зависимости от амплитуд качательной вибрации.



Расчетная схема плоской задачи качательной вибрации массива (элемент крепления нижнего бьефа на скальном основании, отчлененный блок в теле плотины при образовании горизонтальной сквозной трещины, берегоукрепительная стенка портов и др.) представлена на рис. 1.

В качестве возмущающих сил внешнего происхождения берутся гидродинамические (или сейсмические) нагрузки, горизонтальные составляющие которых задаются в форме

$$\tilde{F}_y = \tilde{A}(\tau) = \tilde{A}^* \sin \tilde{\omega}^* \tau, \quad (1)$$

где  $\tilde{A}^*$  — максимальная амплитуда;  $\tilde{\omega}^*$  — циклическая частота.

Влияние вертикальной компоненты возмущающей силы не учитывается. Предполагается, что «присоединенная» масса воды действует в центре тяжести массива, т. е. в точке, расположенной выше точки фактического ее приложения (это упрощающее предположение идет в запас устойчивости). Присоединенная масса определяется по формулам Вестергарда—Кармана [3].

Следуя общей методике нашей работы [4], записываем исходные для анализа устойчивости качающегося массива дифференциальные уравнения в виде

$$\dot{\varphi}_\tau = \psi \quad \text{при } \varphi > \eta > 0,$$

$$\dot{\varphi}_\tau = 1/\alpha \tilde{A}(\tau) \sin(\gamma_A + \varphi) - \mu/\alpha \operatorname{sign} \left( \frac{\pi}{2} - \gamma_A - \varphi \right) \cos(\gamma_A + \varphi), \quad (2)$$

$$\dot{\varphi}_\tau = \psi \quad \text{при } |\varphi| < \eta,$$

$$\dot{\varphi}_\tau = 2/\alpha + \beta \tilde{A}(\tau) \sin \frac{\gamma_A + \gamma_B}{2}, \quad (3)$$

$$\dot{\varphi}_\tau = \psi \quad \text{при } \varphi < -\eta < 0,$$

$$\dot{\varphi}_\tau = 1/\beta \tilde{A}(\tau) \sin(\gamma_A - \varphi) + \mu/\beta \operatorname{sign} \left( \frac{\pi}{2} - \gamma_B - \varphi \right) \cos(\gamma_B - \varphi). \quad (4)$$





Здесь  $\alpha$  и  $\beta$  — коэффициенты, характеризующие распределение (геометрию) масс жесткого массива;  $\mu$  — коэффициент, учитывающий воздействие присоединенной массы.

Для приближенного решения систем существенно нелинейных дифференциальных уравнений была составлена программа на языке АЛГОЛ, позволяющая учитывать любой характер изменяющейся во времени возмущающей силы (постоянство ускорений, гармонический вид двустороннего возмущения, дискретные значения акселерограмм сейсмического воздействия и др.). На рис. 2 сопоставлены расчеты на ЭВМ с данными лабораторных испытаний<sup>(1)</sup> модели жесткого массива, свободно установленной на виброплатформе с гармоническим возбуждением. Характерно, что опрокидывание модели происходит в диапазоне частот свободных колебаний.

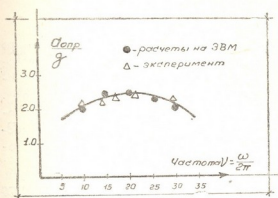


Рис. 2

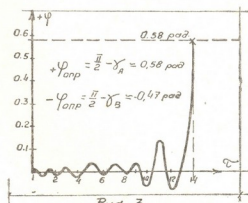


Рис. 3

Аналогичная задача была исследована при оценке сейсмостойкости плотины Коина, поврежденной в результате землетрясения 1967 г. Характер повреждений (горизонтальные трещины, отделившие верхнюю зону плотины высотой 36 м) потребовал исследования устойчивости отчлененных массивов на опрокидывание на случай повторного землетрясения и оценки необходимости срочной сработки водохранилища [5]. Исследовались колебания жесткого массива на жестком основании вокруг граней подошвы.

Соответствующие нелинейные дифференциальные уравнения решались численным методом Рунге—Кутты. Результаты расчета поворотов верхнего массива как по нашей методике, так и по методике американских специалистов при постоянном приложении расчетного ускорения показали удовлетворительное совпадение, а именно, устойчивость массива на опрокидывание не обеспечивается.

При динамическом воздействии, заданном в виде реальной акселерограммы, по результатам расчетов американских специалистов [5], динамическая устойчивость массива обеспечивается; по нашим расчетам, она и в этом случае не обеспечивается<sup>(2)</sup>.

На рис. 3 дается график изменения амплитуд вращательных колебаний верхнего отчлененного массива плотины Коина по результатам решений систем уравнений (2)—(3)—(4) вплоть до опрокидывания са-

<sup>(1)</sup> Лабораторные испытания устойчивости свободно стоящего массива на опрокидывание (при динамическом воздействии) были проведены в отделе динамики сооружений НИС Гидропроекта им. С. Я. Жука.

<sup>(2)</sup> Результаты анализа указанного несоответствия нами доложены на Всесоюзной сессии по вопросам сейсмической опасности в районах строительства гидротехнических и энергетических сооружений, состоявшейся в сентябре 1976 г. в Тбилиси.

მოგო массива. Проведенные исследования позволили сделать вывод о необходимости анализа устойчивости в «большом» при динамических воздействиях в каждом конкретном случае.

Грузинский сельскохозяйственный институт

(Поступило 9.9.1976)

80456033

ბ. ზვავა

ზომიერო ჰიდრონავიგაციის მასივური ელემენტების რხევებისა და მდგრადობის (გადაყირავებაზე) ანალიზი დინამიური ზემოქმედებისას

რეზიუმე

განხილულია ჰიდრონავიგაციის ელემენტების იძულებითი რხევები და მოცემულია ანალიზი მათი მდგრადობისა (გადაყირავებაზე), როდესაც დინამიური ზემოქმედება ჰიდროდინამიკური და სეისმური ძალებისა ცვალებადობის ნებისმიერ ხასიათს ატარებს. შედგენილია პროგრამა ალგორითმების რიცხვითი ინტეგრების შედეგები შედარებულია ლაბორატორიულ ექსპერიმენტთან. ამონსნილია რეალური ობიექტის მდგრადობის ამოცანა კონკრეტული მაგალითზე და აგებულია მისი ზედა მასივის არაწრფივი რხევების მახასიათებელი გრაფიკები.

MECHANICS

G. N. GVAZAVA

ANALYSIS OF OSCILLATION AND STABILITY (AGAINST OVERTURNING) OF THE RIGID ELEMENTS (MONOLITHS) OF SOME HYDRAULIC ENGINEERING STRUCTURES UNDER DYNAMIC EFFECTS

Summary

The forced oscillations of the monoliths of hydraulic engineering structures are considered and analysis of their stability against overturning is presented for the case when the effects of the hydrodynamic and seismic forces are of random character (i. e. when they depend on time randomly).

The programme is compiled for the computer (BESM-6) on the basis of algol language; the numerical integration results are compared with laboratory experimental data. The problem of the stability of a real monolith is solved using the Koyna Dam example and diagrams of the nonlinear oscillations of its upper block (separated by a horizontal crack as a result of the great earthquake of December 1967) are plotted.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Динамика сплошных сред в расчетах гидротехнических сооружений. Под ред. В. М. Ляхтера и Ю. С. Яковлева. М., 1976.
2. Y. Tuboi, H. Tajimi. Proc. 2nd National Congress App. Mech. Tokio, 1952.
3. П. П. Кульмач. Гидродинамика гидротехнических сооружений. М., 1963.
4. Г. Н. Гвазава. Сообщения АН ГССР, 83, № 3, 1976.
5. S. Saini, J. Krishna. Earthquake Engineering and Structural Dynamics 2, 1974.

А. А. КУТАТЕЛАДЗЕ

## К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТОТЫ ПОМПАЖНОГО КОЛЕБАНИЯ РАСХОДА И ДАВЛЕНИЯ В ТУРБОВОЗДУХОДУВНОЙ УСТАНОВКЕ

(Представлено академиком А. А. Дзидзигури 28.5.1976)

Для определения частоты помпажного колебания расхода и давления в турбовоздуходувной установке при полностью закрытой задвижке в нагнетательном воздухопроводе используется формула Релея [1].

$$f = \frac{C}{4l} \text{ ГЦ,} \quad (1)$$

где  $C$ —средняя местная скорость звука в воздухе, в машине и в нагнетательной трубе

$$C = \frac{C_B + C_2}{2} \text{ м/сек;}$$

$l$  — полная длина воздушного тракта в системе, равная сумме длины нагнетательной трубы от машины до задвижки и длины воздушного пути в машине, м;

$C_B$  — средняя местная скорость звука в машине

$$C_B = C_1 \sqrt{\varepsilon^{\frac{n-1}{2n}}} \text{ м/сек;}$$

$C_2$  — местная скорость звука в воздухе в нагнетательной трубе

$$C_2 = C_1 \sqrt{\varepsilon^{\frac{n-1}{n}}} \text{ м/сек;}$$

$C_1$  — скорость звука в воздухе при входе в машину

$$C_1 = \sqrt{KRT_1} \text{ м/сек;}$$

$\varepsilon$  — степень повышения давления в машине  $\varepsilon = P_2/P_1$ ;  $P_1$  и  $P_2$  — давления воздуха на входе и выходе из машины, н/м<sup>2</sup>;  $n$  — показатель политропы сжатия воздуха в машине

$$n = \frac{l_g \varepsilon}{l_g \varepsilon - l_g \frac{T_2}{T_1}} ;$$

$T_1$  и  $T_2$  — температуры воздуха на входе и выходе из машины, °К;  $K=1,4$  — показатель адиабаты;  $R=287, \frac{\text{дж}}{\text{кг.гр.}}$  — газовая постоянная для воздуха.

Для определения действительного пути воздушного потока в воздухоудке длину пути следует брать в относительном движении воздуха в рабочем колесе и половине окружности выходной спирали [2]. Как показывают исследования для многоступенчатой центробежной воздухоудки (турбокомпрессора) здесь дополнительно следует брать длины входной спирали, направляющего аппарата (диффузора) и обратного направляющего аппарата.

Длина воздушного пути в турбовоздуходке типа ТВ-80-1,4, установленной в лаборатории кафедры горных машин, рудничных стационарных установок и транспорта ГПИ им. В. И. Ленина, равна  $l_B=10,05$  м, а длина нагнетательного воздухопровода от машины до выходной задвижки  $l_T=10,2$  м.

В формуле (1)  $4l-\lambda$  есть длина волны помпажного колебания расхода и давления воздуха. По теории Релея [1], если один конец трубы закрыт, т. е. когда задвижка в конце выходного воздухопровода полностью закрыта, длина волны основного тона в четыре раза больше длины трубы, и по всей длине трубы за исключением концов нет ни узла, ни пучности (рис. 1).

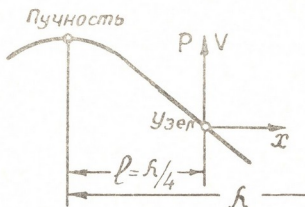


Рис. 1

Для определения частоты помпажного колебания при частично открытой задвижке можем также использовать формулу (1) с учетом принципа Допплера. При частично открытой задвижке в системе имеется движение воздуха от машины к концу трубы со средней скоростью  $U$ , м/сек и поэтому место восприимчивости волны (колебания воздуха) как будто удаляется от источника колебания (воздуходки), вследствие чего длина волны окажется растянутой на величину  $\Delta\lambda$ . Эта величина  $\Delta\lambda$  по формуле Допплера равна [3]

$$\Delta\lambda = \lambda \frac{U}{C} \text{ м,} \quad (2)$$

где  $\lambda$  — длина волны в неподвижном потоке воздуха.



Длина растянутой волны (длина волны в подвижном потоке воздуха) будет

$$\lambda' = \lambda + \Delta\lambda = \lambda + \lambda \frac{U}{C} = \lambda \left(1 + \frac{U}{C}\right). \quad (3)$$

Тогда частота помпажного колебания расхода или давления при частично открытой задвижке с учетом принципа Допплера на основании уравнений (1) и (3) определяется формулой

$$f = \frac{C}{4l \left(1 + \frac{U}{C}\right)} \text{ гц.} \quad (4)$$

Из формулы (4) видно, что при движении воздуха в нагнетательной сети от воздухоудовки к открытому концу трубы из-за эффекта Допплера частота помпажного колебания расхода и движения должна уменьшаться.

Справедливость формулы (4) хорошо подтверждается экспериментом. По проведенной записи на осциллографе помпажного колебания давления в 17 вариантах из 24 наблюдается справедливость учета принципа Допплера.

Приведем характерный пример. Для лабораторной турбовоздуховной установки ТВ-80-1,4, при работе машины на помпажном режиме с частично открытой задвижкой в конце напорной трубы имеем следующие параметры: расход воздуха через сеть  $V_a = 0,274, \text{ м}^3/\text{сек}$ ; частота помпажного колебания давления по записи на осциллографе  $f_{\text{эк}} = 4,25 \text{ гц}$ ; диаметр напорной трубы  $d_r = 0,2 \text{ м}$ ; скорость воздуха в напорной трубе  $U = 8,72 \text{ м/сек}$ ; средняя местная скорость звука в воздухе по расчету получена  $C = 353 \text{ м/сек}$ . Тогда по формуле (4) получим  $f_r = 4,25 \text{ гц}$ , что совпадает с частотой, определяемой экспериментом. Для другого примера по формуле (4) имеем  $f_r = 4,23 \text{ гц}$ , а по записи на осциллографе  $f_{\text{эк}} = 4,15 \text{ гц}$ . Погрешность частоты помпажных колебаний, определяемых экспериментальными и теоретическими путями, здесь составляет всего 2%. Для остальных примеров эти погрешности также не превосходят 3—5%.

Грузинский политехнический институт  
им. В. И. Ленина

(Поступило 3.6.1976)

გეგანია

ა. ქუთათელაძე

ტურბომაქინების მანაფარში ხარჯისა და წნევის პომპაჟური რხების სიხშირის განსაზღვრის საპრობლემური

რეზიუმე

განხილულია დოპლერის პრინციპის გამოყენების საკითხი ტურბომაქინებებზე და ნაღებარში ხარჯისა და წნევის პომპაჟური რხების სიხშირის უფრო ზუსტად განსაზღვრისათვის დამჭირებულ პარამეტრებში ნაწილობრივ გაღებულ სა-

ვალთის დროს. მოყვანილია პომპაჟური რხევის სიხშირის განსაზღვრისათვის საჭირო ფორმულა დობლერის პრინციპის გათვალისწინებით და ჩატარებული ექსპერიმენტების ზოგიერთი შედეგი ამ ფორმულის სიზუსტის შემოწმების მიზნით.

MECHANICS

A. A. KUTATELADZE

### ON DETERMINING THE AIR RATE AND PRESSURE FREQUENCY OF SURGING OSCILLATION IN A TURBO-BLOWER INSTALLATION

#### Summary

The question of considering Doppler's principle for more precise determination of the air rate and pressure frequency of surging oscillation in the supercharge tube of a turbo-blower installation with partially opened gate is discussed.

The formula for determining the frequency of surging oscillation with account of Doppler's principle has been derived and some results of experiments verifying the accuracy of this formula are presented.

#### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Релей. Теория звука. М., 1955.
2. К. Пфлейдерер. Лопаточные машины для жидкостей и газов. М., 1960.
3. ე. ხარაძე. ზოგადი ასტროფიზიკის კურსი. თბილისი, 1960.

З. А. ПИРАНАШВИЛИ, Т. Г. СУЛАБЕРИДЗЕ

О НЕЛИНЕЙНОМ ПРОГНОЗЕ И ФИЛЬТРАЦИИ КУСОЧНО-  
 ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНО И ПОЛИНОМИАЛЬНО  
 ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ГАУССОВСКИХ СЛУЧАЙНЫХ  
 ПРОЦЕССОВ

(Представлено академиком В. В. Чавчанидзе 13.7.1976)

В [1, 2] рассматривался вопрос о нелинейном прогнозе и фильтрации случайных процессов определенного класса. В настоящей статье изучается тот же вопрос для распределений специального вида.

Пусть  $\zeta, \xi_t (t \in T)$  — система вещественных случайных величин класса  $N$  с одномерными функциями распределения  $F_\zeta(x), F_t(x)$  соответственно [3]. Ставится задача отыскания наилучшей оценки  $\tilde{\zeta}^*$  величины  $\zeta$  через значения величин  $\xi_t (t \in T)$  с минимальной среднеквадратичной погрешностью  $\tilde{D}$ :  $\tilde{D}^2 = M(\zeta - \tilde{\zeta}^*)^2$ .

1. Пусть для функции распределения  $F_\zeta(x)$  имеем представление

$$F_\zeta^{-1}(\Phi(x)) = \sum_{k=0}^{\infty} a_{\zeta, k} \cdot \varphi_k(x), \quad (1)$$

где

$$\varphi_k(x) = \begin{cases} \frac{1}{2} e^{d_k \cdot x}, & \text{когда } x \leq 0, \\ 1 - \frac{1}{2} e^{-d_k \cdot x}, & \text{когда } x > 0, \end{cases}$$

$$d_0 = 0, \quad \varphi_0(x) \equiv \frac{1}{2}, \quad -\infty < x < \infty; \quad d_k > 0, \quad k=1, 2, \dots, \text{ и}$$

$a_{\zeta, k}, d_k, k=0, 1, 2, \dots$  — вещественные числа, удовлетворяющие определенным условиям,  $\Phi(x)$  — нормальная функция распределения с параметрами

$(0, 1)$ , а  $\sum_{k=0}^{\infty}$  — символ, везде обозначающий конечную сумму или бесконечный ряд.

Предполагая ниже справедливость почленного интегрирования, на основании общего результата работы [1], для  $\tilde{\zeta}^*$  получаем

$$\tilde{\zeta}^* = \sum_{k=0}^{\infty} a_{\zeta, k} \cdot \left[ \Phi \left( \frac{\bar{\eta}_k}{\sigma_{\min}} \right) + \frac{1}{2} \exp \left\{ d_k \cdot \bar{\eta}_k + \frac{d_k^2 \cdot \sigma_{\min}^2}{2} \right\} \right] \times$$

$$\begin{aligned} & \times \Phi \left( -\frac{\bar{\eta}_{\zeta}^*}{\sigma_{\min}} - d_k \cdot \sigma_{\min} \right) - \frac{1}{2} \exp \left\{ -d_k \cdot \bar{\eta}_{\zeta}^* + \frac{d_k^2 \cdot \sigma_{\min}^2}{2} \right\} \times \\ & \times \Phi \left( \frac{\bar{\eta}_{\zeta}^*}{\sigma_{\min}} - d_k \cdot \sigma_{\min} \right) \Big], \end{aligned} \quad (2)$$

где  $\bar{\eta}_{\zeta}^*$  — наилучшая (в смысле ср. кв.) линейная оценка гауссовской случайной величины  $\eta_{\zeta} = \Phi^{-1}(F_{\zeta}(\zeta))$  через значения гауссовских случайных величин  $\eta_t = \Phi^{-1}(F_t(\xi_t))$ ,  $t \in T$ , а  $\sigma_{\min}^2 = M(\eta_{\zeta} - \bar{\eta}_{\zeta}^*)^2$ .

Формула для  $D^2$  аналитически конструктивно выписывается до конца, однако она довольно громоздка и поэтому здесь не приводится.

2. Пусть  $F_{\zeta}^{-1}(\Phi(x)) \in L_{\Phi}^2(-\infty, \infty)$  т. е.  $\int_{-\infty}^{\infty} [F_{\zeta}^{-1}(\Phi(x))]^2 \cdot d\Phi(x) = M_{\zeta}^2 < \infty$ . При сделанных предположениях функция  $F_{\zeta}^{-1}(\Phi(x))$  разлагается в сходящийся в ср. кв. смысле ряд Фурье:

$$F_{\zeta}^{-1}(\Phi(x)) = \sum_{k=0}^{\infty} a_{\zeta, k} \cdot H_k(x), \quad -\infty < x < \infty, \quad (3)$$

где  $H_k(x) = (-1)^k \cdot (k!)^{-1/2} \cdot \exp\left\{\frac{x^2}{2}\right\} \cdot \left(\frac{d}{dx}\right)^k \exp\left\{-\frac{x^2}{2}\right\}$  — ортонормированные полиномы Эрмита.

Исходя из (3), на основании результата [1], для нелинейной оценки  $\tilde{\zeta}^*$  будем иметь:

$$\tilde{\zeta}^* = \begin{cases} \sum_{k=0}^{\infty} a_{\zeta, k} (1 - \sigma_{\min}^2)^{k/2} \cdot H_k[\bar{\eta}_{\zeta}^* \cdot (1 - \sigma_{\min}^2)^{1/2}], & \text{когда } 0 \leq \sigma_{\min}^2 < 1, \\ \sum_{k=0}^{\infty} a_{\zeta, k} \cdot (\bar{\eta}_{\zeta}^*)^k \cdot (k!)^{-1/2}, & \text{когда } \sigma_{\min}^2 = 1, \end{cases} \quad (4)$$

а для соответствующей ср. кв. погрешности получаем

$$\tilde{D}^2 = \sum_{k=1}^{\infty} a_{\zeta, k}^2 \cdot [1 - (1 - \sigma_{\min}^2)^k]. \quad (5)$$

Если функции распределения  $F_{\zeta}(x)$ ,  $F_t(x)$ ,  $t=1, 2, \dots, n$  таковы, что для них справедливо представление (3), а совокупность случайных величин  $\zeta$ ,  $\xi_t$ ,  $t=1, 2, \dots, n$  стационарна в узком смысле, тогда для оценки параметров  $a_{\zeta, k} = a_t, k = a_k$  модифицированный метод наименьших квадратов дает

$$a_k^* = \frac{1}{n} \cdot \sum_{v=1}^q i_v \cdot x_v \cdot H_k \left( \Phi^{-1} \left( \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n i_j \right) \right), \quad k=0, 1, 2, \dots, \quad (6)$$



где  $x_1, x_2, \dots, x_q$  являются отличными друг от друга значениями, упорядоченными в порядке возрастания:  $x_1 < x_2 < \dots < x_q$ , заданных наблюдаемых значений  $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$ , причем  $x_\nu$  в данной наблюдаемой последовательности встречается  $i_\nu$ -раз,  $\nu=1, 2, \dots, q$ ;  $i_1 + i_2 + \dots + i_q = n$ .

Доказывается, что при довольно общих предположениях с вероятностью 1  $\lim a_k^* = a_k$ ,  $k=0, 1, 2, \dots$ , т. е.  $a_k^*$  является состоятельной оценкой параметра  $a_k$ ,  $k=0, 1, 2, \dots$

3. Теперь специально рассмотрим случай, когда

$$F_{\xi}^{-1}(\Phi(x)) = a_{\xi} \cdot x^{2k}, \quad (7)$$

где  $a_{\xi} > 0$  — произвольное действительное число,  $k > 0$  — произвольное фиксированное целое число. Заметим, что эта функция не является строго возрастающей, поэтому будем смотреть на (7) только как на формальное представление. Формально для  $\xi^*$  получим

$$\xi^* = a_{\xi} \cdot \sum_{j=0}^k \frac{(2k)!}{(2k-2j)!(2j)!} \cdot \sigma_{\min}^{2j} \cdot (\bar{\eta}_{\xi}^*)^{2k-2j}. \quad (8)$$

Ясно, что в (8) войдут такие значения  $\eta_t$  ( $t \in T$ ), которые невозможно однозначно определить по наблюдаемым значениям  $\xi_t$ . Поэтому, вообще говоря, при не взаимнооднозначных преобразованиях использование общего результата работы [1] путем прямой формальной подстановки неправильно и невозможно. Это так и должно быть, поскольку вышеупомянутый общий результат получен для системы случайных величин  $\zeta, \xi_t$  ( $t \in T$ ) класса  $N$ , для которых существует взаимнооднозначное соответствие между случайными величинами  $\zeta$  и  $\xi_{\zeta} = \Phi^{-1}(F_{\xi}(\zeta))$  и  $\xi_t$  и  $\eta_t = \Phi^{-1}(F_t(\xi_t))$  соответственно, осуществляемое, одномерными функциями распределения  $\Phi(x), F_{\xi}(x), F_t(x)$  [3]. В вышеприведенном примере такое преобразование задается соответственно формулами

$$\zeta = a_{\xi} \cdot \left( \Phi^{-1} \left( \frac{1}{2} [1 + \Phi(\eta_{\xi})] \right) \right)^{2k}, \quad \eta_{\xi} = \Phi^{-1} \left( 2 \cdot \Phi \left( \left[ \frac{\zeta}{a_{\xi}} \right]^{\frac{1}{2k}} \right) - 1 \right),$$

$$\xi_t = a_t \cdot \left( \Phi^{-1} \left( \frac{1}{2} [1 + \Phi(\eta_t)] \right) \right)^{2k}, \quad \eta_t = \Phi^{-1} \left( 2 \cdot \Phi \left( \left[ \frac{\xi_t}{a_t} \right]^{\frac{1}{2k}} \right) - 1 \right).$$

Для таких преобразований общий результат работы [1] применяется непосредственно и в этом смысле здесь не возникают никакие принципиальные противоречия и трудности.

В задаче чистого прогнозирования, когда  $\eta_t$  — случайный процесс Орнштейна—Уленбека с  $M\eta_t = 0$  и функцией корреляции  $r(\tau) = e^{-\alpha|\tau|}$ ,  $\alpha > 0$  в (8) появляются четные степени величин  $\eta_t$ , что даст возможность выразить эти значения через наблюдаемое значение  $\xi_t$ . Получается формула, которая при  $a_t = a = \text{const}$  совпадает с результатом работы [4].

Примечание. В настоящей статье и предыдущих работах [1, 2] дано решение задачи нелинейного прогноза и фильтрации для разных представлений функции  $F_{\xi}^{-1}(\Phi(x))$ . Фигурирующий в этих пред-

ставлениях символ  $\sum_{k=0}^{\infty}$  является или конечной суммой или беско-

нечным рядом. При применении этих представлений для решения задач моделирования случайных процессов в случае бесконечного ряда часто надо предполагать, что упомянутый ряд сходится равномерно в любом ограниченном интервале вещественной оси, а при применении указанных представлений для решения задач нелинейного прогноза и фильтрации надо предполагать законность почленного интегрирования бесконечного ряда на  $(-\infty, \infty)$  с весом  $\Phi'(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left\{-\frac{x^2}{2}\right\}$ , для чего в свою очередь достаточно потребовать или равномерную сходимость ряда на  $(-\infty, \infty)$  или ср. кв. сходимость на  $(-\infty, \infty)$  с весом  $\Phi'(x)$ . В случае разложения функции  $F_{\Phi}^{-1}(\Phi(x)) \in L_{\Phi}^2(-\infty, \infty)$  в ряд Фурье относительно полной ортонормированной системы функций в  $L_{\Phi}^2(-\infty, \infty)$  ср. кв. сходимость обеспечивается автоматически, в остальных же случаях для того чтобы было законным почленное интегрирование, нужно потребовать ср. кв. или другого вида сходимость бесконечного ряда.

Академия наук Грузинской ССР

Институт кибернетики

(Поступило 15.7.1976)

კიბერნეტიკა

ზ. პირანაშვილი, თ. სულაბერიძე

უბან-უბან მქსპონენციალურად და პოლინომიალურად გარდაქმნილ  
 გაუსის შემთხვევით პროცესთა არაწრფივი პროგნოზისა და  
 ფილტრაციის შესახებ

რეზიუმე

მოცემულია არაწრფივი პროგნოზისა და ფილტრაციის მეთოდი პრაქტიკულად საკმარისად ფართო კლასის შემთხვევითი პროცესებისათვის, რომლებიც მიიღებიან გაუსის შემთხვევით პროცესთა პოლინომიალური და უბან-უბან ექსპონენციალური გარდაქმნით.

CYBERNETICS

Z. A. PIRANASHVILI, T. G. SULABERIDZE

### NONLINEAR PROGNOSIS AND FILTRATION OF PIECEWISE-EXPONENTIAL AND POLYNOMIALLY TRANSFORMED GAUSSIAN RANDOM PROCESSES

#### Summary

A method of nonlinear prognosis and filtration for a fairly wide class of random processes, obtained by piecewise-exponential and polynomial transformation of Gaussian random processes, is given.

#### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. З. А. Пиранашвили, Т. Г. Сулаберидзе. Сообщения АН ГССР, 78, № 1, 1975.
2. З. А. Пиранашвили, Т. Г. Сулаберидзе. Сообщения АН ГССР, 82, № 3, 1976.
3. З. А. Пиранашвили. Сб. «Вопросы исследования операций». Тбилиси, 1966.
4. В. Н. Нагорный. Теория вероятностей и математическая статистика. Межведомственный научный сборник, вып. 4. Киев, 1971.

О. Г. ВЕРУЛАВА

## ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ГРУППИРОВКИ РЕАЛИЗАЦИИ В РАСПОЗНАВАНИИ ОБРАЗОВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии В. К. Чичинадзе 16.7.1976)

Существующие алгоритмы группировки (таксономии) имеют некоторые общие свойства — в них всегда присутствует произвольно выбираемый параметр, значение которого также произвольно определяется интуитивными соображениями экспериментатора.

В настоящей работе изложен алгоритм, который свободен от вышесказанного недостатка.

Введем обозначения:  $\{X_k\} = \{x_{kn}\}$ , где  $n = 1 - N$  — размерность рецепторного поля, а  $k = 1 - K$  — количество реализаций обучающей выборки одного образа,  $\rho(X_k, X)$  — евклидово расстояние между точками  $X_k$  и  $X$ ,  $\{G(l)\}$  — группы  $R(l)$ -го ранга,  $R(X, X_k)$  — ранг связи между двумя точками  $X$  и  $X_k$ ,  $R(l)$  — ранг  $G(l)$ -й группы.

Первый ранг связи  $R(1)$  от точки  $X$  определяется следующим образом:

$$R(X, X_k) = R(1), \text{ если } \rho(X, X_k) = \min_{k=1}^K \rho(X, X_k).$$

Второй ранг связи  $R(2)$  является вторым минимумом расстояния от точки  $X$ :

$$R(X, X_{k_1}) = R(2), \text{ если } \rho(X, X_{k_1}) = \min_{k_1=1}^K \rho(X, X_{k_1}), \quad (1)$$

где  $k \neq k_1$ , так же определяются  $R(3)$ ,  $R(4)$  и т. д.

Всего для  $K$  точек имеем  $R(K-1)$  ранг связи.

Определение. Назовем две точки  $X_k$  и  $X_{k_1}$  замкнутой парой точек, если выполняются следующие условия:

$$\begin{aligned} \rho_1(X_k, X_{k_1}) &= \min_{k_1=1}^K \rho(X_k, X_{k_1}), \\ \rho_2(X_{k_1}, X_k) &= \min_{k=1}^K \rho(X_{k_1}, X_k). \end{aligned} \quad (2)$$

Эти условия означают, что для точки  $X_k$  ближайшей является точка  $X_{k_1}$  и наоборот.

Лемма 1. Любое множество точек содержит хотя бы одну замкнутую пару точек.

Определение. Будем считать, что некоторое подмножество точек множества  $\{X\}$  образует группу  $G(l)$   $R(l)$ -го ранга, если любая точка из  $G(l)$  удовлетворяет условию

$$\begin{aligned} R(X_{k_1}^l, X_{k_2}^l) &\leq R(X_{k_1}^l, X_k), \\ R(X_{k_2}^l, X_{k_1}^l) &\leq R(X_{k_2}^l, X_k), \end{aligned} \quad (3)$$

где  $X_{k_1}^l, X_{k_2}^l$  — реализации в  $G(l)$ -й группе, а  $k, k_1, k_2, k \neq k_1 \neq k_2$ , индексы реализаций из множества  $\{X_k\}$ , за исключением точек группы  $G(l)$ .

Группу, созданную по  $R(l)$ -му рангу связи, будем обозначать через  $G(l)$ .

Теорема 1. Любая замкнутая пара точек по первому рангу связи образует группу в смысле определения (3).

Это является достаточно очевидным. Если точки  $X_1$  и  $X_2$  — замкнутая пара, то любые другие точки  $X_k$  из  $K$  могут образовать с ними ранг связи, для которого имеем

$$R(X_k, X_1) \geq R(1); \quad R(X_k, X_2) \geq R(1),$$

где  $k=1-K, k \neq 1, k \neq 2$ . Это означает, что условие (3) удовлетворяется, соответственно доказана и теорема 1.

Теорема 2. По первому рангу связи не существует группы более чем из двух точек.

Используя лемму 1 и теорему 1, можно сказать, что эти две точки являются замкнутой парой. Обозначим их через  $X_1$  и  $X_2$ . Очевидно, что у точек  $X_1$  и  $X_2$  не существует  $R(1)$ -ранг связи с другими точками, следовательно, в объеме, ограниченном двумя гиперсферами радиусом  $\rho(X_1, X_2)$  и центрами в  $X_1$  и  $X_2$ , нет других точек. Точки, находящиеся за пределами гиперсфер, могут образовать с точками  $X_1$  и  $X_2$  по  $R(1)$ -рангу связи следующие структуры: цепочную (рис. 1,а), звездочную (рис. 1,б) и их комбинации.

Цифры на рис. 1, а, б обозначают номера точек ( $X_1, X_2$  и т. д.), а стрелки — направление до точек, ближайших от рассматриваемого. Легко заметить, что ни одна из точек на рис. 1, а, б не удовлетворяет условиям (3). Например, для точки  $X_4$  (рис. 1, б) существует только



Рис. 1

односторонняя связь с остальными точками (удовлетворяется только одно требование из (3)). Поэтому точка  $X_4$  не входит в группу точек из  $X_1, X_2, X_3$ . Но в таком случае не составляет группу и  $X_3$  с точками  $X_1$  и  $X_2$ . То же самое можно сказать и о точке  $X_5$ . Подобные рас-

суждения верны и для звездочной структуры (рис. 1,б), где также нет двусторонней связи по  $R(1)$  рангу.

Рассмотрим звездочно-цепочную структуру точек (рис. 2). Начиная проверку принадлежности группе крайней точки, можно увидеть, что ни одна из них не составляет группу с другими точками до точек замкнутых пар. Получено то же решение, что и для цепочных и звездочных систем в отдельности. Теорема 2 доказана.



Рис. 2

**Следствие.** Минимальным рангом связи, с помощью которого можно составить группы в смысле определения (3), является  $R(2)$ -ранг.

**Определение.** Если после рассмотрения  $R(2)$ -ранга связи все точки из  $K$  объединились в одну группу, то имеем негруппирующееся множество точек.

**Лемма 2.** Из любого множества точек количеством  $K$  можно составить одну группу по  $R(K-1)$ -рангу связи.

**Определение.** Если для построения группы из  $K$  точек необходимо применение  $R(K-1)$ -ранга связи, то данное множество точек не образует групп. Такими являются точки на рис. 1, а.

**Теорема 3.** Из любого множества точек количеством  $K$  можно построить одну группу по  $R(K-2)$ -рангам связи.

Так как в любом множестве точек, согласно лемме 1, имеется замкнутая пара точек, которая, согласно теореме 1, находится в одной группе, то для объединения всех точек из  $K$  с одной замкнутой парой достаточно  $R(K-2)$ -ранга связи, ибо при  $(K-2)$ -ранге обязательно «захватывается» одна из точек замкнутой пары, что автоматически (теорема 1) прибавляет к данной группе и вторую точку замкнутой пары. Теорема доказана.

**Следствие.** При построении групп из  $K$  точек максимально допустимым рангом связи является  $R_{\max} \leq R(K-3)$ .

Предположим, что после рассмотрения  $R(l)$ -ранга получили несколько групп  $G_1(l), G_2(l), \dots, G_m(l), \dots, G_M(l)$ . В каждой из них количество точек соответственно равняется  $K_1, K_2, \dots, K_m, \dots, K_M$ . Ясно, что для любой группы  $G_m(l)$  выполняется условие:

$$R(l) < R(K_m), \quad \text{где } m = 1 \div M.$$

Группу  $G_m(l)$  назовем «идеальной», если она при увеличении  $R(l)$  до  $R(K_m)$  не изменится (т. е. новых точек не прибавится). Это означает, что расстояние между наиболее удаленными точками внутри группы меньше расстояния между определенной точкой данной группы и ближайшей к ней точкой другой группы.

Определение. Если имеем группы  $R(l)$ -го ранга и после рассмотрения  $R(l + l_1)$  ранга, где  $l_1 = 1, 2, \dots$ , и  $(l + l_1) < (K - 2)$ , некоторые группы не изменяются, то имеем группы  $R(l)$ -го ранга  $l_1$ -й степени.

Определение. Если множество точек из  $K$  при разбиении на группы не образует степенных групп, но при каждом  $R(l) < R(K - 3)$  образует группы, то имеем слабогруппирующееся множество точек, а сами группы называем слабыми группами.

Для выбора наилучшего разбиения при слабых группах можно воспользоваться функционалом, минимум которого соответствовал бы наилучшему, в смысле выбранного критерия, разбиению заданного множества точек на группы

$$F(l) = \frac{1}{K_m} (R(l) + G) \rightarrow \min_{l, G, R},$$

где  $G$  — количество групп при  $R(l)$ -м ранге.

Алгоритм разбиения на группы выявляет следующие типы точек: негруппирующиеся, слабогруппирующиеся, степенные и идеальные группы точек.

Предложенный метод группировки проверялся на экзаменационных материалах по разбиению фонемы «а» (мужские и женские произношения), множества точек на плоскости, заданной в работе [1]. В первом случае разбиение было признано хорошим, а во втором оно почти соответствовало разбиению Н. Г. Загоруйко и В. Н. Елкиной.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт систем управления

(Поступило 22.7.1976)

კიბერნეტიკა

ო. ვერულავა

რეალიზაციების დაჯგუფების ერთი მეთოდის შესახებ  
 სახეობათა გამოცნობაში

რეზიუმე

განხილულია ფიქსირებული სასწავლო ნაერების რეალიზაციათა სტრუქტურის გამოკვლევისა და დადგენის ერთი ალგორითმი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს გამოვარკვიოთ, შედგება თუ არა რეალიზაციათა ნაერები ჯგუფებისაგან, და თუ შედგება, როგორი ხასიათის ჯგუფებია წარმოდგენილი.

GYBERNETICS

O. G. VERULAVA

## A METHOD OF GROUPING REALIZATIONS IN PATTERN RECOGNITION

### Summary

An algorithm of revealing the learning sample set of realizations and stating their structure is considered. The algorithm affords an opportunity of determining whether the given set of realizations consists of groups, and if it does, of determining their character.

М. Е. ПЕРЕЛЬМАН

## РАЗЛОЖЕНИЕ ФУНКЦИИ В РЯД И В ИНТЕГРАЛ ФУРЬЕ И ПРОБЛЕМА КВАНТОВАНИЯ

(Представлено академиком В. В. Чавчанидзе 5.7.1976)

Проблема квантования в задачах физики, теории кодирования и информации решается обычно следующим образом: система помещается в конечный объем, раскладывается на набор стоячих волн (мод колебаний), т. е. в ряд Фурье и т. п., а после проведения расчетов объем системы устремляется к бесконечности. При этом используются формальные соответствия (например, [1]) ( $L$  — размеры системы):

$$\sum \rightarrow \int dk \text{ и } \delta_{n,q} \rightarrow \delta(k-q) \text{ или } \sum \rightarrow \int Ldk/2\pi. \quad (1)$$

Целью настоящей статьи является построение метода перехода от ряда к интегралу с учетом последующего неограниченного расширения области изменения аргументов. Оказывается, что для конечных интервалов изменения аргументов такой переход возможен лишь в классе функций, принадлежащих к оснащенному гильбертову пространству  $H'$  [2].

Рассмотрим одномерную систему длины  $L$  (струна с закрепленными концами, электромагнитное или звуковое поле между двумя идеальными отражающими параллельными плоскостями и т. п.). В этой системе можно возбудить стационарные колебания (моды) с длинами волн  $\lambda$  или  $k = 2\pi/\lambda$ , такими, что

$$2L/\lambda = kL/\pi = n, \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (2)$$

Условия (3) адекватны уравнению для функции состояния

$$f_L(k) \cdot \sin kL = 0, \quad (3)$$

если решение задачи ищется в классе функций  $\Phi^0[L]$  (ср. [3]), т. е. в классе функций, не сингулярных в точках (2), или же

$$f_L(k) \cdot \sin^N kL = 0, \quad (3')$$

если решения ищутся в классе функций  $\Phi^N[L]$ , т. е. если определяются функции, сингулярность которых в (2) не выше  $(kL - \pi n)^{-N}$ . Поскольку основные изменения в формулах при  $N \neq 1$  сводятся к замене  $\delta$ -функций на их производные, мы ограничимся случаем (3).

Общее решение (3) имеет в классе обобщенных функций вид

$$f_L(k) = \varphi_L(k) \delta(\sin kL) + \sum a_n \delta_{n,k}. \quad (4)$$

Фурье-обращение (4)

$$\tilde{f}_L(k) = \int dk \varphi_L(k) \exp(-ikx) \delta(\sin kL) \quad (5)$$

с учетом известного разложения  $\delta$ -функции

$$\delta(\sin kL) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(kL - \pi n) = \frac{1}{L} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(k - \pi n/L) \quad (6)$$

приводит к стандартному ряду Фурье

$$\tilde{f}_L(x) = \frac{1}{L} \sum \varphi_L(n) \exp\{\pi i x n/L\}. \quad (7)$$

Перейдем в (5) к пределу  $L \rightarrow \infty$ . Используя вместо  $\delta$ -функций  $\delta$ -образные последовательности, например  $\sigma/\pi(x^2 + \sigma^2)$ , можно показать, интегрируя числитель и знаменатель по Лопиталю, что при  $\sigma = 1/L$

$$\delta(\sin kL) \sim 2/\pi L \quad (k \neq 0), \quad \delta(\sin kL) \sim L/\pi \quad (k = 0). \quad (8)$$

Отсюда явствует, что при переходе к безграничной системе в (5) возникает бесконечность, связанная с нулевой модой колебаний (т. е., на языке физики, с вакуумом; любопытно, что эта сингулярность проявляется уже в классической, а не в квантовой теории, т. е. уже в классике требуются определенные вычитания).

Устранить эту нефизическую особенность можно либо исключением в (2) значения  $n=0$  (в квантовой теории член с  $n=0$  нарушает условия нормировки  $\psi$ -функции), либо, что для интегрального представления эквивалентно, переопределяя функции в (4):

$$\delta(\sin kL) \rightarrow \delta(\sin kL) - \delta(kL); \quad \varphi_L(k) \rightarrow L\varphi(k), \quad (9)$$

последний переход можно обосновать теоремой Планшереля или, в физике, сохранением полной вероятности событий при предельном переходе. С учетом (9) выражение (4) можно переписать в виде

$$f_L(k) = (\pi/2) f(k) \{L\delta(\sin kL) - \delta(k)\}, \quad (10)$$

где  $f(k) = f_{L \rightarrow \infty}(k)$ , а ряд Фурье (5) и интеграл Фурье (7) — в форме

$$\tilde{f}_L(x) = (\pi L/2) \int dk f(k) \delta(\sin kL) \exp(ikx) - (\pi/2) f(0), \quad (11)$$

$$\tilde{f}_L(x) = (\pi/2) \sum f(n) \exp(\pi i x n/L) - (\pi/2) f(0). \quad (12)$$

Эти результаты могут быть сформулированы как

*Теорема. Функция  $\tilde{f}_L(x)$  может быть одновременно разложена в интеграл Фурье и в ряд Фурье на конечном интервале  $L$ , если ее фурье-преобразование имеет вид (10), причем  $f_L(k) \in H^1$ . Коэффициенты ряда  $c_n \equiv f(n)$ , и при  $L \rightarrow \infty$  и учете вычитаний в (11) ряд и интеграл Фурье совпадают.*

Важно отметить, что физический смысл представлений (5), (11) легко можно выявить, преобразовав их в свертку по Фурье. Вычислим для этого фурье-образ  $\delta(\sin kL)$ . По определению (например, [4])

$$\delta(\sin kL) = (1/2\pi) \sum_{-\infty}^{\infty} \exp(inkL), \quad (13)$$



эту сумму можно преобразовать с помощью (6):

$$\delta(\sin kL) = (1/2) \int dy \exp(iky) \delta(\sin \pi y).$$

Отсюда

$$\int dk \delta(\sin kL) \exp(ikx) = (\pi/L) \delta(\sin(\pi x/L)), \quad (14)$$

и (11) в форме свертки записывается как

$$\tilde{f}_L(x) = (\pi^2/2) \int dy \tilde{f}(x-y) \delta(\sin(\pi y/L)) = (\pi L/2) \sum \tilde{f}(x - nL/\pi). \quad (15)$$

Эта запись точно отражает периодический характер найденного решения и показывает, что в точке  $x$  суммируются колебания всего бесконечного набора ее зеркальных отражений в обеих границах.

Приведем некоторые дополнения и замечания.

1. Любой ряд можно преобразовать следующим образом:

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \varphi(x, n) = (1/\pi) \int_0^{\infty} dk \varphi(x, k) \delta(\sin \pi k). \quad (16)$$

Используя для  $\delta$ -функции комплексное представление

$$\delta(\sin \pi k) = (1/2\pi i) \sin^{-1} \pi k|_C, \quad (17)$$

где контур  $C$  обходит по часовой стрелке положительную полуось, получаем интеграл Зоммельфельда—Ватсона по этому же контуру:

$$f(x) = (1/2\pi^2 i) \int dk \varphi(x, k) / \sin \pi k. \quad (18)$$

Если полюса  $\varphi(x, k + iq)$  по  $q$  известны, то при подходящих условиях на бесконечности (18) можно свести к сумме по вычетам в этих полюсах и, зачастую, облегчить суммирование первоначального ряда. (Метод Редже в теории рассеяния (например, [5]).

2. Последовательность стоячих волн в резонаторах более сложной конструкции или выбор точек отсчета в последовательности сигналов не обязательно требуют эквидистантности. Поэтому для других задач функция  $\sin kL$  в (3) может быть заменена на более сложную: в сферических резонаторах это будут функции Лежандра, в цилиндрических — функции Бесселя, в случае стенок, допускающих частичное просачивание волн, — функции Ханкеля и т. д. Вся изложенная процедура требует при этом в основном лишь модификации (6).

3. Приближенное представление (10) с учетом (6) часто встречается в физике как сумма по резонансам в задачах квантования излучения и рассеяния в форме

$$f(k) = \sum a_n \frac{\Gamma_n}{(k - k_n)^2 + \Gamma_n^2}. \quad (19)$$

Представление (19) совпадает интегрально с (10) при  $\Gamma_n \ll 2\pi n/k$ . Предложенная процедура дает критерии переходов в (19) и т. п. выражениях к интегралам по всему спектру.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт кибернетики

(Поступило 9.7.1976)

კიბერნეტიკა

ა. პერელმანი

ფუნქციის გაშლა ფურიეს მწკრივსა და ინტეგრალში და  
 დაკვანტვის პრობლემა

რეზიუმე

ფუნქცია, რომელიც შეიძლება ერთდროულად გაიშალოს ფურიეს მწკრივში სასრულ ინტერვალზე და ფურიეს ინტეგრალში იმავე ინტერვალზე, უნდა ეკუთვნოდეს გაფართოებულ ჰილბერტის სივრცეს და მისი კოეფიციენტები და ფურიეს ტრანსფორმანტები დაკავშირებულია (10) თანაფარდობით. ეს თანაფარდობა იძლევა მწკრივებიდან ინტეგრალზე გადასვლის წესს.

CYBERNETICS

M. E. PEREL'MAN

EXPANSION OF FUNCTIONS INTO THE FOURIER SERIES  
 AND INTEGRAL AND THE PROBLEM OF QUANTIZATION

Summary

It is demonstrated that the function  $f(x)$ , which can be expanded simultaneously into the Fourier series on the finite interval  $L$  and into the Fourier integral on the same interval, must belong to the rigged Hilbert space and those Fourier coefficients and transforms are connected by the relation (10). This connection gives rules for passage from series to integrals.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. П. А. М. Дирак. Принципы квантовой механики. М., 1960.
2. М. Е. Перельман. Сообщения АН ГССР, 61, № 1, 1971, 34.
3. М. Е. Перельман. Сообщения АН ГССР, 81, № 2, 1976, 325.
4. В. Л. Данилов и др. Математический анализ (функции, пределы, ряды, цепные дроби). М., 1961.
5. В. Де Альфаро, Т. Редже. Потенциальное рассеяние. М., 1966.

А. А. МАТЕВОСЯН

## РЕАЛИЗАЦИЯ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ НА КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТАХ

(Представлено академиком В. В. Чавчанидзе 10.6.1976)

В данной статье исследуется вопрос о реализуемости автоматных вероятностных отображений на двумерных клеточных автоматах однородной изотропной структуры.  $(m, n, k, l)$  — операторы.

Определение 1. Стохастическая последовательностная машина (СПМ)  $M$  есть пятерка  $(Q, X, Y, P, \pi)$ , где  $Q, X, Y$  — конечные алфавиты, элементы которых называются соответственно состояниями, входными и выходными буквами;  $P$  — функция условной вероятности, являющаяся отображением  $X \times Q^2 \times Y$  в отрезок  $[0, 1]$ , удовлетворяющим условию

$$\sum_{q' \in Q} \sum_{y \in Y} P(q', y/x, q) = 1 \quad (x \in X; q \in Q);$$

$\pi$  — распределение на  $Q$ , называемое начальным распределением,

$$\sum_{q \in Q} \pi(q) = 1.$$

Вероятностное отображение [1], реализуемое СПМ  $M$ , определяется как

$$\mathcal{L}_M(\sigma/u) = \sum_{q' \in Q} \sum_{q \in Q} \pi(q) \cdot F(q', \sigma/u, q) \quad (u \in X^r; \sigma \in Y^r; r=1, 2, \dots),$$

где функция условной вероятности  $F$  задается следующей рекуррентной схемой:

$$(i) \quad F(q, \Lambda/\Lambda, q) = 1 \quad (\Lambda - \text{пустое слово});$$

$$(ii) \quad F(q', \sigma y/\sigma x, q) = \sum_{q'' \in Q} F(q'', \sigma y, q) \cdot P(q', y/x, q'').$$

Пусть  $M = (Q, X, Y, P, \pi)$  есть СПМ с рациональными  $P$  и  $\pi$ . Для произвольных  $x \in X$  и  $q \in Q$  через  $l(x, q)$  обозначим наименьший общий знаменатель чисел  $P(q', y/x, q)$  ( $q' \in Q; y \in Y$ ). Аналогично для вектора  $\pi$  определяется число  $l(\pi)$ .

Определение 2. Вероятностное отображение  $\mathcal{L}_M$ , задаваемое СПМ  $M$ , назовем  $(m, n, k, l)$ -оператором, если  $|X|=m; |Y|=n; |Q|=k$  и

$$l = \max \{l(\pi); l(x, q): x \in X; q \in Q\}.$$

Клеточный вероятностный автомат (КВА).

Определение 3. Клетка  $A$  задается тройкой  $(\Sigma = S^4, S, \varphi)$ , где  $\Sigma$  и  $S$  — конечные алфавиты, элементы которых называются входными буквами и состояниями;  $\varphi$  — функция переходных вероятностей, являющаяся отображением  $\Sigma \times S^4$  в отрезок  $[0, 1]$ , удовлетворяющим условию

$$\sum_{s' \in S} \varphi(s'/\sigma, s) = 1 \quad (\sigma \in \Sigma; s \in S).$$

Предполагается, что у клетки  $A$  четыре упорядоченных входных канала и один выходной канал, на который поступают его текущие состояния.

КВА  $Z$  конструируется из счетного числа точных копий некоторой клетки  $A$ , помещенных в вершины бесконечной двумерной целочисленной решетки, путем присоединения входных каналов клетки с координатами  $(i, j)$  к выходным каналам клеток с координатами  $(i-1, j)$ ,  $(i, j+1)$ ;  $(i+1, j)$ ;  $(i, j-1)$ .

Функция  $\varphi$  должна удовлетворять следующим условиям:

1. Для некоторого  $s_0 \in S$ , называемого пассивным состоянием клетки,

$$\varphi(s_0/s_0, \dots, s_0) = 1.$$

2. Условие изотропности КВА: для произвольной пары состояний  $s, s' \in S$  и любого  $\sigma \in \Sigma$   $\varphi(s'/\sigma, s) = \varphi(s'/\bar{\sigma}, s) = \varphi(s'/\sigma^{mi}, s)$ , где  $\bar{\sigma} \in \Sigma$  есть циклическая перестановка вектора  $\sigma$ , а  $\sigma^{mi} \in \Sigma$  — зеркальное отражение вектора  $\sigma$ .

Пусть  $\Omega = \{A_{(i,j)}\}$  есть множество клеток КВА  $Z$ . Произвольное отображение  $c: \Omega \rightarrow S$  называется конфигурацией в  $Z$ .  $c_0$  будет обозначать конечную конфигурацию, задаваемую в  $Z$  в начальный момент времени.

Реализация  $(m, n, k, l)$ -операторов КВА. Пусть  $\mathcal{L}$  есть вероятностный оператор над алфавитами  $X$  и  $Y$ , а  $Z$  — некоторый клеточный автомат с заданной в нем начальной конфигурацией  $c_0$ . Выделим в  $Z$  две непересекающиеся конечные области  $U$  и  $V$ . Упорядоченные последовательности клеток, составляющих области  $U$  и  $V$ , назовем соответственно входом и выходом КВА  $Z$ .

КВА  $Z$  представляет собой автономную систему и в процессе его функционирования состояния клеток, в том числе и тех, которые образуют  $U$ , формируются без внешней стимуляции. Однако мы закрепим за собой право в некоторые подходящие моменты времени извне настраивать область  $U$ . Это нами будет интерпретироваться как подача входных воздействий.

В множестве состояний входа  $U$  (выхода  $V$ ) выделим некоторое непустое подмножество  $\tilde{S}_x$  ( $\tilde{S}_y$ ), такое, что  $|\tilde{S}_x| = |X|$  ( $|\tilde{S}_y| = |Y|$ ), и установим взаимнооднозначное соответствие между элементами множеств  $\tilde{S}_x$  и  $X$  ( $\tilde{S}_y$  и  $Y$ ). Пары множеств  $\tilde{S}_x, X$  и  $\tilde{S}_y, Y$ , а также их соответственные элементы будут отождествляться.

Используем КВА  $Z$  для вероятностного отображения множества  $X^*$  в множество  $Y^*$ , установив правило введения слов, описанное в [1]. Предположим, что в  $Z$  может быть введено любое слово из  $X^*$ . Тогда для любого входного слова  $u \in X^r$  и любого выходного слова  $v \in Y^r$ ,  $r=1, 2, \dots$ , однозначно определяется вероятность того, что КВА  $Z$  отобразит слово  $u$  в слово  $v$ . Тем самым определяется некоторое вероятностное отображение множества  $X^*$  в множество  $Y^*$ . Если им окажется заданное ранее отображение  $\mathcal{L}$ , то будем говорить, что КВА  $Z$  реализует с растяжением отображение  $\mathcal{L}$ .

КВА  $Z$  назовем  $R$ -универсальным, если путем надлежащего выбора начальной конфигурации, входа, выхода, входного и выходного алфавитов на нем можно реализовать любой  $(m, n, k, l)$ -оператор. Наличие  $R$ -универсального КВА будет предполагать эффективность его описания и способа реализации  $\gamma$ .

Под сложностью  $L_{z,\gamma}(m, n, k, l)$  реализации автоматом  $Z$   $(m, n, k, l)$ -оператора  $\mathcal{L}$  будем подразумевать площадь той минимальной области в  $Z$ , за пределами которой в процессе отображения любого входного слова все клетки остаются в пассивном состоянии.  $T_{z,\gamma}(m, n, k, l)$  будет обозначать растяжение [1], с которым  $Z$  реализует  $\mathcal{L}$ . Введем еще две сложностные характеристики реализации—сложности входной и выходной областей, определяемые соответственно как  $L_{z,\gamma}^{(u)}(m, n, k, l) = |U|$  и  $L_{z,\gamma}^{(v)}(m, n, k, l) = |V|$ .

Справедлива следующая

**Теорема.** *Существуют  $R$ -универсальный клеточный автомат  $Z$ , состоящий из клеток, имеющих по семь состояний, и способ реализации  $\gamma$ , такие, что для любого  $(m, n, k, l)$ -оператора  $\mathcal{L}$*

$$T_{z,\gamma}(m, n, k, l) \leq (m+n)k + l;$$

$$L_{z,\gamma}(m, n, k, l) \leq mk(\log m + l + nk) + nk \log n + l \log l;$$

$$L_{z,\gamma}^{(u)}(m, n, k, l) \leq \log m;$$

$$L_{z,\gamma}^{(v)}(m, n, k, l) \leq \log n.$$

Академия наук Грузинской ССР  
Институт кибернетики

(Поступило 24.6.1976)

კიბერნეტიკა

ა. მატეშვილი

ალბათური გარდაქმნების რეალიზაცია უჯრედოვან ავტომატებზე

რეზიუმე

სტატიაში გამოკვლეულია საკითხი ავტომატურ ალბათურ გარდაქმნების ორგანიზაციის უჯრედოვან ავტომატებზე რეალიზებადობის შესახებ, რომლებსაც აქვთ ერთგვაროვანი და იზოტროპული სტრუქტურა.

A. A. MATEVOSYAN

REALIZATION OF PROBABILISTIC MAPPINGS ON  
CELLULAR AUTOMATA

## Summary

The question of realizability of automaton probabilistic mappings on two-dimensional cellular automata having isotropic structure is considered.

## ՎՈՒՅՆՆԵՐՈՒՄ — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Л. В. Макаревич. Дискретный анализ (Сб. АН СССР), 15, 1969.

К. С. КВИНИХИДZE, В. В. ЧАВЧАНИДZE (академик АН ГССР)

## КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОПИСАНИЮ ЭВОЛЮЦИИ БЕЛКОВЫХ СТРУКТУР

В последние годы в связи с бурным развитием молекулярной биологии, приведшим к расшифровке биологического кода, возник большой интерес к изменениям, происшедшим в биологическом коде в процессе эволюции [1—5], и связанным с ними изменениям в первичной структуре белка.

Вопросы эволюции кода и обусловленной кодом первичной структуры белка, а также вопросы, связанные с предшественниками таких белков, как миоглобин, гемоглобин, цитохром С и т. п., рассматриваются в работах [6—9].

Сопоставление структуры идентичных белков у различных видов животных чрезвычайно важно, поскольку сходство между ними дает представление о минимальной структуре молекулы, необходимой для осуществления той или иной функции, а различия между ними могут дать важные сведения о частоте благоприятных мутаций в процессе эволюции и помочь в идентификации видов животных на эволюционном древе.

Наша гипотеза заключается в том, что идентичный белок различных видов животных представляет собой некий концепт-белок, т. е. материальную фиксацию обобщенного белка данного типа, концепт-структуру белка. В этой концепт-структуре в процессе эволюции [10—14] изменяется то, что несущественно для сущности жизни, и сохраняется в строго фиксированной форме то, что существенно. Иначе говоря, белки одного эволюционного класса животных в историческом плане «разворачивают» всевозможные частные концепты, т. е. траектории (реализации) [10—14].

Концепт-белок имеет в основном жесткую структуру и лишь в некоторых местах, одинаковых для всех или почти всех видов данного класса животных, имеются неоднозначные участки, в пределах которых наблюдаются различия в аминокислотных последовательностях.

В настоящей статье предложена математическая модель, описывающая концепт-белок. Согласно предложенной модели, неоднозначность, локально возникающая в первичной структуре белка, органически необходима.

Введенный нами аппарат позволяет чрезвычайно компактно записать участки неоднозначности идентичных белков различных видов животных, а также показать, что изменение аминокислотной последовательности обусловлено в основном замещением лишь одного основания на третьем, первом или втором месте в триплете.

Предложенный нами аппарат был подробно описан в [12]. Каждое азотистое основание характеризовалось двумя свойствами: быть пурином —  $P_1$  или быть пиримидином —  $\bar{P}_1$ ; способностью образовывать

три водородные связи —  $P_2$  или способностью образовывать две водородные связи —  $\bar{P}_2$ .

Каждое основание представляется в виде двухместного предиката  $Q_i$  ( $i=1, 2, 3, 4$ ):

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= P_1 \& P_2 \text{—гуанин} & \quad Q_2 = P_1 \& \bar{P}_2 \text{—аденин} \\
 Q_3 &= \bar{P}_1 \& P_2 \text{—цитозин} & \quad Q_4 = \bar{P}_1 \& \bar{P}_2 \text{—тимин (урацил)} \\
 P &= Q_1 \vee Q_2 \text{—пурин} & \quad \bar{P} = Q_3 \vee Q_4 \text{—пиримидин} \\
 \bar{Q} &= Q_1 \vee Q_2 \vee Q_3 \vee Q_4 \text{ (или } Q = P \vee \bar{P}\text{)}.
 \end{aligned}$$

С помощью введенных ранее обозначений [13] триплет оснований записывается в виде вектор-столбца, имеющего ранг три. Каждая аминокислота кодируется триплетом, число которых меняется от 1 (метионин, триптофан) до 6 (лейцин, серин, аргинин).

Таблица 1

1. $\Psi_{\text{фен}} = \begin{vmatrix} Q_3 \\ Q_4 \\ \bar{P} \end{vmatrix}$	2. $\Psi_{\text{лей}} = \begin{vmatrix} Q_3 \\ Q_4 \\ Q \end{vmatrix} \vee \begin{vmatrix} Q_4 \\ Q_4 \\ P \end{vmatrix}$	3. $\Psi_{\text{иле}} = \begin{vmatrix} Q_2 \\ Q_4 \\ Q - Q_1 \end{vmatrix}$
4. $\Psi_{\text{мет}} = \begin{vmatrix} Q_2 \\ Q_4 \\ Q_1 \end{vmatrix}$	5. $\Psi_{\text{вал}} = \begin{vmatrix} Q_1 \\ Q_4 \\ Q \end{vmatrix}$	6. $\Psi_{\text{сер}} = \begin{vmatrix} Q_4 \\ Q_3 \\ Q \end{vmatrix} \vee \begin{vmatrix} Q_2 \\ Q_1 \\ \bar{P} \end{vmatrix}$
7. $\Psi_{\text{про}} = \begin{vmatrix} Q_3 \\ Q_3 \\ Q \end{vmatrix}$	8. $\Psi_{\text{тре}} = \begin{vmatrix} Q_2 \\ Q_3 \\ Q \end{vmatrix}$	9. $\Psi_{\text{ала}} = \begin{vmatrix} Q_1 \\ Q_3 \\ Q \end{vmatrix}$
10. $\Psi_{\text{нис}} = \begin{vmatrix} Q_4 \\ Q_1 \\ \bar{P} \end{vmatrix}$	11. $\Psi_{\text{три}} = \begin{vmatrix} Q_4 \\ Q_4 \\ Q_1 \end{vmatrix}$	12. $\Psi_{\text{арг}} = \begin{vmatrix} Q_3 \\ Q_1 \\ Q \end{vmatrix} \vee \begin{vmatrix} Q_2 \\ Q_1 \\ P \end{vmatrix}$
13. $\Psi_{\text{гли}} = \begin{vmatrix} Q_1 \\ Q_1 \\ Q \end{vmatrix}$	14. $\Psi_{\text{тир}} = \begin{vmatrix} Q_4 \\ Q_2 \\ \bar{P} \end{vmatrix}$	15. $\Psi_{\text{гис}} = \begin{vmatrix} Q_3 \\ Q_2 \\ \bar{P} \end{vmatrix}$
16. $\Psi_{\text{гли}} = \begin{vmatrix} Q_3 \\ Q_2 \\ P \end{vmatrix}$	17. $\Psi_{\text{асп}} = \begin{vmatrix} Q_2 \\ Q_2 \\ \bar{P} \end{vmatrix}$	18. $\Psi_{\text{лиз}} = \begin{vmatrix} Q_2 \\ Q_2 \\ P \end{vmatrix}$
19. $\Psi_{\text{асп}} = \begin{vmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \bar{P} \end{vmatrix}$	20. $\Psi_{\text{глу}} = \begin{vmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \bar{P} \end{vmatrix}$	21. $\Psi_{\text{бессмысленный кодон}} = \begin{vmatrix} Q_4 \\ Q_1 \\ Q_1 \end{vmatrix}$
22. $\Psi_{\text{очре}} = \begin{vmatrix} Q_4 \\ Q_2 \\ Q_2 \end{vmatrix}$	23. $\Psi_{\text{амбер}} = \begin{vmatrix} Q_4 \\ Q_2 \\ Q_1 \end{vmatrix}$	

В табл. 1 в обобщенном виде приведены обозначения для всех 20 групп триплетов, а также для триплетов Ochre, Amber и для бессмысленного триплета.





Согласно введенным нами обозначениям, первичная структура белка изобразится в виде последовательности  $\Psi$ -функций или вектор-столбцов. Таким образом запишется и концепт белка.

Однако при составлении концепт-белка наиболее важными являются участки аминокислотных последовательностей идентичных белков, в которых имеются различия, так как, только учитывая эти различия, можно построить концепт данного белка в наиболее общем его виде (в данном случае в форме обобщенного «Паттерна» — дискретного полу-функционала). Так, например, известно, что молекулы инсулина ряда млекопитающих (быка, свиньи, барана, лошади, кашалота) имеют различие лишь в дисульфидной петле А-цепи (табл. 2). Согласно введен-

Таблица 2

Инсулин А-цепь, участок 7—10

Бык	...	цис-ала-сер-вал ...
Свинья	...	цис-тре-сер-иле ...
Баран	...	цис-ала-гли-вал ...
Лошадь	...	цис-тре-гли-иле ...
Кашалот	...	цис-тре-сер-иле ...

ному нами определению концепт-белка, концепт молекулы инсулина будет совпадать с записанной на языке  $\Psi$ -функций аминокислотной последовательностью для всей В-цепи и для той части А-цепи, которая не включена в дисульфидную «петлю». Для дисульфидной петли концепт запишется в виде, приведенном в табл. 3.

Таблица 3

Бык	$\begin{vmatrix} Q_4 \\ Q_1 \\ \overline{P} \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} Q_1 \\ Q_3 \\ Q \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} Q_4 \\ Q_3 \\ Q \end{vmatrix} \vee \begin{vmatrix} Q_2 \\ Q_1 \\ \overline{P} \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} Q_1 \\ Q_4 \\ Q \end{vmatrix}$
Свинья	$\begin{vmatrix} Q_4 \\ Q_1 \\ \overline{P} \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} Q_2 \\ Q_3 \\ Q \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} Q_4 \\ Q_3 \\ Q \end{vmatrix} \vee \begin{vmatrix} Q_2 \\ Q_1 \\ \overline{P} \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} Q_2 \\ Q_4 \\ \overline{P} \end{vmatrix} \vee \begin{vmatrix} Q_2 \\ Q_4 \\ Q_2 \end{vmatrix}$
Баран	$\begin{vmatrix} Q_4 \\ Q_1 \\ \overline{P} \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} Q_1 \\ Q_3 \\ Q \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} Q_1 \\ Q_1 \\ Q \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} Q_1 \\ Q_4 \\ Q \end{vmatrix}$
Лошадь	$\begin{vmatrix} Q_4 \\ Q_1 \\ \overline{P} \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} Q_2 \\ Q_3 \\ Q \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} Q_1 \\ Q_1 \\ Q \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} Q_2 \\ Q_4 \\ \overline{P} \end{vmatrix} \vee \begin{vmatrix} Q_2 \\ Q_4 \\ Q_2 \end{vmatrix}$
Кашалот	$\begin{vmatrix} Q_4 \\ Q_1 \\ \overline{P} \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} Q_2 \\ Q_3 \\ Q \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} Q_4 \\ Q_3 \\ Q \end{vmatrix} \vee \begin{vmatrix} Q_2 \\ Q_1 \\ \overline{P} \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} Q_2 \\ Q_4 \\ \overline{P} \end{vmatrix} \vee \begin{vmatrix} Q_2 \\ Q_4 \\ Q_2 \end{vmatrix}$
Концепт участка 7—10 А-цепи инсулина	$\begin{vmatrix} Q_4 \\ Q_1 \\ \overline{P} \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} P \\ Q_3 \\ Q \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} Q_4 \\ Q_3 \\ Q \end{vmatrix} \vee \begin{vmatrix} P \\ Q_1 \\ Q \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} P \\ Q_4 \\ Q-Q_1 \end{vmatrix}$

Полученные результаты позволяют надеяться, что дальнейшее развитие и усовершенствование введенного нами понятия концепт-белка и его проверка на большем числе и более сложных объектах покажет,

насколько общей является логическая запись введенного нами понятия концепт-белка, отражающего существенную особенность не одного, а целого класса частных «реализаций белков», «хозяева» которых предстают перед нами в столь различной морфологической форме. Неоднозначности или «параллельные пути развития» предстают перед нами в форме одновременно существующих особей различных видов на заданных биогенетических регионах.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт кибернетики

(Поступило 22.7.1976)

კიბერნეტიკა

ბ. კვინიხიძე, ვ. ჭავჭავაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკად. აკადემიკოსი)  
 ცილოვან სტრუქტურათა ევოლუციის აღწერისათვის  
 კონცეპტუალური მიდგომა

ჰიპოთეზა მდგომარეობს შემდეგში: სხვადასხვა ცხოველთა სახეობის იდენტური ცილები წარმოადგენენ ამინომჟავების რაღაც მდგომარეობას, რომლებიც წარმოქმნიან ეგრეთწოდებულ „კონცეპტ-ცილა“ თიექტს.

CYBERNETICS

K. S. KVINIKHIDZE, V. V. CHAVCHANIDZE  
 CONCEPTUAL APPROACH TO THE DESCRIPTION OF THE  
 EVOLUTION OF PROTEIN STRUCTURES

Summary

A mathematical model describing the "concept-protein" is presented in the paper.

The apparatus allows to register, very compactly, the areas of ambiguity of identical protein of different species of animals, and also to show that the change of amino acid sequence is due, on the whole, to substitution of only one basis in the third, first or second place in a triplet.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. М. Ичас. Биологический код. М., 1971.
2. F. H. Crick. Nature, 213, 1967, 119.
3. F. H. Crick. J. Mol. Biol., 19, 1966, 548.
4. T. H. Jukes. Biochem. Biophys. Res. Commun., 24, 1966, 744.
5. T. H. Jukes. Molecules and Evolution. Columbia University Press, New York, 1966.
6. Ф. Липман. Сб. «Происхождение предбиологических систем». М., 1966.
7. Э. Цукеркандль. Сб. «Горизонты биохимии». М., 1973.
8. Т. Джукс. Сб. «Происхождение предбиологических систем». М., 1966.
9. М. Эйген. Самоорганизация материи и эволюция биологических макромолекул. М., 1973.
10. В. В. Чавчанидзе. Сообщения АН ГССР, 63, № 1, 1971, 49.
11. К. Анфинсен. Молекулярные основы эволюции. М., 1962.
12. В. В. Чавчанидзе. Сообщения АН ГССР, 44, № 1, 1966, 19.
13. В. В. Чавчанидзе, К. С. Квинихидзе. Сообщения АН ГССР, 66, № 1, 1972, 41.
14. V. V. Chavchanidze. Kybernetes, 3, № 1, 1974, 17.



З. Г. ЦИНЦАДZE, В. С. КОРТОВ, Ф. Ф. ГАВРИЛОВ

## КОМПЛЕКСНОЕ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ РУБИНА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. И. Санадзе 30.7.1976)

В настоящее время широко используются импульсные квантовые генераторы на основе синтетического рубина ( $Al_2O_3 + Cr^{3+}$ ) с излучением в красной области видимого спектра (694,3 нм). Их активные элементы в процессе изготовления подвергаются сложному комплексу механической и химической обработки. В результате на поверхности и в приповерхностных слоях рубиновых кристаллов создаются структурные нарушения, которые могут влиять на их оптические характеристики и лучевую стойкость. Зависимость лучевой стойкости от наличия на поверхности кристаллов структурных нарушений обусловлена аномально высоким поглощением энергии световой волны слабосвязанными электронами, попадающими в зону проводимости при опустошении ловушек, созданных дефектами [1]. В этой связи научный и практический интерес представляют исследования электронных процессов, протекающих в механически обработанных кристаллах рубина. В настоящей работе такие исследования выполнены на основе измерений спектров термостимулированной экзэмиссии (ТСЭ), термостимулированной люминесценции (ТСЛ), спектров люминесценции (СЛ) и оптического поглощения (ОП).

Исследуемые образцы были вырезаны из одного монокристалла рубина в форме дисков толщиной 2—3 мм. Они подвергались глубокой шлифовке и полировке по стандартной технологии и тщательно промывались в азотной кислоте, а затем в дистиллированной воде. Перед измерениями образцы подвергались вакуумной тренировке при 800°К с целью дегидратации и дополнительной очистки поверхности.

ТСЭ регистрировалась с помощью вторично-электронного умножителя ВЭУ-1А, а ТСЛ измерялась фотоэлектронным умножителем ФЭУ-84-3. Образцы нагревались с постоянной скоростью 10 град/мин в интервале температур 300—700 К на установке для синхронных измерений ТСЛ и ТСЭ, описанной в работе [2]. Спектр люминесценции измерялся при комнатной температуре с помощью спектрографа ИСП-51, а спектр оптического поглощения — спектрофотометром СФ-4А.

На рис. 1, а приведен спектр люминесценции исследуемых образцов. Помимо основной R-линии в спектре люминесценции присутствуют еще две менее интенсивные линии, сдвинутые приблизительно на 15 нм как в длинноволновую, так и в коротковолновую области спектра. Теоретически обоснована возможность появления дополнительных линий в спектре люминесценции рубина за счет образования новых центров люминесценции в результате взаимодействия примесных ионов [3, 4].

О наличии в исследуемых кристаллах дополнительных центров, влияющих на их оптические характеристики, свидетельствуют данные измерения спектров поглощения (рис. 1,б). Кроме двух полос поглощения с максимумами при 555 и 410 нм, которые характерны для трехвалентного хрома в 6-й координации [5], в спектре поглощения регистрируется длинноволновая полоса поглощения с максимумом при 720 нм.

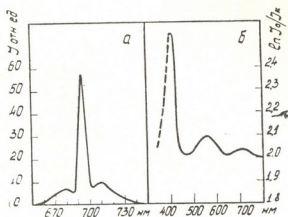


Рис. 1. Спектры люминесценции (а) и оптического поглощения (б) кристаллов рубина

Исследования спектров ТСЛ и ТСЭ проводились после возбуждения образцов рентгеновским излучением (50 кВ, 10 мА, 1 мин), электронной бомбардировкой (1,5 кэВ, 50 мкА, 1 мин) и ультрафиолетом (нефильтрованный свет ДРШ-200, 10 мин). Примечательной особенностью является независимость указанных спектров от вида

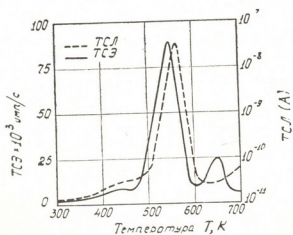


Рис. 2. Спектры термостимулированной экзоэмиссии и термостимулированной люминесценции рентгенизированных кристаллов рубина

возбуждения. Типичные кривые приведены на рис. 2. Видно, что основному максимуму ТСЛ можно сопоставить максимум ТСЭ, сдвинутый в область более низких температур. В то же время в спектре ТСЭ имеется пик ( $T=650$  К), который отсутствует в спектре ТСЛ.

Из результатов синхронных измерений спектров ТСЛ и ТСЭ можно сделать следующие выводы.

1. Параллелизм явлений ТСЛ и ТСЭ в интервале температур до 600 К свидетельствует о том, что центры, ответственные за эмиссию и люминесценцию, являются электронными, а эмиссия осуществляется через зону проводимости кристалла.

2. Сдвиг максимума ТСЭ в область более низких температур по сравнению с максимумом ТСЛ показывает, что в обработанных кристаллах рубина число актов рекомбинации свободных электронов с центрами свечения меньше числа актов ионизации центров свечения [6]. Заметим, что для ШГК известен прямо противоположный результат [7].

3. Независимость вида спектров ТСЭ и ТСЛ от условий возбуждения свидетельствует о том, что центры свечения и эмиссии в рубине являются объемными, существующими в приповерхностных слоях кристаллов.

4. В кристаллах имеется глубокий электронный центр ( $T=650$  К), эмиссия которого не сопровождается люминесценцией вероятнее всего из-за интенсивного температурного тушения.

Таким образом, комплексные спектроскопические исследования механически обработанных кристаллов рубина подтвердили наличие в его приповерхностных слоях электронных центров захвата, способных влиять на оптические свойства и лучевую стойкость кристаллов. Достаточно высокая информативность таких комплексных измерений позволяет считать их перспективными при оценке свойств и качества лазерных кристаллов.

Уральский политехнический институт  
им. С. М. Кирова

(Поступило 30.7.1976)

ფიზიკა

ზ. ცინცაძე, ვ. კორტოვი, ფ. გავრილოვი

ლალის კრისტალების კომპლექსური სპექტროსკოპიული  
გამოკვლევა

რეზიუმე

ნაჩვენებია ლაზერის კრისტალების, ლალის მექანიკურად დამუშავებული ზედაპირის თვისებისა და ხარისხის კომპლექსური კვლევის პერსპექტიული ლუმინესცენციის, შთანთქმის, თერმოსტიმულირებული ეკზოემისიისა და ლუმინესცენციის სპექტრების საფუძველზე. აღნიშნულია თერმოსტიმულირებული ეკზოელექტრონული ემისიისა და თერმოლუმინესცენციის ღრმა კავშირი, რომელიც გვიჩვენებს საკვლევ კრისტალებში რეკომბინაციული პროცესების ელექტრონულ ხასიათს.

PHYSICS

Z. G. TSINTSADZE, V. S. KORTOV, F. F. GAVRILOV

COMPLEX SPECTROSCOPIC INVESTIGATION OF RUBY CRYSTALS

Summary

On the basis of measuring the spectra of luminescence, optical absorption, the spectra of thermostimulated exoemission and thermoluminescence it is shown that complex research into the properties and qualities of the surface of machined laser ruby crystals has great prospects. A close connec-

tion is revealed between the thermostimulated exoemission of electrons and thermoluminescence of ruby crystals, which is indicative of the electronic nature of recombinative processes in the tested crystals.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. И. А. Ферсман, Л. Д. Хазов, Г. П. Тихомиров. Сб. «Квантовая электроника». М., 1971.
2. З. Г. Цинцадзе, В. С. Кортон. Межвуз. сб. «Физические методы исследования твердых тел», вып. 1. Свердловск, 1976, 140.
3. Е. Г. Валяшко, С. В. Грум-Гржимайло, И. М. Кутовой, В. Н. Медникова, Р. К. Свиридова. Сб. «Спектроскопия кристаллов». М., 1966, 211.
4. А. Е. Никифоров, В. И. Черепанов, А. Н. Мень. Сб. «Спектроскопия кристаллов». М., 1966, 49.
5. Р. П. Башук, С. В. Грум-Гржимайло. Сб. «Спектроскопия кристаллов». М., 1966, 204.
6. A. Bohun, G. Dolejsi. Czech. J. Phys. 9, 1959, 578.
7. G. Kanturek. Czech. J. Phys. 6, 1956, 349.



Н. М. ГВИЛАВА, А. Б. ГЕРАСИМОВ, А. Х. КАЛАШАН, Г. Ш. НАРСИЯ,  
 Г. Л. ЭРИСТАВИ

### ПРЫЖКОВАЯ ПРОВОДИМОСТЬ В Ge, ОБЛУЧЕННОМ БЫСТРЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. И. Санадзе 29.7.1976)

Известно, что при облучении германия *n*-типа быстрыми электронами происходит уменьшение концентрации основных носителей [1]. В настоящее время для объяснения механизма этого эффекта существуют две противоположные точки зрения. Согласно первой [2, 3] в результате облучения в Ge вводятся глубокие акцепторные уровни, захватывающие часть свободных носителей. Согласно второй [4, 5] образовавшаяся в результате облучения одна из компонент френкелевского дефекта, взаимодействуя с донором, образует комплекс, который обладает энергетическим уровнем, лежащим в валентной зоне, вследствие чего исчезает мелкий уровень донора.

Из результатов исследования температурной зависимости прыжковой проводимости *Ge n*-типа, облученного  $\gamma$ -лучами, вытекает, что второй механизм менее вероятен [6].

Настоящая работа посвящена экспериментальному исследованию прыжковой проводимости в *Ge n*- и *p*-типа, облученном быстрыми электронами при комнатной температуре.

Исследовались образцы германия *n*- и *p*-типа, легированные соответственно сурьмой и галлием. Концентрация сурьмы в исследуемых образцах составляла  $7,8 \times 10^{15} \div 2,5 \times 10^{16} \text{ см}^{-3}$ , а концентрация галлия  $3,7 \times 10^{16} \text{ см}^{-3}$ . Образцы изготовлялись в виде прямоугольных параллелепипедов размерами  $1 \times 1 \times 10 \text{ мм}$ . Предварительно образцы шлифовались и протравливались, затем на них методом электролиза наносились палладиевые контакты: 2 токовых на торцах и 4 точечных на боковых гранях для измерения э.д.с. Холла. Для облучения и измерения эффекта Холла образцы крепились в специальных держателях. Для измерения прыжковой проводимости образцы крепились в держателе, который одновременно служил экраном от света и теплового фона, и помещался непосредственно в гелиевый дьюар. Температура гелия менялась в интервале  $2 \div 4^\circ \text{K}$  откачкой паров гелия из дьюара. Определялась она с помощью измерения давления паров гелия масляным U-образным манометром.

Образцы облучались электронами с энергией 4,5 Мэв при комнатной температуре. Доза облучения набиралась постепенно. Степень компенсации облученных образцов оценивалась по изменению концентрации свободных носителей в них вследствие облучения, измеренной при  $T = 77^\circ \text{K}$  посредством эффекта Холла  $K = \frac{N_A}{N_D} = \frac{n_0 - n_t}{n_0}$ , где  $N_A$ ,  $N_D$  — концентрация акцепторов и доноров соответственно;  $n_0$  — исходная концентрация носителей,  $n_t$  — после облучения соответствующей дозой.

На исходных образцах и после каждого облучения снимались вольт-амперные характеристики при определенных значениях температур в интервале  $2 \div 4^\circ\text{K}$ . Из наклона этих прямых (в области напряжений 0,3 в) определялось удельное сопротивление, соответствующее каждой определенной температуре. Затем для каждого образца строилась зависимость  $\lg \rho \left( \frac{1}{T} \right)$  удельного сопротивления от температуры. Графики этих зависимостей приведены на рис. 1, 2.

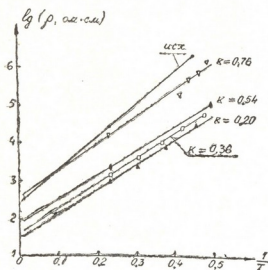


Рис. 1. Температурные зависимости удельного сопротивления для образца ГЭС-0,1

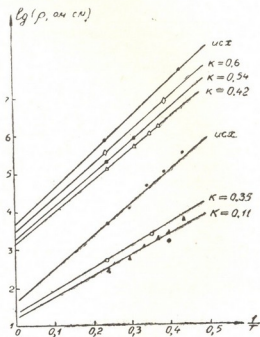


Рис. 2. Температурные зависимости удельного сопротивления для образцов ГЭС-0,5 (1÷4) и ГДГ-0,2 (5÷7)

В соответствии с формулой  $\rho = \rho_3 \exp \left\{ \frac{\epsilon_3}{K h} \right\}$ , определяющей удельное сопротивление при прыжковом механизме проводимости [7], по наклону прямых  $\lg \rho \left( \frac{1}{T} \right)$  определялась энергия активации прыжковой проводимости  $\epsilon_3$ , а отрезки на оси ординат, отсекаемые этими же прямыми, соответствовали экстраполированному значению удельного сопротивления  $\rho_3$ .

На рис. 3, 4 приведены зависимости  $\epsilon_3$  и  $\rho_3$  от степени компенсации. Из рисунков видно, что энергия активации прыжковой проводимости  $\epsilon_3$  и экстраполированное значение удельного сопротивления  $\rho_3$  при определенных значениях степени компенсации имеют минимумы. Полученная нами зависимость  $\epsilon_3$  от  $K$  находится в качественном согласии с результатами теоретических работ [7, 8]. В отличие от выводов работ [7—9] мы наблюдаем зависимость  $\rho_3$  от степени компенсации (рис. 4), что качественно согласуется с соображениями, высказанными в [10, 11]. При этом, как видно из рис. 4, увеличение исходных концентраций примеси в образцах приводит к сдвигу минимума в сторону меньших значений  $K$ .





Уменьшение  $\epsilon_3$  можно объяснить обоими механизмами уменьшения концентрации носителей с облучением [2—5], поскольку в одном случае, когда вводятся глубокие акцепторы,  $N_D$  остается почти постоянной, а увеличивается  $N_A$ , в другом случае происходит исчезновение мелких донорных уровней  $N_D$ , а  $N_A$  остается постоянной, следовательно,  $K$  увеличивается.

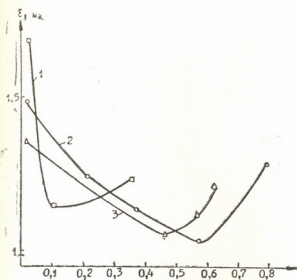


Рис. 3. Зависимость  $\epsilon_3$  от компенсации

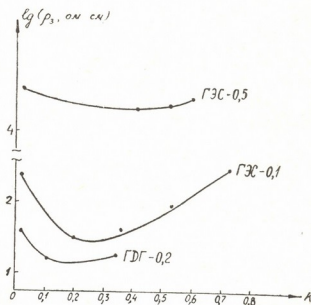


Рис. 4. Зависимость  $\rho_3$  от компенсации

Согласно [4] в результате облучения должна уменьшаться концентрация доноров  $N_D$ . Тогда из теории [7], по формуле  $\rho_3 = \rho_0 \exp f(N_D)$ , где  $f(N_D) = \frac{\alpha}{N_D^{1/3} a}$ , должно увеличиться  $\rho_3$ , что противоречит нашим экспериментальным результатам. По первому механизму [2, 3], который не требует уменьшения концентрации мелких доноров,  $\rho_3$  не должно увеличиться, но, если принять соображения, высказанные в [10, 11], то уменьшение  $\rho_3$  можно объяснить данным механизмом.

Таким образом, при облучении Ge быстрыми электронами при комнатной температуре преобладающим механизмом нужно считать компенсацию мелких энергетических уровней химических примесей глубокими энергетическими уровнями радиационных дефектов.

Исходя из этого предположения и учитывая, что в Ge p-типа «развитие» прыжковой проводимости, т. е. уменьшение  $\epsilon_3$  и  $\rho_3$ , коррелирует с эффективностью удаления свободных носителей в результате облучения (которое в 10 раз меньше чем в Ge n-типа), можно сделать вывод, что и в Ge p-типа уменьшение свободных носителей определяется компенсацией.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 30.7.1976)

ბ. ზვილავა, ა. ზერასიმოვი, ა. კალაშნიანი, ზ. ნარსია, ზ. ერისთავი

ნახტომური გამტარობა ჩქარი ელექტრონებით გასხივებულ  
 ბერმანიუმში

რეზიუმე

შესწავლილია ნახტომური გამტარობა ჩქარი ელექტრონებით (4,5 Mev) გასხივებულ  $n$ - და  $p$ -ტიპის გერმანიუმში. ნიმუშების კომპენსაციის ხარისხი იცვლებოდა  $K=0,1 \div 0,76$  ინტერვალში. ნაჩვენებია, რომ ნახტომური გამტარობის აქტივაციის ენერჯის  $\epsilon_3$ -ისა და კუთრი წინაღობის ექსტრაპოლირებული მნიშვნელობის  $\rho_3$ -ის დამოკიდებულებას კომპენსაციის ხარისხისაგან გააჩნია მინიმუმი. თავისუფალი მატარებლების კონცენტრაციის შემცირება გერმანიუმში, მისი ჩქარი ელექტრონებით გასხივებისას, შედეგია ქიმიური მინარეების თხელი ენერგეტიკული დონეების კომპენსაციის რადიაციული დეფექტების ღრმა დონეებით.

PHYSICS

N. M. GVILAVA, A. V. GERASIMOV, A. Kh. KALASHIAN, G. Sh. NARSIA,  
 G. L. ERISTAVI

THE HOPPING CONDUCTION IN Ge IRRADIATED BY  
 FAST ELECTRONS

Summary

An experimental study has been made of the hopping conduction in  $n$ - and  $p$ -type Ge, irradiated with fast electrons (4,5 Mev), the compensation degree in the samples being changed in the range of  $K=0.1 \div 0.76$ . The activation energy dependence of the hopping conduction  $\epsilon_3$  and the extrapolated value of the resistivity  $\rho_3$  on the compensation degree is found to have a minimum.

Thus it is concluded that irradiation with fast electrons resulting in the removal of free carriers is associated with the compensation of low energy levels of chemical impurities by the deep levels of radiation defects.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. С. Вавилов. «Действие излучений на полупроводники». М., 1963.
2. А. В. Герасимов, Б. М. Коноваленко. ФТП, 7, 1965, 2345.
3. В. Д. Ткачев, В. И. Уренев. ФТП, 5, 1971, 1516.
4. В. В. Емцев, Т. В. Машовец. Письма ЖЭТФ, 13, 1971, 675.
5. Л. С. Смирнов, В. Ф. Стась, В. В. Хайновская. ФТП, 5, 1971, 1849.
6. В. П. Доброго, О. П. Ермолаев. ФТП, 9, 1975, 926.
7. Б. И. Шкловский, А. Л. Эфрос. УФН, 117, 1975, 401.
8. A. Miller, E. Abrahams. Phys. Rev., 120, 1960, 745.
9. Б. И. Шкловский, И. С. Шлимак. ФТП, 6, 1972, 129.
10. S. H. Koenig, G. R. Gunter-Mohr. J. Phys. Chem. Soc., 2, 1957, 268.
11. N. F. Mott, W. D. Twose. Adv. Phys., 10, 1961, 107.

И. Д. ҚИРВАЛИДЗЕ, Н. И. ЗАРАТУИКО, И. И. КИРВАЛИДЗЕ

## ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА УДЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕ КРЕМНИЯ *n*-ТИПА

(Представлено членом-корреспондентом Академии И. Г. Гвердцители 19.7.1976)

В работах [1—4] исследовалось влияние термообработки на электрические свойства кремния *p*-типа. В настоящем сообщении даны результаты экспериментального изучения влияния термической обработки на удельное электросопротивление монокристалла кремния *n*-типа.

Образцы кремния в форме брусков, размером  $2 \times 4 \times 25$  мм<sup>3</sup>, были вырезаны из монокристалла кремния *n*-типа с удельным сопротивлением 140 ом·см. После резки монокристалла кремния алмазной пилой производилось первое шлифование образцов порошком карбида бора № 150 с водой на плите из нержавеющей стали. Окончательное шлифование образцов производилось на кварцевой плите микропорошком кремния М10 с водой.

Влияние термообработки определялось путем закалки и изучением изменения удельного электросопротивления при комнатной температуре. Образец для закалки, расположенный на кварцевом держателе, помещался в предварительно нагретую до определенной высокой температуры печь из силитовых нагревательных элементов и выдерживался в этой печи в течение 5 минут, после чего кварцевый держатель поворачивался на 180° и образец сбрасывался в вакуумное диффузионное масло. Массивный металлический сосуд с маслом располагался на расстоянии 6 см от кристалла, находящегося в печи, так что охлаждение образца от высокой температуры до температуры, близкой к комнатной, происходило за доли секунды.

Подготовка образцов к измерениям заключалась в удалении слоя масла и тонкой шлифовке (микропорошком карбида кремния М7) поверхности образца для снятия продуктов сгорания масла и двуокиси кремния.

Изучение изменения электросопротивления после закалки при комнатной температуре производилось в специальном держателе из фторопласта с вольфрамовыми зондами для измерения эффекта Холла и удельного электросопротивления компенсационным методом. Образец в период изучения изменения удельного электросопротивления постоянно находился в держателе, и тем самым измерительные зонды были фиксированы в определенных точках образца на строго определенном расстоянии друг от друга. Таким образом, ошибки, связанные с изменением расстояния между зондами или с перемещением измерительных зондов вдоль кристалла от опыта к опыту, не имели места.

Неоднократные опыты по выявлению влияния закалки на электрические свойства кремния *n*-типа показали, что в результате закалки сопротивление исследуемых образцов увеличивается, а тип проводимости не меняется.

На двух образцах кремния с удельным электросопротивлением 140 ом·см были осуществлены следующие опыты: на образце (Аэ) проводилась закалка от 1275°C, после закалки сопротивление равнялось 280 ом·см; второй образец (Вэ) закалялся от 1375°C, сопротивление после закалки равнялось 583 ом·см.

Тип проводимости после закалки как на (Аэ), так и на (Вэ) не изменился.

После закалки образцы помещались в держатели из фторопласта для изучения изменения удельного электросопротивления со временем при комнатной температуре.

Изменение удельного сопротивления, измеренного на постоянном токе компенсационным методом при хранении кремниевых образцов, укрепленных в держателях из фторопласта, в комнатных условиях в течение всего указанного времени, дается на рис. 1.

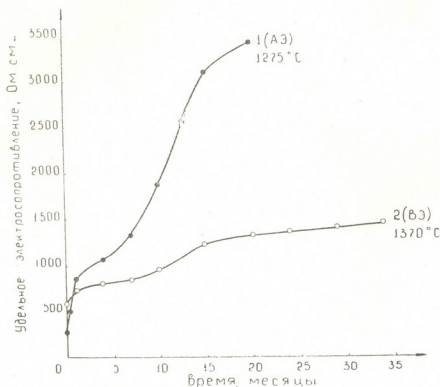


Рис. 1. Самопроизвольное изменение удельного электросопротивления от времени при комнатной температуре: 1 (Аэ) — после закалки образца (Аэ) от 1275°C; 2 (Вэ) — после закалки образца (Вэ) от 1375°C

Сопротивление образца (Аэ) за 20 месяцев возросло от 280 до 3400 ом·см (кривая 1 (Аэ)), а сопротивление образца (Вэ) за 34 месяца — от 583 до 1450 ом·см (кривая 2 (Вэ)). Как видно из кривой 2 (Вэ) рис. 1, даже после 34 месяцев тенденция к медленному росту удельного электросопротивления сохраняется. В процессе самопроизвольного отжига изменение типа проводимости исследуемых образцов не наблюдается, в отличие от кремния *p*-типа [2].\* На образце (Аэ) после 20 месяцев выдерживания при комнатной температуре измерялась температурная зависимость удельного электросопротивления в ин-

тервале от  $-25$  до  $+50^{\circ}\text{C}$  (рис. 2, кривая 1 (Аэ)), после чего образец (Аэ) вместе с держателем из фторопласта отжигался при  $90^{\circ}\text{C}$  в течение 30 часов. После такого «ускоренного отжига» была построена температурная зависимость удельного электросопротивления, которая приводится на рис. 2 (кривая 2 (Аэ)). На вставке рис. 2 приводится температурная зависимость удельного электросопротивления образца (Аэ) до закалки.

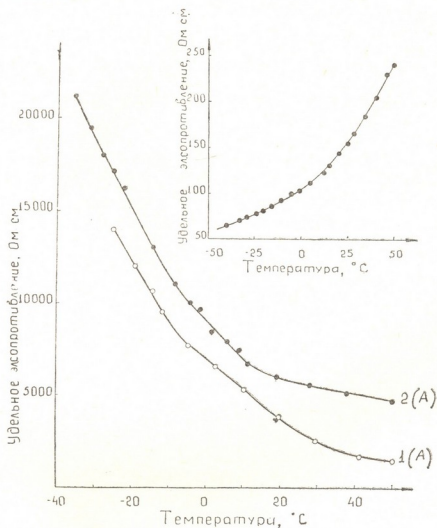


Рис. 2. Кривые зависимости удельного электросопротивления от температуры на различных стадиях отжига: 1 (А) — через 20 месяцев после закалки образца 1 (Аэ); 2 (А) — после отжига этого же кристалла в течение 30 часов при температуре  $90^{\circ}\text{C}$ . На вставке кривая зависимости удельного электросопротивления от температуры исходного образца (Аэ) до закалки

Как показывают кривые 1 (Аэ) и 2 (Вэ) рис. 1, прирост удельного электросопротивления кремния  $n$ -типа и характер дальнейшего роста в процессе отжига зависят от температуры закалки.

Как видно из кривых температурной зависимости удельного электросопротивления кремния  $n$ -типа (рис. 2), в результате закалки меняется знак температурного коэффициента электросопротивления в ис-



სლედუემომ ინტერვალე ტემპერატურ. ოსობენო რეზკიი როსტ ტემპერატურნო-გო კოეფიციენტი სოპროტივლენია ჯაკალენიხ ბრახვოვ კრემნიია ნაბლუდაესა ვ ობლასტი ნიჟკიხ ტემპერატურ.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт физики

(Поступило 30.7.1976)

ფიზიკა

ი. კირვალდიძე, ნ. ზარატუიკო, ი. კირვალდიძე

თერმული დამუშავების გავლენა ელექტრონული ტიპის სილიციუმის ხვედრით ელექტრონული გამტარუნარიანობის ცვლილებაზე

რეზიუმე

ელექტრონული ტიპის სილიციუმის წრთობის შედეგად მისი ხვედრითი ელექტრონული გამტარუნარიანობა იზრდება, წინააღმდეგობის ტემპერატურული კოეფიციენტი ცვლის ნიშანს და ოთახის ტემპერატურაზე ნიმუშების შენახვისას გრძელდება წინააღმდეგობის შემდგომი ზრდა.

ამგვარად დამუშავებული სილიციუმის ნიმუშებს დაბალ ტემპერატურულ არეში ახასიათებს დიდი თერმული მგრძობიარობა.

PHYSICS

I. D. KIRVALIDZE, N. I. ZARATUYKO, I. I. KIRVALIDZE

## THE EFFECT OF THERMAL TREATMENT ON THE ELECTRIC RESISTIVITY OF *n*-TYPE SILICON

Summary

It is shown that as a result of *n*-type silicon hardening the electric resistivity increases, manifesting further spontaneous growth with time at room temperature. It is also shown that the temperature coefficient of electric resistivity changes the sign from positive to negative in the studied temperature range and the hardened specimens of *n*-type silicon have a high thermal sensitivity of resistance in the range of low temperatures.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. И. Д. Кирвалидзе, В. Ф. Жуков. ФТТ, т. 2, вып. 4, 1960.
2. И. Д. Кирвалидзе. Сообщения АН ГССР, XLIII, № 2, 1966.
3. И. Д. Кирвалидзе. Сообщения АН ГССР, 61, № 3, 1971.
4. И. Д. Кирвалидзе, Т. М. Кекелидзе. Сообщения АН ГССР, 64, № 3, 1971.



ГЕОФИЗИКА

М. А. АЛЕКСИДЗЕ, Г. Е. ГУГУНАВА, К. В. ПЕРТАЯ

РАСЧЕТ ТЕРМОУПРУГИХ НАПРЯЖЕНИЙ, ВЫЗВАННЫХ  
 ИЗМЕНЕНИЕМ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ЗЕМНОЙ КОРЫ,  
 ДЛЯ ОДНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

(Представлено академиком Б. К. Балавадзе 24.5.1976)

В статье рассматривается один из возможных механизмов землетрясений, возбуждаемых термоупругими напряжениями в области высокотемпературной интрузии, и строится система уравнений, позволяющая произвести расчет термоупругих напряжений в среде, окружающей интрузию параллелепипедальной формы (интрузия вдоль глубинного разлома).

Известно, что трудности, встречающиеся при попытке прогнозирования землетрясений, существенно связаны с многообразием механизмов, обуславливающих возбуждение землетрясений.

Один из механизмов, могущих вызвать землетрясения в ряде районов Кавказа, связан с остаточными явлениями третичного и четвертичного вулканизма. Конкретнее, имеются в виду термоупругие напряжения, возникающие в области, окружающей вклинившуюся в кору прогретую магму: когда термоупругие напряжения по величине превышают пределы прочности горных пород, наступает их разрушение, проявляющееся в форме землетрясений. Математическое описание этого механизма может быть достигнуто следующим образом.

Пусть в трехмерной области  $G$  имеется включение  $R$  в виде прямоугольного параллелепипеда. Будем полагать, что начальная температура интрузивного тела  $R$  равна  $T_R$ , а начальная температура среды, заполняющей область  $G$ , равна  $T_G = f(z)$ , где  $z$  — глубина от физической поверхности Земли. Предполагая, что размер тела  $R$  вдоль одной координаты достаточно велик (интрузия магмы вдоль разлома), расчет термоупругих напряжений, возникающих в  $G$  и  $R$ , можно свести к следующей плоской граничной задаче (рис. 1):

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( a \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( a \frac{\partial T}{\partial z} \right), \quad (1)$$

$$\mu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) + (\lambda + \mu) \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial z} \right) = \frac{\partial (T\beta)}{\partial x}, \quad (2)$$

$$\mu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) + (\lambda + \mu) \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial z} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) = \frac{\partial (T\beta)}{\partial z}, \quad (3)$$

$$T|_{BC} = 0; \quad T|_{AB} = T|_{CD} = f(z); \quad T|_{AHED} = T_R, \quad (4, 5, 6)$$

$$\sigma_{11} = \left[ (2\mu + \lambda) \frac{\partial u}{\partial x} + \lambda \frac{\partial v}{\partial z} + \alpha(3\lambda + 2\mu) \Delta T \right]_{CD \text{ и } AB} = 0, \quad (7)$$

$$\sigma_{22} = \left[ (2\mu + \lambda) \frac{\partial v}{\partial x} + \lambda \frac{\partial u}{\partial z} - \alpha(3\lambda + 2\mu) \Delta T \right]_{BC \text{ и } AD} = 0, \quad (8)$$

$$\sigma_{12} = 2\mu \left( \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \Big|_{ABCDEHA} = 0, \quad (9)$$

$$T_1|_{HGFE} = T_2|_{HGFE}; \quad \lambda_1 \left( \frac{\partial T}{\partial n} \right) \Big|_{HGFE} = \lambda_2 \left( \frac{\partial T}{\partial n} \right) \Big|_{HGFE}, \quad (10, 11)$$

$$u_1|_{HGFE} = u_2|_{HGFE}; \quad v_1|_{HGFE} = v_2|_{HGFE}, \quad (12, 13)$$

$$\begin{aligned} & \left[ (2\mu_1 + \lambda_1) \frac{\partial u_1}{\partial x} + \lambda_1 \frac{\partial v_1}{\partial z} - \alpha_1(3\lambda_1 + 2\mu_1) \Delta T \right]_{HG \text{ и } FE} = \\ & = \left[ (2\mu_2 + \lambda_2) \frac{\partial u_2}{\partial x} + \lambda_2 \frac{\partial v_2}{\partial z} - \alpha_2(3\lambda_2 + 2\mu_2) \Delta T \right]_{HG \text{ и } FE}, \quad (14) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \left[ (2\mu_1 + \lambda_1) \frac{\partial v_1}{\partial z} + \lambda_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} - \alpha_1(3\lambda_1 + 2\mu_1) \Delta T \right]_{GF} = \\ & = (2\mu_2 + \lambda_2) \frac{\partial v_2}{\partial z} + \lambda_2 \frac{\partial u_2}{\partial x} - \alpha_2(3\lambda_2 + 2\mu_2) \Delta T \Big]_{GF}, \quad (15) \end{aligned}$$

$$2\mu_1 \left( \frac{\partial u_1}{\partial z} + \frac{\partial v_1}{\partial x} \right) \Big|_{HGFE} = 2\mu_2 \left( \frac{\partial u_2}{\partial z} + \frac{\partial v_2}{\partial x} \right) \Big|_{HGFE}, \quad (16)$$

$$T_1|_{l=0} = f(z); \quad T_2|_{l=0} = T_R. \quad (17)$$

Граничная задача (1)–(17) дает возможность при выборе функциональных зависимостей для входящих в них параметров решить поставленную выше задачу.

Рассмотрим физический смысл соотношений (1)–(17).

Уравнение (1) является уравнением теплопроводности недеформируемой среды, записанным в дивергентной форме. В уравнение (1) входит коэффициент  $a$  — температуропроводность, который для областей  $G$  и  $R$  брался в следующем виде (в  $\text{см}^2/\text{час}$   $T' = T/600$ ):

$$\alpha_1 = 10 + 4(1 - T')^2; \quad \alpha_2 = 15 + 6(1 - T')^2.$$

Подставляя эти значения в (1) и используя равенство  $\frac{\partial a}{\partial x} = \frac{\partial a}{\partial T} \frac{\partial T}{\partial x}$ , получаем для области  $G$  и  $R$  нелинейные уравнения

$$\frac{\partial T}{\partial t} = [10 + 4(1 - T')^2] \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) - \frac{1}{75} (1 - T') \left[ \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial T}{\partial z} \right)^2 \right], \quad (19)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = [15 + 6(1 - T')^2] \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) - \frac{1}{50} (1 - T') \left[ \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial T}{\partial z} \right)^2 \right]. \quad (20)$$

Уравнения (2) и (3) являются уравнениями теории упругости [1], когда вектор смещения ( $u$  и  $v$  — составляющие вектора смещения вдоль оси  $x$  и  $z$ ) не зависит от координаты  $y$ , а в качестве объемных



сил выступает термоупругая сила. Задача рассматривается как квазистационарная [2]:  $\lambda$  и  $\mu$  — коэффициенты Ламе,  $\beta$  — давление, возникающее, когда температура тела поднимается на  $1^\circ$  в отсутствие расширения,  $\beta = 3K\alpha$ , где  $K = \frac{3\lambda + 2\mu}{3}$  — модуль объемного (всестороннего) сжатия, а  $\alpha$  — температурный коэффициент линейного расширения,  $\lambda$  и  $\mu$  — коэффициенты Ламе. Для выбора значений  $\lambda$ ,  $\mu$  и  $\beta$  использовались данные [3],  $\mu$  бралось равным  $0,565 \cdot 10^{12}$ ,  $\lambda = 0,7 \cdot 10^{12}$  дин/см<sup>2</sup>, а  $\alpha = (4 - 1,3 \times 10^{-3} T) \cdot 10^{-6}$ .

Уравнения (4) — (6) дают распределение температуры на внешней границе ABCDA области G. Среднюю температуру поверхности Земли принимаем равной  $T_0 = 0$ .

Уравнения (10) и (11) являются обычными условиями сопряжения на границе двух сред — равенства температур и потоков тепла. Коэффициенты теплопроводности взяты следующими [4]:

$$\lambda_1 = [3,2 + 1,3(1 - T')^2] \cdot 10^{-3} \text{ кал/ (см·сек·град)},$$

$$\lambda_2 = [4,8 + 1,8(1 - T')^2] \cdot 10^{-3} \text{ кал/ (см·сек·град)}.$$

Уравнения (17) дают начальные распределения температуры в областях G и R.

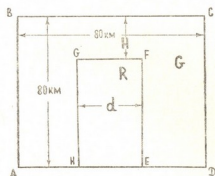


Рис. 1. Схема к решению граничной задачи

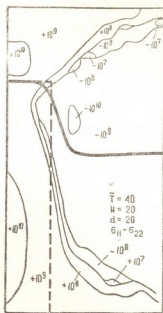


Рис. 2

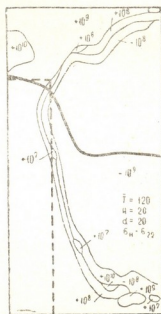


Рис. 3

Граничные условия (7), (8) и (9) указывают на то, что внешние границы области G свободны от напряжений. В такой постановке решение граничной задачи методом сеток нам не удалось получить (соответствующий итерационный процесс метода сеток не обнаруживал сходимости). Поэтому вместо граничных условий (7), (8), (9) мы применяли нулевые граничные условия для вектора смещения. Левые части уравнений (7) и (8) дают нормальные термоупругие напряжения

в уравнении Дюамеля—Неймана, а левая часть (9) — тангенциальные напряжения.  $\Delta T$  в формулах (7), (8), (14), (15) — приращение температуры. Формулы (12) — (16) — обычные сопряжения в теории упругости — равенства нормальных и тангенциальных смещений и напряжений.

Для численного решения настоящей задачи был использован метод конечных разностей (метод сеток). Рассматриваемая область (рис. 1) покрывается равномерной сеткой с шагом  $h=2$  км. В уравнениях (4) — (6) и (17) для  $f(z)$  и  $T_R$  берутся следующие значения:  $f(z_j) = 30(41 - j)$ , где  $j=1, 2, 3, \dots, 41$  и  $T_R=1200^\circ\text{C}$ . На рис. 2 и 3 даны разности напряжений  $\sigma_{11} - \sigma_{22}$  после  $2,5 \cdot 10^5$  и  $10^6$  лет соответственно. На них ввиду очевидной симметрии выделены для одной половины области  $G$  места, где разности напряжений имеют порядок  $10^{k-1}$ ,  $k=7, 8, 9, 10$ . Жирной линией на этих рисунках даны  $600^\circ\text{C}$  изотермы. Более подробные результаты вычислений будут опубликованы в трудах Института геофизики АН ГССР.

Академия наук Грузинской ССР

Институт геофизики

Вычислительный центр

(Поступило 27.5.1976)

გეოფიზიკა

მ. ალექსიძე, გ. გუგუნავა, კ. პერთაია

დედამიწის ქერქის თერმული რეჟიმის ცვლილებით გამოწვეული თერმოელასტიკური დაძაბულობების გათვლა ერთი ფიზიკური მოდელისათვის

რეზიუმე

განხილულია მიწისძვრის ერთი შესაძლო მექანიზმი, რომელიც წარმოიშობა დედამიწის ქერქის თერმული რეჟიმის ცვლილებით გამოწვეული თერმოელასტიკური დაძაბულობებით მაღალტემპერატურული ინტრუზიის არეში. აგებულია დიფერენციალური განტოლებათა სისტემა, რომელიც საშუალებას იძლევა ჩავატაროთ თერმოელასტიკური დაძაბულობების გათვლა ერთი, რომელიც შემოფარგლავს პარალელეპედური ფორმის ინტრუზიას.

GEOPHYSICS

M. A. ALEKSIDZE, G. E. GUGUNAVA, K. V. PERTAIA

CALCULATION OF THE THERMOELASTIC STRESSES DUE TO THE VARIANCE OF THE EARTH'S CRUST THERMAL REGIME FOR ONE PHYSICAL MODEL

Summary

One of the possible mechanisms of earthquakes due to thermoelastic stresses attendant on the change of the thermal regime of the Earth's crust in the high-temperature intrusion area is considered. A system of differential equations is built, enabling to calculate the thermoelastic stresses in the medium around an intrusion of parallelepipedal shape.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Л. Д. Ландау, Е. М. Лившиц. Механика сплошных сред. М., 1963.
2. В. Новацкий. Вопросы термоупругости. М., 1962.
3. К. Е. Буллен. Сб. «Планета Земля». М., 1961.
4. Р. Е. Кржижановский, З. Ю. Штерн. Теплофизические свойства неметаллических материалов. Л., 1973.

М. В. АЛАНИЯ, А. И. ҚАРЦИВАДЗЕ, Э. И. ХЕЛАЯ

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МНОГОМЕРНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ГРАДОВЫХ И ЛИВНЕВЫХ ОБЛАКОВ

(Представлено академиком Б. К. Балавадзе 31.3.1976)

Эффективность воздействия на градовые процессы во многом зависит от оперативности и надежности оценки градоопасности облаков, осуществляемой с использованием радиолокации.

Радиолокационные методы индикации градовых облаков развиваются в двух направлениях. Одно из них основано на анализе амплитудно-фазовых и поляризационных характеристик радиоэхо [1—3], а другое — на установлении вероятностно-статистических связей между некоторым комплексом параметров и видом конвективных осадков [4—7].

По обоим направлениям достигнуты существенные успехи, однако они пока не обеспечивают требуемой для практических работ высокой точности и надежности, в связи с чем нуждаются в дальнейшем совершенствовании.

За последние годы интересные результаты в распознавании ливневых и градовых облаков получены в работе [8], в которой для этой цели использованы полиномиальные разделяющие функции. Однако более простое и не менее эффективное решение можно получить путем применения множественного регрессионного анализа.

В рассматриваемом случае задача сводится к тому, чтобы по совокупности значений известного комплекса предикторов определить значение некоторой функции  $Y$ , которая наилучшим образом разделит градовые и ливневые облака друг от друга. В качестве предикторов нами использовались следующие семь параметров:  $x_1 \sim H_m$  км — максимальная высота радиоэхо;  $x_2 \sim T_{H_m}$  °С — температура на уровне  $H_m$ ;  $x_3 \sim \sim h_-/h_+$  — отношение толщины переохлажденной части радиоэхо к толщине «теплой» ее части (т. е. к разности высот между уровнями нулевой изотермы и поверхности земли);  $x_4 \sim H_{\eta_m}$  км — высота расположения максимальной радиолокационной отражаемости;  $x_5 \sim T_{\eta_m}$  °С — температура на уровне  $H_{\eta_m}$ ;  $x_6 \sim \Delta h$  км — толщина переохлажденной части зоны повышенной отражаемости, т. е. разность высоты контура изоэхо, соответствующего отражаемости  $0,1 \eta_m$ , и высоты нулевой изотермы;  $x_7 \sim T_{\Delta h}$  °С — температура на уровне верхней границы  $\Delta h$ .

С учетом вышесказанного задача сводится к отысканию коэффициентов регрессии  $a_i$  системы уравнений вида

$$Y_j = \sum a_i x_{ij}, \quad (1)$$

$i=1, 2, \dots, 7; j=1, 2, \dots, N$ , где  $N$ —объем выборки. При этом принимается, что дихотомическая переменная  $Y_j$  при градových случаях принимает значение 1, а при неградových 0. Коэффициенты  $a_i$  находятся методом наименьших квадратов.

Из архива материалов радиолокационных наблюдений и радиозондирования, проведенных в Алазанской долине Грузинской ССР, путем случайной выборки были отобраны данные для 150 градových и 150 неградových конвективных облаков. В категорию градových включались облака, из которых отмечалось выпадение града диаметром более 0,5 см, неградowymi же считались те, из которых выпадали только жидкие осадки ливневого характера. По этим данным расчет выполнен на ЭВМ М-220.

Используя вычисленные значения коэффициентов  $a_i$ , легко получить диагностическое уравнение

$$\begin{aligned} \hat{Y} = & 0,074 x_1 + 0,0019 x_2 + 0,15 x_3 + 0,05 x_4 - \\ & - 0,0011 x_5 + 0,017 x_6 - 0,0053 x_7 - 0,956. \end{aligned} \quad (2)$$

Было вычислено также значение коэффициента множественной корреляции по формуле  $R = (\sigma_{\hat{Y}}^2 / \sigma_{Y_j}^2)^{1/2}$ , где  $\sigma_{\hat{Y}}^2$  и  $\sigma_{Y_j}^2$  являются дисперсиями  $Y_j$  и  $\hat{Y}$  соответственно. Для использованной выборки оказалось, что  $R \approx 0,87$ . Частотные распределения значений  $\hat{Y}$  для градových и ливневых облаков приведены на рис. 1.

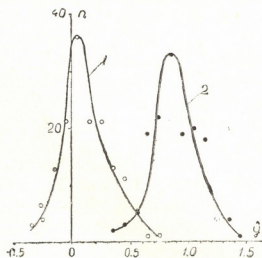


Рис. 1. Частотные распределения значений  $\hat{Y}$  для ливневых (1) и градových (2) облаков

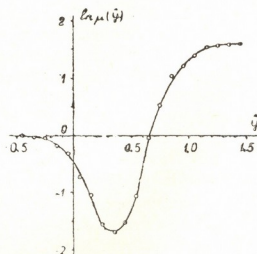


Рис. 2

Анализ этих графиков показывает, что при  $\hat{Y} < 0,35$  отмечаются только неградových, а при  $\hat{Y} > 0,75$  — только градových случаи. В интервале значений  $\hat{Y}$  от 0,35 до 0,75 наблюдались конвективные осад-

ки обоих видов (51 градное и 31 неградное облако). Таким образом, 73% всех случаев разделены однозначно, а 27% выборки оказались в диапазоне неоднозначности. Если в качестве разделяющего значения брать  $\widehat{Y}_p = 0,5$ , то для 96,7% градных случаев  $\widehat{Y} \geq \widehat{Y}_p$ , т. е. только 3,3% градных зон окажутся ошибочно причисленными к неградным. Соответственно для 95,3% ливневых осадков  $\widehat{Y} < \widehat{Y}_p$ , и, следовательно, всего лишь 4,7% ливневых облаков будут сочтены градными. Таким образом, вправо от разделяющего значения  $\widehat{Y}_p$  оправдываемость диагноза составляет 95,4%, а влево — 97,3%.

Проверка диагностического уравнения (2) на экзаменационной выборке (143 случая) подтвердила, что оправдываемость распознавания вида конвективных осадков составляет 96%.

В практических работах по борьбе с градом как ошибочная обработка неградных облаков, так и пропуск градных сопряжен с экономическим ущербом. Поэтому рациональная методика выбора облаков, подлежащих воздействию, должна исходить из минимума возможного убытка.

Допустим, что с учетом успешности воздействия отношение средней суммы затрат на ошибочную обработку одной зоны  $q_n$  к среднему ущербу, вызванному одним пропущенным градобитием  $q_r$ , составляет  $q_n/q_r = 0,2$ . Если  $P_n(\widehat{Y})$  и  $P_r(\widehat{Y})$  представляют собой функции распределения плотности вероятностей ливневых и градных облаков, то легко показать, что значение  $\widehat{Y}_B$ , при котором необходимо приступить к проведению операции воздействия для обеспечения минимального риска, может быть найдено из условия минимума функционала

$$\mu(\widehat{Y}) = \sum_{\widehat{Y}=-4,5}^{1,5} \{q_n [1 - P_n(\widehat{Y})] + q_r P_r(\widehat{Y})\}.$$

С помощью распределений, проведенных на рис. 1, полагая в относительных единицах  $q_n = 1$ ,  $q_r = 5$ , протабулированы значения функционала  $\mu(\widehat{Y})$  и построен соответствующий график (рис. 2).

Анализ этого графика показывает, что  $\min \mu(\widehat{Y})$  достигается при  $\widehat{Y} = 0,35$ . Следовательно, для обеспечения минимального риска воздействию должны подвергаться все облака, для которых  $\widehat{Y} \geq 0,35$ . При этом окажется, что ошибочно будет подвергнуто воздействию не более 12% облаков.

Выполненная оценка будет более надежной, если не ограничивать расчеты малыми равнообъемными выборками, а использовать всю совокупность данных имеющегося богатого архива. Это позволит правильнее учесть естественное соотношение числа ливневых и градных облаков, соответствующих данному значению  $\widehat{Y}$ .

При обсуждении данной работы идея количественной оценки риска была предложена профессором М. А. Алексидзе.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт геофизики

(Поступило 1.4.1976)

გეოფიზიკა

მ. ალანია, ა. კარცივაძე, ე. ხელაია

მრავალზომიერობიანი კორელაციის მეთოდის გამოყენება  
 სეტყვისა და საწვიმარი ღრუბლების გასარჩევად

რეზიუმე

კონვექციური ღრუბლების რადიოლოკაციური მახასიათებლების მრავალზომიერობიანი რეგრესიული ანალიზის საფუძველზე მოძებნილია სეტყვისა და საწვიმარის კომპლექსური მაჩვენებელი. მისი გამოყენებით ხერხდება სეტყვისა და საწვიმარი ღრუბლების ერთმანეთისაგან საიმედოთ გარჩევა და ზემოქმედების ოპერაციის ჩატარების მიზანშეწონილობის შეფასება ზარალის მინიმუმზე დაყენის გათვალისწინებით.

GEOPHYSICS

M. V. ALANIA, A. I. KARTSIVADZE, E. I. KHELAIYA

### APPLICATION OF THE MULTIDIMENSIONAL CORRELATION METHOD FOR THE RECOGNITION OF HAIL- AND SHOWER- PRODUCING CLOUDS

#### Summary

The complex index of hail hazard has been found on the basis of multidimensional regressive analysis of the radar characteristics of convective clouds.

Its application will allow reliable distinction of hail- and shower-producing clouds and to evaluate the expediency of seeding operations, reducing to minimum the possible losses.

#### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. Ф. Лапчева, Г. К. Сулаквелидзе. Труды ЗаКНИГМИ, вып. 16(22), 1964.
2. М. Т. Абшаев, Н. Ш. Бибилашвили. Труды ВГИ, вып. 3 (5), 1966.
3. В. Е. Минервин, А. Б. Шуляцкий. Труды ЦАО, вып. 47, 1968.
4. А. Д. Бичиашвили и др. Труды Всесоюзного совещания по активным воздействиям на градовые процессы. Тбилиси, 1962.
5. Р. И. Дореули и др. Сб. «Исследования по физике облаков и активным воздействиям на погоду». М., 1967.
6. М. Т. Абшаев, О. М. Кучмезов, А. М. Пинхасов. Труды ВГИ, вып. 13, 1969.
7. Т. Г. Салуквадзе. Труды ИГАН ГССР, т. XXXII, 1973.
8. Н. Ш. Бибилашвили и др. Труды ВГИ, вып. 22, 1973, 90.

УДК 550.837.2

ГЕОФИЗИКА

Э. Л. ШЕН

## К ВОПРОСУ О ПРОИСХОЖДЕНИИ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ ЗЕМЛИ

(Представлено академиком Б. К. Балавадзе 13.7.1976)

Процесс эволюции Земли, в результате которого выделилась верхняя мантия, будем рассматривать как последовательность равновесных и неравновесных состояний, конечной точкой которой будет состояние устойчивого равновесия.

Предположим, что в течение всей эволюции:

- 1) распределение плотности в Земле сферически симметрично относительно ее центра  $\rho = \rho(r)$ ;
- 2) масса  $M$  и момент инерции  $J$  неизменны;
- 3) гравитационная потенциальная энергия уменьшается и минимальна для состояния устойчивого равновесия.

Каждому состоянию соответствует закон плотности с максимальным и минимальным конечными значениями плотности. Можно говорить, что совокупности всех допустимых законов соответствуют огибающие сверху  $\rho = \rho_0(r)$  и снизу  $\rho = \rho_1(r)$ . Их можно рассматривать как границы области допустимых значений плотности, принадлежащие этой области.

Предположение 3) эквивалентно предположению о том, что потенциал в центре Земли увеличивается от состояния к состоянию и максимален для конечного состояния. Это будет видно из полученных ниже результатов с выводами работы [1], где минимизируется гравитационная энергия. Выводы получаются те же самые, что позволяет говорить об эквивалентности.

На высказанных выше предположениях основывается формулировка двух задач, решения которых используются для построения схематичных моделей Земли. Модели эти оказываются пригодными для некоторых качественных выводов и количественных оценок. Задачи будем формулировать в терминах используемой здесь теории оптимальных процессов [2].

Задача 1. Состояние некоторого объекта описывается на временном отрезке  $0 \leq t \leq 1$  функциями

$$x^0(t) = 4\pi \int_0^t us ds, \quad x^1(t) = 4\pi \int_0^t us^2 ds, \quad x^2(t) = \frac{8\pi}{3} \int_0^t us^4 ds, \quad (1)$$

а изменение его состояния (движение) — системой дифференциальных уравнений

$$\frac{dx^0}{dt} = -4\pi ut, \quad \frac{dx^1}{dt} = 4\pi ut^2, \quad \frac{dx^2}{dt} = \frac{8\pi}{3} ut^4. \quad (2)$$

В системах (1) и (2)  $t = \frac{r}{R}$ ,  $u = \frac{\rho}{\bar{\rho}}$ ,  $R$  — радиус Земли,  $\rho = \rho(r)$  — функция плотности,  $\bar{\rho}$  — средняя плотность Земли. Смысл второго и третьего уравнений ясен. Первое уравнение системы (1), взятое со зна-

ком «плюс» в правой части при  $t=1$ , соответствует потенциалу в центре Земли. Знак «минус» берется в данном случае потому, что в используемой математической теории фигурирует требование минимума функционала.

Функция  $u=u(t)$  называется управлением и может принимать значения в ограниченной замкнутой области  $U(t)$  с границами  $u_0(t)$  и  $u_1(t)$ . Значения управления на границах определяются соотношениями

$$u_0 = \frac{P_0}{\rho} \text{ и } u_1 = \frac{P_1}{\rho}.$$

Пусть начальная точка траектории объекта  $x_0$  имеет координаты  $x_0^0 = 0$ ,  $x_0^1 = 0$ ,  $x_0^2 = 0$ ,  $t = 0$ . Необходимо выбрать такое управление со значениями в области  $U(t)$ , чтобы объект был переведен в точку  $x_1$  с координатами  $x_1^1 = \frac{M}{\rho R^3}$ ,  $x_1^2 = \frac{I}{\rho R^5}$ ,  $t = 1$ , а координата  $x^0$  приняла наименьшее возможное значение [2].

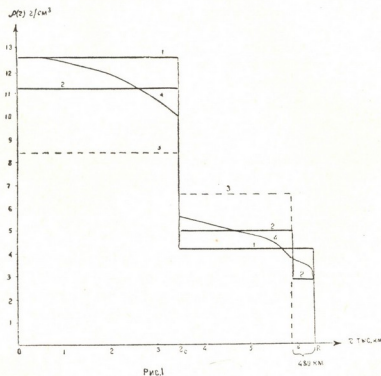


Рис. 1. 1 — закон плотности, соответствующий состоянию устойчивого равновесия; 2 — закон плотности, соответствующий современному распределению плотности; 3 — закон плотности, соответствующий первоначальному распределению плотности в Земле; 4 — распределение плотности в модели «Земля-1».

Решением будет разрывная функция  $u=u(t)$  с двумя интервалами непрерывности: на первом (от нуля) интервале  $u=u_0(t)$ , на втором  $u=u_1(t)$ .

Для частного случая, схематизирующего задачу 1, когда  $\rho_0 = \text{const}$  и  $\rho_1 = \text{const}$ , может быть построено конкретное распределение плотности — закон 1 (рис. 1). Здесь использовано известное для Земли положение разрыва — размеры ядра.





В задаче 1 было неявно сделано еще одно предположение о том, что Земля находится в своем конечном состоянии. Закон, хотя бы формально соответствующий современному распределению плотности в Земле, должен иметь плотность внешнего слоя, равной  $2,8 \text{ г/см}^3$  [3]. В законе 1 плотность внешнего слоя равна  $4,158 \text{ г/см}^3$ .

Для того чтобы получить модель современного распределения, сформулируем задачу 2, которая является вариантом задачи 1. Отличием в формулировке являются значения переменных  $x^1$  и  $x^2$  в конечной точке траектории  $x_1$ , а именно,  $x^1=0$ , и  $x^2=0$ . Это означает поиск такой вариации закона 1, чтобы  $M$  и  $J$  не менялись, а требования к полученному закону сохранялись. Ограничения на плотность  $\delta\rho_0 = \text{const}$  и  $\delta\rho_1 = \text{const}$ , причем  $\delta\rho_1 < 0$ .

Полученная вариация показана (рис. 1) в применении к закону 1. Закон 2 соответствует современному распределению плотности. Следует отметить, что вариация (по характеру отклонений ее от варьируемого закона будем говорить: вариация типа «—+—») немного ухудшает закон 1 в смысле величины потенциала в центре. Увеличивая амплитуду вариации, получаем закон 3, который в принятом смысле еще хуже. В законе 3 на последнем интервале непрерывности плотность обратилась в нуль, т. е. радиус модели уменьшился.

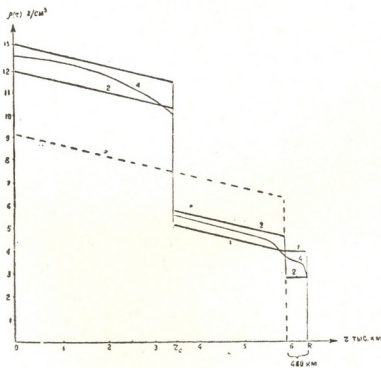


Рис. 2. Условные обозначения те же, что на рис. 1

Обратив вариацию в тип «+—+», можем от закона 3, который оказывается исходным, через закон 2 прийти к конечному закону 1, который соответствует устойчивому равновесию. Подобная последовательность изменений должна была произойти с Землей, если только масса и момент инерции не менялись.

На рис. 2 построения с вариацией «+—+» повторены, но исходный закон принят непрерывным, что более подходит для состояния первоначального равновесия.

По логике построений законы 1, 2 на рис. 1 должны давать интервалы значений плотности для реально существующего распределения. Сопоставление с законом модели «Земля-1» [3] свидетельствует о том, что, по крайней мере, качественные заключения здесь допустимы.

Основной вывод можно сформулировать так: верхняя мантия вместе с земной корой является тем слоем (~480 км), который увеличил объем Земли в процессе ее эволюции. Перераспределение масс можно интерпретировать следующим образом: в результате гравитационной дифференциации массы переносятся к центру и от центра — вариация типа «+—+», но увеличение плотности внешнего слоя может идти только одним способом, если он оказывается вновь появляющимся. По-видимому, поднимающиеся в верхние слои легкие компоненты земного вещества увеличивают свой объем в результате фазовых переходов. Таким образом, здесь представлена схема новой гипотезы расширения Земли.

Киевская геофизическая  
 разведочная экспедиция

(Поступило 22.7.1976)

გეოფიზიკა

ა. შიონი

დედამიწის ზედა მანტიის წარმოშობის საკითხისათვის

რეზიუმე

ოპტიმალური პროცესების თეორიის საფუძველზე ამოხსნილია დედამიწაში სიმკვრივის ოპტიმალური განაწილების ვარიაციული ამოცანა. ნაჩვენებია, რომ სიმკვრივის ოპტიმალურ განაწილებას შეესაბამება გრავიტაციული ენერჯის მინიმუმი. დადგენილია სიმკვრივის მკვეთრი ნახტომის არსებობა დედამიწის ბირთვისა და მანტიის საზღვარზე და ზედა მანტიის ხარჯზე დედამიწის გაფართოება.

GEOPHYSICS

E. L. SCHÖN

## ON THE QUESTION OF THE ORIGIN OF THE EARTH'S UPPER MANTLE

Summary

A variation problem concerned with the finding of optimum density distribution is considered, using the theory of optimum processes. The optimum distribution corresponds to the minimum of gravitation energy. Conclusions are made about a drastic jump of density at the interface between the core and the mantle and about the expansion of the Earth at the expense of the upper mantle.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Е. Л. Шен. Про розподіл щільності в надрах Землі. Доп. АН УРСР, сер. Б., 7, 1972.
2. Л. С. Понтрягин, В. Г. Болтянский, Р. В. Гамкрелидзе, Е. Ф. Мищенко. Математическая теория оптимальных процессов. М., 1969.
3. В. Н. Жарков, В. П. Трубицын, П. В. Самсоенко. Физика Земли и планет. М., 1971.

А. Г. ХАНТАДЗЕ, Р. Г. ГАЧЧИЛАДЗЕ, Б. Я. ЧЕХОШВИЛИ

## О ВЛИЯНИИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДРЕЙФОВ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ В ОБЛАСТИ F ИОНОСФЕРЫ

(Представлено академиком Б. К. Балавадзе 25.3.1976)

Вертикальные перемещения, оказывающие заметное влияние на распределение электронной концентрации в F-области ионосферы, рассматривались в ряде работ [1—3]. Исследование влияния волновых возмущений, амплитуда которых увеличивается с высотой по экспоненциальному закону [3], показало, что при дрейфе, направленном вверх (или вниз), ионизированный слой перемещается в сторону больших (или меньших) высот, при этом максимальная электронная концентрация уменьшается (или увеличивается). Заметим, что при такой зависимости скорости возмущения от высоты уравнение неразрывности существенно упрощается и становится возможным получение некоторых точных и приближенных аналитических решений.

В настоящей статье приводятся результаты численного интегрирования на ЭВМ уравнения неразрывности для электронов с учетом вертикального дрейфа, не зависящего от высоты и времени.

Вычисления основываются на уравнении

$$\frac{\partial N}{\partial t} = q_0 \exp(1 - z - \text{Sec } \alpha e^{-z}) - \beta_0 \exp(-pz) N + d_0 \exp(z) \left[ \frac{\partial^2 N}{\partial z^2} + \frac{3}{2} \frac{\partial N}{\partial z} + \frac{N}{2} \right] - \frac{v}{H} \frac{\partial N}{\partial z}. \quad (1)$$

Здесь  $z = \frac{h-h_q}{H}$ ,  $h_q$  — высота максимума ионообразования при зенитном угле Солнца  $\alpha=0$ ,  $H$  — шкала высот атомарного кислорода;  $\cos \alpha = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos \omega t$ ,  $\omega$  — угловая скорость вращения Земли,  $t$  — время от момента включения ионизатора,  $\varphi$  — широта места,  $\delta$  — солнечное склонение;  $\beta_0$  и  $d_0$  — коэффициенты рекомбинации и диффузии на уровне  $z=0$ ,  $v$  — скорость вертикального дрейфа.

Решение выполнялось для значений  $p=1; 1,75$ , где  $p = \frac{H}{H_m}$  ( $H_m$  — шкала высот молекулярной составляющей нейтрального газа). В случае  $p=1$  (физически это означает, что  $O_2$  и  $O$  полностью перемешаны) решение не может быть достаточно точным, за исключением тех высот, для которых производилась оценка параметров. При  $p=1,75$  предпо-

лагается, что процесс прилипания определяется концентрацией  $N_2$ , т. е. коэффициент рекомбинации пропорционален  $\exp(-1,75)$ , так как отношение шкал высот для  $O$  и  $N_2$  равно 1,75.

Для решения задачи были выбраны следующие параметры ионосферы:  $H = 8 \cdot 10^6$  см, что соответствует экзосферной температуре  $T_\infty = 1500^\circ\text{K}$ ,  $\beta_0 = 1,4 \cdot 10^{-3}$  сек $^{-1}$ ,  $d_0 = 10^{-5}$  сек $^{-1}$ ,  $q_0 = 360$  см $^3$  сек $^{-1}$ ,  $h_q = 18 \cdot 10^6$  см. Значения вертикального дрейфа принимались равными  $\pm 0,1 \frac{\text{M}}{\text{сек}}$  и  $\pm 0,5 \frac{\text{M}}{\text{сек}}$  (знак "+" соответствует дрейфу направленному вверх, "-" вниз).

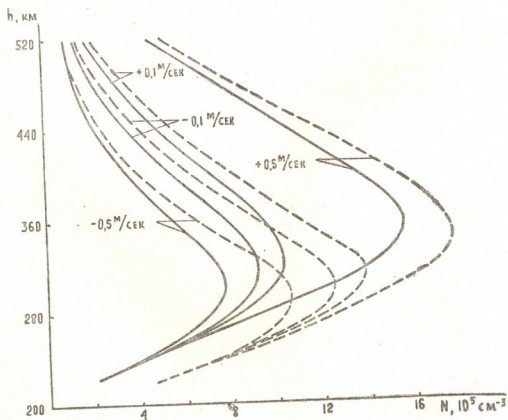
Граничные и начальные условия для функции  $N(z, t)$  имеют вид

$$N(0,25; t) = 0, N(5,25; t) = 5 \cdot 10^4 \text{ см}^{-3}, N(z, 0) = N_0(z), \quad (2)$$

где  $N_0(z)$  — стационарное решение уравнения (1) при  $t = 0$  и  $\frac{\partial N}{\partial t} = 0$ .

Для численного решения задачи применялся метод конечных разностей. Разностная аппроксимация уравнения (1) имеет вид

$$N_i^{k+1} = N_i^k + \Delta t \left\{ \left[ \frac{d_0 e^z}{\Delta z} \left( \frac{1}{\Delta z} - \frac{3}{4} \right) + \frac{1}{2\Delta z} \frac{v}{H} \right] N_{i-1}^k + \right. \\ \left. + \left[ \frac{d_0 e^z}{\Delta z} \left( \frac{1}{\Delta z} + \frac{3}{4} \right) - \frac{1}{2\Delta z} \frac{v}{H} \right] N_{i+1}^k + \left[ d_0 e^z \left( \frac{1}{2} - \frac{2}{\Delta z} \right) \beta_0 e^{-pz} \right] + \right. \\ \left. + q_0 \exp \left( 1 - z - \frac{1}{e^z \cos z} \right) \right\}, \quad (3)$$



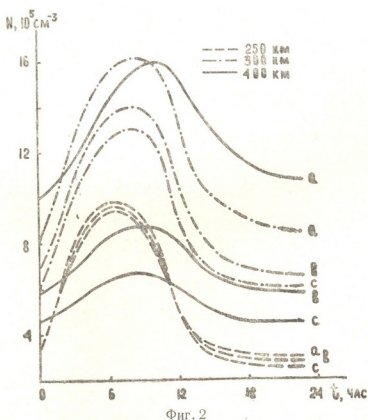
Фиг. 1



где  $N_i^k$  — значение концентрации в  $i$ -том узле для  $t = k\Delta t$ ,  $\Delta t$  и  $\Delta z$  — шаги по времени и пространственной переменной.

На фиг. 1 приведены профили электронной концентрации для летнего периода ( $\delta = 23,5^\circ$ ) и параметра  $P = 1,75$ , рассчитанные для широты  $\varphi = 60^\circ$  (сплошная линия соответствует стационарному решению уравнения (1), пунктирная — моменту времени  $t = 6$  час). Как видно из графика, при дрейфе, направленном вверх (или вниз), ионизированный слой перемещается в сторону больших (или меньших) высот, при этом максимальная электронная концентрация увеличивается (или уменьшается).

Расчеты показывают, что суточный ход высоты максимума электронной концентрации для широт  $\varphi = 60^\circ$  и  $30^\circ$  при скоростях дрейфа  $\pm 0,5 \frac{M}{сек}$ . После восхода Солнца ( $t = 0$ ) высота максимума начинает уменьшаться и, достигая минимального значения, остается постоянной в течение 2—4 часов, причем с увеличением широты  $h_{max}$  располагается выше. Затем происходит подъем высоты максимума, которая в течение ночи остается постоянной. При этом наблюдается уменьшение высоты  $h_{max}$  и ее суточных колебаний с увеличением широты. Кроме того, при  $p = 1,75$   $h_{max}$  в течение суток располагается ниже, чем при  $p = 1$ .



Фиг. 2

На фиг. 2 представлено суточное изменение электронной концентрации на фиксированных высотах для значений дрейфа  $\pm 0,1$ ;  $0,5 \frac{M}{сек}$ , широты  $\varphi = 30^\circ$  и параметра  $p = 1,75$  (а— $0,5 \frac{M}{сек}$ , в— $0,1 \frac{M}{сек}$ , с— $0,1 \frac{M}{сек}$ ).

После восхода Солнца электронная концентрация на всех высотах увеличивается, причём скорость ее изменения уменьшается с увеличением высоты. Кроме того, время наступления  $N_{\max}$  запаздывает с увеличением скорости дрейфа и высоты. Наконец, из графика видно, что влияние вертикального дрейфа сильно сказывается лишь на больших высотах (300—400 км), в то время как на малых высотах (250 км) его влиянием можно пренебречь.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт геофизики

(Поступило 25.3.1976)

გეოფიზიკა

ა. ხანთაძე, რ. გაჩეჩილაძე, ბ. ჩეხოშვილი

ვერტიკალური დრეიფის გავლენის შესახებ ელექტრონული  
 კონცენტრაციის განაწილებაზე იონოსფეროს F-არეში

რეზიუმე

მოყვანილია ელექტრულ გამოთვლით მანქანაზე უწყვეტობის განტოლების რიცხვითი ინტეგრირების შედეგები ვერტიკალური დრეიფების გათვალისწინებით. ამოხსნა მიღებულია  $P=1$  ( $O_2$  და  $O$ -ს სრული შერევა) და  $P=1,75$  ( $O$  და  $N_2$ -სათვის დიფუზური წონასწორობა) მნიშვნელობებისათვის. მიღებულია ელექტრონული კონცენტრაციის დღეღამური და სიმაღლის მიხედვით განაწილება დრეიფის სხვადასხვა სიდიდეებისათვის.

GEOPHYSICS

A. G. KHANTADZE, R. G. GACHECHILADZE, B. Y. CHEKHOSHVILI

ON THE INFLUENCE OF VERTICAL DRIFTS ON THE ELECTRON  
 CONCENTRATION DISTRIBUTION IN THE IONOSPHERIC F REGION

Summary

The results of numerical integration on a digital computer of a continuity equation for electron gas, taking into consideration the drifts, are given.

Solutions are found for  $p=1$  ( $O_2$  and  $O$  full mixture) and  $p=1.75$  ( $O$  and  $N_2$  diffusion equilibrium). Altitudinal and daily distributions of the electron concentration for different values of the drifts are obtained.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. T. Yonezawa. J. Radio Res. Lab., № 5, 1958.
2. А. Мурадов. Геомagnetизм и аэрономия, XI, № 3, 1971.
3. А. Г. Хантадзе, Р. Г. Гачечиладзе, Б. Я. Чехошвили. Сб. «Ионосферные исследования», № 26, 1976.

И. А. ЛОМАДЗЕ, Н. Н. ДЖГАМАДЗЕ, И. И. МОНИАВА,  
В. С. БОСТОГАНШВИЛИ

## КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ФЛАВОНОИДОВ В РАСТЕНИЯХ

(Представлено академиком Л. Д. Меликадзе 23.7.1976)

Биологически активные вещества флавоноиды относятся к многочисленной группе природных красителей, объединенных общим структурным составом  $C_6-C_3-C_6$ . Они широко распространены в растительном мире и встречаются чаще всего в виде гликозидов [1—3].

Горные условия, богатые ультрафиолетовой радиацией, положительно влияют на накопление флавоноидов в растениях. У горной долины эстраган их в 5 раз больше, чем у той, которая произрастает в предгорной равнине [4]. Поэтому логично предположить, что растения, произрастающие на территории Грузии, содержат относительно большее количество флавоноидов.

Флавоноиды способны восстанавливаться на ртутно-капельном электроде, что используется для их количественного определения в растительном сырье полярографическим методом [5, 6]. Потенциалы полуволи различных флавоноидов мало отличаются, в связи с чем этим способом удается определять общее содержание флавоноидов [7, 8]. В ряде случаев для количественного определения используются производные флавоноидов, например нитропроизводные рутина, резорцина, пирокатехина и кверцетина [9].

В настоящей работе с целью количественного определения некоторых флавоноидов в растениях мы использовали полярографический метод.

Полярографирование проводили в термостатированной ячейке. Постоянную температуру  $25^{\circ}\text{C}$  поддерживали водой при помощи ультра-термостата с точностью  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ . Применяли ртутный капельный электрод с лопаточкой для принудительного отрыва капель ( $t=0,26$  сек,  $m=0,75$  мг/с). Электродом сравнения служил серебряный электрод, погруженный в исследуемый раствор, растворителем—тщательно очищенный безводный диметилформамид (диметилформамид сушили в течение 3 суток над плавленным КОН и перегоняли в вакууме в токе азота), индифферентным электролитом — многократно перекристаллизованная йодистая соль татраметиламмония. Для удаления растворенного кислорода через полярографируемый раствор предварительно пропускали ток азота особой чистоты в течение 3 минут.

При полярографическом исследовании флавоноидов в вышеуказанных средах в интервале потенциалов 0—2,5 в (относительно серебряного электрода) обнаружены три четко выраженные волны восстановления. Высота первой, более положительной волны (потенциал полуволи которой в данных условиях был равен для рутина — 1,195 в, гиперина — 1,18 в, изокверцетина — 1,185 в, изорамнетина — 1,31 в, кверцетин-3-глюкозид-7-рамнозида — 1,16 в, а флавона из корней

*Onobrychis kachetica* Boiss, условно названного нами онобрихином А, — 1,15 в) прямо пропорциональна концентрации и ее можно использовать в аналитических целях.

Количественное определение флавоноидов проводили по ранее описанной методике, примененной к кумаринам [10]. Определение отдельных компонентов флавоноидов проводили после разделения тонкослойной хроматографией на пластинке силуфола. В качестве подвижной фазы использовали систему бутанол-уксусная кислота-вода (4:1:5).

Полученные результаты представлены в таблице.

Содержание флавоноидов в растениях

Наименования растений	Количество, вес. %					
	рутина	гиперина	кверцетин-3-глюкозид-7-рамнозида	изокверцетина	изорамнетина	онобрихина А
В листьях						
<i>Delphinium speciosum</i>						
Места сбора: Бакуриани	0,58					
Веди	2,5					
Лентехи	0,64					
Роки	0,75					
перевал Корулдаша	0,58					
<i>Sophora japonica</i> L.	3,2					
<i>Onobrychis sosnowskji</i> Grossh				0,58		
<i>Onobrychis radiata</i> M. B.			1,38			
<i>Paliurus</i> Mill.	2,1	0,51		0,39		
<i>Onobrychis kachetica</i> Boiss			0,922			
<i>Onobrychis meschetica</i> Gros.			0,827			
<i>Onobrychis angustifolia</i> Chintn.		0,78			0,38	
<i>Onobrychis iberica</i> Grossh	0,81					
В корнях						
<i>Onobrychis kachetica</i> Boiss						1,53

Больше всего флавоноидов содержится в листьях растений. В корнях *Onobrychis kachetica* Boiss качественно установлено наличие (онобрихин А) флавоноида неизвестной структуры (температура плавления 194—197°, в ИК-спектре обнаруживается характерная полоса для  $\gamma$ -пиронов при 1664  $\text{см}^{-1}$ , частоты максимумов  $\lambda_{\text{max}}^{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}$  270—370).

Данные нашего исследования показывают, что наибольшее количество рутина отмечается в листьях *Sophora japonica* L. Изучая содержание рутина в *Delphinium speciosum* из разных уголков Грузии, мы обнаружили самое высокое содержание рутина в растении, произрастающем в Веди), кверцетин-3-глюкозид-7-рамнозида в *Onobrychis radiata* M. B. гиперина в *Onobrychis angustifolia* Chintn., а изокверцетина в *Onobrychis sosnowskji* Grossh.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт фармакохимии  
 им. И. Г. Кутателадзе

(Поступило 29.7.1976)



ი. ლომადე, ნ. ჯამადე, ი. მონიავა, ვ. ბოსტოკანაშვილი

ზოგიერთი ფლავონოიდის რაოდენობრივი განსაზღვრა  
მცენარეებში

რეზიუმე

განსაზღვრულია რუტინის, ჰიპერინის, კვერცეტინის, იზოკვერცეტინის, იზორამნეტინისა და აონობრიხინის რაოდენობა საქართველოში მოზარდ მცენარეებში: *Delphinium speciosum*, *Sophora japonica* L. *O. sosnowskji* Grossh., *O. radiata* M. B., *Paliurus* Mill, *O. kachetica* Eoiss, *O. meschetica* Grossh., *O. angustifolia* Chinth., *O. iberica* Grossh.

ANALYTICAL CHEMISTRY

I. A. LOMADZE, N. N. JGAMADZE, I. I. MONIAYA, V. S. BOSTOCANASHVILI

DETERMINATION OF SOME FLAVONICIDS IN PLANTS

Summary

The quantity of flavonoids has been determined in the following plants growing in Georgia: *Delphinium speciosum*, *Sophora japonica* L. *Onobrychis sosnowskji* Grossh., *Onobrychis radiata* M. B., *Onobrychis kachetica* Boiss., *Onobrychis meschetica* Grossh., *Onobrychis angustifolia* Chinth., *Onobrychis iberica* Grossh., *Paliurus* Mill.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. П. Максютин, В. И. Литвиненко. Фенольные соединения и их биологические функции. М., 1968, 7.
2. З. П. Пакудина, А. С. Садыков. Распространение в растениях и физико-химические свойства флавонов и их гликозидов. Ташкент, 1970.
3. T. Geissman. The Chemistry of Flavonoid Compounds, 1, 1962.
4. М. Н. Запрометов. Фенольные соединения и их физиологические свойства. Алма-Ата, 1973, 36.
5. D. K. Engelkemeir, T. A. Geissman, W. R. Growell *et al.* J. Am. Chem. Soc. 69, 1947, 155.
6. E. Schraufstatter. *Experientia*, 4, 1948, 192.
7. O. Garca, J. Opravsky. *Coll. Czechoslov. Chem. Comm.* 15, 1950, 433.
8. J. Berka, O. Nesvadba. *Gsl. Farm.* 63, 1950, 33.
9. J. Davidek, O. Manousek. *Gsl. Farm.* 7, 1958, 73.
10. И. А. Ломадзе, А. А. Аразашвили, Д. Г. Турабелидзе. Сообщения АН ГССР, 81, № 1, 1976.

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

А. В. ДОЛИДЗЕ, А. Л. ЛАПИДУС,  
Х. И. АРЕШИДЗЕ (академик АН ГССР)

О ПРОДУКТАХ ПРЕВРАЩЕНИЙ АЛКЕНИЛ- И АЛКИЛИДЕН-  
ЦИКЛОБУТАНОВ НА АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ

Каталитические реакции углеводородов циклобутанового ряда мало исследованы [1]. Ранее нами были изучены превращения метилен-, изопропенил- и изопропилиденциклобутанов в присутствии природного, синтетических и аморфных алюмосиликатов в импульсной установке в интервале температур 50—400° [2]. Идентификация основных продуктов реакции производилась методом ГЖХ по эталонам. Однако присутствие ряда компонентов, в частности 1-метилциклобутена-1, 1,1-диметилциклопентенов, нуждалось в подтверждении и другими методами. В настоящей работе подробно исследованы продукты изученных нами реакций.

Углеводороды пропускали над гумбрином (природный алюмосиликат с Гумбри ГССР) в установке проточного типа с помощью шприцевой подачи. Исходные соединения и продукты реакции, а также искусственные смеси эталонов анализировали на хроматографе с пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой длиной 50 м, внутренним диаметром 0,25 мм, с дибутиратом триэтиленгликоля в качестве

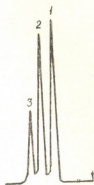


Рис. 1. Хроматограмма катализата метиленциклобутана: 1 — метиленциклобутен-1; 2 — изопрен; 3 — метиленциклобутан

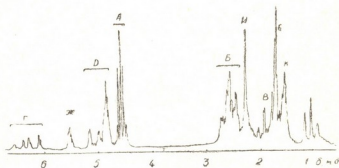


Рис. 2. Спектр ЯМР катализата метиленциклобутана

неподвижной фазы. Применяли также спектральные методы анализа: ИК-, УФ-, ЯМР- и комбинационного рассеяния света (КР). Спектры ИК снимали на спектрометрах «Хитачи-Перкин-Эльмер», модель 225, и UR-20, УФ — на установке «Хитачи», модель EPS-2, ЯМР — на спектрометре «Вариан», модель ДА-60-1L, КР — на лазерном спектрометре «Кодерг».

Исследование катализаторов метиленициклобутана. ИК- и КР-спектры метиленициклобутана и его смеси с 1-метилциклобутеном-1 идентичны с данными, приведенными в [3]. На рис. 1 приведена типичная хроматограмма катализатора метиленициклобутана. Спектр ЯМР катализатора метиленициклобутана (рис. 2), полученного в проточной системе на гумбрине при  $250^\circ$  и объемной скорости  $0,6 \text{ час}^{-1}$ , содержит мультиплеты А при  $\delta=4,62$  м. д. (от ТМС) от концевых протонов ( $=\text{CH}_2$ )-группы; Б при  $\delta=2,62$  м. д. от четырех протонов при атомах углеродов, соседних с С-атомом при двойной связи; В при  $\delta=1,82$  м. д. от двух протонов  $\text{CH}_2$ -группы циклобутанового кольца. Все эти сигналы отнесены к метиленициклобутану при сравнении с ЯМР-спектром эталонного образца. ЯМР-спектр катализатора содержал также мультиплеты Г при  $\delta=6,40$  м. д. от одного протона  $\text{CH}$ -группы; Д при  $\delta=4,78$ — $5,33$  м. д. от концевых протонов ( $=\text{CH}_2$ )-группы; Е при  $\delta=1,78$  м. д. от протонов  $\text{CH}_2$ -группы. Сигналы Г, Д и Е отнесены к изопрену при сопоставлении с эталонным спектром изопрена. Мультиплет Ж при  $\delta=5,60$  м. д. отнесен к протону у С-атома при двойной связи; синглет И при  $\delta=2,32$  м. д. — к протонам  $\text{CH}_3$ -группы; а мультиплет К при  $\delta=1,60$  м. д. — к четырем протонам  $\text{CH}_2$ -группы. По величине химических сдвигов и характеру последних сигналов они могут быть отнесены к 1-метилциклобутену-1. Спектры КР, ИК и УФ этого катализатора, эталонных метиленициклобутана и изопрена подтвердили данные ЯМР. После обработки катализатора малеиновым ангидридом пик на хроматограмме, соответствующий изопрену, полностью исчез.

Исследование катализаторов изопропенил- и изопропилиденциклобутанов. Наряду с хроматографическим идентифицированием ряда компонентов (изопропенилциклобутан, изопропилиденциклобутан, 1,2-диметилциклопентены, 1,2-диметилциклопентаны) эталонными веществами по временам удерживания (рис. 3), применяли методы ИК-, КР- и ЯМР-спектроскопии.

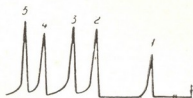


Рис. 3. Хроматограмма катализатора изопропенилциклобутана: 1 — 1,1-диметилциклопентен; 2 — 1,2-диметилциклопентен-2; 3 — изопропенилциклобутан; 4 — 1,2-диметилциклопентен-1; 5 — изопропилиденциклобутан

Спектр ЯМР изопропенилциклобутана содержал мультиплеты при  $\delta=4,46$  м. д. от  $\text{CH}_2$ -группы при двойной связи; при  $\delta=1,5$ — $3,0$  м. д. от  $\text{CH}_2$ -группы циклобутанового кольца и уширенный синглет при  $\delta=1,4$  м. д. от  $\text{CH}_3$ -групп при атоме углерода у двойной связи.

Спектр ЯМР изопропилиденциклобутана содержал мультиплеты при  $\delta=1,43$  м. д. от протонов  $\text{CH}_3$ -группы;  $\delta=1,82$  м. д. от двух протонов  $\text{CH}_2$ -группы циклобутанового кольца и  $\delta=2,58$  м. д. от четырех протонов  $\text{CH}_2$ -группы циклобутанового кольца, соседних с атомом С у двойной связи.

Спектр ЯМР эталонной смеси 1,2-диметилциклопентена-1 и 1,2-диметилциклопентена-2 содержал сигналы протонов 1,2-диметилциклопентена-1 — синглет от протонов  $\text{CH}_3$ -группы при  $\delta=1,62$  м. д. и  $\text{CH}_2$ -протонов в области  $1,47$ — $2,63$  м. д. Уширенный сигнал при  $\delta=5,25$  м. д. и дублет ( $\nu=6,5$  грес) при  $\delta=0,47$  м. д. могут быть отнесены к 1,2-диметилциклопентену-2. Сигналы протонов  $\text{CH}_2$ - и  $\text{CH}$ -групп этого

соединения перекрываются сигналами протонов  $\text{CH}_2$ -групп 1,2-диметилциклопентена-1.

Спектр ЯМР катализата приведен на рис. 4. Присутствие в катализате 1,1-диметилциклопентенов было подтверждено рядом методов: ИК-спектры показали наличие поглощения при  $1612 \text{ см}^{-1}$ , а спектры

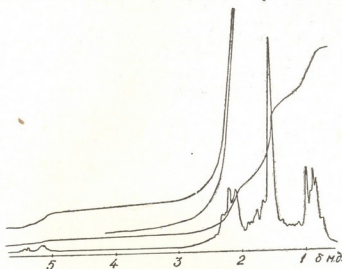
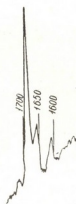


Рис. 4. Спектр ЯМР катализата изопропенилциклобутана

лазерного КР  $\Delta\nu = 1614 \text{ см}^{-1}$ , что соответствует циклопентеновому кольцу с незамещенной двойной связью. Интенсивность линии КР соответствовала содержанию 1,1-диметилциклопентенов в катализате. ЯМР-спектр показал наличие сигналов при  $\delta = 5,43 \text{ м.д.}$ , в области 1,6—2,5 м.д. и синглет при  $\delta = 1,02 \text{ м.д.}$ , которые следует отнести соответственно к винильным протонам, метиленовым протонам и протонам гемдиметильной группировки 1,1-диметилциклопентена. Интегральные интенсивности подтвердили сделанные отнесения.

Рис. 5. Спектр КР катализата изопропенилциклобутана



Спектром лазерного КР катализата изопропенилциклобутана (прочная система,  $150^\circ$ , объемная скорость  $0,6 \text{ час}^{-1}$ ) на гумбрине подтверждается присутствие трех основных соединений: 1,1-диметилциклопентена— $\Delta\nu = 1614 \text{ см}^{-1}$ ; 1,2-диметилциклопентена-2— $\Delta\nu = 1655 \text{ см}^{-1}$  и 1,2-диметилциклопентена-1— $\Delta\nu = 1685 \text{ см}^{-1}$  (рис. 5).

Таким образом, сочетанием спектральных и хроматографических методов исследования установлено присутствие в катализате метилен-

циклобутана 1-метилциклобутена-1 и изопрена, а в катализатах изопропенил- и изопропилиденциклобутанов — 1,1-диметилциклопентенов, 1,2-диметилциклопентенов и 1,2-диметилциклопентанов.

Наряду с указанными соединениями, в зависимости от условий реакции и применяемого катализатора [2], в продуктах реакции содержатся также олефины и парафины, главным образом  $C_2-C_7$ , а также незначительные количества метилциклогексана.

Применением комплекса физико-химических методов исследования установлен состав продуктов, образующихся при превращениях метилен-, изопропенил- и изопропилиденциклобутанов в присутствии алюмосиликатного катализатора (гумбрин).

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт физической  
 и органической химии  
 им. П. Г. Меликишвили

Академия наук СССР  
 Институт органической химии  
 им. Н. Д. Зелинского

(Поступило 8.7.1976)

ორგანული ქიმია

ბ. დოლიძე, ბ. ლაპიდუსი, ჰ. არეშიძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი)

ალუმოსილიკატურ კატალიზატორებზე ალკენილ- და ალკილ-  
 იდენციკლოპენტანების გარდაქმნების პროდუქტების შესახებ

რეზიუმე

ალუმოსილიკატურ კატალიზატორებზე მეთილენ-, იზოპროპენილ- და იზოპროპილიდენციკლოპენტანების გარდაქმნების პროდუქტები იდენტიფიცირებულია კაპილარული ქრომატოგრაფიის, ინფრაწითელი, ულტრაიისფერი, ბირთვულ-მაგნიტური რეზონანსის, ლაზერული კომბინაციური განხვევისა და ქიმიური მეთოდების გამოყენებით.

ORGANIC CHEMISTRY

A. V. DOLIDZE, A. L. LAPIDUS, Ch. I. ARESHIDZE

ABOUT THE PRODUCTS OF TRANSFORMATIONS OF ALKENYL-  
 AND ALKYLIDENECYCLOBUTANES ON SILICA-ALUMINA CATALYSTS

Summary

The products of the transformations of methylene-, isopropenyl-, and isopropylidenecyclobutanes in the presence of silica-alumina catalysts were identified in a capillary chromatograph and by IR, UV, NMR, laser-Raman spectra and by chemical methods.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. М. Ю. Лукина. УХ, 32, 1963, 1425.
2. Х. И. Арешидзе, Я. Т. Эйдуз, А. Л. Лapidус, А. В. Долидзе. ДАН СССР, 198, 1971, 90; 202, 1972, 620.
3. В. Т. Алексанян, Х. Е. Стерин, М. Ю. Лукина, Л. А. Нахапетян. Материалы X Всесоюзного совещания по спектроскопии, т. I, М., 1957, 68.



А. И. КАХНИАШВИЛИ, Э. Н. ЧИКОВАНИ, Д. Ш. ИОРАМАШВИЛИ,  
М. М. МЕНТЕШАШВИЛИ

## СПЕКТРАЛЬНОЕ И ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АЛКЕНИЛФЕНОЛОВ

(Представлено академиком Х. И. Арешидзе 8.7.1976)

Исследовано взаимодействие вторичных виниловых спиртов 1-пентен-3-ола и 1-гексен-3-ола с фенолом, о- и м-крезолами в присутствии фосфорной кислоты.

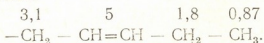
Предварительное исследование ИК-спектров продуктов реакции в области 2000—1700  $\text{см}^{-1}$  дает основание предположить, что имеется смесь орто- и пара-замещенных продуктов. Аналогичные результаты получены и при исследовании ПМР-спектров в области предельных и непредельных протонов. Для идентификации орто- и пара-изомеров проведено хроматографическое исследование. При разделении как на колонке, так и в тонких слоях выделены продукты Ia—VIa со значениями  $R_f$ , приведенными в таблице.

Изучение УФ-спектров поглощения соединений Ia, Ib, IIa, IIб дало возможность установить порядок замещения в ароматическом кольце при алкилировании фенола и крезолов. Электронные спектры пара-замещенных фенолов и крезолов [1, 2] появляются в области 280 нм и примерно на 6 нм выше, чем полосы в спектрах соответствующих орто-замещенных изомеров. Спектры соединений Ia, IIa весьма сходны (полосы поглощения при 278 нм) и соответствуют спектру 2,4-ксиленола [2]. В случае замещения в орто-положении (соединения Ib, IIб) аналогично спектру 2,3-ксиленола появляются полосы в области 274 нм соответственно.

ИК-спектральный анализ всех продуктов показал наличие гидроксильной группы (3500  $\text{см}^{-1}$ ), метильных и метиленовых групп (2950—2800  $\text{см}^{-1}$ ). Поглощения, соответствующие связям в ароматической системе и в непредельном фрагменте, перекрываются в области 1600  $\text{см}^{-1}$ .

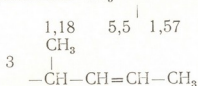
ПМР-спектры продуктов Ia, IIa, IIIa указывают, что данные соединения представляют собой пара-замещенные фенолы. В области 6,5—7 м. д. наблюдаются два симметричных дублета, спектр соответствует системе  $A_2B_2$ , в первом приближении рассматриваемой как система АВ. Что касается продуктов Ib, IIб, вид спектра при 7 м. д. говорит о наличии орто-изомера. Однако кроме орто- и пара-изомерии, ПМР-спектральное исследование показало, что во всех продуктах присутствуют по два изомера с различными строениями боковой цепи неразделяемых хроматографически.

В ПМР-спектрах продуктов Ia, Ib, IIб, IIIa с химическим сдвигом 0,87 м. д. выявляется триплетный сигнал ( $J=8$  гц). В области 1,8—2 м. д. наблюдается уширенный сигнал, а с химическим сдвигом 3,1—дублетный сигнал. Эти сигналы принадлежат алифатическим протонам в группировке

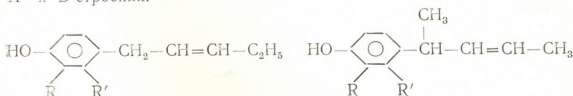


№	Название	Выход, %	R <sub>f</sub>	Т. кип. (р. мм)	d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	n <sub>D</sub> <sup>20</sup>	MR <sub>D</sub>		Найдено, %		Формула	Вычислено, %	
							най-дено	вычи-слено	С	Н		С	Н
Ia	1 (4-оксибензил)-2-пентен	49,6	0,35	110—120°(2)	0,9882	1,5315	50,80	50,63	81,64	9,67	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O	81,48	9,94
	1 (4-оксибензил)-1-метил-2-бутен								81,51	9,72			
Iб	1 (2-оксибензил)-2-пентен	23,9	0,62	116—118°(2)	0,9869	1,5260	50,25	50,63	81,24	9,80	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O	81,48	9,94
	1 (2-оксибензил)-1-метил-2-бутен								81,33	9,73			
IIa	1 (2-метил-4-оксибензил)-2-пентен	50,3	0,39	117—118°(2)	0,9870	1,5350	55,47	55,25	81,57	9,54	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub> O	81,78	9,41
	1 (2-метил-4-оксибензил)-1-метил-2-бутен								81,69	9,44			
IIб	1 (4-метил-2-оксибензил)-2-пентен	25,9	0,65	110—112°(2)	0,9784	1,5280	55,33	55,25	81,65	9,88	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub> O	81,78	9,41
	1 (4-метил-2-оксибензил)-1-метил-2-бутен								81,74	9,35			
IIIa	1 (3-метил-4-оксибензил)-2-пентен	67,5	0,42	113—114°(2)	0,9832	1,5330	55,56	55,56	81,87	9,88	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub> O	86,78	9,41
	1 (3-метил-4-оксибензил)-1-метил-2-бутен								81,65	9,76			
IVa	1 (4-оксибензил)-2-гексен	50,7	0,36	117—118°(2)	0,9740	1,5250	55,49	55,32	81,72	9,18	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub> O	81,81	9,09
	1 (4-оксибензил)-1-метил-2-пентен								81,88	9,21			
IVб	1 (4-оксибензил)-2-гексен	22,6	0,64	110—113°(2)	0,9840	1,5200	55,626	55,32	81,89	9,46	C <sub>12</sub> H <sub>16</sub> O	81,81	9,09
	1 (2-оксибензил)-1-метил-2-пентен								81,78	9,23			
Va	1 (2-метил-4-оксибензил)-2-гексен	52,2	0,40	124—125°(2)	0,9771	1,5260	59,70	59,58	82,22	9,51	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	82,10	9,47
	1 (2-метил-4-оксибензил)-1-метил-2-пентен								82,18	9,39			
Vб	1 (4-метил-2-оксибензил)-2-гексен	23,6	0,66	120—122°(2)	0,9625	1,5150	59,42	59,58	81,98	9,68	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	82,10	9,47
	1 (4-метил-2-оксибензил)-1-метил-2-пентен								81,87	9,89			
VIa	1 (3-метил-4-оксибензил)-2-гексен	70,4	0,44	114—115°(2)	0,9607	1,5270	61,00	95,58	81,75	9,75	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	82,06	9,47
	1 (3-метил-4-оксибензил)-1-метил-2-пентен								81,66	9,62			

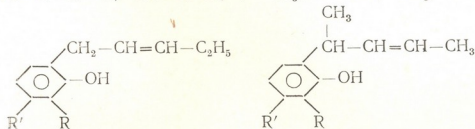
В области метильных протонов наблюдаются также два дублета одинаковой интенсивности с химическим сдвигом 1,18 м. д. ( $J=7$  гц) и 1,57 м. д. ( $J=5$  гц). Данные сигналы могут принадлежать метильным протонам фрагментов  $\text{CH}_3-\text{CH}-$  и  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-$  в группировке



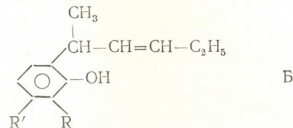
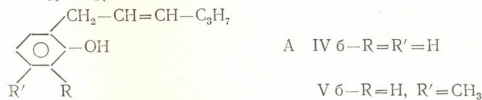
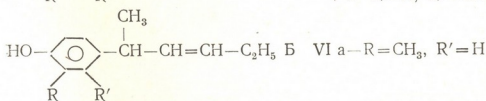
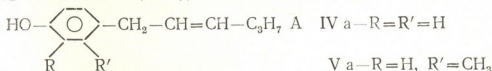
Таким образом, ПМР-спектральным исследованием установлено, что в продуктах, разделенных хроматографически, содержатся изомеры А- и В-строения.



I а- $\text{R}=\text{R}'=\text{H}$ ; II а- $\text{R}=\text{H}$ ,  $\text{R}'=\text{CH}_3$ ; III а- $\text{R}=\text{CH}_3$ ,  $\text{R}'=\text{H}$ ;



УФ-, ИК- и ПМР-спектральными исследованиями доказано аналогичное образование орто- и пара-изомеров, а также обоих возможных изомеров по боковой цепи для 1-гексен-3-ола.





Алкенирование фенола, о- и м-крезолов со вторичными виниловыми спиртами в присутствии  $H_3PO_3$  проводили по методу, описанному ранее [1, 2]. Продукты реакции очищали тонкослойной хроматографией и изучали спектрально.

ИК-спектры снимались на спектрофотометрах «Хитачи» и ИКС-14 в тонких слоях, а также на спектрофотометре UR-20 в виде пленок.

ПМР-спектральное исследование проводили для 1М растворов в спектрометре высокого разрешения «Вариан-60».

УФ-спектры поглощения получались на спектрофотометре СФ-4. Исследовались растворы в абсолютном этиловом спирте при концентрации  $2 \cdot 10^{-3}$  м/л.

При хроматографировании в тонком слое в качестве сорбента использована окись алюминия II степени активности. Хроматографирование выполняли на пластинках размером 240—300 мм в системе бензол-метанол (9:1). Хроматограмма проявлялась 0,25%-ным водным раствором перманганата калия. Вещества элюировались эфиром и перегонялись в вакууме. Таким образом, при взаимодействии фенола и м-крезола с 1-пентен-3-олом и 1-гексен-3-олом в присутствии орто-фосфорной кислоты после разделения тонкослойной хроматографией выделены пара- и орто-замещенные (Ia, Ib, IIb, IVa, IVb, Va, Vb), а в случае о-крезола — только пара-замещенные продукты (IIIa, VIa).

Тбилисский государственный университет

(Поступило 22.7.1976)

ორგანული ქიმია

ა. კახნიშვილი, ე. ჩიკოვანი, დ. იორამაშვილი, მ. მენტეშაშვილი  
 ალკენილფენოლების სპექტრალური და ქრომატოგრაფიული  
 გამოკვლევა

რეზიუმე

1-პენტენ-3-ოლისა და 1-ჰექსენ-3-ოლის ფენოლთან ურთიერთქმედების დროს ( $H_3PO_3$ -ის თანდასწრებით) წარმოქმნილი ნაერთების სპექტრალური გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ერთდროულად წარმოიქმნება როგორც ორთო-, ისე პარა-ჩანაცვლებული იზომერები. დადგენილია გვერდითი ჯაჭვის იზომერების არსებობაც.

ORGANIC CHEMISTRY

A. I. KAKHNIASHVILI, E. N. CHIKOVANI, D. Sh. IORAMASHVILI,  
 M. M. MENTESHASHVILI

### SPECTRAL AND CHROMATOGRAPHIC STUDY OF ALKENYLPHENOLS

#### Summary

It has been established by IR and NMR spectra that the interaction, in the presence of  $H_3PO_3$ , of 1-pentene-3-ol and 1-hexene-3-ol results in both ortho- as well as para-substituted isomers. Isomerism inside the chain was also observed.

#### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. H. Hart, E. A. Haglund. J. Org. Chem., 15, 1950, 396.
2. R. A. Friedel, M. F. Orchin. Ultraviolet Spectra of Aromatic Compounds. New-York, 1957.
3. А. И. Кахнишвили, Э. Н. Чиковани. Сообщения АН ГССР, 52, № 2, 1968.



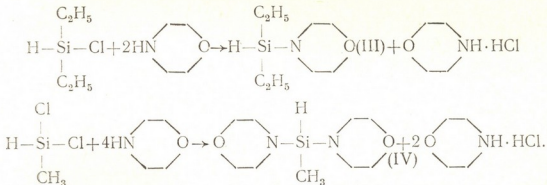
ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

И. М. ГВЕРДЦИТЕЛИ (член-корреспондент АН ГССР), М. И. ДЖЕЛИЯ,  
 Л. В. БАРАМИДЗЕ

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕКОТОРЫХ ТРЕТИЧНЫХ  
 ГИДРОАМИНОСИЛАНОВ С ФЕНИЛ- И  
 ДИФЕНИЛАЦЕТИЛЕНАМИ

Ранее [1, 2] при изучении взаимодействия гидроаминосиланов с ацетиленовыми карбинолами нами установлено, что реакция протекает с разрывом Si—N-связи. В настоящей работе исследовано взаимодействие диметил(диэтиламино)-I, метилбис(диэтиламино)-(II), диэтил-(N-морфолин)-(III) и метилбис(N-морфолин)-IV)силанов с фенил- и дифенилацетиленами.

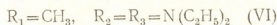
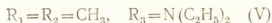
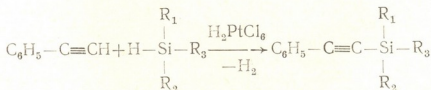
Соединения I и II синтезированы по методике [3], а соединения III и IV синтезированы впервые нами путем аминолиза метилдихлордиэтилхлорсиланов морфолином

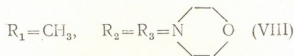
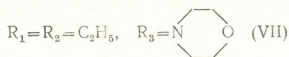


Строение синтезированных соединений доказано данными спектрального анализа (спектрофотометр UR-10).

В ИК-спектрах соединений (III) и (IV) наблюдаются полосы поглощения с частотами 2110, 1260, 910 см<sup>-1</sup>, соответствующие Si—H, Si—C и Si—N-связям.

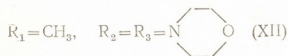
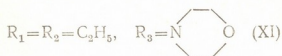
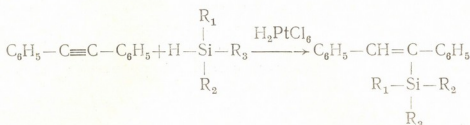
Изучено взаимодействие соединений I, II, III, IV с фенилацетиленом в присутствии H<sub>2</sub>PtCl<sub>6</sub>. Установлено, что реакция протекает путем гидроконденсации:





В ИК-спектрах соединений наблюдаются характерные полосы поглощения с частотами 910—930, 1250, 1610—1670, 3000—3100, 2800—3000 и 2160  $\text{см}^{-1}$ , соответствующие Si—N-, Si—C-,  $C_6H_5$ , ароматическим C—H-, алифатическим C—H- и  $C\equiv C$ -связям.

Взаимодействие этих же аminosиланов с дифенилацетиленом в присутствии  $H_2PtCl_6$  протекает путем гидросилилирования тройной связи углеводорода:



Из литературных данных известно, что аналогично протекают реакции дифенилацетилена с хлорсиланами [4].

ИК-спектры полученных соединений содержат характерные полосы поглощения для групп Si—N 910—930, Si—C 1250  $\text{см}^{-1}$ , колебания алифатических C—H 2800—3000  $\text{см}^{-1}$ . Полосы поглощения двойной связи, по-видимому, перекрыты колебаниями ароматических колец 1620—1670  $\text{см}^{-1}$ .

Чистота синтезированных продуктов проверялась хроматографически.

Синтез диэтил(N-морфолин)силана. В трехгорлую колбу помещали 0,2 М 17,4 (г) морфолина, разбавляли эфиром и по каплям добавляли эфирный раствор 0,1 М 12,35 (г) диэтилхлорсилана. Реакционную смесь оставляли на ночь и фильтровали. Перегонкой в вакууме получен диэтил(N-морфолин)силан (III).

В аналогичных условиях при взаимодействии 0,4 М морфолина и 0,1 М метилдихлорсилана получен метилбис(N-морфолин)силан (IV).

Взаимодействие аminosиланов с фенил- и дифенилацетиленами. Реакционную смесь 0,01 М силана, 0,01 М ацетилена и 0,1 мл 0,1 М раствора  $H_2PtCl_6 \cdot 6H_2O$  в ТГФ запаивали в ампуле и нагревали при 135—145° в течение 24 часов. Перегонкой в вакууме



№ соед.	Выход, %	Т. кип., °С Р. мм	$n_D^{25}$	$d_4^{25}$	MR <sub>D</sub>		Найдено				Брутто-формула	Вычислено			
					найд.	выч.	C	H	Si	N		C	H	Si	N
III	85	44,5/1	1,4434	0,8948	51,28	51,85	55,40 55,75	11,20 11,04	16,30 16,40	7,90	C <sub>9</sub> H <sub>19</sub> SiNO	55,49	10,98	16,18	8,09
IV	80	93/1	1,4782	1,0400	58,82	59,37	49,75 49,85	9,70 9,40	13,01 12,80	13,25	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> SiN <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	59,00	9,21	12,91	12,91
V	70	89—90/1	1,5158	0,9323	74,80	74,31	73,04 72,84	9,78 9,55	12,23 12,45	6,70	C <sub>13</sub> H <sub>21</sub> SiN	72,72	9,09	12,12	6,06
VI	65	130/1	1,5167	0,9536	91,29	91,42	70,76 70,43	10,00 9,29	9,63 9,51	10,00	C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> SiN <sub>2</sub>	70,83	9,72	9,72	9,72
VII	65	153/1	1,5423	1,0827	82,28	83,28	67,90 68,10	8,30 8,40	9,60 9,48	5,26	C <sub>14</sub> H <sub>29</sub> SiNO	67,80	8,12	9,89	4,94
VIII	62	178/1	1,5500	1,1190	89,97	90,86	65,00 81,60	8,00 7,80	8,50 8,75	9,26	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> SiN <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	64,55	7,59	8,86	8,86
IX	50	161/1	1,5628	1,0096	99,39	99,72	78,00 77,70	8,85 8,90	9,00 9,25	4,90	C <sub>23</sub> H <sub>27</sub> SiN	77,67	8,73	9,06	4,53
X	41	178/1	1,5700	1,0305	116,53	117,82	75,60 75,80	9,60 9,51	7,84 7,90	8,05	C <sub>23</sub> H <sub>31</sub> SiN <sub>2</sub>	75,41	9,28	7,65	7,65
XI*	45	211/1	—	—	—	—	75,30 75,60	8,40 8,51	7,50 7,30	4,15	C <sub>22</sub> H <sub>29</sub> SiNO	75,21	8,23	7,97	3,98
XII*	40	226/1	—	—	—	—	70,45 70,25	7,90 7,80	7,40 7,30	6,60	C <sub>23</sub> H <sub>29</sub> SiN <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	70,05	7,61	7,10	7,10

\* Стеклообразные соединения

Взаимодействие некоторых третичных гидроксиметаллов...

получены 1-фенил-2-диметил(диэтиламино)силилэтин (V), 1-фенил-2-метил-бис(диэтиламино-силилэтин (VI), 1-фенил-2-диэтил (N-морфолин)-силилэтин (VII), 1-фенил-2-диметил(диэтиламино)силилэтен (IX), 1-фенил-2-метилбис(N-морфолин)силилэтин (VIII), 1-фенил-2-метилбис(диэтиламино)силил-этен (X), 1-фенил-2-диэтил (N-морфолин)силилэтен (XI), 1-фенил-2-метилбис(N-морфолин)силилэтен (XII).

Константы полученных соединений приведены в таблице.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 8.7.1976)

ორგანული ქიმია

ი. გვირგვინთელი (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), მ. ჯაღია,  
 ლ. ბარამიძე

ზოგიერთი მესამადი ჰიდროამინოსილანის ურთიერთქმედება  
 ფენილ- და დიფენილაცეტილენთან

რეზიუმე

შესწავლილია დიეთილამინო- და N-მორფოლინჰიდროსილანების ურთი-  
 ერთქმედება ფენილ- და დიფენილაცეტილენთან კატალიზატორ  $H_2PtClO_6$   
 თანდასწრებით. დადგენილია, რომ ფენილაცეტილენი ამინოსილანებთან შე-  
 დის დეჰიდროკონდენსაციის რეაქციაში, ხოლო დიფენილაცეტილენი სამმაგი  
 კავშირის ჰიდროსილირების რეაქციაში.

ORGANIC CHEMISTRY

I. M. GVERDTSITELI, M. I. JELIA, L. V. BARAMIDZE

## REACTION OF SOME TERTIARY HYDROAMINOSILANES WITH PHENYL AND DIPHENYLACETYLENE

Summary

The reaction of diethylamino- and N-morpholynhydrosilanes with phenyl  
 and diphenylacetylene has been studied.

The structure of the obtained organosilicon compounds has been estab-  
 lished by UR-spectral investigation.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. И. М. Гвердцители, Л. В. Барамидзе, М. И. Джелня. ЖОХ, 42, 9, 1972, 2019.
2. И. М. Гвердцители, Л. В. Барамидзе, М. И. Джелня, М. Д. Надиршвили. Сообщения АН ГССР, 73, № 3, 1974, 609.
3. К. А. Андрианов, Т. К. Джашиашвили, В. В. Астахин. ЖОХ, 36, 9, 1966, 2012.
4. А. И. Ногайдели, Л. И. Накаидзе, Д. Я. Жиники, А. С. Шапати, В. С. Цховребашвили. ЖОХ, 45, 5, 1975, 1048.

УДК 542.97:(547.51+547.62+547.65+547.67)

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Л. Д. МЕЛИКАДЗЕ (академик АН ГССР), Э. А. УШАРАУЛИ, Л. М. КОРТАВА

ГИДРОКАТАЛИТИЧЕСКОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ  
 АРИЛАДАМАНТАНОВ С КОНДЕНСИРОВАННЫМИ  
 АРОМАТИЧЕСКИМИ КОЛЬЦАМИ

Исследованием гидрокаталитического превращения 1-фенил-, 2-фенил-, 1-(*p*-толил)- и 1-(4-0-ксилил)-адамантианов на обожженной глине с платиной и без платины установлено, что при температуре 400—450°C указанные углеводороды расщепляются по С—С-связи с образованием адамантана и соответствующего ароматического углеводорода [1].

Для выяснения того, как ведут себя в этом отношении ариладамантианы с конденсированными ароматическими кольцами и каковы условия протекания преимущественно реакции их расщепления, исследования проводились на синтезированных специально для этой цели [2] углеводородах: 1-(1-нафтил)-, 1-(7-2-метил-нафтил)-, 1-(*p*-дифенил)-, 1-(2-флуоренил)-, 1-(2-антрил)- и 1-(2-фенантрил)-адамантианах. Их характеристика приводится в таблице.

Характеристика исследуемых углеводородов

№ п/п	Наименование углеводорода	Молекулярный вес	T <sub>пл</sub> °C	Люминесценция
1	1-(1-нафтил)-адамантиан	262	124—125	Люминесцирует в ультрафиолетовой области спектра
2	1-(7-2-метилнафтил)-адамантиан	277	140—142	"
3	1-( <i>p</i> -дифенил)-адамантиан	288	120—122	"
4	1-(2-флуоренил)-адамантиан	300	173—174	Люминесцирует в видимой области спектра
5	1-(2-антрил)-адамантиан	312	170—171	"
6	1-(2-фенантрил)-адамантиан	300	146—147	"

В качестве катализатора применялась также обожженная глина с платиной и без платины [1].

Каталитическая реакция проводилась в ранее описанном микрореакторе при высокой температуре и подаче струи водорода [1].

В качестве аналитической колонки применялись: стальная капиллярная колонка длиной 50 м, диаметром 0,2 мм, жидкая фаза — апиезон-Л (8%), набивная колонка длиной 6 м и диаметром 3 мм, твердый носитель — хроматон, жидкая фаза — силикон SE 30 (5%). Детектор пламенно-ионизационный.

Насыщенные растворы исследуемых углеводородов в гексане или бензоле (в зависимости от их растворимости) вводились микрошприцем в микрореактор при определенной температуре в количестве 4—10 мкл. Образующиеся при этом продукты превращения ариладамантанов увлекались водородом и вносились в хроматографическую колонку. После детектирования они фиксировались самописцем в виде соответствующих пиков.

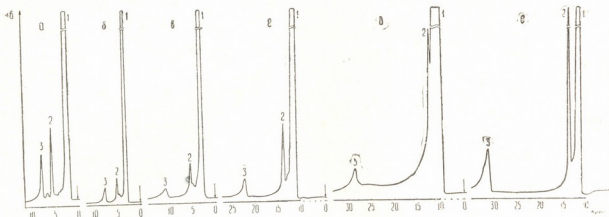


Рис. 1. Хроматограммы продуктов превращения ариладамантанов с конденсированными ароматическими кольцами на катализаторе — обожженной глине без платины: а — 1-(1-нафтил)-адамтан, набивная колонка, 150°C, 1—гексан, 2—адамтан, 3—нафталин; б—1-(7-2-метилнафтил)-адамтан, набивная колонка, 200°C, 1—гексан, 2—адамтан, 3—2-метил-нафталин; в — 1-(р-дифенил)-адамтан, набивная колонка, 200°C, 1—гексан, 2—адамтан, 3—дифенил; г — 1-(2-флуоренил)-адамтан, капиллярная колонка, 290°C, 1—гексан, 2—адамтан, 3—флуорен; д — 1-(2-антрил)-адамтан, капиллярная колонка, 290°C, 1—бензол, 2—адамтан, 3—антрацен; е — 1-(2-фенантрил)-адамтан, капиллярная колонка, 290°C, 1—гексан, 2—адамтан, 3—фенантрен

Для выяснения оптимальной температуры протекания реакции преимущественно в сторону расщепления ариладамантанов на фрагменты гидрокаталитический процесс проводился при разных температурах.

На рис. 1 и 2 представлены хроматограммы продуктов превращения ариладамантанов на двух катализаторах — обожженной глине с платиной и без платины при оптимальной температуре в микрореакторе 400—450°C и скорости водорода 120 мл/мин. Температура в термостате хроматографической колонки подбиралась экспериментально для каждого исследуемого углеводорода.

На хроматограммах продуктов расщепления на обожженной глине с платиной видны три пика: первый принадлежит растворителю, второй — аadamтану, третий — ароматическим углеводородам, соответствующим арильным фрагментам исследуемых углеводородов.

Хроматограммы продуктов расщепления на обожженной глине без платины показывают, что пики, соответствующие арильным фрагментам исследуемых углеводородов, отсутствуют, по-видимому, вследствие адсорбции последних на обожженной глине. Однако на этих хроматограммах зафиксирован пик, принадлежащий 1-метил-адамтану, возможно, образовавшемуся алкилированием аadamтана [1].

Хроматограммы превращения исследуемых углеводородов на обоих катализаторах не обнаруживают пики исходных углеводородов или же других продуктов превращения. Возможно, процессы конденсации и коксообразования, имеющие место в реакторе, а также недостаточно высокая температура колонки обуславливают указанное положение —

отсутствие пиков исходных углеводов и других продуктов разложения.

Таким образом, в результате исследования гидрокаталитического превращения ариладамантановых углеводов с конденсированными ароматическими кольцами на катализаторах — обожженной глине с

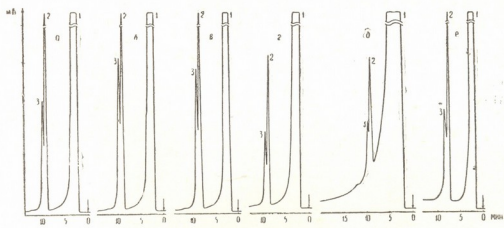


Рис. 2. Хроматограммы продуктов превращения ариладамантанов с конденсированными кольцами на катализаторе — обожженной глине без платины (набивная колонка, 150°C): а — 1-(1-нафтил)-адамantan; б — 1-(7-2-метилнафтил)-адамantan; в — 1-(р-дифенил)-адамantan; г — 1-(2-флуоренил)-адамantan; д — 1-(2-антрил)-адамantan; е — 1-(2-фенантрил)-адамantan; 1 — гексан; 2 — адамantan; 3 — 1-метиладамantan

платиной и без платины установлено, что при температуре 400—450°C исследуемые ариладамантаны расщепляются по C—C-связи на основные фрагменты — адамantan и соответствующие ароматические углеводороды, легко фиксируемые хроматографическим методом. При этом обожженная глина без платины проявляет более высокую активность в отношении расщепления ариладамантанов, чем обожженная глина с платиной.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт физической и  
и органической химии

(Поступило 8.7.1976)

ორბანული ძივნი

ლ. მფლიძამე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), მ. შუბარაშვილი, ლ. კორტაბა

კონდენსირებადი ულტიმური არილადამანტანების ჰიდროკატალიზური  
ბარდაქმნა

რეზიუმე

შესწავლილია კონდენსირებადი ულტიმური არილადამანტანების ჰიდროკატალიზური ვარდაქმნა კატალიზატორის—გამომწვარი თიხის პლატინით და პლატინის გარეშე თანაობისას. დადგენილია, რომ 400—450°C-ზე ხდება აღნიშნული ნახშირწყალბადების მოლეკულების არილის და ადამანტანის დრაგმენტებს შორის C—C კავშირის გახლეჩა და ადამანტანის და შესაბამისი არომატული ნახშირწყალბადების წარმოქმნა. ნაჩვენებია, რომ დრაგმენტაცია ვაცილებით უკეთ მიდის გამომწვარი თიხაზე პლატინის გარეშე, ვიდრე პლატინით.



L. D. MELIKADZE, E. A. USHARAULI, L. M. KORTAVA

HYDROCATALYTIC TRANSFORMATION OF CONDENSED  
ARYL ADAMANTANES

## Summary

Hydrocatalytic transformation of condensed aryl adamantanes in the presence of catalyst-fired-clay, with or without platinum, has been studied. At 400-450°C aryl and adamantyl fragments of the hydrocarbon molecules were found to split into C-C links, forming adamantane and corresponding aromatic hydrocarbons. It is shown that fragmentation proceeds better when fired-clay without platinum is involved than in its presence.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Л. Д. Меликадзе, Э. А. Ушараули, Л. М. Кортава. Сообщения АН СССР, 83, № 2, 1976.
2. Л. Д. Меликадзе, Н. Н. Схиртладзе, А. А. Дзамукашвили, М. П. Гецадзе. Изв. АН СССР, сер. хим., т. I, № 2, 1975, 132.

Г. И. БАЛАРДЖИШВИЛИ, А. В. ДОЛИДЗЕ,  
Х. И. АРЕШИДЗЕ (академик АН ГССР)

## ПРЕВРАЩЕНИЯ ЦИКЛОПЕНТЕНОВЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ НА АМОРФНОМ АЛЮМОСИЛИКАТЕ

Из немногих работ, посвященных каталитическим превращениям циклопентеновых углеводородов, следует отметить работу [1], в которой проведена изомеризация этилциклопентена в момент его образования при дегидратации этилциклопентанола. В присутствии природного алюмосиликата гумбина среди других протекала и реакция расширения кольца до шестичленного. В работе [2] отмечалось, что на гумбине до 350° идут реакции расширения кольца, миграции двойной связи, перераспределения водорода, коксообразования. На алюмосиликатном катализаторе был проведен также крекинг циклопентена [3].

Было показано [4—7], что на окисных катализаторах при 500—700°C протекает реакция крекинга и дегидрирования с образованием бензола. В качестве катализаторов использовались также окислы редкоземельных элементов  $\text{Er}_2\text{O}_3$  и  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  [8]. На указанных окислах реакция перемещения двойной связи в циклах становится заметной при температурах 330—335° и достигает максимального значения при 470—480°, а реакция дегидрирования превалирует при температурах 500° и выше. На крекинговом алюмосиликате типа Гудри было изучено превращение 1-метил- и 1-бутилциклопентенов в условиях, исключающих крекинг [10].

В последнее время нами проведена работа [11] с использованием цеолитов в качестве катализаторов.

В данной работе нами изучены превращения циклопентена, метил-, этил- и 1,2-диметилциклопентенов импульсным методом в присутствии промышленного аморфного алюмосиликата в интервале 150—350° с тем, чтобы проследить особенности протекания реакции изомеризации на этом катализаторе.

Синтезы исходных углеводородов проводили по известным методам. В работе использовались хроматографически чистые углеводороды.

Катализатор — аморфный алюмосиликат — после соответствующей обработки применялся в виде кусков размером 1—2 мм.

Опыты импульсным методом проводились так же, как это описано в работе [12].

Циклопентен в указанных условиях претерпевает мало изменений, лишь выше 300° наблюдается реакция крекинга и перераспределения водорода примерно до 10%.

1-метилциклопентен-1 отличается высокой устойчивостью по отношению к реакциям перемещения двойной связи и расширения цикла по сравнению с другими алкилциклопентенами. Поэтому на аморфном алюмосиликате главным образом протекает реакция перераспределения водорода с образованием метилциклопентена. Наблюдается также обильное коксообразование (см. табл. 1).

В случае 1-этилциклопентена-1 уже при 150° доля реакции изомеризации достигает 53%. Выше 200° перемещение двойной связи резко снижается и идет главным образом расширением цикла до шестичленного-

Таблица 1

Состав катализаторов 1-метилциклопентена-1, полученных в присутствии аморфного алюмосиликата

Соединение	t, °C				
	150	200	250	300	350
Метилциклопентан	22	40	43	44	44
Циклогексен	0	4	5	6	8
Продукты отрыва радикала и разрыва цикла	0	0	0	0	7
Исходный 1-метилциклопентен-1	78	56	52	50	41

го, а также перераспределение водорода с образованием метилциклогексана (см. табл. 2).

По сравнению с 1-метилциклопентеном-1 в этом случае больше и продуктов отрыва радикала и разрыва цикла при 350°—19%.

Таблица 2

Состав катализаторов 1-этилциклопентена-1, полученных в присутствии аморфного алюмосиликата

Соединения	t, °C				
	150	200	250	300	350
1-Этилциклопентен-2	28	23	7	6	5
Этилиденциклопентан	9	6	5	3	1
Этилциклопентан	4	10	12	13	14
1-Метилциклогексен-1	12	15	18	9	8
1-Метилциклогексен-3	4	8	7	5	5
Метилциклогексан	0	13	22	29	32
Продукты отрыва радикала	0	3	9	14	15
Продукты разрыва цикла	0	2	2	4	4
Исходный 1-этилциклопентен-1	43	20	18	17	16

Особенности действия аморфного алюмосиликата проявляются и в случае превращений 1,2-диметилциклопентенов-1 и -2. Выше 200° главным образом протекают реакции перераспределения водорода с получением цис- и транс-1,2-диметилциклопентанов и метилциклогексана. Реакции изомеризации протекают в малой степени в пределах 12—14% (см. табл. 3).

В случае 1,2-диметилциклопентена-2, по-видимому, сперва происходит переход двойной связи в положение-1 и все остальные превращения протекают через 1,2-диметилциклопентен-1 (см. табл. 4).

Стереоспецифичность действия аморфного алюмосиликата на примере 1,2-диметилциклопентенов проявляется в сравнительно малой сте-



лени, чем в случае применения гумбрина или некоторых синтетических цеолитов. На аморфном алюмосиликате цис-1,2-диметилциклопентан хотя и получается больше, чем транс-изомер, но лишь на несколько

Таблица 3

Состав катализатов 1, 2-диметилциклопентена-1, полученных в присутствии аморфного алюмосиликата

Соединения	t, °C				
	150	200	250	300	350
1,2-диметилциклопентен-2	18	10	8	8	8
Цис-1,2-диметилциклопентан	11	17	25	24	18
Транс-1,2-диметилциклопентан	13	13	19	18	14
1-Метилциклогексен-1	0	2	3	4	5
1-Метилциклогексен-3	0	0	0	2	3
Метилциклогексан	0	16	20	20	32
Продукты отрыва радикала	0	0	0	1	1
Продукты разрыва цикла	0	0	1	3	4
Исходный 1,2-диметилциклопентен-1	58	42	24	20	15

процентов, тогда как на гумбрине и некоторых синтетических цеолитах цис- изомера образуется в несколько раз больше.

Таблица 4

Состав катализатов 1,2-диметилциклопентена-2, полученных в присутствии аморфного алюмосиликата

Соединения	t, °C				
	150	200	250	300	350
1,2-Диметилциклопентен-1	67	38	22	20	17
Цис-1,2-диметилциклопентан	6	17	26	25	23
Транс-1,2-диметилциклопентан	12	16	19	16	15
1-Метилциклогексен-1	0	2	3	4	5
1-Метилциклогексен-3	0	0	1	2	3
Метилциклогексан	0	14	15	18	21
Продукты отрыва радикала	0	0	0	1	2
Продукты разрыва цикла	0	0	1	3	4
Исходный 1,2-диметилциклопентен-2	15	13	13	11	10

В отличие от природного алюмосиликата и синтетических цеолитов на аморфном алюмосиликате главным образом протекают реакция перераспределения водорода и коксообразование, а изомеризация — в меньшей степени.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт физической  
 и органической химии  
 им. П. Г. Меликишвили

(Поступило 8.7.1976)

ბ. ბალარჯიშვილი, ა. დოლიძე, ძრ. არეშიძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი)

ციკლოპენტენური ნახშირწყალბადების გარდაქმნები  
 ამორფულ ალუმოსილიკატზე

რეზიუმე

შესწავლილია ციკლოპენტენის, მეთილ-, ეთილ- და 1,2-დიმეთილციკლოპენტენების გარდაქმნები ამორფულ ალუმოსილიკატზე იმპულსური მეთოდით 150—350°C ფარგლებში.

ბუნებრივი ალუმოსილიკატისა და სინთეზური ცეოლითებისაგან განსხვავებით ამორფულ ალუმოსილიკატზე ძირითადად მიმდინარეობს წყალბადის გადანაწილებისა და კოქსის წარმოქმნის რეაქციები, ხოლო იზომერიზაცია მიდის შედარებით მცირედ. ამორფულ ალუმოსილიკატზე ასევე ძალზე მცირედ ვლინდება კატალიზური მოქმედების სტერეოსპეციფიურობა 1,2-დიმეთილციკლოპენტენების შემთხვევაში.

ORGANIC CHEMISTRY

G. I. BALARJISHVILI, A. V. DOLIDZE, Ch. I. ARESHIDZE

TRANSFORMATIONS OF CYCLOPENTENIC HYDROCARBONS  
 ON AMORPHOUS SILICA-ALUMINA

Summary

Catalytic transformations of cyclopentene, methyl-, ethyl- and 1,2-dimethylcyclopentenes, prepared by the authors, have been investigated by the pulse technique in the presence of amorphous silica-alumina at 150-350°C.

In the presence of amorphous silica-alumina initial hydrocarbons have been found to undergo stronger disproportionation of hydrogen and coke formation and weaker isomerization than in the case of Gumbrin bleaching clay and synthetic zeolites.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. X. И. Арешидзе. Изв. АН СССР, ОХН, № 2, 1950, 178.
2. X. И. Арешидзе, А. В. Долидзе, Г. И. Баларджишвили. Сообщения АН СССР, 80, № 2, 1975, 365.
3. C. Kemball, I. I. Ronney, Proc. Roy. Soc., 257, № 128, 1960, 132.
4. Н. И. Шуйкин, Е. Д. Тулупова, Э. Г. Остапенко. Нефтехимия, 7, № 1, 1967, 9.
5. Н. И. Шуйкин, Т. И. Нарышкина. Нефтехимия, 2, № 4, 1962, 474.
6. Н. И. Шуйкин, Т. И. Нарышкина, З. А. Ращуйкина, Е. Е. Аверина. Нефтехимия, 3, № 6, 1963, 859.
7. Е. Д. Тулупова, Н. И. Шуйкин, Э. Г. Остапенко. Нефтехимия, 3, № 4, 1963, 494.
8. X. М. Миначев, М. А. Марков, Г. А. Логинов. Нефтехимия, 1, № 3, 1961, 356.
9. А. А. Петров, А. В. Фрост, М. И. Батуев. Изв. АН СССР, ОХН, 1951, 745.
10. X. И. Арешидзе, А. В. Долидзе, М. К. Чарквиани, Г. И. Баларджишвили. Сб. «Применение цеолитов в катализе», № 1, Новосибирск, 1976.
11. X. И. Арешидзе, Я. Т. Эйдус, А. Л. Лapidус, А. В. Долидзе. ДАН СССР, 198, 1971, 90.

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Н. С. ДОХТУРИШВИЛИ, Г. Ш. ПАПАВА, Н. А. МАЙСУРАДЗЕ,  
 П. Д. ЦИСКАРИШВИЛИ, И. И. АБХАЗАВА

НОВЫЕ ОТВЕРДИТЕЛИ ГЛИЦИДНЫХ ЭФИРОВ



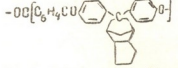
(Представлено академиком Х. И. Арешидзе 15.7.1976)

Глицидные эфиры приобретают пространственное строение при их отверждении аминами, дикарбоновыми кислотами, ангидридами дикарбоновых кислот, полиспиртами и др. [1, 2].

В одной из предыдущих работ нами было показано, что на свойства эпоксидных полимеров большое влияние оказывает химическая

Таблица 1

Свойства структурированных полимеров, полученных на основе глицидного эфира 4,4'-(гексагидро-4,7-метилендиан-5-илиден) дифенола\*

№ п/п	Структура отвердителя	Количество отвердителя на 100 г глицидного эфира, г	10%-ная деформация по термомеханической кривой, °С	Температура уменьшения веса, °С**		
				на 10%	на 20%	на 50%
1		58,3	245	340	380	420
2		81,4	175	340	395	445
3		100	220	320	410	435
4	$\begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_3 \cdot \text{S} \cdot \text{O} \cdot \left( \begin{matrix} \text{S} \cdot \text{O} \\ \text{C}_6\text{H}_4 \end{matrix} \right)_n \cdot \text{S} \cdot \text{O} \cdot (\text{CH}_2)_3 \cdot \text{NH}_2 \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$	160	255	320	375	480

\* Условия отверждения глицидного эфира следующие: 120°—2 часа, 160°—3 часа, 180°—3 часа, 200°—5 часов; выход полимера количественный; в качестве ускорителя применялся триэтаноламин.

\*\* Здесь и в следующей таблице температура уменьшения веса определена из термогравиметрической кривой при скорости подъема температуры 5°/мин.

структура отвердителя [3]. В настоящей работе в качестве отвердителя глицидных эфиров впервые предлагаются ангидриды кислот норборнового типа, а именно ангидриды 2,3-дикарбоксинорборнана и

1,4:5,8-диметилен-2,3-карбоксихафталина, полиарилат 4,4'-(гексагидро-4,7-метилениндан-5-илиден)дифенола и терефталевой кислоты [4] и  $\alpha,\omega$ -бис-( $\gamma$ -аминопропилдиметилсилокси)метилфенилсилоксан [5]. Мы предполагали, что использование в качестве отвердителей соединений, содержащих полициклические группировки типа норборнана, повысит жесткость структурированных полимеров, а соответственно термо- и теплостойкость. В качестве глицидного эфира было использовано эпоксидное производное 4,4-(гексагидро-4,7-метилениндан-5-илиден)дифенола.

Свойства полученных полимеров представлены в табл. 1 и на рис. 1. При использовании в качестве отвердителя ангидридов норборнанового типа и полиарилата полученные полимеры характеризуются высокой термо- и теплостойкостью, что можно объяснить большой концентрацией в структурированном полимере норборнановых циклов, обуславливающих жесткую структуру полимера.

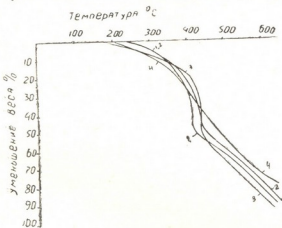


Рис. 1. Термогравиметрические кривые полимеров на основе глицидного эфира 4,4'-(гексагидро-4,7-метилениндан-5-илиден)дифенола и отвердителей: 1 — ангидрида 2,3-дикарбоксихнорборнана, 2 — ангидрида 1,4:5,8-диметилен-2,3-карбоксихафталина, 3 — полиарилата 4,4'-(гексагидро-4,7-метилениндан-5-илиден)дифенола и терефталевой кислоты, 4 —  $\alpha,\omega$  бис-( $\gamma$ -аминопропилдиметилсилокси)-метилфенилсилоксана

Определенный интерес представляло использование в качестве отвердителя глицидных эфиров алифатического кремнийсодержащего диамин. Можно было предположить, что наличие в структурированном полимере силоксановых звеньев повысит его термостойкость. С этой целью нами было проведено отверждение диглицидного эфира 4,4'-(гексагидро-4,7-метилениндан-5-илиден)дифенола  $\alpha,\omega$ -бис-( $\gamma$ -аминопропилсилокси)метилфенилсилоксаном.

Для выявления вклада в повышение термостойкости силоксановых звеньев использовалась смесь Si-содержащего диамина и гексаметилендиамина, содержание Si-содержащего диамина варьировалось от 0 до 10 вес. %.

Экспериментальные данные показывают, что полимер, отвержденный гексаметилендиамин, уменьшается в весе на 10% при 280°, а на 50% — при 355°. Эти показатели, когда в качестве отвердителя используется кремнийсодержащий диамин, составляют соответственно 320 и 480° (см. табл. 2 и рис. 2). Увеличение в структурированном полимере концентрации силоксановых звеньев приводит к повышению термостойкости полимеров. Так, например, когда содержание кремнийсодержащего диамина в исходной смеси отвердителей составляет 30 вес. %, термостойкость полимера значительно повышается, полимер уменьшается в весе на 10% при 300°, а на 50% при 410°, в то время как для того же полимера, отвержденного лишь гексаметилендиамин, эти показатели составляют соответственно 280 и 355°.

Тот факт, что структура кремнийсодержащего диамина не оказывает существенного влияния на температуру начала разложения поли-

Таблица 2

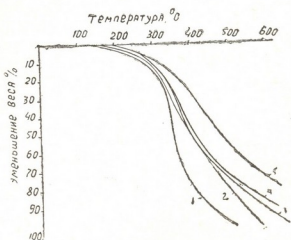
Свойства структурированных полимеров, полученных при отверждении глицидного эфира 4,4'-(гексагидро-4,7-метилениндан-5-илиден) дифенола (I) смесью  $\alpha, \omega$ -бис-( $\gamma$ -аминопропилдиметилсилилэкси) метилфенилсилоксана (II) с гексаметилендиамином (III)\*

№ п/п	Соотношение исходных веществ, вес. %			10%-ная де- формация по термомеха- нической кривой, °C	Температура уменьшения веса, °C		
	I	II	III		на 10%	на 20%	на 50%
1	1	0	100	310	280	320	355
2	1	10	90	280	290	330	400
3	1	20	80	270	295	335	400
4	1	30	70	270	300	340	410
5	1	100	0	255	320	375	480

\* Условия отверждения глицидного эфира следующие: 120°—2 часа, 140°—2 часа, 160°—2 часа, 180°—13 часов.

мера объясняется нестабильностью метильных групп в силоксановых звеньях, после отщепления которых разложение полимера происходит уже при более высоких температурах.

Рис. 2. Термогравиметрические кривые полимеров на основе 4,4'-(гексагидро-4,7-метилениндан-5-илиден) дифенола, кремнийсодержащего диамина и гексаметилендиамина. Цифры у кривых соответствуют порядковым номерам полимеров, приведенных в табл. 2



Теплостойкость полимеров, отвержденных Si-содержащим диаминном, значительно меньше, по сравнению с таковой полимеров, отвержденных вышеприведенными отвердителями.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт физической  
 и органической химии  
 им. П. Г. Меликишвили

(Поступило 16.7.1976)



ბ. დოხტურიშვილი, ბ. პაპავა, ნ. მაისურაძე, ვ. ცისკარიშვილი, ი. აფხაზავა

### გლიციდური ეთერების ახალი გამამყარებლები

რეზიუმე

ნორბორნანის ტიპის პოლიციკლური ბისფენოლის — 4,4'-(ჰექსაჰიდრო-4,7-მეთილენინდან-5-ილიდენ) დიფენოლის ბაზაზე მიღებული გლიციდური ეთერის გასამყარებლად გამოყენებულია ახალი გამამყარებლები, სახელდობრ ნორბორნანის ტიპის მყავას ანჰიდრიდები: 2,3-დიკარბოქსი ნორბორნანი, 1,4:5,8-დიმეთილენ-2,3-კარბოქსი ნაფტალინი, 4,4'-(ჰექსაჰიდრო-4,7-მეთილენინდან-5-ილიდენ) დიფენოლის და ტერეფტალის მყავას პოლიარილატი და სილიციუმმცველი დიამინი  $\alpha$ ,  $\omega$ -ბის ( $\gamma$ -ამინოპროპილდიმეთილსილოქსი) მელიფენილსილოქსანი.

მიღებული პოლიმერები ხასიათდებიან მაღალი თბო- და თერმომდეგობით.

ORGANIC CHEMISTRY

N. S. DOKHTURISHVILI, G. Sh. PAPAUA, N. A. MAISURADZE,  
P. D. TSISKARISHVILI, I. I. ABKHAZAVA

### NEW HARDENERS OF GLYCIDIC ETHERS

Summary

New hardeners have been used for hardening glycidic ethers obtained on the basis of norbornane-type polycyclic bisphenol-4,4'-(hexahydro-4,7-methyleneindan-5-ylidene) diphenol. These are anhydrides of norbornane-type acids: 2,3-dicarboxynorbornane, 1, 4; 5, 8-dimethylene-2,3-carboxynaphthalene polyarylates of 4,4'-(hexahydro-4,7-methyleneindan-5-ylidene) diphenol and terephthalic acid, and silicium-containing diamine- $\alpha$ ,  $\omega$ -bis ( $\gamma$ -aminopropyl dimethylsiloxy) methylphenylsiloxane. The obtained polymers show high heat- and thermostabilities.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. М. Пакен. Эпоксидные соединения и эпоксидные смолы. Л., 1962, 600—660.
2. Л. А. Кардашов. Эпоксидные клеи. М., 1970.
3. Сб. «Синтез и свойства некоторых новых полимерных материалов». Тбилиси, 1974.
4. С. В. Виноградова, В. В. Коршак, Г. Ш. Папава, Н. А. Майсурадзе, П. Д. Цискаришвили. Изв. АН СССР, сер. хим., 2, 1969, 432.
5. К. А. Андрианов, И. И. Абхазова, Л. М. Хананашвили, Я. И. Миндели. Сообщения АН СССР, 75, № 1, 1974, 101.

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

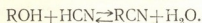
А. И. НОГАИДЕЛИ, З. С. ТАБИДЗЕ, Г. Д. КАХНИАШВИЛИ

ВЫДЕЛЕНИЯ ЦИАН-ИОНОВ ИЗ ВОДНО-СПИРТОВЫХ  
РАСТВОРОВ С ПОМОЩЬЮ ИОНООБМЕННЫХ ПОЛИМЕРОВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии И. М. Гвердцители 2.7.1976)

Существует способ двойной дистилляции, с помощью которого из винного осадка с берлинской лазурью можно выделить этиловый спирт без цианистых соединений.

С целью удаления цианистых соединений, находящихся в первом отгоне винного осадка с берлинской лазурью, а также упрощения процесса выделения этилового спирта и повышения качества получаемого продукта применяются ионообменные полимеры. Поставленная цель достигается тем, что сразу после первой дистилляции отгон осадков берлинской лазури обрабатывается анионообменными смолами, предварительно переведенными в гидроксильную форму. Обмен ионов  $\text{OH}-\text{CN}$  в цикле происходит по схеме



Пример. В перегонный аппарат наливался синий осадок и начиналась дистилляция. После первой дистилляции получался отгон крепостью 35—40° об.% с высоким содержанием синильной кислоты (871 мг/л) и других видов нежелательных примесей анионов (см. рис. 1). В ионообменную колонку длиной 500 мм и диаметром 30 мм по-

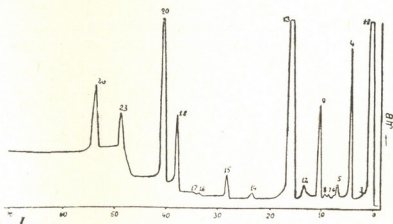


Рис. 1. Хроматограмма первого отгона

мешался предварительно набухший анионит в  $\text{OH}$ -форме в количестве 100 мл, который в пересчете на сухое вещество составлял 30 г (приведение ионита в рабочую форму и установление его физико-химических характеристик осуществлялись стандартным методом, разработанным Всесоюзным научно-исследовательским институтом пластмасс). В динамических условиях отгон пропусклся через анионообменные колонки

со скоростью 80—100 кап/мин до того, пока в анионированном отгоне качественной реакцией не обнаруживались следы присутствия CN-ионов. Результаты опытов приведены в таблице.

Количество цианосодержащего отгона, очищенного различными марками анионитов

Марки анионитов в ОН-форме (30 г на суммарный вес)	Количество пропускаемого первого отгона до проскока CN-ионов, мл
ЭДЭ-10	650
АВ-17	750
АВ-18	800
АВ-19	800
АВ-17—8	1000
АВ-17—8 чс	1600

Из таблицы видно, что для связывания CN-ионов в спиртовых растворах самым эффективным является высокоосновной анионит полимеризационного типа АВ-17—8 чс.

С целью многократного использования ионита проводилась его регенерация 5%-ным раствором едкого натра. После регенерации ионообменный процесс в ОН—CN-цикле с точным соблюдением всех предыдущих условий характеризуется следующими показателями:

ЭДЭ-10	— 655 мл
АВ-17	— 780 мл
АВ-18	— 825 мл
АВ-19	— 800 мл
АВ-17—8	— 1010 мл
АВ-17—8 чс	— 1650 мл

В аналогичных условиях проводились вторая и третья регенерации анионитов. Полученные данные не отличались от первоначальных. Та-

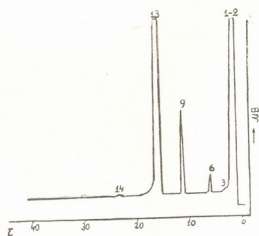


Рис. 2. Хроматограмма первичного отгона после пропускания через ОН-анионит

ким образом, при ионообменном процессе аниониты проявляют высокую стабильность, не «отравляются» CN-соединениями и сохраняют способность к полной регенерации.

Проводилось хроматографическое исследование полученных спиртоводных растворов (см. рис. 2).

Как видно из рис. 2, цианосодержащие спиртовые растворы после пропускания через ОН-анионит освобождаются не только от CN-ионов, но и от всех нежелательных анионов, находящихся в растворе, что значительно улучшает качество спирта-сырца.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 8.7.1976)

ორგანული ქიმია

ა. ნოგაიდელი, ზ. ტაბიძე, გ. კახნიაშვილი

ციან-იონების გამოყოფა სპირტ-წყალხსნარებიდან იონმცვლელი კოლიმერების შემწობით

რეზიუმე

ბერლინის ლავარდიან ღვინის ლექის სპირტ-წყალხსნარების მაგალითზე დადგენილია, რომ ანიონიტი AB-17-8rc OH-ფორმა სპირტ-წყალხსნარებს წმენდს CN<sup>-</sup>-იონებისა და სხვა არასასურველი ანიონებისაგან. აღნიშნულ პირობებში ანიონიტი სტაბილურია და ინარჩუნებს სრული რეგენერაციის უნარს.

ORGANIC CHEMISTRY

A. I. NOGAIDELI, Z. S. TABIDZE, G. D. KAKHNIASHVILI

THE ISOLATION OF CYAN-IONS FROM WATER-ALCOHOL SOLUTIONS  
BY MEANS OF ION EXCHANGE RESINS

Summary

Using the example of Berlin-azure containing water-alcohol solution of wine sediment, it has been established that the anion exchange resin AB-17-8 rc in OH-form purifies water-alcohol solution from cyan- and other undesirable anions. The anionite preserves the capacity of complete regeneration in the conditions studied.

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Л. А. БЕРИДЗЕ, М. К. КУТАТЕЛАДЗЕ, Г. Ш. ПАПАВА,  
П. Д. ЦИСКАРИШВИЛИ

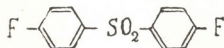
ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ АРОМАТИЧЕСКИХ  
КАРДОВЫХ ПОЛИСУЛЬФОКСИДОВ

(Представлено академиком Л. Д. Меликадзе 21.7.1976)

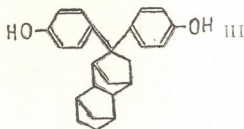
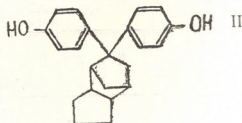
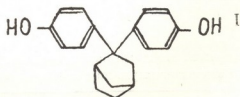
Ароматические кардовые полисульфоксиды — новый и малоизученный класс гетероцепных полимеров. Известно, что они характеризуются высокой термостойкостью и хемостойкостью [1].

Нами синтезированы ароматические полисульфоксиды с норборнаными, индановыми и нафтеновыми кардами [2]. Ввиду несомненно ценных свойств этих полимеров представляло интерес их детальное изучение.

Для исследования были взяты кардовые полисульфоксиды, полученные на основе 4,4'-дифтордифенилсульфона



и бесфенолов: 4,4'-(2-норборнилиден)дифенола (I), 4,4'-(гексагидро, 4,7-метилениндан-5-илиден)дифенола (II) и 4,4'-(декагидро, 1,4:5,8-диметиленафт-2-илиден)дифенола (III)



Изучены растворимость в органических растворителях, действие агрессивных сред (щелочи, кислоты), стойкость к ультрафиолетовому облучению синтезированных полимеров, а также некоторые механические свойства полисульфоксида на основе 4,4'-дифтордифенилсульфона и 4,4'-(гексагидро, 4,7-метилениндан-5-илиден)дифенола.

Таблица 1  
Растворимость полисульфоксидов на основе 4,4'-дифтордифенилсульфона и бисфенолов

№ п/п	Растворитель	Полимер бисфенола		
		I	II	III
1	Хлороформ	р	р	р
2	Метиленхлорид	р	р	р
3	Дихлорэтан	р	р	р
4	Тетрахлорэтан	р	р	р
5	Диоксан	н.р	н.р	н.р
6	Циклогексанон	р.н	р.н	р.н
7	Четыреххлористый углерод	н.р	н.р	н.р
8	Диметилформамид	н.р	р.с	р.с
9	Диметилацетамид	р.с	р.с	р.с
10	Диметилсульфоксид	р.н	р.н	р.н
11	Бензол	н.р	н.р	н.р
12	Ацетон	н.р	н.р	н.р
13	Этиловый эфир	н.р	н.р	н.р
14	Трикрезол	р	р	р

Примечание: номера бисфенолов соответствуют нумерации в тексте, р—растворяется, н.р—не растворяется, р.н—растворяется при нагревании, р.с—растворяется при стоянии раствора через 24 часа.

Синтезированные ароматические полисульфоксиды характеризуются хорошей растворимостью в органических растворителях, в частности, легко растворимы в хлорированных углеводородах, фенолах (табл. 1).

Таблица 2  
Исследование химической стойкости полисульфоксидов на основе 4,4'-дифтордифенилсульфона и бисфенолов

№ п/п	Среда	Температура воздействия, °С	Продолжитель- ность воздейст- вия, часы	Внешний вид		Приведенная вязкость при 20° 0,5 % р-ра в ТХЭ*		Вес образца	
				до воз- действия	после воздей- ствия	до воз- действия	после воздей- ствия	до воз- действия	после воздей- ствия
а) 4,4'-(2-норборнилиден) дифенола									
1	Вода	20	72	Прозрачная, эластичная	пр., эл.	0,45	0,45	0,0523	0,0523
		100	20		пр., эл.		0,40	0,0521	0,0528
2	37% HCl	20	20		пр., эл.		0,45	0,0320	0,0319
		100	7		мут., эл.		0,45	0,0319	0,0319
3	50% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	20	20	пр., эл.	пр., эл.	0,45	0,0240	0,0232	
		100	7	мут., эл.	мут., эл.	0,42	—	—	
4	50% NaOH	20	20	пр., эл.	пр., эл.	0,44	0,0228	0,0284	
		100	7	мут., эл.	мут., эл.	0,42	—	—	

## б) 4,4'-(гексагидро, 4,7-метилениндан-5-илиден) дифенола

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Вода	20 100	72 20	Прозрачная, эластичная			0,83	0,0350	0,0349	
							пр., эл.	0,79	0,0340	0,0339
2	37% HCl	20 100	20 7				пр., эл.	0,82	0,0367	0,0362
							пр., эл.	0,80	0,0362	0,0346
3	50% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	20 100	20 7	Прозрачная, эластичная		0,85	0,84	0,0255	0,0254	
							мут., эл.	0,81	0,0254	0,0262
4	50% NaOH	20 100	20 7				пр., эл.	0,83	0,0352	0,0349
							мут., эл.	0,81	0,0349	0,0340

## г) 4,4'-(декагидро, 1,4:5,8 диметиленнафт-2-илиден) дифенола

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Вода	20 100	72 20	Прозрачная, эластичная			0,35	0,0345	0,0345	
							пр., эл.	0,30	0,0345	0,0335
2	37% HCl	20 100	20 7				пр., эл.	0,35	0,0367	0,0366
							мут., эл.	0,32	0,0366	0,0326
3	50% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	20 100	20 7	Прозрачная, эластичная		0,35	0,35	0,0255	0,0252	
							пр., эл.	0,32	0,0252	0,0262
4	50% NaOH	20 100	20 7				мут., эл.	0,35	0,0329	0,0329
							пр., эл.	0,31	0,0329	0,0336

Примечание: ТХЭ—тетрахлорэтан, полимер брался в виде пленки, полученной из ТХЭ, пр.—прозрачная, эл.—эластичная, мут.—слегка мутная.

Концентрированные щелочи (NaOH, KOH) и кислоты (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) не разрушают изучаемые полимеры ни на холоду, ни при температуре их кипения (табл. 2). Концентрированная азотная кислота на холоду не действует на полимеры, однако при кипячении в ней последние желтеют и становятся хрупкими.

Таблица 3

## Исследование светостойкости полисульфоксидов на основе 4,4'-дифтордифенилсульфона и бисфенолов

№ п/п	Полимер бисфенола	Продолжительность воздействия, часы	Внешний вид		Приведенная вязкость при 20° 0,5% р-ра в ТХЭ		Вес образца		
			до воздействия	после воздействия	до воздействия	после воздействия	до воздействия	после воздействия	
1	I	10	Прозрачная, эластичная	пр., эл.	0,45	0,41	0,0362	0,0359	
		12			0,41	0,39	0,0362	0,0351	
2	II	10			пр., хр., зел.	0,85	0,76	0,0391	0,0390
		12			пр., эл.	0,76	0,71	0,0390	0,0383
3	III	10			пр., хр., зел.	0,35	0,32	0,0345	0,0344
		12			пр., эл.	0,32	0,29	0,0344	0,0343

Примечание: хр.—хрупкая, зел.—зеленая.

Исследование светостойкости полисульфоксидов на основе 4,4'-дифтордифенилсульфона и полициклических бисфенолов путем облучения прямой ртутно-кварцевой лампой высокого давления типа ПРК-4 показало, что они обладают достаточно хорошей стойкостью к ультрафиолетовому облучению. Пленки выдерживают десятичасовое облучение без изменения (табл. 3).

Механические свойства полисульфоксидов изучены на примере полимера на основе 4,4'-дифтордифенилсульфона и 4,4'-(гексагидро, 4,7-метилениндан-5-илиден)дифенола, получены высокие механические показатели. Удельная ударная вязкость этого полисульфоксида — 5,5 кг/см/см<sup>2</sup>, твердость по Бринеллю — 23 кг/мм<sup>2</sup>, предел прочности при сжатии — 940 кг/см<sup>2</sup>, модуль упругости — 30 800 кг/см<sup>2</sup>.

Структура кардовой группировки оказывает незначительное влияние на растворимость синтезированных полисульфоксидов, не влияет на химическую стойкость и светостойкость.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт физической  
 и органической химии  
 им. П. Г. Меликишвили

(Поступило 23.7.1976)

ორგანული ქიმია

ლ. ბერიძე, მ. შუთათელაძე, ვ. პაპავა, პ. ცისკარიშვილი

არომატული კარდული პოლისულფოქსიდების ზოგიერთი  
 თვისების კვლევა

რეზიუმე

შესწავლილია ნორბორნანის ტიპის კარდული ჯგუფების შემცველი არომატული პოლისულფოქსიდების ხსნადობა ორგანულ გამხსნელებში, ქიმიური მდგრადობა, მდგრადობა ულტრაიისფერი გამოსხივების მიმართ, მექანიკური თვისებები. ნაჩვენებია, რომ ეს პოლიმერები ხასიათდებიან თვისებათა კარგი კომპლექსით.

ORGANIC CHEMISTRY

L. A. BERIDZE, M. K. KUTATELADZE, G. Sh. PAPAUA, P. D. TSISKARISHVILI

## STUDY OF SOME PROPERTIES OF AROMATIC CARDIC POLYSULFOXIDES

Summary

Studies of solubility in organic solvents, chemical stability, ultraviolet stability, and mechanical properties of aromatic cardiac polysulfoxides have shown that the polymers in question are characterized by a good complex of properties.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. С. В. Виноградова, В. В. Коршак, С. Н. Салазкин, А. А. Кульков. Высокомолек. соед., 14 А, № 12, 1972.
2. Л. А. Беридзе, Г. Ш. Папавა, М. К. Кутателадзе, П. Д. Цისკარიშვილი. Изв. АН ГССР, сер. хим., 2, № 3, 1976.



ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Ш. И. СИДАМОНИДЗЕ, К. М. МАРЧИЛАШВИЛИ, О. Г. ДЕВДАРИАНИ

ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИИ МЕТАНА И Н-БУТАНА НА  
СИНТЕТИЧЕСКИХ ЦЕОЛИТАХ ТИПА *L* И ЕГО КАТИОН-  
ЗАМЕЩЕННЫХ ФОРМАХ

(Представлено академиком Г. В. Цицишвили 24.5.1976)

В последнее время определился повышенный интерес к изучению свойств высококремнистых цеолитов. Значительная термо- и кислотоустойчивость этих цеолитов позволяет широко использовать их в качестве адсорбентов и катализаторов в сравнительно жестких технологических условиях.

Своеобразие структуры (система пучков параллельных каналов со входными окнами, доступными для молекул многих веществ) высококремнистого цеолита типа *L* обуславливает его резко выраженные молекулярно-ситовые свойства и достаточно большой сорбционный объем. Значительный интерес представляет исследование влияния степени замещения и природы обменных катионов, а также отношения

$\frac{\text{SiC}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$  на сорбционную способность цеолита типа *L*. Информация о систематических исследованиях указанных вопросов в литературе не встречается. В одной из первых работ [1], посвященных изучению сорбционных свойств цеолита *L* (образца с мольным соотношением окислов  $1,01 \text{ K}_2\text{O} \cdot 0,09 \text{ Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6,2 \text{ SiO}_2 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$ ), в качестве адсорбатов использовались  $\text{O}_2$ ,  $\text{Ag}$  и разные (в основном  $\text{C}_1$ — $\text{C}_4$ -предельные) углеводороды. В этой работе изостерические теплоты были рассчитаны из адсорбционных изотерм.

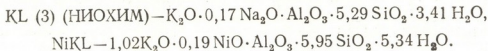
Целью настоящей работы являлось изучение характера адсорбции углеводородов на цеолите типа *L* и его катионзамещенных формах при малых заполнениях и соответствующих дифференциальных теплот адсорбции, измеряемых при использовании высокочувствительного микрокалориметрического метода.

Адсорбционные измерения проводились на модифицированной порционной объемной установке, термостатирование которой осуществлялось с точностью  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  ( $29^\circ\text{C}$ ). Дифференциальные теплоты адсорбции измерялись на микрокалориметре типа «Кальве». Адсорбаты (метан и н-бутан) применялись высокоочищенные (марки «х. ч.»). Синтетические цеолиты типа *L* имели следующий химический состав:

KL (1) (НИОХИМ)  $(1 - 1,5 \text{ K}_2\text{O} \cdot 0,11 \text{ Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6,21 \text{ SiO}_2 \cdot 5,46 \text{ H}_2\text{O}$ ,

KL (2) (фирма Линде)  $- 0,95 \text{ K}_2\text{O} \cdot 0,19 \text{ Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5,17 \text{ SiO}_2 \cdot 3,12 \text{ H}_2\text{O}$ ,

(<sup>1</sup> Образец KL (1) содержал следовые количества поливалентных (железо, никель) катионов. NiKL был приготовлен с использованием образца KL (1).



На рис. 1 приведены изотермы адсорбции метана на цеолитах типа L и его никельзамещенной форме. Адсорбционная изотерма, соответствующая цеолиту KL [2], лежит значительно выше, чем изотермы KL (1) и KL (3). Так как все условия эксперимента при получении

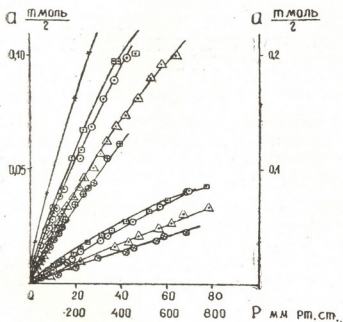


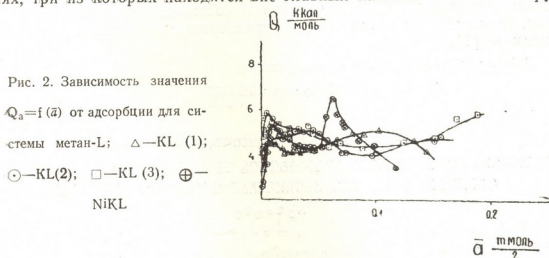
Рис. 1. Изотермы адсорбции метана на цеолитах типа L:  $\circ$  — KL (1);  $\square$  — KL (2);  $\triangle$  — KL (3);  $\oplus$  — NiKL;  $\times$  — по [1].  
 $t = 0^\circ C$

этих изотерм были одинаковыми, одной из возможных причин такого различия в адсорбционной способности, по-видимому, может быть значение отношения  $\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$ , т. е. количество катионов в цеолите.

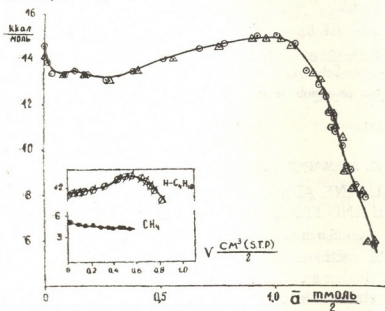
Замещение катионов калия ионами никеля значительно снижает адсорбционную способность исходного KL (1) цеолита. Аналогичное уменьшение адсорбционной способности для никельзамещенных форм цеолита типа фожазита при небольшой степени замещения было отмечено в работе [2]. Никелевые катионы, имеющие меньший радиус ( $r = 0,78 \text{ \AA}$ ) и больший заряд, по сравнению с  $K^+$  ( $r = 1,33 \text{ \AA}$ ), более способны к образованию стабильных при высоких температурах аквакомплексов. Последние, по-видимому, и обуславливают понижение адсорбционной способности цеолита NiKL. Сходная картина для метана получена нами также для водородных форм цеолита.

Микрокалориметрическое определение дифференциальных теплот адсорбции (рис. 2) дало нам возможность выявить не описанные ранее в литературе детали зависимости дифференциальных теплот адсорбции от величины адсорбции. Оказалось, что при малых заполнениях  $Q_a = f(\bar{a})$  кривые, соответствующие метану и бутану, характеризуются различными формами (рис. 3). Специфичность кривой  $Q_a = f(\bar{a})$  для метана не может быть объяснена примесями в цеолитах, так как исследованные образцы имели совершенно различный генезис, а в одном из

них — KL (2) примеси вовсе не были обнаружены. По данным [3], в цеолите  $K^+$  катионы могут существовать не менее чем в четырех позициях, три из которых находятся вне главных каналов и плотно окру-



жены кислородными атомами решетки. Четвертая позиция  $D$  находится в самой широкой части главного канала, близко к его стенке. Катионы, находящиеся в позициях А, В, С, мало обменоспособны и в не-



которой степени экранированы. Но не исключена возможность, что своеобразность зависимости  $Q_a=f(\bar{a})$ , характерная только для метана при малых заполнениях, обусловлена именно этими катионами, находящимися около входов главных каналов; можно предположить, что вначале адсорбция метана происходит именно на участках, находящихся около входов главных каналов, и дальнейшее увеличение  $Q_a$  при незначительном изменении адсорбции объясняется продвижением молекул метана к главному каналу. В случае никельзамещенного цеолита на кривой  $Q_a=f(\bar{a})$  при средних заполнениях наблюдается резкий максимум. Количественно сходная картина получена нами и в случае водородной формы цеолита типа  $L$  для молекул метана.

На рис. 3 представлена зависимость  $Q_a=f(\bar{a})$  для системы KL (2)-н-бутан. Как видно из рисунка, адсорбционная способность цеолита KL (2) в отношении н-бутана значительно выше, чем в отношении ме-

ტანა. Полученная нами кривая  $Q_a=f(\bar{a})$  по характеру отличается от соответствующей кривой, данной в работе [1]. В нашем случае довольно подробно представлена начальная часть, соответствующая малым заполнениям кривой. Этим заполнениям соответствуют теплоты адсорбции, значительно повышенные, по сравнению с величинами, приведенными в [1].

Тбилисский государственный университет

(Поступило 10.6.1976)

ფიზიკური ქიმია

შ. სიდამონიძე, კ. მარჩილაშვილი, ო. დევდარიანი

მეთანისა და ნ-ბუტანის ადსორბციის უმსხავლა L-ტიპის სინთეზურ ცეოლითზე და მის კათიონჩანაცვლებულ ფორმებზე

რეზიუმე

მიკროკალორიმეტრიული მეთოდით შესწავლილია სილიციუმის მაღალი შემცველობის L-ტიპის სინთეზურ ცეოლითზე და მის კათიონჩანაცვლებულ ფორმებზე მეთანისა და ნ-ბუტანის ადსორბციის დიფერენციალური სითბობი. ადსორბციის დაბალი მნიშვნელობებისათვის მიღებული ექსპერიმენტული მონაცემები განსხვავდება ლიტერატურაში აღრე ცნობილი შედეგებისაგან. ნაჩვენებია, რომ  $Q_a = f(\bar{a})$  დამოკიდებულების მრუდი „პლატომდე“ მიღწევის წინ მეთანისათვის ხასიათდება დაბალი, ხოლო ნ-ბუტანისათვის შესამჩნევად გაზრდილი მნიშვნელობით. საგარაუდოა, რომ სხვადასხვა გენეზისის ცეოლითებზე მიღებული შედეგების მიზეზს წარმოადგენს ნ-ბუტანისა და მეთანის მოლეკულების სტრუქტურის თავისებურებები. დადგენილია ნიკელის კათიონების გავლენა  $Q_a = f(\bar{a})$  მრუდის ხასიათზე.

PHYSICAL CHEMISTRY

Sh. I. SIDAMONIDZE, K. M. MARCHILASHVILI, O. G. DEVDARIANI  
 METHANE AND *N*-BUTANE ADSORPTION STUDY ON *L* TYPE  
 SYNTHETIC ZEOLITE AND ITS CATION-EXCHANGED FORMS

Summary

The differential heats of methane and *n*-butane adsorption on *L* type zeolite with high silicium inclusion and its cation-exchanged forms have been studied by the microcalorimetric method.

Experimental data obtained for low adsorption values are different from those previously known in the literature. It is shown that the  $Q_a=f(\bar{a})$  dependence curve, before reaching the plateau, is characterized by low values for methane and by considerably increased values when *n*-butane is concerned. This peculiarity is explained by the specificities of the structure of the molecules of *n*-butane and methane and of cation distribution in the *L* type zeolite. The influence of nickel cations on the character of the  $Q_a=f(\bar{a})$  curve is demonstrated.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. R. M. Barrer, J. A. Lee. Surface Science 12, 1968, 354.
2. Г. В. Цицишвили, Ш. И. Сидамонидзе и др. Сообщения АН ГССР, 81, 2, 1976.
3. R. M. Barrer, H. V. Villiger. Zeitschrift für Kristallogr. Bd. 128, 5, 352, 1969.



УДК 666.295.4(088.8)

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

К. С. КУТАТЕЛАДЗЕ (чл.-кор. АН ГССР), Г. Г. ГАПРИНДАШВИЛИ,  
 Е. Ш. ХАРАШВИЛИ

КЕРАМИЧЕСКИЕ ПИГМЕНТЫ НА БАЗЕ ПЕРЛИТА И Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

За последние три десятилетия изверженные силикатные горные породы усиленно исследуются для применения в качестве сырья в производстве разных видов силикатных материалов — стекла различного назначения, керамических материалов, глазурей, эмалей и керамических красок.

Следует отметить, что эти работы в основном выполнялись грузинскими учеными [1]. Первые сообщения о возможности применения редкоземельных элементов (РЗЭ) для окрашивания керамических изделий относятся к 1899 г. Однако процессы, происходящие при высокой температуре между кремнеземом и РЗЭ, детально не изучены [2, 3].

Перед нами стояла задача синтеза керамических пигментов на основе перлита с вводом Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в качестве хромофора.

Нами было установлено, что процессы, происходящие при нагревании перлита, связаны с такими явлениями, которые должны оказать сильное влияние на ускорение процессов, происходящих при получении силикатных продуктов. Поэтому перлит нами изучается систематически как для создания новых силикатных материалов, так и для синтеза керамических красок.

Исследовалась возможность получения пигментов на основе перлита с введением Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Для приготовления пигментов в качестве исходных компонентов использованы перлит Арагацского месторождения и окись неодима МРТУ 05-09-3947.

Химический состав перлита следующий: SiO<sub>2</sub>—73,29; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—12,94; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—0,07; FeO—0,54; MnO—0,065; CaO—1,09; MgO—0,12; K<sub>2</sub>O—4,48; Na<sub>2</sub>O—3,73; п.п.п.—3,67 (%).

В качестве аукохромов использовались безводная окись алюминия ТУ 6-09-426-70, борная кислота ГОСТ 9656-61 и окись цинка ГОСТ 102-62-62.

Ниже приводится шихтовый состав пигментов (в % по весу):

Индекс пигмента	Содержание компонентов, % по весу					Цвет пигмента
	перлит	Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	ZnO	
NP	65	15	6	8	6	светло-сиреневый
NP-1	70	15	6	3	6	сиреневый
NP-2	72	15	6	1	6	блекло-сиреневый
NP-3	75	10	6	3	6	серо-сиреневый
NP-4	80	15	6	3	6	бесцветный

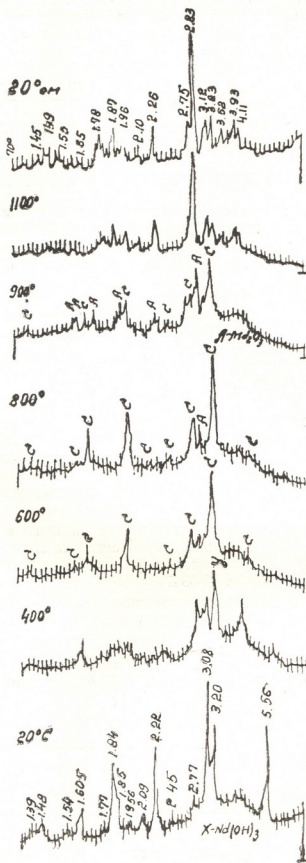


Рис. 1. Терморентгенограмма пигмента NP-1 (серия рентгенограмм через каждые 100°C нагрева) N—Nd<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>, C—Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, A—Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, x, y—промежуточные соединения

Для получения шихты пигментов соответствующие окислы (с добавлением воды) тщательно смешивали фарфоровым курантом на стекляннной доске. Исходные смеси обжигали при температуре от 900° до 1200°С. Оптимальной температурой выбрали 1100°С. Полученные пигменты представляют собой плотные спеки сиреневого цвета разных оттенков. Наиболее чистую и интенсивную окраску имеет пигмент NP-1<sup>1</sup>.

Пигмент NP-1 был изучен более детально — были проведены рентгенофазовый (высокотемпературная съемка), термогравиметрический и спектральный анализы.

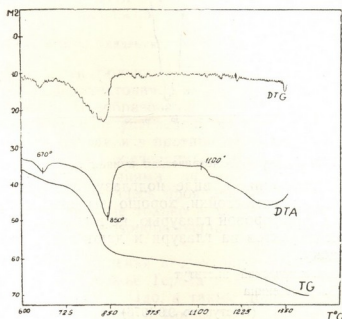


Рис. 2. Термограмма пигмента NP-1

Высокотемпературная съемка проводилась на установке ДРОН-1,5, излучение —  $\text{CuK}\alpha$ , с использованием камеры ГПВТ-1500°С через каждые 100°С, начиная с комнатной температуры и завершая при 20°С после охлаждения. Съемка рентгенограмм велась с плоских шлифов порошкообразного материала. Скорость нагрева примерно 2°/мин.

Рентгенофазовый анализ показал, что при нагревании в результате твердофазовой реакции образуется силикат неодима  $\text{Nd}_2\text{SiO}_5$  (рефлексы: 3,23—3,12—2,83—1,96—1,87 Å) (рис. 1). При температуре 900°С фиксируются две фазы: С — форма  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  (кубическая, низкотемпературная кристаллическая форма полуторного окисла РЗЭ) и А-форма (гексагональная, высокотемпературная). При 1100°С образуется оксиортосиликат неодима  $\text{Nd}_2\text{SiO}_5$ , что подтверждается термогравиметрической кривой, снятой на дериватографе системы Ф. Паулик, И. Паулик и Л. Эрдей (рис. 2) [4].

Ввод минерализатора снижает температуру синтеза пигмента. При введении бора в количестве 3% окраска пигмента насыщенная. Дальнейшее увеличение количества минерализатора усиливает спекаемость пигмента, а не интенсивность его окраски.

Спектрофотометрически пигмент характеризуется следующим образом: кривая цветности имеет два максимума: первый — двугорбый, ле-

<sup>1</sup> Синтезированный пигмент закреплен авторским свидетельством № 407846.

жащий в области зеленых лучей ( $\lambda=510-524$  мкм) и второй — в области желтых лучей ( $\lambda=580$  мкм) (рис. 3).

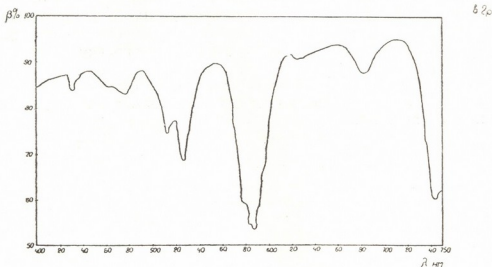


Рис. 3. Спектрофотометрическая кривая пигмента NP-1

Пигменты опробованы в виде подглазурных красок по фарфору. Они кислотостойки, термостойки, хорошо выдерживают температуру 1000—1450°C под фарфоровой глазурью, не вызывают наколов, сухости, сборок и других дефектов на глазури и дают очень чистую и нежную сиреневую окраску.

Грузинский политехнический институт  
им. В. И. Ленина

(Поступило 9.9.1976)

ქიმიური ტექნოლოგია

ა. შუთათელაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ბ. ბაზრინაშვილი,  
მ. ხარაშვილი

კერამიკული პიგმენტები პერლიტისა და  $Nd_2O_3$ -ის ბაზაზე

რეზიუმე

პერლიტის ბაზაზე იშვიათმიწათა ქანგეულის  $Nd_2O_3$  გამოყენებით მიღებულია იასამისფერი პიგმენტები.

შესწავლილია მათი დეკორატიული და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები.

CHEMICAL TECHNOLOGY

K. S. KUTATELADZE, G. G. GAPRINDASHVILI, E. Sh. KHARASHVILI  
CERAMIC PIGMENTS BASED ON PERLITE AND  $Nd_2O_3$

Summary

The paper deals with studies of ceramic pigments based on perlite and  $Nd_2O_3$ . The conditions for obtaining lilaceous rare earth silicates are described. Data on thermooptographic, spectrophotometric and thermogravimetric analyses are presented, as well as the results of testing the obtained pigments as ingredients of ceramic paints.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. К. С. Кутателадзе, И. Г. Хизанишвили, Г. Г. Гаприндашвили. Авторское свидетельство № 174098. бл. № 16565, Способ изготовления фарфоро-фаянсовых изделий.
2. Le Chatelier et P. Charui. "Comptes Rendus". Paris, 1899.
3. Н. А. Торопов. Химия силикатов и окислов. Л., 1974.
4. В. Г. Глушкова. Полиморфизм окислов редкоземельных элементов. Л., 1967.



УДК 911:551.4

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Л. В. КОГОШВИЛИ, Л. К. ГОГИЧАИШВИЛИ

О ВОЗРАСТЕ АЛЛЮВИЯ В ПОПЕРЕЧНОМ ПРОГИБЕ ЦДО  
(Дарьяльское ущелье Терека)

(Представлено академиком Ф. Ф. Давитая 27.7.1976)

Зона сводовой части Большого Кавказа в верховье Терека сохранила признаки молодых тектонических преобразований рельефа и слагающих его структур. Преобразования эти — следствие позднейшего развития последних как по унаследованному от прошлого плану — в широтном простирании, так и в противоположном — субмеридиональном направлении. Следует подчеркнуть, что, наряду с распространенными в этом регионе движениями дизъюнктивного характера в двух отмеченных направлениях, здесь проявляются также движения пликативные, выражающиеся не только в усилении сжатия ранее заложенных структур, но и в новообразованиях на крыльях складок высокого ранга.

С точки зрения проявления неотектоники такого типа обращают на себя внимание левобережье Терека в южном краю Дарьяльского ущелья — в окрестностях с. Цдо, а также долина этой реки южнее — на отрезке между сс. Казбеги и Коби.

В соответствии с описанными ранее особенностями неотектонического строения Б. Кавказа на междуречье Белой Арагви, Терека и Пшав-Хевсурской Арагви [1] общим связующим звеном обоих упомянутых участков долины Терека является приуроченность их к субмеридиональной зоне нисходящих тектонических движений. Ось этой региональной негативной структуры проектируется на шарниры Орджоникидзеvской, на севере, и Тирифонской, на юге, депрессий. Конкретным проявлением этой структуры в долине Терека и служат прогибы Цдо и Казбегско-Кобийский. По их оси слои лейаса прогнуты на глубину 150—200 м в первом и 400—500 м во втором. Крылья прогибов осложнены разрывами меридионального и С—СВ простирания. Смещенной по разрыву в окрестностях с. Цдо оказалась и III<sub>2</sub> надпойменная терраса Терека, обрывок аллювия которой сохранился примерно на высоте 40—45 м над речной поймой (рис. 1).

Интенсивно деформированы по восточному крылу Казбегско-Кобийского прогиба терраса III<sub>2</sub>, синхроничная вышеупомянутой, и сопровождающая ее II терраса. Поверхность их синклиналиvно изогнута под влиянием региональной поперечной структуры, а также широтного антиклиналиvного новообразования на территории с. Сиони.

Вопреки господствующему мнению о весьма молодом — верхнеплейстоценовом возрасте наносов Казбегско-Кобийской впадины [2], обязанной своим возникновением лишь смещению блоков по продольным и поперечным разрывам, мы связываем ее с развитием упомянутой региональной структуры, зарожденной здесь не позже чем с верхнего плиоцена. Заключение это строится на наших структурно-морфологических исследованиях в высокогорной зоне Восточного Кавказа с

1970 по 1975 г., а также на данных геолого-гидрогеологического и геофизического изучения Тирифонской депрессии, несомненно принадлежащей к юго-западному окончанию описываемой поперечной зоны опускания [3].

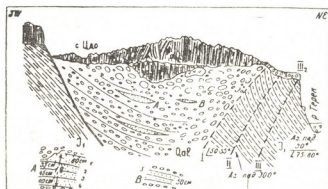


Рис. 1.  $I_1$  — лейасские сланцы, разорванные в восточном крыле прогиба разрывами (I, II, III);  $\alpha Q$  — андезито-базальты;  $Qal$  — валунно-галечные наносы с линзами песка;  $III_2$  — обрывок террасового аллювия

Цдо-Казбегско-Кобийский прогиб выполнен мощными гравийно-галечно-валунными моренно-аллювиальными образованиями возрастом от нижнего плейстоцена до голоцена. Увеличенная мощность осадков — результат непрерывного последовательного прогибания дна прогиба в процессе их аккумуляции.

Цдо-Казбегско-Кобийский прогиб представлял к началу плейстоцена единую структуру, позже разъединенную складчатыми новообразованиями на крыльях широтных форм высоких порядков. Играя роль перемычек, они образовали северную и южную ванны в Казбегско-Кобий-

Слои А		Слои В
Образец № 1	Образец № 2	Образец № 5
Древесная пыльца <i>Pinus</i> , <i>Salix</i> , <i>Ainus</i> , <i>Corylus</i> .	Древесная пыльца <i>Pinus</i> , <i>Salix</i> , <i>Ainus</i> , <i>Corylus</i> .	Древесная пыльца <i>Quercus</i> , <i>Carpinus</i> , <i>Juglans</i> , <i>Salix</i> , <i>Corylus</i> , <i>Rosaceae</i> , <i>Humulus lupulus</i> , <i>Acer</i> , <i>Fagus</i> .
Травянистая пыльца <i>Campanula</i> (120 в одном препарате), <i>Caprifoliaceae</i> , <i>Asteraceae</i> .	Травянистая пыльца <i>Asteraceae</i> , <i>Labiatae</i> , <i>Ranunculaceae</i> , <i>Elatine</i> .	Травянистая пыльца <i>Caryophyllaceae-Sagina</i> , <i>Umbelliferae</i> , <i>Asteraceae</i> , <i>Gramineae</i> .
Споры <i>Bryales</i> .	Споры <i>Lycopodium</i> , <i>Dryopteris</i> , <i>Polypodium</i> , <i>Bryales</i> .	Споры <i>Polypodium</i> , <i>Bryales</i> .
		Споры грибов <i>Uredinales</i> , <i>Pyrenomicetes</i> .

ской впадине, а последнюю отделили от впадины Цдо. Надо сказать, что в этом процессе немалую роль сыграли позднейшие поднятия северного крыла крупного широтного молодого Казбегского разлома. Имен-

но с этим участком пликативно-разрывных вертикальных движений связаны терригенные накопления Цдо. Вполне естественно, что поднятыми оказались более глубокие их слои, обнаженные в левом склоне долины Терека, под андезито-базальтовым покровом. Их возраст подтвержден также палинологическим изучением глинистого песка, включенного двумя линзами (А, В) в грубообломочные моренно-аллювиальные образования (рис. 1). В таблице представлены результаты спорово-пыльцевого анализа этих слоев.

Из двух слоев (образцы № 1, 4) была описана пыльца сосны подрода *Diploxylon* из секции *Banksia*, по предварительным данным близкая к *P. sarmatica*, обитавшей в известняковых предгорьях Северного Кавказа до конца третичного периода. На Северном Кавказе (Тарская долина) в верхнетретичных слоях была описана пыльца сосны из подрода *Diploxylon*, относимая к виду *P. sarmatica* [4], что дало возможность датировать слои верхнетретичным возрастом. В описываемых же нами слоях встречаются лишь отдельные элементы богатой третичной флоры, а виды древесных, такие как *Tsuga*, *Sequoia*, *Cyclocarya*, *Taxodium*, *Nyssa*, в верхнем плейстоцене вымершие во флоре Кавказа, не обнаруживаются. Исходя из этого мы склонны отнести описанные спектры к началу плейстоцена.

Надо отметить, что, в отличие от слоев обнажения А, характеризующих в нижнем плейстоцене безлесный ландшафт, спектр обнажения В иллюстрирует высокое содержание и разнообразный состав пыльцы древесных и травянистых растений. Это позволяет предполагать развитие на исследуемой территории лесного покрова в более поздний отрезок нижнеплейстоценового времени.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт географии  
 им. Вахушти

(Поступило 30.7.1976)

ფიზიკური გეოგრაფია

ლ. კოღოშვილი, ლ. გოგიჩაიშვილი

ალუვიონის ასაკი ცდოს გარდობარდომო ჩაზნექილობაში  
 (დარიალის ვიწრობი)

რეზიუმე

თერგის ხეობაში კავკასიონის თალუბი ნაწილი გართულებულია დარიალის ვიწრობით, რომელიც გამოიხატება ჩაზნექილობით ლეასურ ფიქლებში სოფ. ცდოს, აგრეთვე ყაზბეგსა და კობს შორის. ჩაზნექილობას ავსებს ტერიგენული მორენულ-ალუვიური წარმონაქმნები, რომლებიც დათარიღებულია ქვემო პლეისტოცენიდან პოლოცენამდე.

PHYSICAL GEOGRAPHY

L. V. KOGOSHVILI, L. K. GOGICHAISHVILI

ON THE AGE OF ALLUVIUM IN THE CRCS TRUGH OF TSDO  
 (DARYAL GORGE)

Summary

The vault part of the Greater Caucasus in the valley of the Terek river is complicated by cross regional sinking zone, which is represented by

a trough in the Lias shales in the vicinity of v. Tsdo, as well as between Kazbegi and v. Kobi. The trough is filled with morainic-alluvial formations, which are dated from the Lower Pleistocene to Holocene.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Л. В. Когошвили. Фонды Ин-та геогр. им. Вахушти АН ГССР. Тбилиси, 1975.
2. Е. Е. Милановский, Н. В. Короновский. Бюлл. О-ва испыт. природы, отд. геол., т. XXXIX (6), 1964.
3. Л. В. Когошвили. О развитии неотектогенного рельефа Грузии. Тбилиси, 1975.
4. И. И. Тумаджанов. Труды Ин-та ботаники АН ГССР, т. 17, 1955.

УДК 533.98.551.491.4(479.22)

ГИДРОГЕОЛОГИЯ

Д. В. КАЧАРАВА, Дж. Ш. ГАБЕЧАВА

ПАЛЕОГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ  
КРИТЕРИИ ПРОГНОЗА НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ВОСТОЧНОГО  
ОКОНЧАНИЯ ТРИАЛЕТИИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии И. М. Буачидзе 20.7.1976)

Перспективный план развития народного хозяйства ГССР на 1976—1980 гг. ставит задачу резко повысить добычу нефти и к концу пятилетки довести ее объем до 3 млн. тонн.

Решение поставленной задачи открывает перспективы развития нефтеперерабатывающей промышленности и создает возможности зарождения нефтехимической промышленности республики.

Правильное прогнозирование залежей нефти и газа, основанное на изучении данных геолого-гидрогеологической эволюции региона, является основой решения этой важной для отечественной промышленности проблемы.

В связи с этим настоящая работа направлена на выявление перспектив нефтегазоносности восточной части Триалетской системы, основанное на оценке палеогидрогеологических и гидрогеохимических условий региона.

Восстановление палеогидрогеологической картины показывает, что в центральной геотектонической зоне Аджаро-Триалетской складчатой системы, после валахской орофазы тектогенеза началась разгрузка древнепогребенных хлоридных вод из верхнемелового-нижнепалеогенового водоносного комплекса и более молодых слабоводоносных образований посредством так называемого «Тбилисского гидрогеологического окна» [1].

В пределах же восточного окончания Триалетии верхнемеловой (известняковый)-нижнепалеогеновый (терригенный) водоносный комплекс за время своего существования гидрогеологически никогда не раскрывался, что в целом привело к существующему на сегодняшний день закономерному гидрохимическому распределению подземных вод по погружению данного водоносного комплекса, выражаемому в следующей картине: в пределах восточного погружения Аджаро-Триалетской складчатой системы до г. Тбилиси в данном водоносном комплексе из-за полной разгрузки древних погребенных хлоридных вод морского типа циркулируют подземные воды зон активной и затрудненной циркуляции, т. е. воды инфильтрационные, современной метеорной генерации. Это подтверждается как данными химизма вод многочисленных минеральных источников и буровых скважин участка Тбилисских терм бальнеологического курорта, так и данными глубоких скважин, проведенных в других структурах Тбилисского артезианского бассейна (Телетская и Лисская антиклинали и Крцаниская и Сабурталинская синклинали).

Восточнее «Тбилисского гидрогеологического окна» в верхнемеловом-нижнепалеогеновом водоносном комплексе по мере его погруже-

ния и перекрытия водоупорными третичными отложениями динамика подземных вод постепенно замедляется, а в пределах Сартчалского артезианского бассейна структуры гидрогеологически совершенно закрываются. Это отражается и на гидрохимических данных вод глубоких скважин, полученных в восточной части г. Тбилиси, которые показывают, что в нижней переходной гидрогеохимической зоне с увеличением минерализации воды возрастают хлориды и углеводороды [2], а в зоне застоя, где распространены неразбавленные хлоридные метановые воды типа нефтяных месторождений, имеются благоприятные условия для скопления нефти и газа, о чем свидетельствует открытие в 1974 г. высокодебитного месторождения нефти и газа в Самгоро-Патардзеульском районе в верхах среднего эоцена [3].

Палеогидрогеологические и гидрогеохимические данные, отмеченные выше, и выявление в Самгоро-Патардзеульском районе залежей нефти и газа открывают высокие перспективы нефтегазоносности верхнемелового-нижнепалеогенового коллектора в пределах восточного окончания Триалетии и непосредственно примыкающей к нему Грузинской глыбы (рис. 1).

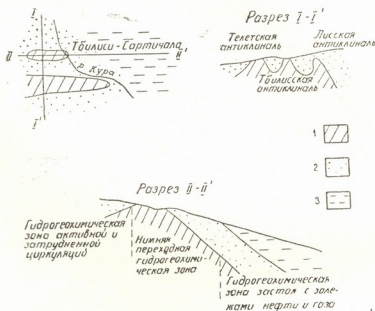


Рис. Схематическая гидрогеохимическая карта восточного погружения Триалетии и части Грузинско-Азербайджанской глыбы: 1 — водоносный комплекс карбонатного верхнего мела, флиша палеоцена-нижнего эоцена и вулканогенного среднего эоцена; 2 — глинисто-песчаный водоупорный горизонт верхнего палеогена; 3 — глинисто-песчанисто-конгломератовый водоупорный горизонт неогена

Это соображение усиливается нижеприведенными факторами.

Как известно, для сохранения залежей нефти и газа необходимо существование ловушек водонефтегазонепроницаемых пород — покрышек, создающих инфильтрационно-диффузионный барьер, у которого и формируются залежи нефти и газа [4].

В этом отношении верхнемеловой-нижнепалеогеновый водоносный комплекс, перекрывающийся мощными верхнеэоценовыми, олигоценными и неогеновыми глинисто-песчанистыми водоупорными образова-



ниями, в восточной части Триалетии является наиболее благоприятной зоной нефтегазонасыщения.

Подземные воды данного водоносного комплекса по мере его погружения на восток в зонах нижней переходной гидрогеохимической и застоя насыщены водорастворимыми газами преимущественно углеводородного состава. Газонасыщенность вод и упругость растворенных газов растет к востоку, по направлению гидрогеологической закрытости структур, что еще более повышает перспективу нефтегазонасыщенности региона.

Необходимо отметить, что перспективность в отношении промышленной нефтегазонасыщенности региона отмечается и в трудах ведущих грузинских нефтяников-геологов [3, 5, 6], опирающихся на данные геолого-геофизической изученности и структурно-картировочного бурения.

Таким образом, в верхнемеловых нижнепалеогеновых отложениях восточного окончания Триалетии и восточнее непосредственно примыкающей к нему Грузинской глыбы, согласно палеогидрогеологическим и гидрогеохимическим исследованиям, можно предполагать существование значительных запасов углеводородных залежей.

Академия наук Грузинской ССР

Сектор гидрогеологии  
и инженерной геологии

(Поступило 30.7.1976)

ჰიდროგეოლოგია

დ. კახარავა, ჯ. გაბეჩავა

თრიალეთის აღმოსავლეთი დაბლობების ნავთობგაზინარების პროგნოზირების პალეოჰიდროგეოლოგიური და ჰიდროგეოქიმიური კრიტერიუმები

რეზიუმე

კვლევის ობიექტის პალეოჰიდროგეოლოგიური და ჰიდროგეოქიმიური პირობები, სტრუქტურების ჰიდროგეოლოგიური დასურულობასთან ერთად ნახშირწყალბადოვანი გახსნილი გაზების კონცენტრაციის გაზრდა მიწისქვეშა წყლებში და წყალნავთობგაზუმტარი ქანების არსებობა ქმნის ნახშირწყალბადების მნიშვნელოვანი მარაგების არსებობის პირობებს თრიალეთის აღმოსავლეთ ნაწილში და მასთან მიმდებარე საქართველოს ბელტის დასავლეთი პერიფერიის ფარგლებში.

HYDROGEOLOGY

D. V. KACHARAVA, J. Sh. GABECHAVA

PALEOHYDROGEOLOGICAL AND HYDROGEOCHEMICAL  
CRITERIA FOR PREDICTING THE CONTENT OF OIL AND GAS  
IN THE EASTERN PART OF TRIALETI

Summary

The paleohydrogeological and hydrogeochemical conditions of Trialeti have been studied. The hydrogeological closing of the structures, along with an increase of the concentration of dissolved hydrocarbon gases in the

subsoil waters, as well as the presence of impermeable subsoil creates conditions for the existence of considerable reserves of hydrocarbon in the eastern part of Trialeti and in the western parts of the Georgian block adjoining it.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Д. В. Качарава. Труды науч.-техн. конфер. ГПИ, № 6, 1970.
2. Г. И. Буачидзе, В. С. Мхеидзе. Гидрогеология СССР, X, 1970.
3. А. Г. Лалиев. Тез. докл. науч. сессии Геол. о-ва СССР, посвященной перспективам нефтегазоносности СССР. Тбилиси, 1971.
4. Г. А. Максимович. Карстовые коллекторы нефти и газа. Пермь, 1973.
5. Е. К. Вахания. Бюлл. Грузнефти, № 1—2, 1947.
6. Д. А. Булейшвили. Геология и нефтегазоносность межгорной впадины Восточной Грузии. М., 1960.





ГЕОЛОГИЯ

Р. А. ГАМБАШИДЗЕ

К СТРАТИГРАФИИ ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ  
 СЕВЕРНОГО И ЗАПАДНОГО ОБРАМЛЕНИЯ ДЖАВАХЕТСКОГО  
 НАГОРЬЯ (ЮЖНАЯ ГРУЗИЯ)

(Представлено академиком А. Л. Цагарели 8.6.1976)

Судить о характере верхнего мела, скрытого под обширными по площади эффузивными образованиями Джавахетского нагорья, можно лишь по немногочисленным обнажениям, представленным вдоль его стыка с Аджаро-Триалетским хребтом (Гумбатская и Чобаретская антиклинали), а также в каньоне р. Кура.

По данным одних исследователей [1, 2], разрез верхнего мела упомянутых антиклиналей полный, другие же допускают наличие перерыва в интервале турон-маастрихт [3], как это наблюдается в северной, краевой полосе Аджаро-Триалетской зоны.

Наши исследования последних лет позволили частично восполнить пробел, существующий в правильном понимании стратиграфии верхнего мела переходной полосы от жесткой массы (Артвино-Болнисская глыба) к геосинклинали (Аджаро-Триалетская складчатая зона). Наиболее интересный материал был собран в западной периклинальной части Гумбатской антиклинали (район с. Реха), в разрезе вдоль безымянного левого притока р. Тусуремис-цкали. Здесь наблюдается следующая последовательность:

- $K_2st_2$  1. Темно-серо-зеленые туфобрекчи с включениями цеолита и кальцита, переполненные обломками порфиритов и известняков, слагающих часто линзеобразные тела . . . . . 120 м.
2. Аналогичные по составу породы, но только вишнево-красного цвета, содержащие *Gümbelina globulosa* (Ehren.), *Globotruncana lapparenti* Brotz. . . . . 20—25 м.
- $K_2cp$  3. Разнослойные, темно-розовые или зеленовато-серые, местами окремненные известняки с *Inoceramus* sp., *Echinocorys* sp. . . . 14 м.
4. Белые, литографского типа известняки с редкими конкрециями серого кремня и прослоями кила, мергелистые известняки и серо-зеленые мергели . . . . . 25 м.
5. Переслаивание слабо окремненных фиолетово-красных мергелей и розовых листоватых мергелей . . . . . 6 м.
- В осыпи из этой пачки встречены *Inoceramus haenleini* G. Müll., *In. nebrascensis* Owen, *In. ex gr. alaeformis* Zek.
6. Рассланцованные глинистые песчаники зеленовато-серого цвета с прослоями белых известняков . . . . . 8 м.
- Пачка сечется жилой (1,5 м) порфирита. В русле следующего к востоку притока р. Тусуремис-цкали представлены:

7. Белые песчанистые известняки с прослоями туфов, содержащие *Inoceramus pseudoregularis* Sorn., *In. mülleri* Petr., *In. gundjaensis* Aliev, *Endocostea cf. typica* Whitf. . . . . 10 м.
8. Окремненные пелитовые туфы и мергели . . . . . 10 м.
9. Тонкослоистые литографические известняки с *Hauericeras sulcatum* Клер., *Inoceramus georgicus* Tsag., *In. cf. decipiens* Zitt., *In. cf. tenuilineatus* H. et M. . . . . 25 м.
10. Плитчатые известняки красно-розового цвета с прослоями серых разностей. *Austinocrinus erckerti* Dam., *Inoceramus cf. salisburgensis* F. et K., *Pachydiscus* sp. . . . . 30 м.

Выше трансгрессивно залегает вулканогенная толща среднего эоцена.

Отложения пачек 1—2 соответствуют верхам болнисской свиты [4]. Встреченные в них микрофораминиферы не противоречат верхнесантонскому возрасту, принятому для болнисской свиты. Остальная часть разреза (пачки 3—10) представляет тетрицкароскую свиту. В ней, наряду с иноцермами позднесенонского возраста, обнаружен характерный только для кампана комплекс *Inoceramus nebrascensis* Owen, *In. hænleini* G. Mill., *In. gundjaensis* Aliev, *Endocostea typica* Whitf., выше которого залегают слои с маастрихтской фауной: *Hauericeras sulcatum* Клер., *Austenocrinus erckerti* Dam.

Восточнее приведенного разреза, у с. Тарсони также устанавливаются болнисская (200—250 м) и тетрицкароская (90 м) свиты. Последняя несколько обогащена песчанистым и туфовым материалом и включениями кремня. Разрез верхнего мела венчается пачкой (1,5 м) зеленых и бордовых оскольчатых мергелей. В нижней части тетрицкароской свиты имеются фрагменты ежей и крупных иноцермов сенонского типа, а примерно в средней части свиты — кампанские *Najdinotheris ex gr. bakalovi* (Вопс.), *Basiliola* sp.

В Чобаретской антиклинали обнажена также верхняя часть болнисской свиты (пестроцветные туфобрекчи, туфы, туфоконгломераты, туфопесчаники с обломками и линзами красных известняков, покровы порфиритов с цеолитами). Выше залегает стратиграфический аналог тетрицкароской свиты (розовые и красные известняки с линзами кремня, часто песчанистые или обломочные), низы которой содержат кампанские *Inoceramus paraheberti* Sorn., *In. ampambaensis dabolawaensis* Sorn., *In. cycloides colossus* Sorn., *In. ex gr. mülleri* Petr., *In. ex gr. pertenuis* Meek, а верхняя часть — маастрихтские виды *Austinocrinus meyni* Stoll., *A. cf. erckerti* Dam.

Вдоль западного края Джавахетского нагорья, на правом берегу р. Кура, севернее с. Накалакеви под отложениями годердзской свиты (мио-плиоцен) выступает разорванная антиклиналь толстослоистых туфопесчаников красно-розового и желтого цвета с прослоями песчанистых известняков. По присутствию *Belemnitella* sp., *Inoceramus* sp. уверенно можно говорить лишь о сенонском возрасте отложений, но, судя по составу, можно допустить их принадлежность к верхней части болнисской свиты.

В рассмотренных разрезах какие-либо следы перерыва перед кампаном не наблюдаются. При этом кровля вулканогенной толщи поднимается до подошвы кампана. По этому признаку верхнемеловые отло-

жения северного обрамления Джавахетского нагорья тяготеют к синхронным образованиям Храмского массива. С другой стороны, по своему геотектоническому месту в флекуре, отражающей на поверхности глубинный разлом, ограничивающий Аджаро-Триалетскую зону от Артвино-Болнисской глыбы, эти выходы можно рассматривать в составе складчатой зоны. Вместе с этим верхний мел Гумбатской и Чобаретской структур по составу отличаются от такового центральной и северной зон Аджаро-Триалети, где вулканическая деятельность практически прекратилась задолго до кампана, на рубеже нижнего и верхнего турона, и где отчетливо наблюдается верхнесенонская трансгрессия.

Частое присутствие в вулканогенных отложениях рассматриваемых антиклиналей обломков пелитоморфных известняков розового цвета можно объяснить разрушением и выбросами вулканическими аппаратами пород, аналогичных образованиям ахалцихисhevской свиты [4] верхнего турона-коньяка центральной части Аджаро-Триалетской зоны. Не исключено, что вдоль северного края Джавахетского нагорья на глубине все еще присутствуют подобные отложения, а восточнее, в районе Храмского массива они замещаются вулканогенными образованиями машаверской свиты верхнего турона-нижнего сантона [4].

В заключение можно отметить, что верхнемеловые отложения северного обрамления Джавахетского нагорья по своему составу проявляют более тесную связь с верхним мелом Артвино-Болнисской глыбы, но их принадлежность к складчатой системе на современном этапе развития указывает, скорее всего, на постепенный захват развивающимся геосинклинальным прогибом краевых участков древнего массива.

Академия наук Грузинской ССР

Геологический институт

(Поступило 16.7.1976)

გეოლოგია

რ. ლამბაშიძე

ჯავახეთის ზეგნის ჩრდილო და დასავლეთ კიდეების  
ზედაცარტული ნალექების სტრატობრაფიისათვის

რეზიუმე

ჯავახეთის ზეგნის კიდეებზე წარმოდგენილია ზედაცარტული ვულკანო-გენური (ბოლნისის წყება) და კარბონატული (თეთრიწყაროს წყება) ნალექების უწყვეტი პრილები, რომლებშიც დასაბუთებულია სანტონური, კამპანური და მასტრიხტული სართულების არსებობა. შესწავლილი ზედაცარტული ნალექები დიდ მსგავსებას იჩენენ აროვინ-ბოლნისის ბელტის სინკრონულ წარმონაქმნებთან. მათი თანამედროვე მდებარეობა აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა სისტემაში უნდა მიუთითებდეს გეოსინკლინური როდის განვითარების პროცესში ძველი მასივის კიდურა ნაწილების ჩათრევაზე.

GEOLOGY

R. A. GHAMBASHIDZE

ON THE STRATIGRAPHY OF THE UPPER CRETACEOUS DEPOSITS  
OF THE NORTHERN AND WESTERN EXPOSURE OF THE DJAVAKHETI  
UPLAND (SOUTHERN GEORGIA)

Summary

On the margins of the Djavakheti upland uninterrupted sections of volcanic (Bolnisi suite) and carbonate (Tetritskaro suite) deposits are rep-

resented. This points to the existence of the Santonian, Campanian and Maestrichtian stages. Considerable affinity of these deposits with the coeval Artvini-Bolnisi block formations, their recent location in the Adjara-triale-tian folded system must be the result of the involvement of margins of the old mass in the downwarping of the geosynclinal trench.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. С. Дзоценидзе. Домиоценовый эффузивный вулканизм Грузии. Тбилиси, 1948.
2. П. Д. Гамквелидзе. Геологическое строение Аджаро-Триалетской складчатой системы. Тбилиси, 1949.
3. А. Л. Цагарели. Верхний мел Грузии. Тбилиси, 1954.
4. Р. А. Гамбашидзе. Автореферат докт. дисс. Тбилиси, 1974.

Г. Ф. ЧЕЛИДZE

## НОВЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ РОДА *OXIDACNA* ИЗ КУЯЛЬНИЦКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНОЙ ГРУЗИИ

(Представлено академиком А. Л. Цагарели 2.7.1976)

При изучении куяльницких отложений Махарадзевского района, в одном из небольших притоков р. Скурдumi, в окрестностях с. Гурианта, в 2—3 м стратиграфически выше хорошо фаунистически датированных киммерийских осадков, обнажаются глинистые песчаники синеватого цвета с *Dreissena choriensis* Tsel., *Limnocardium* (E.) *ecericum* Ebers. *Prosodacna* sp., *Didacnomya daliae* (Tsel.), *Oxidacna gurianthica* Tselidze sp. nov., а стратиграфически чуть выше такие же глинистые песчаники содержат только *Oxidacna gurianthica* sp. nov. Мощность этой части разреза составляет 9—10 м. Разрез непосредственно продолжают песчаные глины синего цвета мощностью 35—40 м, переполненные хорошо сохранившейся и богатой малакофауной куяльницкого яруса, в том числе *Limnocardium exlex* David., *Didacna medeae* David., *Pseudocatillus postdonacoides* David., *P. pleonexia* David., *Chartoconcha postcimmerica* David. и мн. др. Выше идут песчаные глины желтоватого цвета с многочисленными *Dreissena colchica* Tsel., а еще выше—карбонатные песчаники с *Didacna medeae* David.

Из вышеперечисленной фауны особый интерес представляет *Oxidacna gurianthica* Tselidze sp. nov., так как представителей этого рода в отложениях моложе киммерия до сих пор никто не находил. Ввиду «крайней редкости находки, а также малого количества накопившихся материалов и наблюдений по палеоэкологии *Oxidacna*» ([1], стр. 33), выявление нового представителя данного рода приобретает определенный интерес.

Тип *Mollusca*—мягкотелые

Класс *Bivalvia*—двустворчатые

Отряд *Heterodonta*—разнозубые

Семейство *Cardiidae* Lamark, 1819

Род *Oxidacna* Davitashvili, 1930

Типовой вид. *Didacna tenericardo* Andrussov. Киммерийский ярус. Керченский п-ов (Камышбурун).

Диагноз. Раковина равностворчатая, с резкой ребристой наружной поверхностью, от небольших до средних размеров. Ребра переднего поля высокие, угловатые, украшенные чешуйками. В замке правой створки имеется один или два кардинальных зуба и слабые одиночные передний и задний боковые зубы. В левой створке только один хорошо развитый, высокий кардинальный зуб. Мантийная линия с явственным

притуплением. На основании изучения нашего материала в диагнозе рода необходимо внести небольшое уточнение: в левой створке имеются один хорошо развитый, высокий кардинальный зуб и иногда одиночные, слабые передний и задний боковые зубы.

Состав рода. До сих пор было известно три несомненных представителя этого рода: *O. tenericardo* Andrus., *O. buguntyrica* Ebers. и *O. tertiana* Ebers. К этому же роду был условно отнесен *O. (?) ambrae* Ebers. [1]. Все они приурочены к киммерийским отложениям. Теперь же к ним присоединяется *O. gurianthica* Tšel. из куяльницких отложений с. Гурианта (Махарадзевский район).

Распространение. Известен из киммерийских и куяльницких отложений Эвксинского бассейна.

*Oxidacna gurianthica* Tšelidze sp. nov.

Голотип. 1—53. Хранится в Геологическом институте АН ГССР. С. Гурианта Махарадзевского р-на (Западная Грузия). Куяльницкие отложения. Наименование вида от названия селения — Гурианта, по местонахождению образца.

Материал. Шесть (три правых и три левых) створок.

Описание. Раковина средней величины, округло-треугольного очертания, равностворчатая, равносторонняя. Макушка небольшая и неширокая, мало выдающаяся над замочным краем. Задняя часть замочного края почти прямая, а передняя чуть вогнутая, они сходятся между собой под углом  $115^\circ$ . Передний край дугообразный, нижний слабо выпуклый, а задний короткий, прямой, скошенный, с угловатыми переходами в замочный и нижний края.

Переднее поле широкое, равномерно выпуклое, а заднее узкое, круто падающее. Киль в виде тонкого шиповидного ребра. Наружная поверхность острорребристая, с общим числом ребер 20. На переднем поле имеется 15 тонких, острых ребер, украшенных тесно расположенными небольшими чешуйчатыми бугорками, хорошо видимыми и невооруженным глазом. Межреберные пространства широкие, постепенно сливающиеся с боковыми скатами ребер, они несут тонкие и частые штрихи нарастания, которые на гребне ребер образуют чешуйчатые бугорки. Ребра заднего поля, числом пять, тонкие и узкие, также имеют очень мелкие чешуйчатые бугорки.

В замке правой створки имеется два кардинальных зуба; из них наиболее развит задний, который с боков ограничен ямками. Боковые зубы, по одному с каждой стороны, имеют вид коротких острых пластинок. Передний боковой зуб короче заднего. Левая створка имеет один хорошо развитый передний кардинальный зуб и по одному боковому зубу, которые намного короче боковых зубов правой створки.

Лигаментная пластинка маленькая, короткая, Луночка и щиток хорошо выраженные, ограниченные шиповидными ребрышками. Щиток намного длиннее луночки.

Внутренняя поверхность створки ребристая, ребра хорошо выражены ниже отпечатка мантийной линии, выше этой линии ребристость постепенно сглаживается. Внутренние ребра представляют собой негативное изображение наружных ребер: наружным ребрам на внутренней поверхности створки соответствуют желобки, а межреберным пространствам наружной поверхности створки — ребра на внутренней поверхности. Число последних достигает 16—17. На внутренней поверхности заднего поля ребра почти не заметны.

Отпечатки сводящихся мускулов хорошо выражены. Мантийная линия с неглубоким синусом. Зияния створок незаметны.

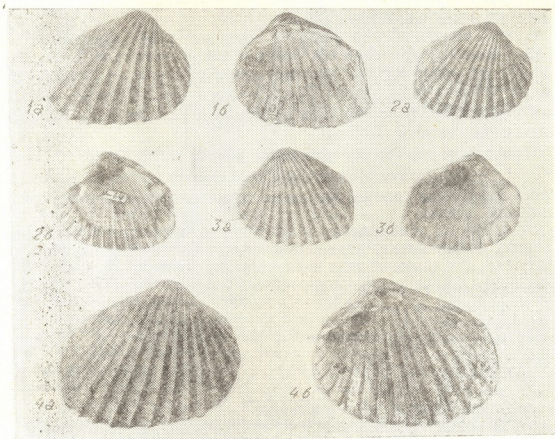


Рис. 1—4. *Oxidacna gurianthica* Tselidze sp. nov.: 1—голотип; 4—с. Гурианта; 2,3—створки одной особи, буровая № 18

#### Размеры (мм)

	Длина	Высота	Выпуклость
№ 1—64	26,2	22,7	7,0
№ 1—53	31,0	26,3	9,5
№ 2—53	41,0	34,1	11,8

Сравнение. *Oxidacna gurianthica* sp. nov. ближе всех стоит к *O. tenericardo* Andrus. [1], но резко отличается от него наличием в левой створке переднего и заднего боковых зубов, всегда отсутствующих у *O. tenericardo*.

От *O. buguntyrica* Ebers. [1] *O. gurianthica* отличается меньшим количеством ребер (у *O. buguntyrica* 26, а у *O. gurianthica* 20), общим очертанием створок и наличием в левой створке боковых зубов. В этом отношении *O. gurianthica* обнаруживает определенное сходство с *O. tertia* Ebers. [1], у которого слабые, рудиментарные боковые зубы в левой створке наблюдаются в молодой стадии, но эти виды все же отличаются друг от друга: *O. tertia* имеет более удлиненную створку, менее чешуйчатые ребра и более слабый зубной аппарат, чем у *O. gurianthica*.

Место нахождения. С. Гурианта Махарадзевского р-на, Колхидская низменность, буровая № 18 ГПУ, глубина 140 м. Куяльницкий ярус.

Род *Oxidacna* был выделен Л. Ш. Давиташвили [2, 3] для киммерийских форм, имеющих острые крышевидные ребра, гребни которых украшены узкими чешуйками, и цельную мантийную линию. Впоследствии А. Г. Эберзин установил, что оксидакны характеризуются притуплением мантийной линии.

О происхождении рода *Oxidacna* почти ничего не известно, но некоторые особенности в строении ребра и замка позволили А. Г. Эберзину [1] высказать предположение о связи оксидакны с позднепонтическими *Didacna ex gr. incerta* Desch. На самом деле раковина молодых особей *Didacna incerta incerta* (Desch.) украшена мелкими чешуйками, напоминающими чешуйки *Oxidacna*.

По-видимому, некоторое изменение образа жизни *D. incerta incerta Oxidacna* — зарывание в ил способствовало сохранению чешуйчатости ребер и удлинению сифона, вызывавшим, в свою очередь, притупление мантийной линии.

Несмотря на обнаружение в куюльнических отложениях Колхидского залива представителя рода *Oxidacna*, его все же нужно считать руководящим для киммерийских и раннекуюльнических отложений.

Академия наук Грузинской ССР  
 Геологический институт

(Поступило 30.7.1976)

გეოლოგია

ბ. ჰელიძე

OXIDACNA-ს გვარის ახალი წარმომადგენელი მასხვლეთ  
 სამართველოს კუილნიკური ნალექებიდან

რეზიუმე

მახარაძის რაიონის სოფ. გურიანთის კუილნიკური ნალექებიდან აღწერილია *Oxidacna*-ს გვარის ახალი წარმომადგენელი — *O. gurianthica*.

GEOLOGY

G. F. CHELIDZE

## A NEW REPRESENTATIVE OF THE GENUS *OXIDACNA* FROM THE KUYALNIKIAN SEDIMENTS OF WESTERN GEORGIA

### Summary

*O. gurianthica*, a new representative of the genus *Oxidacna* from the sediments of the village of Gurianta in the Makharadze district, is described.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. Г. Эберзин. Солоноватоводные кардинды плиоцена СССР, ч. II, М., 1951.
2. Л. Ш. Давиташвили. Руководящие ископаемые нефтеносных районов Крымско-Кавказской области, VIII, М., 1930.
3. Л. Ш. Давиташвили. Обзор моллюсков третичных и послетретичных отложений Крымско-Кавказской провинции, М., 1933.



В. З. ЯРОШЕВИЧ, М. Ш. КАВИЛАДZE, Д. В. АРЕВАДZE, В. Г. ГОГИШВИЛИ

## ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ ИЗОТОПОВ СЕРЫ В ПРОЦЕССЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО СИНТЕЗА ПИРИТ-БАРИТОВОГО ПАРАГЕНЕЗИСА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. А. Твалчрелидзе 15.9.1976)

Изучение распределения изотопов в сосуществующих фазах позволяет получать обширную информацию об условиях минералообразования [1]. Основным затруднением при генетической интерпретации изотопных данных является неуверенность в равновесном распределении изотопов между парагенетичными фазами, вызванная отсутствием прямых критериев изотопной равновесности фаз. В связи с этим большое значение приобретают экспериментальные работы по фракционированию изотопов в условиях, близких к природным.

В настоящей статье изложены результаты экспериментов по фракционированию изотопов серы при совместном гидротермальном синтезе пирита и барита. Синтез осуществлен в системе  $S^0 - BaCl_2 - FeCl_2 - H_2O$  при температуре  $250 \pm 5^\circ C$  и давлении около 70 атмосфер. Продолжительность опытов колебалась от 24 до 600 часов. Исходные вещества — химически чистые  $S^0$ ,  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$  и  $FeCl_2 \cdot 6H_2O$  тщательно перемешивались, в стеклянных тиглях помещались в автоклавы из нержавеющей стали объемом  $30 \text{ см}^3$  и заливались дистиллированной водой. Давление регулировалось степенью заполнения автоклавов раствором. Синтезированный барит представлен бесцветными игольчатыми кристаллами с максимальным размером по оси удлинения до 5 мм. Кристаллы пирита октаэдрические, размером до 1 мм. Наблюдаются нарастание пирита на непрорегировавшую серу, образующую шарики различного диаметра, а также взаимное прорастание кристаллов пирита и барита. Массы новообразованных фаз незначительно возрастают с увеличением длительности синтеза. Максимальное потребление серы не превышает 10% ее начального количества.

Изотопный состав серы синтезированных минералов исследовался на масс-спектрометре МИ-1305. Образцы для анализа готовились по методике, описанной В. И. Устиновым и др. [2].

Как показано на рис. 1, изотопный состав серы пирита меняется в кратковременных опытах. В опытах длительностью более 5 суток отношение изотопов серы в пирите постоянно и близко к изотопному составу исходной серы ( $\delta S_{34}$  исходной серы  $+11,0\%$ ). Разброс значений  $\delta S_{34}$  пиритов в экспериментах одинаковой длительности не превышает 2%, в то время как для баритов эта величина достигает 8%. Однако, несмотря на большой разброс, наблюдается четкая тенденция утяжеления сульфатной серы с увеличением длительности экспериментов (рис. 1), что указывает на изотопную неравновесность процесса кристаллизации барита по отношению к пириту и исходной сере.

Этот вывод не согласуется с данными В. А. Гриненко с соавторами [1], которые, анализируя результаты своих экспериментов по

фракционированию изотопов при диспропорционировании серы, пришли к выводу, что при температуре 200°C и продолжительности экспериментов от 3 до 150 часов изотопный состав как сульфатного иона, так и барита не зависит от времени.

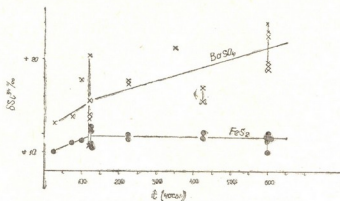


Рис. 1. Зависимость изотопного состава серы, пирита и барита от продолжительности синтеза

На рис. 2 в координатах ( $\delta S^{34}$  сульфата —  $\delta S^{34}$  сульфида) —  $\delta S^{34}$  фазы приведены результаты как наших экспериментов, так и экспериментальные данные В. А. Гриненко с соавторами [1].

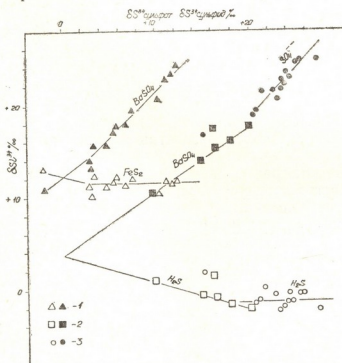


Рис. 2. Изотопный состав серы синтезированных, фаз в системах: 1— $S^0$ — $BaCl_2$ — $FeCl_2$ — $H_2O$  ( $T=250^\circ C$ )—наши данные; 2— $S^0$ — $BaCl_2$ — $H_2O$  ( $T=200^\circ C$ )—данные В. А. Гриненко и др. [1]; 3— $S^0$ — $H_2O$  ( $T=200^\circ C$ )—данные В. А. Гриненко и др. [1]

тов можно показать, что, действительно, в общепринятом приближении [4]  $\delta S^{34} \sim T^{-2}$  при любой температуре для двух равновесных фаз А и В

Впервые подобную диаграмму применили Д. М. Пинкней и Т. А. Рафтер [3]. Они указали, что если парагенетичные минералы А и В равновесно осаждались из единого гидротермального раствора, но при различной температуре, то точки, соответствующие изотопному составу этих минералов, в указанных координатах лягут на прямую линию. Экстраполяция линий до  $\delta S_A^{34} - \delta S_B^{34} = 0$  позволяет оценить изотопный состав исходного раствора, так как в этой точке  $\delta S_A^{34} = \delta S_B^{34} = \delta S_{C_0}^{34}$ , где  $\delta S_{C_0}^{34}$  — изотопный состав серы исходного раствора.

При помощи несложных математических расчетов

$$\delta S_A^{34} - \delta S_B^{34} \approx K_A (\delta S_A^{34} - \delta S_{C_0}^{34}) = K_B (\delta S_B^{34} - \delta S_{C_0}^{34}), \quad (1)$$

где  $K_1$  — постоянная.

Можно показать, однако, что если равновесие в системе не достигнуто и в ней наблюдается протекание направленных реакций ( $C \rightarrow A$  и  $C \rightarrow B$ ), то разность  $\delta S_A^{34} - \delta S_B^{34}$  для парагенетичных фаз А и В в первом приближении также будет описываться уравнением (1).

Если при постоянной температуре кристаллизация одной из фаз протекает равновесно, в то время как вторая фаза неравновесна с исходным раствором, то уравнение (1) не выполняется.

С точки зрения изложенного рассмотрим рис. 2:

1. В системе  $S^0 - BaCl_2 - H_2O$  новообразованные фазы  $BaSO_4$  и  $H_2S$  изотопно неравновесны с исходной серой.

2. В системах  $S^0 - H_2O$  и  $S^0 - BaCl_2 - FeCl_2 - H_2O$  сульфидная сера, по всей видимости, достигает изотопного равновесия с исходной элементарной серой, в то время как фазы и ионы, содержащие сульфатную серу, неравновесны как с исходной серой, так и с сульфидными фазами и ионами.

3. Степень протекания реакций в хлоридных системах значительно меньше, чем в системе  $S^0 - H_2O$ .

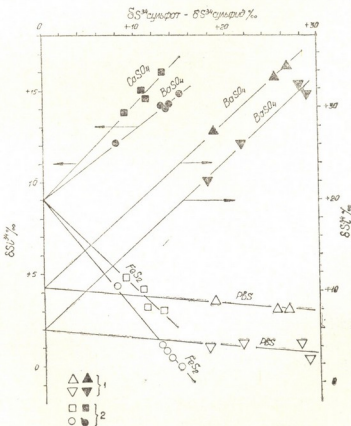


Рис. 3. Изотопный состав серы парагенетичных сульфидных и сульфатных минералов: 1 в юго-восточном рудном районе Миссури (по данным В. У. Олта и др. [5]; 2 — в Алавердском рудном районе (по данным А. Г. Севунца [6])

Таким образом, эксперименты по диспропорционированию серы в воде однозначно показывают, что в гидротермальном кислом растворе при температуре 200—250°C и длительности синтеза до 24 суток изо-

топное равновесие между сульфидной и сульфатной серой не устанавливается.

Обращает на себя внимание тот факт, что соотношение изотопов серы в природных сульфид-сульфатных парагенезисах также удовлетворяет уравнению (1) (рис. 3). Если интерпретировать распределение изотопов в них как равновесное, то следует принять, что температура при формировании сульфид-сульфатных парагенезисов колебалась в юго-восточном рудном районе Миссури от 250 до 400°C, а в Алавердском рудном районе — от 450 до 800°C, что значительно превышает возможные температуры формирования этих руд. Следовательно, и в природных сульфид-сульфатных парагенезисах изотопное равновесие обычно не достигается.

Кавказский институт минерального  
сырья

Тбилисский государственный университет

(Поступило 16.9.1976)

გეოქიმია

ვ. იაროშევიჩი, მ. კავილაძე, დ. არევაძე, ვ. გოგიშვილი

ბოზირდის იზოტოპების ფრაქციონირება პირიტ-ბარიტის  
პარაგენეზის ჰიდროთერმული სინთეზის პროცესში

რეზიუმე

ექსპერიმენტულად და რიგი საბადოების მაგალითზე ნაჩვენებია, რომ ბუნებაში შემჩნეული გოგიშვილის იზოტოპების ფრაქციონირება სულფიდ-სულფატურ პარაგენეზისებში ხდება კინეტიკური იზოტოპური ეფექტის გამო.

GEOCHEMISTRY

V. Z. YAROSHEVICH, M. Sh. KAVILADZE, D. V. AREVADZE, V. G. GOGISHVILI  
FRACTIONATION OF SULFUR ISOTOPES IN THE PROCESS OF  
HYDROTHERMAL SYNTHESIS OF PYRITE-BARITE PARAGENESIS

Summary

Experimentally and by recourse to a number of ore deposits it is shown that fractionation of sulphur isotopes in sulphide-sulphate paragenesis, observed in nature, is due to the kinetic isotope effect.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. А. Гриненко, Л. Н. Гриненко. Геохимия изотопов серы. М., 1974.
2. В. И. Устинов, В. А. Гриненко. Прецизионный масс-спектрометрический метод определения изотопного состава серы. М., 1965.
3. D. M. Pinkey, T. A. Rafter. Econ. Geol. 67, № 3, 1972.
4. С. З. Рогинский. Теоретические основы изотопных методов изучения химических реакций. М., 1956.
5. W. U. Ault, I. L. Kulp. Econ. Geol. 55, № 1, 1960.
6. А. Г. Севунц. Изотопный состав серы сульфидов и сульфатов Алавердского рудного района. Ереван, 1974.

Г. Н. ХАШБА

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК ПРИ КРУЧЕНИИ

(Представлено академиком К. С. Завриевым 28.7.1976)

Вопрос о проведении цилиндрических оболочек при динамическом приложении крутящего момента имеет актуальное теоретическое значение; до сих пор эта проблема рассматривалась лишь в первом приближении [1]. В то же время данная задача имеет важное практическое приложение, особенно в авиа- и судостроении.

Рассмотрим круговую цилиндрическую тонкостенную оболочку, имеющую радиус кривизны срединной поверхности  $R$  и толщину  $h$ . Допустим, что оболочка подвергается быстрому приложению крутящего момента, имеющего характер ступенчатого импульса. Будем считать, что сдвигающее напряжение  $s$  начинает действовать в момент времени  $t=0$  и остается постоянным до момента  $t=\tau$ . Поставим перед собой задачу определить характер динамического волнообразования оболочки и значение «опасного» импульса, ведущего к возникновению значительных прогибов. Волновой процесс в оболочке принимать во внимание не будем.

Основные уравнения нелинейной теории круговых цилиндрических оболочек с начальными неправильностями [2] имеют вид

$$\frac{D}{h} \nabla^4 (w - w_0) = L(w, \Phi) + \frac{1}{R} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} - \rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}, \quad (1)$$

$$\frac{1}{E} \nabla^4 \Phi = -\frac{1}{2} [L(w, w) - L(w_0, w_0)] - \frac{1}{R} \frac{\partial^2 (w - w_0)}{\partial x^2}. \quad (2)$$

Здесь  $w$ ,  $w_0$  — полный и начальный прогибы;  $\Phi$  — функция напряжений в срединной поверхности;  $L(w, \Phi)$  и  $L(w, w)$  — известные билинейные операторы. Координаты  $x$  отсчитываются вдоль образующей,  $y$  — по дуге;  $E$  и  $\rho$  — модуль упругости и плотность материала оболочки.

Для решения задачи воспользуемся методом Бубнова—Галеркина. Аппроксимирующие выражения для  $w$  и  $w_0$  примем в виде

$$w = f_1 \sin \alpha x \sin \beta (y - \gamma x) + f_2 \sin^2 \alpha x, \quad (3)$$

$$w_0 = f_{01} \sin \alpha x \sin \beta (y - \gamma x) + f_{02} \sin^2 \alpha x, \quad (4)$$

причем  $\alpha = \pi/L$ ;  $\beta = n/R$ ;  $f_1$  и  $f_2$  — параметры полного прогиба;  $f_{01}$  и  $f_{02}$  — параметры начального прогиба;  $L$  — длина оболочки;  $\gamma$  — тангенс угла наклона гребня выпучины к образующей;  $n$  — число волн по окружности.

Подставляем выражение (3), (4) в правую часть уравнения (2) и находим функцию напряжений в срединной поверхности:

$$\Phi = E [K_1 \cos 2\alpha x + K_2 \cos 2\beta (y - \gamma x) - K_3 \sin \alpha x \sin \beta (y - \gamma x) - K_4 \cos \alpha x \cos \beta (y - \gamma x) + K_5 \sin 3\alpha x \sin \beta (y - \gamma x) + K_6 \cos 3\alpha x \cos \beta (y - \gamma x)] - sxy, \quad (5)$$

где  $K_1, \dots, K_6$  — некоторые функции параметров оболочки, а также полного и начального прогибов.

Подставляя (3)—(5) в уравнение (1) и используя процедуру Бубнова—Галеркина, приходим к следующей системе нелинейных дифференциальных уравнений, связывающих безразмерные параметры прогиба  $\zeta_1, \zeta_2$  с безразмерным временем  $\tau$ :

$$\ddot{\zeta}_1 = N \left[ \left( \widehat{s} - C_0 \frac{\zeta_1 - \zeta_{01}}{\zeta_1} \right) \zeta_1 - C_1 (\zeta_1^2 - \zeta_{01}^2) \zeta_1 - C_2 (\zeta_1 \zeta_2 - \zeta_{01} \zeta_{02}) \zeta_2 + C_3 (\zeta_1 \zeta_2 - \zeta_{01} \zeta_{02}) + C_4 (\zeta_2 - \zeta_{02}) \zeta_1 + C_5 (\zeta_1 - \zeta_{01}) \zeta_2 \right], \quad (6)$$

$$\ddot{\zeta}_2 = B_0 [B_1 (\zeta_1^2 - \zeta_{01}^2) - B_2 (\zeta_2 - \zeta_{02}) + B_3 (\zeta_1 - \zeta_{01}) \zeta_1 - B_4 (\zeta_1 \zeta_2 - \zeta_{01} \zeta_{02}) \zeta_1]. \quad (7)$$

Здесь введены параметры типа  $\zeta_1 = f_1/h$ ,  $\widehat{s} = sR^2/Eh^2$ ,  $\tau = \omega_0 t$ ; величины  $N, C_0, \dots, C_5, B_0, \dots, B_4$  выражаются через геометрические параметры оболочки и величину  $\gamma$ ;

$$\omega_0^2 = \pi^2 Eh/L^2 R \rho \sqrt{3(1 - \mu^2)}.$$

Уравнения (6), (7) были проинтегрированы численным методом с помощью ЭЦВМ БЭСМ-6 при начальных условиях

$$\zeta_1 = \zeta_{01}, \quad \zeta_2 = \zeta_{02}, \quad \dot{\zeta}_1 = 0, \quad \dot{\zeta}_2 = 0 \quad \text{при } \tau = 0. \quad (8)$$

Далее, было принято значение  $\gamma$ , определяющее наклон гребней волн, которое вытекает из решения соответствующей статистической задачи об устойчивости оболочки при кручении [2].

В результате вычислений были найдены зависимости  $\zeta_1(\tau)$  и  $\zeta_2(\tau)$  при разных числах волн  $n$  вдоль дуги. На рис. 1 для примера изображена подобная зависимость, относящаяся к  $\zeta_1$  при  $\zeta_{01} = \zeta_{02} = 0,001$ ,  $R/h = 200$ ,  $L/R = 4$ . Как видим, ранее всего отклоняется от оси абсцисс кривая, отвечающая числу волн  $n = 13$ . Поэтому надо считать, что параметр  $n = 13$  является в данном примере „критическим“ числом волн.

Примем в качестве «опасного» для оболочки тот момент, когда прогиб  $f_1$  достигает величины, равной толщине оболочки ( $\zeta_1 = 1$ ). Как показывают опыты, при этом появляются пластические деформации оболочки.

Полученные результаты дают возможность определить «опасные» значения безразмерного импульса  $\widehat{l}$  в зависимости от приложенного касательного усилия  $\widehat{s}$ . Под  $\widehat{s}$  понимается безразмерный параметр  $\widehat{s} = s/s_B$ ,

где  $s_B$ —верхнее критическое статическое усилие для оболочки таких же размеров [2]; под  $\hat{I}$  подразумевается величина

$$\hat{I} = \int_0^{\tau_{кр}} \hat{s} d\tau, \quad (9)$$

где  $\tau_{кр}$ —„критическое“ время, в течение которого динамический прогиб достигает „опасного“ значения.

На рис. 2 показано соответствующее значение для оболочки с указанными выше параметрами; по оси абсцисс отложен импульс  $\hat{I}$ , по оси ординат—величина  $\hat{s}$ . Судя по графику, для значительных величин  $\hat{s}$ , характеризующих превышение приложенным касательным усилием статического критического значения, «опасный» импульс сравнительно мал, при падении  $\hat{s}$  величина  $\hat{I}$  возрастает. Такой характер соотношения  $\hat{s}(\hat{I})$  отвечает теоретическим и экспериментальным данным, относящимся к другим видам нагружения оболочек [3].

В дальнейшем желательно исследовать ту же задачу, варьируя величину  $\gamma$  для случая динамического нагружения. Кроме того, целесообразно исследовать влияние формы импульса на поведение оболочки.

Грузинский институт  
 субтропического хозяйства

(Поступило 29.7.1976)

საშენობლო მეცნიერება

ბ. ხაშბა

ცილინდრული გარსების მდგრადობის გამოკვლევა დინამიური  
 ზრუნისას  
 რეზიუმე

გამოკვლეულია დინამიური გრესის მოქმედებით ცილინდრული თხელ-  
 კედლიანი გარსების ქცევა. გამოყენებულია ბუბნოვ—გალიორკინისა და რიც-  
 ხვითი მეთოდები. მიღებულია დიაგრამები «დინამიური იმპულსი — მგრეხა-  
 ვი დატვირთვა».

STRUCTURAL MECHANICS

G. N. KHASHBA

## INVESTIGATION OF THE DYNAMIC STABILITY OF CYLINDRICAL SHELLS UNDER TORSION

Summary

The behaviour of circular cylindrical thin shells under torsional dynamic loading has been investigated by the method of Bubnov-Galerkin and numerical methods.

The diagrams of "dynamic impulse-torsional load" have been obtained.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. Н. Х а ш б а. Труды X Всесоюзной конференции по теории оболочек и пластин, т. I. Кутаиси, 1975.
2. А. С. Вольмир. Устойчивость деформируемых систем, М., 1967.
3. А. С. Вольмир. Оболочки в потоке жидкости и газа, задачи аэроупругости, М., 1976.



УДК 539.376+624.04

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Г. И. ГВИНЧИДZE, Г. Г. ДЗОДЗУАШВИЛИ, Г. В. КИЗИРИЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В ОДНОРОДНЫХ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ КОНСТРУКЦИЯХ С УЧЕТОМ НЕЛИНЕЙНОЙ ПОЛЗУЧЕСТИ БЕТОНА

(Представлено академиком К. С. Завреневым 29.7.1976)

В [1] определены перемещения в статически определимых конструкциях с учетом нелинейной ползучести бетона. При этом в формуле 8.7 из [2]

$$\varepsilon_y(t) = \frac{\sigma_y(t)}{E(t)} - \int_{\tau_1}^t \sigma_y(\tau) \frac{\partial}{\partial \tau} \left[ \frac{1}{E(\tau)} \right] d\tau - \int_{\tau_1}^t F[\sigma_y(\tau)] \frac{\partial C(t, \tau)}{\partial \tau} d\tau$$

принято  $f(\sigma) = \sigma + \beta\sigma^3$ .

Определение лишних неизвестных даже при этой простейшей зависимости связано с большими трудностями. Кроме того, при определении лишних неизвестных необходимо, чтобы степень, в которую возводится напряжение, была нечетной, так как в статически неопределимых системах эпюра моментов разнозначна и вследствие возведения в четную степень всем ординатам эпюры присваивается положительный знак, что дает неправильный результат. Поэтому необходимо иметь зависимость вида

$$f(\sigma) = \sigma + \beta\sigma^n, \quad (1)$$

где  $n$  — нечетное число.

Ниже для упрощения расчетов принимаем

$$f(\sigma) = \beta\sigma^3. \quad (2)$$

Кроме того, принимается, что аналогичная нелинейная зависимость существует и в упругой стадии.

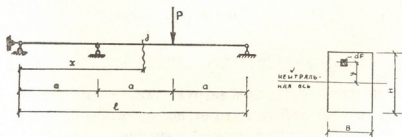


Рис. 1

Относительная деформация волокна балки (рис. 1), находящегося на расстоянии  $y$  от нейтральной оси в  $j$ -том сечении в момент времени

$t$ , с учетом нелинейной ползучести, если принять новую форму модифицированной теории старения [3], определяется из следующего интегрального уравнения:

$$\varepsilon(t) = \frac{1}{\rho(t)} \cdot y = \frac{\lambda \sigma^3}{E} (1 + \varphi(t) - \varphi(\tau_n) + \Theta_0 - m\varphi(\tau_n)) + \frac{\lambda}{E} \int_{\tau_n}^t \frac{d\sigma^3(\tau)}{d\tau} (1 + \varphi(t) - \varphi(\tau_n) + \Theta_0 - m\varphi(\tau)) d\tau, \quad (3)$$

откуда

$$\sigma(t) = \left[ y \cdot \left[ \frac{E}{\lambda} (1 + \Theta_0 - m\varphi(t))^{1/m} \left[ \int \frac{dq(t)}{d\varphi(t)} (1 + \Theta_0 - m\varphi(t))^{-1/m-1} d\varphi(t) + \frac{q(\tau_n)}{(1 + \Theta_0 - m\varphi(\tau_n))^{1/m+1}} \right] \right]^{1/3} \right]. \quad (4)$$

Уравнение равновесия при прямоугольном и симметричном сечении дает

$$2B \int_0^{\frac{H}{2}} \sigma y dy = M \quad (5)$$

для рассматриваемого случая, уравнение (5) после дифференцирования имеет вид

$$\frac{dq(t)}{d\varphi(t)} = \psi \left[ \frac{d[M^3(t)]}{d\varphi(t)} (1 + \Theta_0 - m\varphi(t)) + M^3(t) \right], \quad (6)$$

где

$$\psi = \frac{5488}{27} \frac{\lambda}{B^3 H^7 E}. \quad (7)$$

Условие отсутствия изменения перемещения в надпорном сечении основной системы дает

$$\frac{dC(t)}{d\varphi(t)} (1 + \Theta_0 - m\varphi(t)) (192 C^2(t) - 272 pC(t) + 126 p^3) + 64 C^3(t) - 136 pC^2(t) + 126 C(t) - 47 p^3 = 0. \quad (8)$$

Если статическая схема при загрузке не изменяется, при принятых предположениях (8) следует, что от ползучести не изменяются и лишние неизвестные. Для случая, когда изменяется статическая схема, уравнение (8) сохраняет силу. Перемещения, которые произошли в конструкции до изменения статической схемы, входят в начальные условия.

Пример: балка под нагрузкой (см. рис. 2) получает прогиб. После этого в точке  $c$  на расстоянии  $a$  от левой опоры ставится опора.

Определение лишней неизвестной производилось на ЭЦВМ по программе, составленной на алгоритмическом языке «Аналитик».

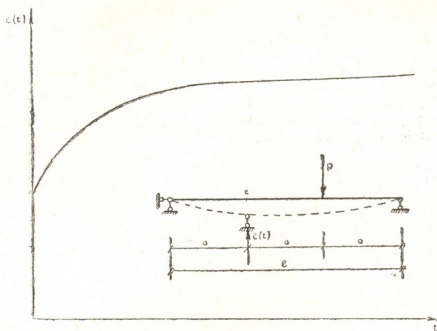


Рис. 2

Изменение во времени опорной реакции показано на рис. 2.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт строительной механики  
и сейсмостойкости

(Поступило 30.7.1976)

საგზინაგზო მექანიკა

ბ. გვინჩიძე, ბ. ძოდუაშვილი, გ. კიზირია

დასაკბულოებათა განსაზღვრა სტატიკურად ურკვევად კონსტრუქციებში ბეტონის არაწრფივი ცოცვადობის გათვალისწინებით

რეზიუმე

მოცემულია ზედმეტი უცნობების განსაზღვრის მეთოდი სტატიკურად ურკვევად სისტემაში არაწრფივი ცოცვადობის გათვალისწინებით. არაწრფივობის კანონს აქვს შემდეგი სახე:  $f(\sigma) = \beta \sigma^3$ . ამოხსნას საფუძვლად უდევს დაძველების მოდიფიცირებული თეორია.

გამოთვლილია მაგალითი, რისთვისაც შედგენილი იყო პროგრამა ელექტრონული გამოთვლითი მანქანისათვის ალგორითმულ ენაზე „АНАЛИТИК“.

STRUCTURAL MECHANICS

G. I. GVINCHIDZE, G. G. DZODZUASHVILI, G. V. KIZIRIA

DETERMINATION OF STRESSES IN UNIFORM, STATICALLY INDETERMINABLE CONSTRUCTIONS TAKING INTO CONSIDERATION THE NONLINEAR CREEP OF CONCRETE

Summary

A method is presented for determining the extra unknown quantities in a statically indeterminable system, with account of the nonlinear creep

of concrete. The law of nonlinearity is expressed by the formula  $f(\sigma) = \beta\sigma^3$ . The solution of this problem is based on a modified theory of ageing. The problem was solved by means of an electronic computer.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. В. Кизиря, Г. И. Гвинчидзе, Г. Г. Дзодзуашвили. Сб. «Строительная механика пространственных конструкций», вып. 3. Тбилиси, 1975.
2. И. Х. Арутюнян. Некоторые вопросы теории ползучести. М., 1952.
3. Г. В. Кизиря, Г. И. Гвинчидзе, А. Д. Долидзе. Изв. вузов, Строительство и архитектура, № 8, 1976.

Т. В. САМКУРАШВИЛИ, Ф. Н. ТАВАДЗЕ (академик АН ГССР)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АМОРФНЫХ ПЛЕНОК БОРА

Исследованию электрических свойств бора  $\beta$ -ромбоэдрической модификации посвящено достаточно много работ. Однако пленки бора изучены совершенно недостаточно [1], тогда как изучение свойств пленок чистого и легированного бора позволит расширить класс материалов, находящихся в распоряжении технологов, занимающихся, например, напылением полупроводниковых пленочных элементов. Кроме практического, сложный характер ряда свойств бора заслуживает и научный интерес.

В настоящей статье приводятся результаты исследования электрических свойств аморфных пленок бора. Пленки напылялись на сапфировой подложке по технологии, описанной в [2].

Измерение температурной зависимости удельного сопротивления аморфных пленок бора проводилось в температурном интервале от 77 до 1000°K. На основании обработки результатов измерений на большом количестве образцов был построен график зависимости удельного сопротивления от обратной температуры (рис. 1).

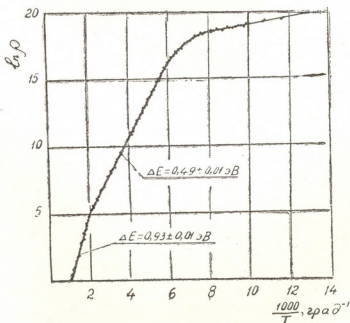


Рис. 1. Температурная зависимость удельного сопротивления аморфных пленок бора

Как видно из графика, собственная проводимость наступает при 500°K; это несколько выше, чем у кристаллического бора  $\beta$ -ромбоэдрической модификации [3, 4]. Следует также отметить, что величина удельного сопротивления аморфных пленок бора при комнатной темпе-

ратуре ниже, чем у  $\beta$ -бора, и составляет  $\rho = 10^4$  ом·см. В работе [5] отмечалось незначительное влияние даже повышенных для обычных полупроводников примесей на электропроводность  $\beta$ -бора, что справедливо и для аморфных пленок бора. Поэтому более низкое значение  $\rho$  в аморфных пленках не является результатом легирования последних, и данный факт следует объяснить различием механизма проводимости, обусловленного структурным состоянием исследуемого препарата.

Участок на графике  $\ln \rho = f\left(\frac{1}{T}\right)$ , соответствующий собственной проводимости, был использован для оценки ширины запрещенной зоны, экстраполированной к  $0^\circ\text{K}$ . По формуле

$$\rho = \rho_0 \exp \left\{ \frac{\Delta E}{2kT} \right\} \quad (1)$$

найдено, что  $\Delta E = 0,93 \pm 0,01$  эВ.

Энергии активации в зоне примесной проводимости до  $77^\circ\text{K}$ , соответствующие температурным интервалам  $500-180$  и  $180-77^\circ\text{K}$ , составляют  $\Delta E_1 = 0,49 \pm 0,01$  эВ и  $\Delta E_2 = 0,043 \pm 0,005$  эВ.

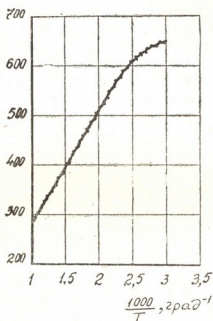


Рис. 2. Температурная зависимость термо-э.д.с. аморфных пленок бора

На рис. 2 приведен график зависимости дифференциальной термо-э.д.с.  $\alpha$  от обратной температуры. При измерении  $\alpha$  была использована пленочная термопара с некоторыми конструктивными изменениями [6].

В рассматриваемом температурном интервале термо-э.д.с. положительна и меняется от  $654$  мкВ·град $^{-1}$  при  $300^\circ\text{K}$  до  $285$  мкВ·град $^{-1}$  при  $1000^\circ\text{K}$ . Линейная зависимость  $\alpha$  от  $\frac{1}{T}$  наблюдается выше  $500^\circ\text{K}$ , что указывает на такую же зависимость  $E$  от  $T$ , а также на по-

стоянство отношения подвижностей  $b = \frac{\mu_n}{\mu_p}$ . Этот результат подтверждает справедливость применения формулы (1) для определения  $\Delta E$ .

С использованием значения  $\Delta E$  в области собственной проводимости по формуле [7]

$$b = \frac{\mu_n}{\mu_p} = \frac{\frac{\Delta E}{2} - \frac{\Delta \alpha}{\Delta(1000/T)}}{\frac{\Delta E}{2} + \frac{\Delta \alpha}{\Delta(1000/T)}} \quad (2)$$

было найдено  $b=0,33$ . Здесь  $\Delta \alpha$  и  $\Delta \left(\frac{1000}{T}\right)$  — конечные приращения соответствующих величин.

При комнатной температуре был измерен коэффициент Холла  $R = 8,64 \cdot 10^3 \text{ см}^3/\text{кул}$ , по которому были вычислены концентрация  $p = 7,23 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$  и подвижность  $\mu_p = 0,830 \text{ см}^2/\text{в.сек}$  дырок.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт металлургии  
им. 50-летия СССР

(Поступило 29.7.1976)

მეტალურგია

თ. სამკურაშვილი, ფ. თავაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი)

ბორის ამორფული აფსკის ელექტრული თვისებების კვლევა  
რეზიუმე

შესწავლილია ბორის ამორფული აფსკის ხვედრითი წინააღმდეგობისა და თერმო- ე. მ. ძ.-ის ცვლილება ტემპერატურისაგან დამოკიდებულებით. ეს დამოკიდებულებანი წარმოდგენილია სათანადო გრაფიკების სახით. განსაზღვრულია აქტივაციის ენერგია საკუთარ გამტარებლობის ზონაში.

METALLURGY

T. V. SAMKURASHVILI, F. N. TAVADZE

INVESTIGATION OF THE ELECTRICAL PROPERTIES OF AMORPHOUS BORON FILMS

Summary

The temperature dependence and thermo- e. m. f. of amorphous boron films has been studied. The dependences are represented by corresponding diagrams. The activation energy in the zone of intrinsic conduction has been determined.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. В. Самсонов, Г. В. Цагарейшвили. Сб. «Бор». М., 1974, 5.
2. Т. В. Самкурашвили, И. А. Байрамашвили, Б. В. Александрия. Там же, 142.
3. D. Geist. Boron, Plenum Press., New York, 1965, 107.
4. Ш. З. Джапаридзе, Ю. А. Мальцев, Р. Р. Швангирадзе. ФТП, 2, 3, 1968, 387.
5. Э. И. Адирович, Л. М. Гольдштейн. ФТП, 3, 2, 1969, 238.
6. И. Г. Шекриладзе, Ш. А. Мествиришвили, Т. В. Самкурашвили. Авт. свид. № 504144, 1976.
7. Г. Буш, У. Винклер. Определение характеристических параметров полупроводников. М., 1959, 89.



МЕТАЛЛУРГИЯ

Л. Н. ОКЛЕИ, А. И. ТУТБЕРИДЗЕ, Ш. Г. ЛЕЛАШВИЛИ,  
К. Г. ПАПАВА

О МЕТОДИКЕ ПЛАНИРОВАНИЯ НАДЕЖНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА  
ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОКАТКИ ТРУБ  
В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

(Представлено академиком Ф. Н. Тавадзе 14.7.1976)

Технологический процесс производства труб относится к массовым процессам, характеризующимся тремя основными чертами: а) большим числом параметров, оказывающих влияние на процесс; б) значительным разнообразием отдельных параметров; в) случайным характером изменения ряда факторов.

Несмотря на то что технологический процесс производства труб выполняется с многократными повторениями в примерно неизменных условиях и с возможно тщательным проведением отдельных операций, конечный результат процесса в отношении качества труб характеризуется рассеиванием — варьированием. Причиной этого является невозможность строгого соблюдения ряда факторов, определяющих качество труб, и их случайное отклонение. Однако каждый массовый процесс производства протекает таким образом, что его можно характеризовать некоторыми усредненными значениями параметров и показателями готовой продукции.

При проведении экспериментов в производственных условиях необходимо с достаточной достоверностью считать, что изменения внесенные в технологический процесс, оказывают существенное влияние на конечный результат, исключая его случайные изменения, иными словами, должны выполняться условия достоверности эксперимента.

Целью проведенных экспериментов было установление условий улучшения качества труб на агрегате «400» Руставского металлургического завода. Собран обширный статистический материал по данным «Ведомостей приемки и окончательного осмотра труб ОТК». Всего рассмотрено 3016 ведомостей, в которых объединено работа 3016 смен по осмотру около 2 000 000 труб.

Как показали сводные данные, относительные значения выхода труб, пораженных пленами, для каждой смены являются случайными величинами, характеризующимися нормальным законом распределения [1]. Характерная выборка данных по качеству труб по внутренним и наружным пленам за январь 1971 г. приведена в таблице.

На основании расчетов по данным всех ведомостей среднее значение количества труб, пораженных пленами, колеблется в пределах  $0,089 \div 0,104$ , т. е. в среднем равно 0,10. Это значит, что из общего количества осмотренных труб в среднем 10% оказались пораженными пленами<sup>(1)</sup>. Работу смены, в которой количество труб, пораженных пле-

(<sup>1</sup> Это значение завышено, так как в него вошли трубы, которые после ремонта и обреза были приняты первосортными.

## Вычисление выхода труб, пораженных пленами (январь 1971 г.)

Число и № смены	Количество труб			Оценка смены	Число и № смены	Количество труб			Оценка смены	
	п <sub>1</sub>	п <sub>2</sub>	п <sub>2</sub> /п <sub>1</sub>			п <sub>1</sub>	п <sub>2</sub>	п <sub>2</sub> /п <sub>1</sub>		
1	I	452	53	0,117	16	I	325	14	0,043	+
	II	316	38	0,120		II	725	11	0,015	+
	III	757	135	0,178		III	461	4	0,009	+
2	I	610	33	0,054	17	I	709	78	0,102	+
	II	633	66	0,104		II	746	62	0,083	+
	III	679	55	0,081		III	765	61	0,080	+
3	I	563	78	0,139	18	I	739	15	0,020	+
	II	653	44	0,067		II	510	6	0,012	+
	III	522	25	0,048		III	719	13	0,018	+
4	I	491	44	0,090	19	I	745	80	0,107	+
	II	704	52	0,074		II	709	16	0,023	+
	III	785	30	0,039		III	526	18	0,034	+
5	I	461	67	0,145	20	I	611	55	0,090	+
	II	726	62	0,085		II	224	8	0,036	+
	III	637	47	0,074		III	303	22	0,073	+
6	I	822	53	0,064	21	I	609	60	0,099	+
	II	827	39	0,047		II	659	70	0,117	+
	III	757	94	0,124		III	645	48	0,074	+
7	I	841	67	0,080	22	I	778	34	0,044	+
	II	642	37	0,058		II	750	94	0,125	+
	III	617	95	0,154		III	606	12	0,020	+
8	I	564	35	0,062	23	I	529	18	0,034	+
	II	569	96	0,099		II	677	72	0,106	+
	III	711	122	0,172		III	595	13	0,022	+
9	I	992	52	0,052	24	I	631	23	0,036	+
	II	736	51	0,069		II	528	22	0,040	+
	III	482	21	0,044		III	695	31	0,045	+
10	I	607	25	0,041	25	I	660	51	0,077	+
	II	575	86	0,150		II	764	39	0,051	+
	III	614	44	0,073		III	945	159	0,168	+
11	I	546	18	0,033	26	I	595	33	0,052	+
	II	430	65	0,151		II	421	110	0,261	+
	III	599	68	0,114		III	728	82	0,113	+
12	I	471	39	0,083	27	I	815	12	0,015	+
	II	523	13	0,025		II	705	1	0,001	+
	III	440	13	0,030		III	584	9	0,015	+
13	I	403	13	0,032	28	I	836	39	0,047	+
	II	180	8	0,044		II	670	32	0,048	+
	III	486	26	0,053		III	958	50	0,052	+
14	I	531	20	0,038	29	I	748	12	0,016	+
	II	382	21	0,055		II	823	24	0,029	+
	III	162	52	0,321		III	767	51	0,066	+
15	I	189	5	0,025	30	I	633	51	0,077	+
	II	139	19	0,137		II	719	46	0,064	+
	III	770	0	0		III	810	87	0,107	+

нами, меньше 10%, условно назовем «эффективной», а работу смены с выходом труб с пленами больше 10% — «выпадом».

Таблица дает возможность установить частоту появления событий «эффективная» смена и «выпад», а также некоторую закономерность этих событий.

За 10 месяцев из общего числа рабочих смен 909 «эффективными» оказались 687. Следовательно, вероятность появления «эффективной» смены равна 0,756.

Рассмотрим появление события «эффективная» смена ( $A_{xi}$ ) по следующим признакам: количество «эффективных» смен ( $A_1$ ), до и после которых появляются «выпады»; количество двух «эффективных» смен подряд ( $A_2$ ); трех «эффективных» смен ( $A_3$ ) и т. д. В соответствии с принятым признакам построен график распределения частоты появления «эффективной» смены (рис. 1). (Для наглядности в таблице эти случаи выделены квадратами).

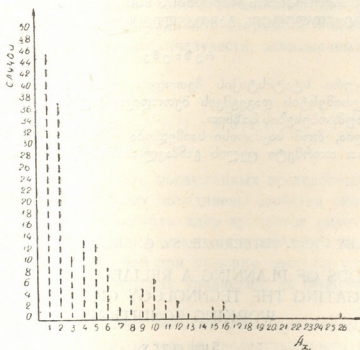


Рис. 1. График распределения частоты появления события «эффективной» смены

Вероятность появления «эффективной» смены равна 0,756, т. е. любая наугад взятая смена будет «эффективной» с той же вероятностью. Вероятность появления двух «эффективных» смен подряд равна  $P=0,70$ . Вероятность появления нескольких «эффективных» смен подряд уменьшается и уже для 16 смен равна  $P=0,10$ .

Исходя из полученных данных можно заключить, что если эксперимент проводится в одну смену, которая с вероятностью 0,756 является «эффективной», результаты этого эксперимента достоверны с вероятностью  $\bar{P}=1,0-0,756=0,244$ . По мере увеличения количества смен, в которых проводится эксперимент, достоверность его увеличивается.

Практически достаточная достоверность эксперимента получается при проведении его в 12 сменах подряд. В этом случае она равна 0,813.

Приведенные данные справедливы при проведении экспериментов на агрегате «400» Руставского металлургического завода.

Естественно, что в зависимости от конкретной производственной ситуации эти данные могут меняться. Однако методика определения условий достоверности эксперимента, изложенная в настоящей статье, является общей.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт металлургии  
 им. 50-летия СССР

(Поступило 15.7.1976)

მატალურგია

ლ. ოკლეი, ა. თუთბერიძე, შ. ლელაშვილი, კ. პაპავა

საიმედო ექსპერიმენტის დაგეგმვის მეთოდების შესახებ მიღების  
 გლინვის ტექნოლოგიის გამოკვლევისას საწარმოო პირობებში

რეზიუმე

მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდის გამოყენებით შემუშავებულია საიმედო ექსპერიმენტის დაგეგმვის მეთოდის მიღების სერიულ წარმოებაში ხარისხის გაუმჯობესების მიზნით.

დადგენილია, რომ საკმარისი საიმედობა ექსპერიმენტის მიღება, თუ მას ჩავატარებთ თორმეტი ცვლის განმავლობაში უწყვეტად.

METALLURGY

L. N. OKLEY, A. I. TUTBERIDZE, Sh. G. LELASHVILI, K. G. PAPA VA

ON METHODS OF PLANNING A RELIABLE EXPERIMENT WHEN  
 INVESTIGATING THE TECHNOLOGY OF TUBE ROLLING IN  
 WORKING CONDITIONS

Summary

Methods of planning a reliable experiment for mass production conditions have been developed on the basis of mathematical statistics.

According to the methods evolved, reliability of the obtained results will have a fairly high ( $P=0.8$ ) probability.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. К. Митропольский. Техника статистических вычислений. М., 1971.
2. Ю. Адлер. Введение в планирование эксперимента. М., 1969.

МАШИНОВЕДЕНИЕ

В. С. БААКАШВИЛИ, В. Н. КОВРОВ

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДЕФОРМАТИВНОСТИ ХАОТИЧЕСКИ  
 АРМИРОВАННЫХ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ  
 ТЕМПЕРАТУРАХ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. Н. Лоладзе 29.7.1976)

Исследования реологических свойств стеклопластиков [1] показывают, что для описания их поведения под нагрузкой может быть использована теория наследственной ползучести, записываемая в форме интегральных уравнений:

$$E\varepsilon(t) = \sigma + \int_0^t K(t-\tau) \sigma(\tau) d\tau. \quad (1)$$

Существует множество работ, посвященных исследованию и разработке ядер ползучести, в которых объединены свойства сингулярных и экспоненциальных ядер. Параметрам ядер придается смысл механических констант материала, однако из-за часто имеющей место неоднозначности значений, возникающей при решении системы трансцендентных или нелинейных алгебраических уравнений, их физический смысл неясен.

В настоящей работе сделана попытка учета предельных состояний (разрушение) в рамках линейной теории наследственности за счет придания коэффициентам ядра смысла параметров длительной прочности. В зависимости от вида используемого ядра возможно прогнозирование долговечности по кривым ползучести как при некоторой данной температуре, так и при любых температурах испытаний.

Пусть нам известен закон длительной прочности

$$f(\sigma) = \sigma(t_p), \quad (2)$$

где  $t_p$  — время до разрушения при действующем напряжении  $\sigma$ .

Представим уравнение (1) при разрушении в режиме ползучести следующим образом:

$$\varepsilon_0 + \varepsilon_p^{(c)} = \frac{\sigma}{E} \left( 1 + \int_0^{t_0} K(Q) dQ \right). \quad (3)$$

Здесь полная деформация разрушения  $\varepsilon_p$  представлена как сумма мгновенно-упругой составляющей  $\varepsilon_0$  и вязкой  $\varepsilon_p^{(c)}$ .

Из (3) имеем

$$\int_0^{t_p} K(Q) dQ = \frac{\epsilon_p^{(c)} E}{\sigma}. \quad (4)$$

Имея в виду (2), после дифференцирования (4) по  $t_p$  и замены  $t_p$  на  $t$  получаем выражение для ядра ползучести, как функцию параметров разрушения

$$K(t) = \epsilon_p^{(c)} E \frac{d}{dt} \cdot \frac{1}{\sigma(t)}. \quad (5)$$

Определим конкретный вид ядер для различных законов длительной прочности.

1. Широко известной является температурно-временная зависимость прочности твердых тел, исследованная в работах С. Н. Журкова с сотрудниками:

$$t_p = \tau_0 \exp \left\{ \frac{u - \gamma \sigma}{RT} \right\}. \quad (6)$$

В работе [2] показано, что зависимость (6) хорошо описывает экспериментальные данные широкого класса металлов и полимеров в диапазоне температур от  $-196$  до  $1300^\circ\text{C}$  и в интервале времени от  $10^{-3}$  до  $10^7$  сек.

Воспользуемся зависимостью вида (6) для определения ядра ползучести. Из (6) определим величину напряжения

$$\sigma = \frac{u - RT \ln \frac{t_p}{\tau_0}}{\gamma}. \quad (7)$$

Подставляя (7) в (5), получаем выражение для ядра ползучести

$$K(t) = \frac{RT \epsilon_p^{(c)} E \gamma}{t \left( u - RT \ln \frac{t}{\tau_0} \right)^2}. \quad (8)$$

Уравнение ползучести с ядром (8) после интегрирования будет иметь вид

$$\epsilon(t) = \frac{\sigma}{E} + \epsilon_p^{(c)} \frac{\sigma \cdot \gamma}{u - RT \ln \frac{t}{\tau_0}}. \quad (9)$$

Для сохранения общности выражения (9) при различных температурах необходимо либо записать его в виде

$$\epsilon(t, T) = \frac{\sigma}{E(T)} + \epsilon_p^{(c)}(T) \frac{\sigma \cdot \gamma}{u - RT \ln \frac{t}{\tau_0}}, \quad (10)$$

либо наложить естественные (вытекающие из эксперимента) ограничения на величину мгновенного модуля и вязкой составляющей деформации разрушения. Относительно мгновенного модуля упругости известно, что величина его не зависит от температуры или меняется незначительно.

Таким образом, при соблюдении перечисленных условий уравнение (9) можно записать в виде

$$\varepsilon(t, T) = \frac{\sigma}{E} + \left( \varepsilon_p - \frac{\sigma}{E} \right) \frac{\sigma \cdot \gamma}{u - RT \ln \frac{t}{\tau_0}}. \quad (11)$$

Полученное уравнение включает в себя температурно-временную зависимость вида (6) и может служить для прогнозирования как деформативности при различных температурах, так и длительной прочности.

2. Рассмотрим уравнение длительной прочности вида [3]

$$t_p = A \cdot e^{-\alpha \sigma}. \quad (12)$$

После ряда простых математических операций, используя выражение (5), получаем значение ядра ползучести

$$K(t) = \frac{\varepsilon_p^{(c)} E \alpha}{t \ln^2 \frac{A}{t}} \quad (13)$$

и уравнение ползучести

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma}{E} + \left( \varepsilon_p - \frac{\sigma}{E} \right) \frac{\sigma \cdot \alpha}{\ln \frac{A}{t}}. \quad (14)$$

Уравнение (14) можно использовать для определения параметров длительной прочности тех материалов, температурно-временная зависимость которых отличается от уравнения (6). В этом случае влияние температуры может быть оценено с привлечением температурно-временной аналогии.

3. Наконец, пусть закон длительной прочности задан степенной зависимостью

$$t_p = B \sigma^{-n}. \quad (15)$$

Этому выражению соответствует ядро ползучести

$$K(t) = \frac{E \varepsilon_p^{(c)}}{n B^{1/n} t^{n-1/n}}, \quad (16)$$

а уравнение ползучести будет иметь вид

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma}{E} + \left( \varepsilon_p - \frac{\sigma}{E} \right) \frac{\sigma \cdot t^{1/n}}{B^{1/n}}. \quad (17)$$

Используя известную гипотезу А. П. Бронского, запишем выражения для резольвент, вытекающие из соотношения

$$\int_0^t R(t-\tau) d\tau = \frac{\int_0^t K(t-\tau) d\tau}{1 + \int_0^t K(t-\tau) d\tau}. \quad (18)$$

Для ядра (8)

$$R(t) = \frac{RT \gamma E \varepsilon_p^{(c)}}{t \left( u - RT \ln \frac{t}{\tau_0} + \varepsilon_p^{(c)} \gamma E \right)^2}. \quad (19)$$

Для ядер (13) и (16) соответственно

$$R(t) = \frac{E \alpha \varepsilon_p^{(c)}}{n t^{n-1/n} (B^{1/n} + E \varepsilon_p^{(c)} t^{1/n})^2}, \quad (20)$$

$$R(t) = \frac{E \varepsilon_p^{(c)} B^{1/n}}{t \left( \ln \frac{A}{t} + \varepsilon_p^{(c)} E \alpha \right)^2}. \quad (21)$$

Полученные уравнения можно использовать для определения параметров ядер по экспериментальным кривым ползучести из уравнений (11), (14) и (17).

Так как найденные параметры ядер являются одновременно параметрами уравнений длительной прочности (6), (12), (15), то, следовательно, может быть решена задача прогнозирования длительной прочности совместно с задачей аппроксимации экспериментальных кривых ползучести.

Грузинский политехнический институт  
им. В. И. Ленина

Академия наук СССР  
Уральский научный центр

(Поступило 30.7.1976)

განცხადებით

3. ბააკაშვილი, ვ. კოვროვი

ქაოტურად არმირებული მინაპლასტიკების დეფორმაციულ მოდელს  
პროგნოზირება სხვადასხვა ტემპერატურის დროს

რეზიუმე

წინამდებარე ნაშრომში გამოკვლეულია მექანიკური ხასხასის თეორიაში ინტეგრალური განტოლების გულას კოეფიციენტებად ხანგრძლივი სიმტკიცის პარამეტრების გამოყენების საფუძველზე ზღვრულ მდგომარეობათა (ნგრევათა) გათვალისწინების შესაძლებლობა.

MACHINE BUILDING SCIENCE

V. S. BAAKASHVILI, V. N. KOVROV

## PREDICTION OF THE DEFORMATION OF CHAOTICALLY REINFORCED GLASS FIBRES AT VARIOUS TEMPERATURES

### Summary

The paper deals with the possibility of considering the limiting states (breakdowns) within the framework of the linear theory of heredity at the expense of attaching the sense of parameters of long-time creep to the coefficients of the kernel of the integral equation.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. С. Баакашвили, Ю. В. Соколкин, С. Г. Иванов. Сообщения АН ГССР, 81, № 1, 1976.
2. В. И. Бетехнин, С. Н. Журков. Проблемы прочности, 2, 1971.
3. С. Н. Журков, Б. Н. Нарзуллаев. ЖТФ, 23, № 10, 1953.





ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ

З. Н. ЦИЛОСАНИ, Х. С. ЧИКОВАНИ, Ш. К. МЕКВАБИШВИЛИ

ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ В КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЕ  
 ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ДЕЙСТВИИ  
 СЖИМАЮЩЕЙ НАГРУЗКИ

(Представлено академиком К. С. Завриевым 24.7.1976)

Изучение влияния внешней нагрузки на строение капиллярно-пористой структуры цементного камня представляет значительный интерес, так как изменения, происходящие в последней при действии нагрузки, могут оказывать существенное влияние на эксплуатационные качества бетона в различных условиях среды и нагружения, в частности, могут менять характер влагообмена между цементным камнем и окружающей средой, а также играть значительную роль в развитии длительной деформации цементного камня, а следовательно, и бетона.

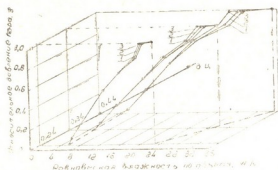
В настоящей работе была поставлена цель путем сопоставления кривых распределения пор по размерам выявить изменения, происходящие в капиллярно-пористой структуре цементного камня при длительном действии сжимающей нагрузки. Из известных способов изучения пористых структур твердых тел нами был выбран метод капиллярной конденсации. При этом для определения объема пор и капилляров, заполненных в цементном камне конденсатом при различных относительных давлениях паров конденсируемой жидкости, нами использовались кривые десорбции, а не сорбции. Это было обусловлено тем, что для построения кривых сорбции потребовалось бы предварительное высушивание цементного камня, что привело бы к неизбежным, труднооцениваемым структурным изменениям в нем. Из этих же соображений в качестве адсорбтива была выбрана вода, а также не применялась ртутная порометрия.

Опытные образцы были изготовлены из цементного камня различной интегральной пористости. Изменение последней достигалось путем варьирования водоцементного отношения, которое принималось равным 0,24 (тесто нормальной густоты), 0,34 и 0,44. Интегральная пористость соответственно равнялась 23,0; 29,5 и 34,5% для образцов нормальной твердения и 23,3; 30,1 и 35,0% для образцов, подвергшихся тепловлажностной обработке при температуре 90°C. Нагружение образцов осуществлялось при помощи специальных рычажных приспособлений силой, равной 0,75 и 0,40 от кратковременной сжимающей разрушающей нагрузки. Часть образцов оставалась ненагруженной.

Для построения кривых десорбции образцы предварительно насыщались под вакуумом водой до постоянного веса, после чего устанавливались в загрузочные приспособления и помещались в эксикатор с давлением водяных паров, приближающимся к насыщенному (относительная влажность воздуха 99%). Температура среды поддерживалась равной 22°C. По мере установления в образцах равновесной влажности они переносились в другой эксикатор с меньшим значением дав-

ления водяных паров и т. д. до достижения равновесного состояния в эксикаторе с концентрированной серной кислотой. После этого образцы подвергались дополнительной сушке в сушильном шкафу при  $110^{\circ}\text{C}$ . Построенные по этим измерениям кривые десорбции приведены на рис. 1.

Рис. 1. Кривые десорбции цементного камня нормального твердения. Интенсивность нагружения: 1—0; 2—0,40; 3—0,75 от кратковременной сжимающей разрушающей нагрузки



Анализ указанных кривых показывает, что нагружение оказало влияние на процесс десорбции цементного камня лишь при относительных влажностях среды, превышающих 48,5%. Причем это влияние было тем ощутимее, чем выше были пористость цементного камня, а также интенсивность нагружения. Сказался и характер твердения: образцы, твердевшие в нормальных условиях к моменту установления равновесного состояния, в среде с относительной влажностью воздуха 99% теряли заметно большее количество влаги, чем пропаренные образцы. Влияние нагрузки на процесс десорбции образцов нормального твердения также было более ощутимым.

Учитывая, что кривые сорбции являются носителями информации о строении капиллярно-пористых структур, мы использовали их для оценки тех структурных изменений, которые могли возникнуть в цементном камне в результате нагружения. А именно, имея данные по десорбции цементного камня различной интегральной пористости и режима нагружения, определяли объемы пор и капилляров разных размеров, воспользовавшись для этого теорией капиллярной конденса-

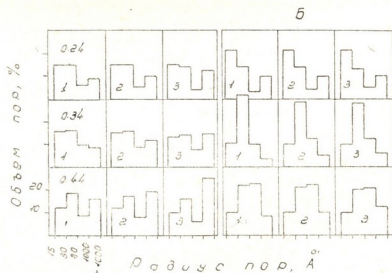


Рис. 2. Распределение пор по размерам в цементном камне: А — нормальное твердение, Б — пропарка, 1, 2 и 3 — то же, что на рис. 1

ции. Результаты определений представлены в виде диаграмм на рис. 2. Они дают представление о распределении в цементном камне пор по



размерам и о влиянии водоцементного отношения, нагрузки и режима твердения на характер этого распределения. Так, сопоставление диаграмм распределения пор по размерам в цементном камне показывает, что объем пор, радиус которых превышает  $1000 \text{ \AA}$ , в образцах, подвергавшихся нагружению, был больше, чем в ненагруженных образцах. Это превышение было тем большим, чем выше была интенсивность нагружения. Иная картина наблюдалась по содержанию пор меньших размеров (радиусом менее  $1000 \text{ \AA}$ ), объем которых в ненагруженных образцах был больше, чем в нагруженных.

Отмеченное различие в распределении пор по размерам в нагруженных и ненагруженных образцах может быть объяснено лишь влиянием нагрузки на капиллярно-пористую структуру цементного камня, так как до приложения нагрузки структура всех образцов была идентичной, как и все остальные условия эксперимента, кроме уровня нагрузки. Механизм этого влияния вероятнее всего представить в следующем виде. Под действием нагрузки происходит разрушение стенок между отдельными порами и капиллярами, что приводит к слиянию их объемов, т. е. к их укрупнению. Относительная же доля более мелких пор в цементном камне при этом естественно сокращается.

Отмеченные изменения в капиллярно-пористой структуре цементного камня, происходящие под влиянием внешней нагрузки, неизбежно должны сказываться на динамике испарения влаги из цементного камня. А именно, из-за увеличенной доли крупных пор и капилляров, при высокой влажности среды более интенсивно испаряется вода из нагруженного цементного камня. Если после этого понизить влажность среды, то большее количество воды будет испаряться из ненагруженного цементного камня, который благодаря своей более мелкопористой структуре при высокой влажности среды прочно удерживает воду.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт строительной механики  
и сейсмостойкости

(Поступило 30.7.1976)

მასალათა ტექნოლოგია

ზ. ჟილოსანი, ხ. ჩიკოვანი, შ. მამკაბიშვილი

გაუმჯობესებელი ღებვის ხანგრძლივი მოქმედებისა ცემენტის ქვის  
კაპილარულ-ფორმის სტრუქტურაში მიმდინარე ცვლილებების  
შესახებ

რეზიუმე

კაპილარული კონდენსაციის მეთოდის გამოყენებით შესწავლილია დატვირთულ და დაუტვირთავ ცემენტის ქვაში სხვადასხვა ზომის ფორების და კაპილარების განაწილების ხასიათი. დადგენილ იქნა, რომ ხანგრძლივი დატვირთვის შედეგად იზრდება იმ ფორებისა და კაპილარების საერთო მოცულობა, რომელთა რადიუსი  $1000 \text{ \AA}$ -ზე მეტია. მოცულობის ზრდა მით უფრო შესამჩნევია, რაც მეტია დატვირთვის ინტენსივობა და ცემენტის ქვის ინ-



ტეგრალური ფორიანობა. მსხვილი ფორების მოცულობის ზრდა განპირობებულია დატვირთვის შედეგად ფორებსა და კაპილარებს შორის ტიხრების რღვევით და მათი მოცულობების გაერთიანებით. ამაზე მეტყველებს დატვირთულ ცემენტის ქვაში  $1000 \text{ \AA}$ -ზე ნაკლები ზომის ფორებისა და კაპილარების მოცულობის შემცირება.

ფორიან სტრუქტურაში დატვირთვით გამოწვეული ცვლილება გავლენას ახდენს ცემენტის ქვიდან წყლის აორთქლების დინამიკაზე.

#### TECHNOLOGY OF MATERIALS

Z. N. TSILOSANI, Kh. S. CHIKOVANI, Sh. K. MEKVABISHVILI

### ON CHANGES IN THE CAPILLARY-POROUS STRUCTURE OF CEMENT STONE UNDER CONSTANT ACTION OF COMPRESSIVE LOAD

#### Summary

Using the method of capillary condensation, the influence of constant compressive load on the character of pore distribution according to sizes in cement stone of differing integral porosity has been studied. The total volume of macropores with radius over  $1000 \text{ \AA}$  was found to increase as the result of continuous load in the cement stone. The higher the intensity of load and the larger the integral porosity of cement stone, the more appreciable is the volume increase (fig. 2). The volume increase of macropores is, evidently, caused by the breakdown—owing to the load—of the interstices between the micropores and capillaries (radius  $15 \div 1000 \text{ \AA}$ ) and the blending of their volumes. This is demonstrated by the volume contraction of the latter in the loaded cement stone.

The changes in the porous structure of cement stone, caused by the external load, affect the dynamics of moisture evaporation from it.

ც. მამლიჩვილი

მანგანუმისა და თუთიის მიკროსასუშვების გავლენა სიმინდის  
მოსავლიანობაზე რუხი-ყავისფერი ნიადაგების პირობებში

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა შ. ჭინგილაძემ 4.3.1976)

დადგენილია, რომ მინერალური სასუქების სისტემატური და ხანგრძლივი გამოყენების შედეგად მნიშვნელოვნად იცვლება ნიადაგის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები, შესამჩნევად იზრდება საკვები ელემენტების შემცველობა, მაგრამ ხშირად მოსავლიანობის ზრდასთან ერთად შეიძლება მანგანუმის, თუთიის და სხვა მიკროელემენტების შემცირების ტენდენცია.

მიკროელემენტების, კერძოდ, მანგანუმისა და თუთიის უკმარისობა ნიადაგში იწვევს მცენარეში ფიზიოლოგიური პროცესების დარღვევას, ფერმენტების აქტივობის დაქვეითებას, ზრდის შეჩერებას და მცენარის გამძლეობის შესუსტებას, ხოლო სიჭარბე ტოქსიკურად მოქმედებს მასზე. ეს გავლენას ახდენს მცენარის მოსავალზე და მის ხარისხზე.

მარნეულის რაიონის სოფ. ორჯონიკიძის საბჭოთა მეურნეობაში რუხ-ყავისფერ ნიადაგში დავადგინეთ მოძრავი მანგანუმისა და თუთიის შემცველობა (აცეტატურ-ამონიუმის ბუფერულ გამონაწერი pH 4,8), მანგანუმისა — ფორმალდეჰიდის, ხოლო თუთიისა — დიტოზონის მეთოდებით. ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ნიადაგის სახნავ ფენაში მანგანუმის რაოდენობა მერყეობს 18,5—42,4 მგ/კგ, ხოლო თუთიისა — 0,52—1,65 მგ/კგ ფარგლებში.

1974 წელს საცდელ ნაკვეთზე დავეთესეთ სიმინდი („ჯაგამეთის თეთრი“), რომლის წინამორბედი კულტურა იყო სასილოსე სიმინდი.

ცდა შეიცავდა 12 კარბონატს ოთხი განმეორებით, თითოეული დანაყოფის სააღრიცხო ფართობი — 80 მ<sup>2</sup>. სიმინდის აგროტექნიკა სავსებით შეესაბამებოდა აგროწესებით ვათვალისწინებულს.

სახნავ ფენაში საცდელი ნაკვეთის ნიადაგი შეიცავს 2,75% ჰუმუსს, 0,23% აზოტს, 0,16% საერთო ფოსფორს, 2,0—2,2% საერთო კალიუმს. მანგანუმი საერთო ფორმაში (გამონაწერი — დობრიცკით, განსაზღვრა — ატომურ-აბსორბციული სპექტროფოტომეტრული მეთოდით) — 525,0—525,5 მგ/კგ, თუთია — 104,0—105,4 მგ/კგ, ჰიდროლიზებადი აზოტი — 5,48 მგ/100 გ ნიადაგში, ადვილად მოძრავი ფოსფორი — 2,5 მგ/100 გ ნიადაგში, გაცვლითი კალიუმი — 78,4—66,9 მგ/100 გ ნიადაგში. მანგანუმი და თუთია მოძრავ ფორმებში (აცეტატურ-ამონიუმის ბუფერული გამონაწერი, pH 4,8, განსაზღვრა — ატომურ-აბსორბციული სპექტროფოტომეტრული მეთოდით) 22,5—27,8 და 0,81—0,92 მგ/კგ ნიადაგში შესაბამისად. ნიადაგის არეს რეაქცია — 7,90—7,96, კარბონატობა — 4,8—5% (კარბონატობა ნიადაგის სიღრმეში მატულობს და ზოგ შემთხვევაში 27%-ს აღწევს იხ. ცხრ. 1).

ცდაში გამოვიყენეთ თუთიის სულფატი, მანგანუმის სულფატი და ჰიათურის მანგანუმის შლაში, რომელიც შეიცავდა 15% სუფთა მანგანუმს.

მოსავალი ავიღეთ სიმინდის სრული სიმწიფის ფაზაში. ცალკე აღვრიცხეთ მწვანე მასის მოსავალი და ტარობების გამოლეწვის შემდეგ ჰაერშირალი სასაქონლო მარცვალი (ცხრ. 2).

მანგანუმისა და თუთიის სასუქების შეტანამ NPK-ს ფონზე მოგვცა სიმინდის მარცვლის მოსავლის სარწმუნო მატება, გარდა მანგანუმის უმაღლესი დოზის (12 კგ/ჰა), რომელმაც გამოიწვია მოსავლის შემცირება. მანგანუმის დოზებიდან სიმინდის მარცვლის მოსავალი ყველაზე მეტად (7,1 ც/ჰა)



გააღიდა 6 კგ/კა შეტანილმა მანგანუმის შლამმა, თუთიის ობტიმალური დონა აგრეთვე 6 კგ/კა, ხოლო მანგანუმის შლამისა და თუთიის ერთობლივმა მოქმედებამ მოსავალი გააღიდა 15%-ით ფონთან შედარებით (9,6 ც/კა) (ცხრ. 2, ვარ. 12).

ცხრილი 1

საცდელი ნაკვეთის აგრეთიმიური მაჩვენებლები

დამკვეთის წლები	ნიადაგის სიღრმე, სმ	აზოტი		საერთო პუშუსი, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O		Mn, მგ/კგ			Zn, მგ/კგ			CaCO <sub>3</sub> %	pH წყლის გამოყენებაში
		საერთო, %	პოლიმიტიზაცია, მგ/100 გ		საერთო, %	აღიღარადმიკონკრეცი, მგ/100 გ	საერთო, %	გაცვლითი, მგ/100 გ	საერთო	მომარევი	წყალხსნადი	საერთო	მომარევი	წყალხსნადი		
1973	0—20	0,23	5,48	2,75	0,16	2,4	2,2	83,2	525,0	22,5	0	104,0	0,81	0	4,98	7,90
1973	20—40	0,22	3,21	2,22	0,14	1,4	2,2	80,0	487,5	20,4	0	92,5	0,32	0	4,55	7,65
1974	0—20	0,24	5,52	2,83	0,16	2,5	2,0	78,4	525,5	27,8	0	105,4	0,92	0	4,54	7,96
1974	20—40	0,20	3,7	2,0	0,15	1,6	2,2	66,9	489,0	23,6	0	92,0	0,46	0	4,38	7,50

სიმიინდი, როგორც მაღალპროდუქტიული მცენარე, საჭიროებს დიდი რაოდენობით საკვებ ელემენტებს. არსებული მონაცემებით [1] 60—70 ც/კა მარცვლის მოსავალს ნიადაგიდან გამოაქვს დაახლოებით 150—180 კგ აზოტი, 50—60 კგ ფოსფორი, კალიუმში 150 კგ-ზე მეტი. ჩვენი მონაცემებით სიმიინდმა ნიადაგიდან გამოიტანა მანგანუმი — 341,7 გ/კა, თუთია — 256,0—386,6 გ/კა.

ცხრილი 2

მანგანუმის და თუთიის შხარდი დონების გაკვლევა სიმიინდის მოსავალზე

ვარ. №	ცდის სქემა	მწვენი მასის მოსავალი, ც/კა		მარცვლის მოსავალი, ც/კა		მარცვლის მოსავალის ნაშატი	
		საშუალო	საშუალო	საშუალო	%	ც/კა	%
1	საკონტროლო	91,2	31,9	—	—	—	—
2	NPK—ფონი	122,9	60,9	100	—	—	—
3	ფონი+Mn <sub>6</sub> კგ/კა	131,0	65,1	106,8	4,2	6,8	6,8
4	ფონი+Mn <sub>6</sub> კგ/კა (შლამი)	130,1	64,7	106,2	3,8	6,2	6,2
5	ფონი+Mn <sub>6</sub> კგ/კა (MnSO <sub>4</sub> )	133,7	66,3	111,6	5,4	9,0	9,0
6	ფონი+Mn <sub>6</sub> კგ/კა (შლამი)	133,7	68,0	111,6	7,1	11,6	11,6
7	ფონი+Mn <sub>12</sub> კგ/კა (MnSO <sub>4</sub> )	127,6	59,1	97,4	—1,8	—2,6	—2,6
8	ფონი+Mn <sub>12</sub> კგ/კა (შლამი)	61,7	60,9	100	0	0	0
9	ფონი+Zn <sub>2</sub> კგ/კა (ZnSO <sub>4</sub> )	136,8	62,2	102,1	1,3	2,1	2,1
10	ფონი+Zn <sub>4</sub> კგ/კა (ZnSO <sub>4</sub> )	141,2	64,4	105,7	3,5	5,7	5,7
11	ფონი+Zn <sub>6</sub> კგ/კა (ZnSO <sub>4</sub> )	145,1	66,7	109,5	5,8	9,5	9,5
12	ფონი+Mn <sub>6</sub> (შლამი) კგ/კა (Zn 4კგ/კა)	145,7	70,5	115,7	9,6	15,7	15,7

მანგანუმიანი სასუქის მაღალი დონეები (12 კგ/კა) იწვევს ნიადაგში ხსნადი მანგანუმის შესამჩნევ დაგროვებას: მანგანუმის შემცველობა საკონტროლოსთან შედარებით (24,4 მგ/კგ) იზრდება — 31,6—32,6 მგ/კგ (ცხრ. 3, ვარ. 7, 8). ამავე დროს ხსნადი თუთია საგრძნობლად მცირდება — 0,82 მგ/კგ (საკონტროლო) 0,56—0,48 მგ/კგ, რითაც ირღვევა მანგანუმისა და თუთიის შეფარდება ნიადაგში. ყველა ვარიანტში, მეშვიდედა და მერვეს გარდა, შეფარ-

დება მანგანუმისა და თუთიის შორის მერყეობს 22,3-დან 36,2-მდე, ამ ვარიანტებში კი შეადგენს 56,4—67,9, რაც იწვევს მოსავლის შემცირებას; ეს აიხსნება ალბათ თუთიის უფრო სწრაფი გადასვლით მყარ შენაერთში, რაც იწვევს მანგანუმის სიჭარბეს ნიადაგის ხსნარში (ცხრ. 3).

ცხრილი 3

მანგანუმის და თუთიის სასუქების მზარდი დოზების გავლენა Mn-ის და Zn-ის შემცველობაზე და შეფარდებაზე ნიადაგში

ვარ. №	ცდის სტემა	მარცვლის მოსავალი, ც/ჰა	Mn მგ/კგ ნიადაგში		Zn მგ/კგ ნიადაგში		ხსნადი Mn-ის და Zn-ის შეფარდება ნიადაგში
			ცდის წინ	მოსავლის აღების შემდეგ	ცდის წინ	მოსავლის აღების შემდეგ	
1	საკონტროლო	31,9	25,0	24,4	0,86	0,82	29,7
2	NPK-ფონი	60,9	24,6	20,3	0,8	0,75	36,2
3	ფონი+Mn <sub>3</sub> კგ/ჰა (MnSO <sub>4</sub> )	65,1	26,8	24,3	0,82	0,75	32,4
4	ფონი+Mn <sub>3</sub> კგ/ჰა (შლაში)	64,7	24,4	22,5	0,9	0,75	30,0
5	ფონი+Mn <sub>6</sub> კგ/ჰა (MnSO <sub>4</sub> )	68,0	25,6	27,3	0,85	0,86	31,7
6	ფონი+Mn <sub>6</sub> კგ/ჰა (შლაში)	66,3	24,4	27,1	0,8	0,85	31,8
7	ფონი+Mn <sub>12</sub> კგ/ჰა (MnSO <sub>4</sub> )	59,1	25,8	31,6	0,8	0,56	56,4
8	ფონი+Mn <sub>12</sub> კგ/ჰა (შლაში)	60,9	27,5	32,6	0,74	0,48	67,9
9	ფონი+Zn <sub>3</sub> კგ/ჰა (ZnSO <sub>4</sub> )	62,2	27,9	28,4	0,8	0,82	34,6
10	ფონი+Zn <sub>3</sub> კგ/ჰა (შლაში)	64,4	27,0	26,4	0,82	0,93	28,4
11	ფონი+Zn <sub>6</sub> კგ/ჰა (ZnSO <sub>4</sub> )	66,7	23,4	21,9	0,9	0,98	22,3
12	Mn <sub>6</sub> (შლაში)+კგ/ჰა+(Zn <sub>3</sub> კგ/ჰა)	70,5	24,8	27,4	0,78	1,03	26,6

მცენარე რომ კარგად იზრდებოდეს და მაღალი მოსავალი მოგვეცეს, უნდა არსებობდეს განსაზღვრული შეფარდება მანგანუმისა და კალციუმს, მანგანუმისა და რკინას შორის [2, 3]. ჩვენი გამოკვლევებით, ასეთივე შეფარდება უნდა იყოს მანგანუმისა და თუთიის შორისაც.

თუთიის დოზების ზრდასთან ერთად შესამჩნევად იზრდება თუთიის რაოდენობა ნიადაგში. იმ ვარიანტის ნიადაგში, რომელიც სიმინდის ყველაზე მეტ მოსავალს გვაძლევს (ცხრ. 3, ვარ. 12), შეფარდება მანგანუმისა და თუთიის შორის სახნავ ფენაში შეადგენს 26,6-ს, ე. ი. დაახლოებით იმდენსვე, რამდენიც საკონტროლო ვარიანტშია, სადაც სასუქები არ შეგვჭკონდა (ცხრ. 3). ნიადაგში სასუქები უნდა შევიტანოთ ისეთი დოზებით, რომ არ დაირღვეს საკვებ ელემენტებს შორის ბუნებრივად არსებული ოპტიმალური თანაფარდობა.

როცა ნიადაგს ვანოყიერებთ აზოტიანი, ფოსფორიანი და კალიუმიანი სასუქების გადიდებული დოზებით, სიმინდის მოსავალი იზრდება, მაგრამ ზოგჯერ მიკროელემენტებს შორის თანაფარდობა ნიადაგსა და მცენარეში ირღვევა, რაც იწვევს პროდუქციის ხარისხის გაუარესებას.

დღეისათვის სასოფლო-სამეურნეო კულტურების წარმოებაში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება არამარტო მოსავლის რაოდენობის ზრდას, არამედ მისი ხარისხობრივი მაჩვენებლების გაუმჯობესებას. საცდელ ნაკვეთზე მანგანუმის და თუთიის მიკროსასუქების გავლენით საკონტროლოსთან შედარებით შესამჩნევად გაუმჯობესდა სიმინდის მარცვლის ხარისხობრივი მაჩვენებლები, კერძოდ, მარცვალში გაიზარდა შაქრის, სახამებლის და ცილის შემცველობა.

ამჟამად მთავარ ამოცანად კვლავ რჩება მარცვლეულის წარმოების ზრდა და მისი ხარისხის გაუმჯობესება. ამიტომ სერიოზული ყურადღება უნდა მიექცეს მიკროსასუქების ფართოდ გამოყენებას სოფლის მეურნეობაში.

აგროქიმიური მომსახურების ცენტრალური  
 ინსტიტუტის თბილისის ფილიალი

(შემოვიდა 26.3.1976)

АГРОХИМИЯ

Ц. И. МЧЕДЛИШВИЛИ

## ВЛИЯНИЕ МАРГАНЦЕВЫХ И ЦИНКОВЫХ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ СЕРО-КОРИЧНЕВЫХ ПОЧВ

Резюме

Проведенные исследования показали, что марганцевые и цинковые микроудобрения оказывают большое влияние на урожай зерна кукурузы в условиях серо-коричневых почв Грузии.

Оптимальной дозой марганцевых удобрений является 6 кг/га, а цинковых — 4 кг/га в пересчете на чистое вещество при одновременном их использовании на фоне NPK.

Отмечено влияние марганцевых и цинковых удобрений на соотношение питательных элементов, содержащихся в почве.

AGRICULTURAL CHEMISTRY

Ts. I. MCHEDLISHVILI

## THE EFFECT OF MANGANESE AND ZINC MICROFERTILIZERS ON THE MAIZE CROP UNDER CINNAMON GREY DESERT SOIL CONDITIONS

Summary

The studies carried out have shown that microfertilizers, in particular manganese and zinc, exert a considerable influence on the yield of maize grain on the cinnamon grey desert soils of Georgia.

The optimum dose of manganese fertilizers is 6 kg/ha and that of zinc 4 kg/ha, in terms of the pure substance at their simultaneous utilization against the background of NPK.

The effect of manganese and zinc fertilizers on the ratio of the nutrient elements contained in the soil has been observed, markedly increasing the maize crop.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. Г. Найднн. Удобрение зерновых и зернобобовых культур. М., 1963.
2. П. А. Власюк. Биологические элементы в жизнедеятельности растений. Киев, 1969.
3. Я. В. Пейве. Биохимия почвы. М., 1961.



М. С. ЗЕДЕЛАШВИЛИ

## ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЕСТЕСТВЕННЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ЛЕЩИНЫ (*CORYLUS AVELLANA* L.) И ЕЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

(Представлено академиком В. З. Гулисашвили 7.9.1976)

Большое значение в настоящее время уделяется продвижению орехоплодных культур в северные и высокогорные районы страны, поэтому изучению генетической структуры естественных популяций и выделению хозяйственно-ценных форм придается первостепенное значение.

Культурные сорта лещины имеют распространение до 1000 м н. у. м. Выше данной высоты в результате низких температур наблюдается гибель цветков, поэтому плодоношение отсутствует. В связи с этим весьма важно выделить ценные формы дикорастущей лещины, размножить их и снабдить производственные организации посадочным материалом.

С 1970 г. Тбилисский институт леса ведет работу по изучению формового разнообразия лещины обыкновенной, выявлению хозяйственно-ценных форм, разработке методов и технологии создания их культур в высокогорных районах Грузии.

Единичные, но очень ценные работы по отбору отдельных кустов дикорастущей лещины были проведены И. В. Мичуриным. Его улучшенные семена давали высокие урожаи.

И. П. Сикора в Белоруссии также вел отбор отдельных кустов дикорастущей лещины, которые давали урожай до 9 кг ореха [1].

В результате многолетнего изучения формового разнообразия орехов дикой лещины ВНИИЛМу удалось выделить формы-сорты с большим выходом ядра и содержанием жира, из которых уже заложены промышленные плантации в Московской, Тульской, Орловской, Курской, Владимирской и Тамбовской областях РСФСР [2].

Отбор хозяйственно-ценных форм лещины в условиях Грузии проводился выше 1000 м н. у. м в Озском, Гагрском, Боржомском, Бакурианском, Хашурском и Лагодехском лесхозах. При выделении форм главное внимание уделялось их высокой урожайности и иммунитету к болезням и вредителям, а также качеству орехов, отвечающему ГОСТу 16934—71.

В высокогорных популяциях лещины обыкновенной выделены 52 урожайные формы с высокими техническими показателями качества орехов, которые почти идентичны с показателями фундуков, культивируемых в нижних зонах Грузии.

Как видно из приведенной таблицы, в высокогорных зарослях дикорастущей лещины имеется полная возможность отбора ценных форм для ее культивирования.

Из отобранных урожайных хозяйственно-ценных форм лещины уже заложены маточные плантации в Бакурианском, Боржомском, Онском, Гагрском и Хашурском лесхозах.

Сравнительные показатели основных технических качеств орехов выделенных форм лещины и фундука

Присвоенный номер	Местонахождение формы лещины (р-н, высота н. у. м.) и наименование сорта фундука	Средняя толщина скорлупы, мм	Средний диаметр ореха, мм	Выход ядра, %	Масличность, %
1	Боржомский, 1750 м	1,0	13	53,3	67,7
21	Боржомский, 1700 м	1,4	15	47,3	65,5
40	Онский, 1700 м	1,0	13	50,5	66,6
43	Онский, 1650 м	1,2	18	51,6	68,8
48	Хашურский, 1500 м	1,3	15	51,3	69,3
	Фундуки*				
	Интродуцированные сорта:				
	Косфорд	1,2	20	51,5	61,8
	Барри	1,4	19	45,8	67,0
	Ноттингемский	1,0	17	49,2	70,0
	Местные сорта:				
	Путкурами	1,4	17	46,0	68,0
	Немса	0,7	19	51,0	68,5
	Швелискура	1,2	17	51,0	63,5

\* По данным В. В. Гоциридзе.

Как показали экономические расчеты, закладка маточных и промышленных плантаций из селекционных форм лещины в высокогорных районах даст высокий эффект.

Тбилисский институт леса

(Поступило 16.9.1976)

გეოგრაფია

მ. ზედელაშვილი

თხილის (*CORYLUS AVELLANA* L.) კოკულაციების განმეორების სტრატეგია და მისი პრაქტიკული მნიშვნელობა

რეზიუმე

მოყვანილია გარეული თხილის ფორმების შესწავლის შედეგები საქართველოს მაღალმთის ტყეებში.

გამოყოფილია სამეურნეოდ ძვირფასი უხვმოსავლიანი ფორმები, რომელთა ნაყოფის ძირითადი მახვენებლები არ ჩამოუვარდებიან ბაღის თხილის ინტროდუცირებულ და ადგილობრივ ჯიშებს. დასაბუთებულია მაღალმთის პირობებში თხილის გავრელების პერსპექტივები საქართველოში.

M. S. ZEDELASHVILI

GENETIC STRUCTURE OF NATURAL POPULATIONS OF HAZEL  
(*CORYLUS AVELLANA* L.) AND ITS ECONOMIC SIGNIFICANCE

## Summary

The findings of a study of the variety of hazel forms in the high-mountain areas of Georgia are presented. Forms of economic value, which by the quality of nuts and yield-capacity are in no way inferior to the varieties of filbert cultivated in the low lands, have been identified.

The prospects of setting up the hazel economy in the high-mountain regions of Georgia are substantiated.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. А. Коновалов, Е. А. Пугач. Основы лесной селекции и сортового семеноводства. М., 1968.
2. Р. Ф. Кудашева. Разведение и селекция лещины и фундука. М., 1965.
3. В. В. Гоциридзе. Автореферат канд. дисс. Тбилиси, 1969.



БИОХИМИЯ

Н. Н. НУЦУБИДЗЕ, Н. А. ДАВИТАШВИЛИ

**ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДОВ, ПРОИЗВОДНЫХ 2,4-Д, НА НИТРАТРЕДУКТАЗНУЮ И ГЛЮТАМАТДЕГИДРОГЕНАЗНУЮ АКТИВНОСТИ ПРОРОСТКОВ КУКУРУЗЫ НА ФОНЕ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ**

(Представлено академиком С. В. Дурмишидзе 5.7.1976)

В чувствительных к гербициду растениях молекула токсиканта сохраняется более длительно, чем в толерантных. Продолжительное сохранение гербицида вызывает глубокое нарушение в метаболизме растений, приводящее к его гибели [1, 2]. В этом направлении проделана большая работа, в особенности с различными производными бензола — 2,4-Д. По Фостеру, в растениях ячменя, ржи, фасоли, подсолнуха и др. сравнительно быстро происходит деструкция феноксиалкилкарбоновых кислот с образованием их оксипроизводных [3].

В Институте биохимии растений АН ГССР проведена работа по выяснению путей превращения аммонийной соли и бутилового эфира 2,4-Д в проростках кукурузы, фасоли и гороха [4].

Настоящая работа посвящена изучению влияния производных 2,4-Д на нитратредуктазную (НР) и глютаматдегидрогеназную (ГДГ) ферментные системы проростков кукурузы трех производственных сортов на фоне нитратного и аммиачного питания.

В опытах применялись 10-дневные водные культуры кукурузы сортов Аджаметис тетра, Грузинский круг и Имеретинский гибрид. Проростки кукурузы подкармливались 0,036 М растворами  $\text{NaNO}_3$  и  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , после чего листья обрабатывались тремя концентрациями ( $10^{-5}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-3}$  М) растворов аммонийной соли и бутилового эфира 2,4-Д. После трехдневной выдержки в корнях и листьях определялись НР и ГДГ активности. Контролем служили растения без обработки гербицидами и азотной подкормки. Активность НР в опытных образцах определялась по Мульдеру [5] с учетом модификации для нашего объекта [6], ГДГ активность — по принятому методу [7] с предварительной обработкой материала, предложенной нами [6], азот — по микрокельдалю [8], содержание белка — по Лоури [9].

В табл. 1 представлены результаты опытов по выяснению действия аммоний соли 2,4-Д на НР и ГДГ ферментные системы. Большей частью влияние выражается в частичном уменьшении активностей названных ферментов в корнях и листьях кукурузы Аджаметис тетра и Имеретинского гибрида. Нитратная подкормка увеличивает НР и ГДГ активности, которые не уменьшаются под действием  $\text{NH}_4$  2,4-Д. Уменьшается лишь НР активность в листьях Имеретинского гибрида.

При подкормке  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ГДГ активность резко увеличивается в корнях кукурузы сортов Аджаметис тетра и Имеритинский гибрид. Обработка гербицидом уменьшается ГДГ активность в опытных образцах. Особенно резко понижается ГДГ активность в корнях при применении гербицида высокой концентрации.

Более избирательно действует на разные сорта кукурузы бутиловый эфир 2,4-Д. Он как бы стимулирует действие обоих ферментов в 30. „მეცნიერება“, გ. 84, № 2, 1976



Влияние аммонийной соли 2,4-Д на НР и ГДГ активности корней и листьев проростков кукурузы на фоне азотного питания

Сорта кукурузы	Части растения	Концентрация гербицида, М	Активность НР, $\mu\text{M NO}_2^-/\text{г}$ , удельная и общая активность ГДГ									
			Контроль		2,4-Д		0,036 М $\text{NaNO}_3$		$\text{NaNO}_3 + 2,4\text{-Д}$		0,036 М $\text{NH}_4\text{Cl}$	$\text{NH}_4\text{Cl} +$ 2,4-Д
			НР	ГДГ	НР	ГДГ	НР	ГДГ	НР	ГДГ	НР	ГДГ
Аджаметис тетра	Корни	$10^{-4}$	0,7	60/420	0,4	41/352	0,8	120/720	0,58	100/800	214/1712	120/840
		$10^{-3}$			0,11	62/372			1,11	187/1436		60/420
	Листья	$10^{-4}$	0,04	19/171	0,07	10/100	0,05	13/104	0,09	17/136	25/225	20/180
		$10^{-3}$			0,02	16/128			0,05	6/72		8/88
Грузинский круг	Корни	$10^{-4}$	0,07	80/640	0,07	57/300	0,09	120/840	0,09	90/840	120/720	100/750
		$10^{-3}$			0,01	70/630			0,08	100/800		55/330
	Листья	$10^{-4}$	0,06	13/124	0,03	16/92	0,06	16/128	0,05	40/320	27/189	16/128
		$10^{-3}$			0,06	17/170			0,04	20/180		5/15
Имеретинский гибрид	Корни	$10^{-4}$	0,11	100/400	0,03	66/594	0,53	114/684	0,29	116/586	110/1120	80/800
		$10^{-3}$			0,06	33/264			0,53	120/720		19/133
	Листья	$10^{-4}$	0,05	14/112	0,01	10/60	0,44	21/168	0,29	15/120	30/170	13/78
		$10^{-3}$			0,01	19/152			0,26	26/136		16/126

Влияние бутылового эфира 2,4-Д на НР и ГДГ активности корней и листьев проростков кукурузы разных сортов на фоне азотного питания

Сорта кукурузы	Части растения	Концентрация гербицидов, М	Активность НР, $\mu\text{M NO}_2^-/\text{г}$ , удельная и общая активность ГДГ									
			Контроль		2,4-Д		0,036 М $\text{NaNO}_3$		$\text{NaNO}_3+2,4\text{-Д}$		0,036 М $\text{NH}_4\text{Cl}$	$\text{NH}_4\text{Cl}+2,4\text{-Д}$
			НР	ГДГ	НР	ГДГ	НР	ГДГ	НР	ГДГ	НР	ГДГ
Аджаметис тетра	Корни	$10^{-2}$	0,7	60/420	0,6	250/1250	0,8	120/720	0,53	225/1375	214/1712	180/1080
		$10^{-3}$			0,7	76/456			0,6	144/864		350/2450
	Листья	$10^{-2}$	0,04	19/171	0,02	13/104	0,05	13/104	0,4	12/96	25/225	20/120
		$10^{-3}$			0,01	18/108			0,6	26/182		25/150
Грузинский круг	Корни	$10^{-2}$	0,07	80/640	0,05	125/750	0,09	120/840	0,07	66/182	120/720	112/672
		$10^{-3}$			0,03	125/675			0,09	286/1680		100/400
	Листья	$10^{-2}$	0,06	13/124	0,08	21/126	0,06	16/128	0,04	17/135	27/189	16/128
		$10^{-3}$			0,11	10/70			0,05	20/120		5/15
Имеретинский гибрид	Корни	$10^{-2}$	0,11	100/400	0,26	100/600	0,53	114/684	0,96	60/300	140/1120	60/360
		$10^{-3}$			0,15	166/664			0,57	66/528		32/160
	Листья	$10^{-2}$	0,05	14/112	0,05	19/55	0,44	21/168	0,52	12/108	30/170	16/112
		$10^{-3}$			0,05	15/105			0,41	38/304		10/30

корнях проростков, особенно при низкой концентрации гербицида (табл. 2). При подкормке  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ГДГ активность во всех сортах кукурузы увеличивается. При обработке гербицидом в листьях подкормленных проростков ГДГ активность понижается, особенно при высоких концентрациях бутилового эфира 2,4-Д. В корнях активность ГДГ зависит от концентрации гербицида и сорта кукурузы. В Аджаметис тетра высокая концентрация гербицида увеличивает активность ГДГ в корнях, в Грузинском круге уменьшает. В Имеретинском гибриде обе концентрации гербицида понижают ГДГ активность в корнях и листьях.

Влиянию гербицидов больше подвергается ГДГ ферментная система, которая изменяется под их воздействием. При этом в корнях Аджаметис тетра ГДГ активность увеличивается, а в Грузинском круге и Имеритинском гибриде понижается. В листьях во всех образцах с азотной подкормкой при обработке гербицидами активность ГДГ преимущественно понижается, что следует принимать во внимание при выборе сроков обработки указанных растений гербицидами.

Академия наук Грузинской ССР

Институт биохимии растений

(Поступило 8.7.1976)

ბიოქიმია

ბ. ნუცუბიძე, ნ. დავითაშვილი

2,4-D-ის წარმოებაში ჰერბიციდების მოქმედება სიმინდის ნაზარდავის ნიტრატრედუქტაზულ და გლუტამატდეჰიდროგენაზულ აქტივობებზე აზოტით კვების ფონზე

რეზიუმე

სიმინდის სამ სარეწველო გიშზე — აჯამეთის თეთრაზე, ქართულ კრუგზე და იმერულ ჰიბრიდზე შესწავლილია 2,4-D ამონიუმის მარილის და ბუთილის ეთერის გავლენა აზოტის ასიმილაციის ფერმენტების აქტივობებზე აზოტის ფორმებით გამოკვების ფონზე.

BIOCHEMISTRY

N. N. NUTSUBIDZE, N. A. DAVITASHVILI

EFFECT OF HERBICIDES OF 2,4-D DERIVATIVES ON THE ACTIVITIES OF NITRATE REDUCTASE AND GLUTAMATE DEHYDROGENASE FROM MAIZE SEEDLINGS AGAINST THE BACKGROUND OF NITROGEN FEEDING

Summary

The effect of ammonium salt and butyl ether 2,4-D on the enzymes of nitrogen assimilation against the background of nitrogen feeding has been studied with three commercial species of maize — «Ajametis tetris», «Georgian krug» and «Imeretian hybrid».

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. Д. Стонов, Т. А. Сергеева. Гербициды. М., 1969.
2. Н. М. Эйдельмант, В. И. Мостовая. Агрохимия, 11, 1972, 22—29.
3. Разложение гербицидов. Под ред. П. Керни и Д. Кауфмана. М., 1971, 9—50.
4. Н. А. Угулава, Д. Т. Угрехелидзе. Сообщения АН ГССР, 70, № 1, 1973.
5. E. G. Mulder, H. Voxma, W. Van Veen. Plant Soil, 10, 335, 1959.
6. Н. Н. Нуцубидзе, Н. А. Давиташвили. Изв. АН ГССР, сер. биол., 2, 1.
7. В. Н. Яковлева, В. Л. Кретович, М. Г. Гильманов. Биохимия, 29, 1964.
8. А. Н. Белозерский, И. Н. Проскуряков. Практическое руководство по биохимии растений. М., 1951.
9. O. H. Lowry *et al.* J. Biol. Chem., 193, 1951, 265.

ФИТОПАТОЛОГИЯ

Г. С. КАЛИЧАВА, Д. И. ШАРВАШИДЗЕ, Т. А. КОКРАШВИЛИ,  
Г. Л. ГРИГОРЯН

ЛОКАЛИЗАЦИЯ СПИНОВОЙ МЕТКИ В ВИРУСЕ ТАБАЧНОЙ  
МОЗАИКИ

(Представлено академиком Л. А. Канчавели 16.4.1976)

Нами были модифицированы спиновой меткой  $\text{NH}_2$ -группы лизина 53 белка вируса табачной мозаики (ВТМ). После реконструкции меченого белка в вирион наблюдалось сильное торможение вращения радикала,  $\tau = 10^{-7}$ . Было предположено, что столь сильное торможение вызвано «зажимом» головки метки между молекулой РНК и белковыми группами при реконструкции. Для экспериментальной проверки этой гипотезы нами была рассчитана глубина метки в вирусе, который был реконструирован из меченого белка. Кроме того, был произведен сравнительный анализ параметров насыщения данной системы и стабильных биорадикалов с различными расстояниями между парамагнитными центрами.

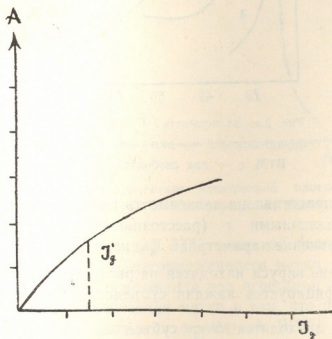


Рис. 1. Кривая насыщения метки в составе  
ВТМ

Методика эксперимента: раствор метки в воде инкубировался с белком в 0,1 М фосфате (фосфатном буфере), pH 7,2,  $T=20^\circ$ , после инкубации очищался от несевшей метки путем фильтрации на сефадексе G 50; вирус реконструировался по методике Френкель-Конратта [1]; контроль за реконструкцией и нативностью белка осуществлялся по спектрам кругового дихроизма.



В работе использовались радикалы из лаборатории Э. Г. Розанцева. В качестве инертного парамагнетика применялся феррицианид. Спектры снимались в застеклованных растворах ( $77^\circ\text{K}$ ) в смеси глицерин-вода на спектрометре ЭПР.

Исследовались параметры насыщения спиновой метки. Измерялась зависимость низкопольной компоненты  $A$  от  $J'_g$  — силы тока СВЧ детектора.

Кривая насыщения для радикала на субъединице в составе ВТМ представлена на рис. 1. Параметр  $J'_g = 2,2$  ( $J'_g$  — сила тока, при которой низкопольная компонента достигает  $1/2$  максимальной амплитуды).

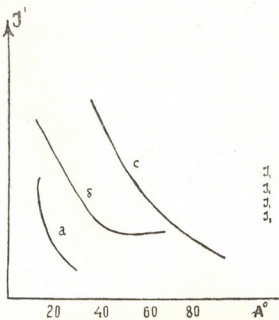


Рис. 2.а. Зависимость  $J'_g$  от  $g$ : а — для бирадикалов, б — для метки в составе ВТМ, с — для свободного радикала

На рис. 2 представлена зависимость параметра для различных бирадикалов с различными  $g$  (расстояниями между парамагнитными центрами). Сравнение параметров  $J'_g$  позволяет утверждать, что радикалы в составе вируса находятся на расстоянии  $18-19 \text{ \AA}$ . Исходя из того что модифицируется каждая субъединица в составе вируса и на виток спирали приходится  $16 \frac{1}{3}$  субъединиц, получаем, что метка находится на расстоянии  $45-50 \text{ \AA}$  от центра частицы.

Для расчета глубины залегания парамагнитного центра был предложен [2] метод анализа зависимости кривых насыщения от расстояния между парамагнетиками, точнее зависимости параметра  $J'_g$  от расстояния между радикалами и ионами-релаксаторами, случайным образом распределенными в застеклованной матрице. В случае, когда парамагнитный радикал находится на глубине  $g_0$ , кривая зависимости

$J'_g$  от  $g$  должна сдвинуться к оси ординат вследствие невозможности приближения иона к парамагнетику на расстояние ближе  $r_0$ . Кривая зависимости параметра  $J'_g$  от расстояния до иона-релаксатора  $J'_g(r)$  показана на рис. 2. Из сравнения с кривой зависимости  $J'_g$  от  $g$  для свободного радикала с  $K_3 Fe(CN)_6$  видно, что радикал на субъединице находится на глубине 30 Å. Принимая во внимание, что малый радиус ВТМ равен 75 Å и примерно на такое расстояние может подойти  $Fe(CN)_6$  к метке, получаем, что метка находится на расстоянии 45—50 Å от центра. Из литературы известно, что РНК локализована именно на таком расстоянии от центра частицы (на рис. 3 представлена

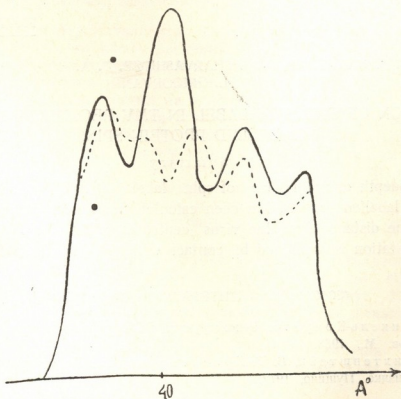


Рис. 3. Радиальное распределение электронной плотности:  
— ВТМ, --- РПБ (реполимеризованный белок)

кривая электронной плотности для ВТМ и пустой белковой капсулы. Принимая во внимание степень заторможенности метки  $\tau=10^{-7}$ , глубину ее залегания, отсутствие торможения при агрегации в РПБ, можно утверждать, что причина торможения метки в том, что она «зажимается» между белковыми группами и молекулой РНК.

Таким образом, нами был найден участок в полипептидной цепи белка, который непосредственно контактирует с РНК. Это район лицина 53.

ბ. ყალიჩავა, დ. შარვაშიძე, თ. კოკრაშვილი, ბ. გრიგორიანი

სპინური ნიშნის ლოკალიზაცია თამბაქოს მოზაიკის ვირუსში

რეზიუმე

განსაზღვრულია თუ რა მანძილზეა თამბაქოს მოზაიკის ვირუსის (თ მ ვ) ზედაპირიდან თავისუფალი რადიკალი, რომლითაც მოდიფიცირებულია თ მ ვ ცილის ჯგუფი ლიზინ-53. ნაჩვენებია, რომ ცილისა და რ ნ მ კონტაქტი ხდება ლიზინ-53-ის რაიონში.

PHYTOPATHOLOGY

G. S. KALICHAVA, D. I. SHARVASHIDZE, T. A. KOKRASHVILI,  
G. L. GRIGORYAN

### LOCATION OF THE SPIN LABEL IN TMV RECONSTRUCTED FROM LABELLED PROTEIN SPINS

Summary

The depth of occurrence of spin label in TMV, reconstructed from lysine 53 labelled protein, has been calculated. The label was found to be at the same distance from the virus centre as is the RNA. The inhibition of label rotation is explained by contact with the RNA molecule.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Х. Френкель-Конратт. Реконструкция ВТМ in vitro из структурных компонентов. М., 1963.
2. Г. И. Лихтенштейн, В. Г. Куликов. Материалы I Всемирного конгресса по биофизике. Пушино, 1972.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ

И. Н. БЕРАДЗЕ

ВЫЯВЛЕНИЕ ГЛАЗНИЧНОЙ АРТЕРИИ МЕТОДОМ СТЕРЕО-  
КАРОТИДНОЙ АНГИОГРАФИИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии А. Н. Бакурадзе 26.7.1976)

Стереография осуществлялась путем рентгенографии глазниц с двух концов базиса во время введения контрастного вещества. При этом получались две артериограммы, которые являлись стереопарой. Стерео-рентгено-артериограммы помещались на негатоскоп вплотную друг к другу боковыми краями на одном уровне и рассматривались на расстоянии 92 см. Правограмма устанавливалась так, чтобы изображение правой глазницы исследуемого находилось перед левым глазом исследователя. Таким же образом устанавливалась левограмма (левая глазница на снимке должна находиться перед правым глазом исследователя). Для получения стереоэффекта установленная на негатоскопе стереопара рассматривалась стереобиноклем Штумфа или очками с призмами (в 8 призмённых диоптрий), расположенными основанием внутрь.

Следует отметить, что стереоэффект можно получить, рассматривая стереоснимки невооруженным глазом. Для этого нужно конвергировать и, постепенно расслабляя конвергенцию, получить стереоизображение. Рассматривание стереопары невооруженным глазом требует большой тренировки и определенной навыка.

Для контрастирования сосудов производилась обычная ангиография. На трупном материале использовался открытый, а на живых людях закрытый метод ангиографии.

Стереоартериография производилась в задней прямой проекции, при которой испытуемый лежит на спине, лицом вверх. Затылок располагался на кассете так, чтобы сагитальная плоскость головы делила кассету пополам и была перпендикулярна ее плоскости. Наружные углы глазных щелей делил кассету пополам по ее длиннику. Подбородок испытуемого несколько приподнимался, чтобы тень височной кости не проецировалась на область глазницы. В этой проекции хорошо дифференцируется артериальная система обеих глазниц и отчетливо видны костные стенки орбиты.

Перед введением контрастного вещества рентгеновская трубка центрировалась на область переносыя и сдвигалась вправо на 30 мм. Во время введения контрастного вещества включался рентгеновский аппарат и выполнялся первый снимок стереопары — правограмма. Затем трубка смещалась влево на 60 мм от последнего ее положения (она находилась в 30 мм от переносыя). Повторно вводилось контрастное вещество и выполнялась левограмма. Для получения стереопары без создающих помехи псевдопаралаксов объект должен быть неподвижен, а время между выполнением первого и второго снимков стереопары должно быть сведено до минимума.

Необходимо отметить, что по плоскостным снимкам трудно судить о топографии артериальной системы глазницы из-за проекционного искажения, имеющего место при обычной рентгенографии. Кроме того, они не дают представления о точной топографии глазничной артерии, направлении ее хода в норме и изменениях, наблюдаемых при патологических состояниях орбиты.



Рис. 1. Стрелкой указана глазничная артерия в ее стереографическом изображении

При рассматривании стереопары полностью исключается проекционное искажение, хорошо видно топографическое расположение артерии, ее отношение к орбитальным стенкам; кроме того, при наложении изображения артериальной системы глазницы по стереоснимкам оказываются видимыми более мелкие сосуды, которые очень трудно различить на обычных снимках.

Методом стерео-каротидной ангиографии мы изучили 90 случаев нормального хода глазничной артерии. Полученные результаты дают возможность более уверенно решать вопрос о топографическом расположении глазничной артерии в норме и тем самым выявлять аномальные состояния ее при патологии орбиты.

Тбилисский государственный институт  
 усовершенствования врачей

(Поступило 30.7.1976)

მასპარეზობს შოკოლოდი

ი. ბერაძე

თვალბუდის არტერიის გამოვლინება სტერეო-კაროტიდული  
 ანგიოგრაფიის მეთოდით

რეზიუმე

თვალბუდის არტერიის სტერეოგამოვლინება მიიღება კონტრასტული ნივთიერების შეყვანისას საძილე არტერიაში ორბიტის ორმხრივი რენტგენოგადაღებით.

სტერეოგადაღების მეთოდს უპირატესობა აქვს სხვა არსებულთან, ვინაიდან სტერეოგრაფიებზე შეიძლება სივრცის აღქმა და გამოვლინება ისეთი წვრილი კალიბრის სისხლძარღვებისა, რომლებიც ჩვეულებრივ რენტგენოგრაფიაზე არ ჩანს.

I. N. BERADZE

STEREO-CAROTID ANGIOGRAPHY OF THE OPHTHALMIC  
ARTERY

Summary

Stereography was performed by means of roentgenography of the orbital cavity from two ends of the basis after the injection of the dye-stuff.

When examining, the stereopair was found to be free from any projection distortion. The topographic position of the artery and its relation to the orbital walls could be seen quite well.

Small vessels, usually hardly distinguishable, also became visible.



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ

В. И. ГВАНЦЕЛАДЗЕ

ЗНАЧЕНИЕ МНОЖЕСТВЕННОЙ ПРИЦЕЛЬНОЙ БИОПСИИ ДЛЯ  
 ДИАГНОСТИКИ ХРОНИЧЕСКОГО ГАСТРИТА

(Представлено академиком И. Я. Татишвили 27.7.1976)

В настоящее время в клиническую практику все шире внедряется метод прицельной биопсии для диагностики желудочных заболеваний.

Из литературных данных [1—5] известно, что гастробиопсия является объективным методом для морфологической диагностики хронического гастрита. Однако до сих пор нет единого мнения по вопросу о том, из каких топографических участков слизистой оболочки желудка производить биопсию. Одновременно установлено, что при хроническом гастрите поражение слизистой оболочки по топографическим отделам носит неодинаковый характер [4—7]. Поэтому представляется целесообразным выявление топографических участков, которые могли бы дать более полную информацию о характере поражения по всей слизистой оболочке.

Исходя из этого мы задались целью изучить гистоморфологические изменения слизистой оболочки антрального отдела, малой кривизны и дистальных отделов передней и задней стенок тела желудка при хроническом гастрите с помощью метода прицельной биопсии.

Был обследован 181 больной в возрасте от 17 до 75 лет, из них 113 женщин и 68 мужчин.

Гастрофиброскопия и прицельная биопсия проводились с помощью гастрофиброскопа GFB японской фирмы «Olympus».

Из антрального отдела слизистой оболочки (первый из малой кривизны в 1—1,5 см от отверстия привратника, второй из передней стенки начала антрума) и нижней трети малой кривизны брались по два кусочка, из средней, верхней трети малой кривизны, нижней, средней трети передней и нижней трети задней стенок — по одному.

Биопсионный материал маркировался, укладывался на полоску печени крысы, фиксировался в нейтральном забуференном по Лили формалине и заливался в парафин. Срезы окрашивались гематоксилин-эозином, азур-эозином по Лили, и ставилась ШИК-реакция. Гистоморфологические изменения слизистой оболочки желудка оценивались по классификации Ц. Г. Масевича.

Прежде всего были проанализированы данные двух биопсий из одного и того же топографического участка слизистой оболочки желудка.

Анализ биопсионного материала из антрального отдела показал, что одинаковые гистоморфологические изменения установлены в 75—90,3%, а неодинаковые — в 3,6% случаев. Почти такое же большое (91,1%) количество одинаковых изменений отмечается в биопсиях из нижней трети малой кривизны желудка.

Полученные данные указывают, что одна биопсия слизистой оболочки желудка с достаточной точностью отображает изменения того

топографического участка, откуда она произведена, но при двух биопсиях точность почти приближается к 100%.

Разница между двумя биопсиями выявления поражения обусловлена наличием или отсутствием участков кишечной метаплазии и объясняется очаговым ее характером.

С целью установления гистологически наличия антральной слизистой в биопсионных материалах были проанализированы результаты 283 биопсий из этого участка. Гистологически антральная слизистая была обнаружена в 156 (74,2%) случаях, в 63 (22,3%) случаях срезы оказались из интермедиальной и фундальной зон, а в остальных случаях срезы не идентифицировались, так как они были отсечены поверхностно до уровня ямок.

Полученные данные указывают на вариабельность анатомических границ антрума, что, конечно, невозможно учесть во время визуальной биопсии.

Далее биопсионный материал был проанализирован по топографическим отделам желудка. Одинаковые гистоморфологические изменения отмечались у 47 (26,1%) из 167 больных хроническим гастритом.

В 14 из 181 случая в слизистой оболочке патологические изменения не были обнаружены. Изолированный антральный и диффузный хронический гастрит был выявлен соответственно в 11 (6,5%) и 156 (93,5%) случаях.

Сопоставлением гистоморфологических данных антрального и фундального отделов при диффузном хроническом гастрите одинаковые изменения были выявлены в 57 (55,3%) из 156 случаев. В антральной области поражение носило более глубокий характер в 21 (26%), а в фундальной части — в 25 (27%) случаях. Полученные данные указывают на различную выраженность поражения слизистой оболочки по топографическим отделам.

Для выявления наиболее информативных участков в слизистой оболочке при хроническом диффузном гастрите сравнивалась гистоморфологическая картина отдельных топографических отделов. В слизистой оболочке антрального и фундального отделов частота одинаковых гистоморфологических изменений колебалась от 36,8 до 51,8%. В антральном отделе и нижней трети малой кривизны превалирование поражения отмечалось в почти одинаковом количестве случаев (24,6—23,4%). В остальных случаях поражение в антральной области преобладало над остальными топографическими участками фундального отдела.

В фундальных топографических участках частота одинаковых гистоморфологических изменений колебалась от 66 до 87%. Превалирование поражения отмечалось чаще всего в нижней и средней третях малой кривизны.

Таким образом, можно заключить, что хронический гастрит встречается в изолированном и диффузном видах. При диффузном поражении слизистой оболочки наиболее глубокое поражение чаще всего отмечается в антруме и нижней, средней третях малой кривизны.

Следует отметить, что мы не наблюдали никаких осложнений, связанных с проведением множественной биопсии.

При повторных гастроскопиях через 7—8 дней после первого исследования биопсионные участки больше не обнаруживались ввиду быстрой эпителизации слизистой желудка.



С практической точки зрения для диагностики хронического гастрита вполне достаточно проведение прицельной биопсии с отсечением двух кусочков из антрального отдела и нижней трети малой кривизны. Изучение гистологической картины всех вышеотмеченных топографических участков слизистой желудка может иметь значение для научных исследований.

Метод множественной прицельной биопсии из разных отделов слизистой желудка имеет преимущество над исследованием материала из одного какого-либо участка.

Тбилисский государственный  
медицинский институт

(Поступило 30.7.1976)

მასპერინგინტული მორფოლოგია

ვ. გვანცელაძე

მრავლობითი დამიზნებითი ბიოპსიის მეთოდის დიაგნოსტიკური მნიშვნელობა ქრონიკული გასტრიტის დროს

რეზიუმე

მრავლობითი დამიზნებითი ბიოპსიის მეთოდის გამოყენებით შესწავლილია 181 ავადმყოფი (113 ქალი და 68 მამაკაცი).

ქრონიკული გასტრიტის დროს კუჭის ლორწოვანი გარსის ერთი და იგივე ტოპოგრაფიული არიდან აღებული ორი ბიოპსიით ერთნაირი ხასიათის დაზიანება დადგინდა 90,3—91,1%, ხოლო სხვადასხვა ტოპოგრაფიული უბნებიდან აღებული ბიოპსიური მასალის შედარებით — 28%.

დადგინდა, რომ ძირითადად აღინიშნება კუჭის ლორწოვანი გარსის დიფუზური დაზიანება, რომლის დროსაც პათოლოგიური პროცესი უფრო ღრმა ხასიათს ატარებს ანტრალურ მიდამოში და მცირე სიმრუდის ქვედა და შუა მესამედში. ანტრალური იზოლირებული გასტრიტი დადგინდა შემთხვევათა 6%-ში.

EXPERIMENTAL MORPHOLOGY

V. I. GVANTSELADZE

DIAGNOSTIC IMPORTANCE OF MULTIPLE GASTROSCOPIC BIOPSY  
IN CHRONIC GASTRITIS

Summary

Multiple gastroscopic biopsy has been carried out in 181 patients with chronic gastritis. Identical changes of the mucosa have been found in 90.3—91.1 per cent of cases as a result of two biopsies from the same topographic region. Identical changes from different topographic regions have been found in 28.1 per cent of cases.

In diffuse chronic gastritis more pronounced changes are found in the central region as well as in the lower and middle thirds of the lesser curvature.

The author recommends to perform double gastric biopsies from the antral region and lower third of the lesser curvature, this being adequate for practical purposes.

For scientific studies it is advisable to take samples from the antral region, the lesser curvature and distal parts of the anterior and posterior walls of the stomach.

The superiority of the method of multiple gastroscopic biopsy from different parts of the stomach as compared to biopsy from any single region is emphasized.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Ц. Г. Масевич. Аспирационная биопсия слизистых оболочек желудка, двенадцатиперстной и тонкой кишки. Л., 1967.
2. Л. И. Аруин. Архив патологии, 3, 1969, 11—21.
3. Б. Х. Рацвелишвили. Гастробиопсия в клинической практике. Тбилиси, 1969.
4. В. П. Салупере, Х. Г. Маарос, В. Г. Внирсалу, Тер. архив, 2, 1975, 52—56.
5. R. Ottenjan, W. Rosch, K. Elster, R. Rendie. Gastroenterology, 3, 1971, 38—44.
6. G. G. Friedrich, N. Lisevski, N. David. Dtsch. Verdasn Stoffwechselki., 26, 1967, 213.
7. N. Henning, K. Henikel, J. Langrof. Dtsch. Med. Wschr., 88, 1963, 16.



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

К. С. ГАГУА, А. М. ГАГУА

ЗНАЧЕНИЕ КОМПРЕССИИ ОРГАНОВ И СОСУДОВ В ХИРУРГИИ

(Представлено академиком И. К. Пипия 2.7.1976)

В хирургической практике нередко встречается тяжелая сердечно-сосудистая недостаточность, патогенез которой остается невыясненным. Часто это осложнение наступает в послеоперационном периоде у тучных больных или при резком вздутии живота. Главными причинами возникновения сердечно-сосудистой недостаточности в этих случаях считаются растяжение желудочно-кишечного тракта с нарушением его функции и интоксикация организма [1]. До настоящего времени не обращалось внимания на тот факт, что при ожирении или резком вздутии живота происходит сдавление сосудов и органов не только брюшной, но и грудной полостей, что вызывает тяжелые расстройства сердечно-сосудистой деятельности. Как раз это нередко является основной причиной летальных исходов при хирургических вмешательствах, сопровождающихся резким вздутием живота в послеоперационном периоде. При этом основной причиной смерти могут быть не перитонит и интоксикация, а вследствие вздутия живота — резкое сдавление органов и сосудов грудной и брюшной полостей, ведущее к возникновению тяжелой сердечно-сосудистой недостаточности. Изучению этого вопроса и посвящено наше исследование.

Для выяснения роли компрессии сосудов и органов в патогенезе острой сердечно-сосудистой недостаточности нами было проведено анатомо-рентгенологическое исследование 120 трупов умерших от различных заболеваний в Институте скорой помощи им. Н. В. Склифосовского. Исследованию подвергались преимущественно трупы с избыточным питанием и резким вздутием живота через 3—6 часов после смерти. Возраст их колебался от 18 до 22 лет. Работа выполнена под руководством Л. Л. Гугушвили.

Исследования проводились путем инъекции контрастной массы в сосуды сердца, аорту, верхнюю полую вену и легочную артерию, препаровки этих сосудов, изучения их синтопии, измерения диаметра, формы, длины и последующей рентгенографии. Измерялся также объем грудной полости и изучалось расположение в ней сосудов и органов.

В результате проведенных исследований были выделены три основных типа смещения сосудов и органов в зависимости от причин, вызывающих его: хроническое, наступающее при постепенном нарастании ожирения организма; острое, возникающее при быстром и резком вздутии живота или вследствие переполнения желудочно-кишечного тракта; комбинированное.

По предварительным данным, на нашем материале в 65% случаев наблюдались ожирение организма и в связи с этим подъем печени с резким смещением правого купола диафрагмы. Сердце также было отснесено вверх. При препаровке и на рентгенограммах было видно

сдавление аорты, легочной артерии и наддиафрагмального отдела нижней полой вены. В 25% случаев объем грудной полости был уменьшен на 1/3. В 35% случаев в результате острого вздутия живота отмечалось смещение диафрагмы. В этих случаях быстро наступившую острую сердечно-сосудистую недостаточность можно было объяснить лишь смещением органов и сосудов средостения кверху, что и явилось основной причиной летального исхода. В 30% общего числа случаев имело место хроническое смещение, вызвавшее сердечно-сосудистую недостаточность. Из них в 20% наблюдалось только вздутие желудка, а в 10% — всего желудочно-кишечного тракта. При вскрытии и на рентгенограммах можно было видеть, что вследствие ожирения и резкого вздутия живота (желудочно-кишечного тракта) правый и левый куполы диафрагмы смещены вверх.

Проведенные нами макроморфологические исследования показали, что компрессия сосудов и органов грудной и брюшной полостей вызывает тяжелые расстройства кровообращения, которые являются одной из причин, ведущих к смерти. Макроскопических изменений со стороны сердца, сосудов и других органов найти не удалось.

В патогенезе острой сердечно-сосудистой недостаточности, вызванной компрессией, мы выделяем два этапа развития процесса: I — резкое перерастяжение кишечника и оттеснение крови из периферических отделов сосудов пищеварительного тракта в центральные, вызывающее, во-первых, нарушение функции желудочно-кишечного тракта, усиление газообразования, процессов брожения, интоксикации организма и т. д. и, во-вторых, перегрузку общего круга кровообращения, травматизацию внутриорганных сосудов с образованием тромбов; II этап — перегибы и сдавление крупных сосудов как брюшной, так и грудной полостей в результате резкого вздутия живота, что является решающим фактором в патогенезе острой сердечно-сосудистой недостаточности.

Из вышесказанного следует, что в патогенезе острой сердечно-сосудистой недостаточности выделяются два фактора нарушения кровообращения: расстройства местного и общего кровообращения вследствие перегибов и сдавления крупных сосудов.

На основании макроморфологических исследований и изучения рентгенограмм нами было обнаружено, что резкое смещение диафрагмы вверх в результате ожирения или сильного вздутия живота вызывает, как было сказано выше, уменьшение объема грудной полости от 1/3 до 2/3. Купол диафрагмы поднимается до верхнего края 5-го и изредка до нижнего края 3-го ребра. Нарушается нормальное расположение сердца, оно принимает горизонтальное положение. При этом положении на задней поверхности сердца образуется тарелкообразное вдавление, в результате чего возникает целый ряд изменений, которые могут явиться причиной серьезных нарушений гемодинамики не только в коронарных сосудах, но и во всем организме. Такое положение сердца нами отмечалось в 42 случаях, причем в 1/3 случаев наблюдалось сдавление основного ствола правой венечной артерии или ее ветвей, в 1/4 — резкое изменение угла отхождения левой венечной артерии с изгибом основного ствола и прижатием к грудине.

Значительные сдвиги наступают и в проходимости венозной системы сердца. Располагаясь по нижней поверхности правого предсердия, терминальный отдел венозного синуса оказывается придавленным к ди-

афрагме и деформированным. Этим, по-видимому, можно объяснить обнаруженное нами в шести случаях варикозное расширение вен сердца. Нижняя полая вена идет почти перпендикулярно диафрагме и является основанием треугольника, образуемого диафрагмой, самой веной и сердцем. Длина ее в норме 1,5—2 см, изредка 3 см. При горизонтальном расположении сердца («лежащее сердце») нижняя полая вена имеет вид гофрированной трубки и подворачивается под правое предсердие, что вызывает относительное затруднение в притоке крови. Вследствие смещения сердца изменяются и расположение аорты, ее синтопия, форма и размеры. Восходящий отдел аорты резко смещается вправо, образуя дугообразное искривление. Дуга аорты в таких случаях резко деформирована. В области средней трети аорты образуется изгиб, вызывающий сужение просвета (без органических поражений стенки).

В норме легочная артерия идет снизу вверх, располагаясь позади левого предсердия и аорты. При смещении органов средостения вверх происходит искривление ее основного ствола и крупных ветвей. Она оказывается прижатой сердцем и аортой к задней стенке грудной клетки, что затрудняет отток крови из правого желудочка. Вследствие смещения сердца появлялись перегибы легочных вен с возможным возникновением гипертензии в малом круге кровообращения. При этом нами были обнаружены перегибы или сдавления трахеи, бронхиального дерева или сосудов легких в различных местах. Все это вызывает нарушение функции дыхания, затрудняя вентиляцию и кровообращение легких, что, в свою очередь, приводит к гипоксии и возникновению различных осложнений.

На первый взгляд клиницисту может показаться, что вышеприведенные данные не имеют прямого отношения к лечению хирургических больных, так как при объяснении патогенеза компрессии до сих пор совершенно не принимались во внимание нарушения анатомических соотношений органов и крупных сосудов вследствие ожирения или переполнения желудочно-кишечного тракта. Однако анализ большого анатомо-экспериментального материала и хирургическая практика подтвердили важность этих данных и указывают на необходимость довести результаты исследований до широкого круга клиницистов и особенно хирургов, так как оперативные вмешательства нередко осложняются механико-динамической непроходимостью кишечника со вздутием живота и, как следствие этого, компрессией органов и крупных сосудов грудной и брюшной полостей. Следует учесть, что часто в клинику попадают больные с ожирением и резким вздутием живота при различных заболеваниях внутренних органов, которые требуют учета вышеприведенных данных и целенаправленного лечения.

Научно-исследовательский институт  
скорой помощи  
им. Н. В. Склифосовского  
Москва

Институт экспериментальной  
и клинической хирургии  
МЗ ГСССР

(Поступило 2.7.1976)

ბ. ბაბუა, ა. ბაბუა

 ორგანოებისა და სისხლძარღვების კომპრესიის მნიშვნელობა  
 ძირურბიაში

რეზიუმე

აღწერილია ახალი პათოლოგია, რის შედეგადაც ვითარდება ადგილობრივი და ზოგადი ხასიათის სისხლის მიმოქცევის დინამიკის დარღვევა — ჰიპოქსია, ფილტვების შეშუპება, კუჭნაწლავის შეთავსის შეჩერება, ინტოქსიკაციის გენერალიზაცია, რაც გულის მწვავე ნაკლოვანების მიზეზად უნდა ჩაითვალოს. ამიტომ საჭიროდ მიგვაჩნია მკურნალობის საერთო კომპლექსში კუჭნაწლავის დეკომპრესიული საშუალებების (ლონისძიებების) დროულად გამოყენება.

 EXPERIMENTAL MEDICINE
 

---

K. S. GAGUA, A. M. GAGUA

 THE IMPORTANCE OF COMPRESSION OF ORGANS AND  
 MACROVESSELS IN SURGERY

Summary

The authors describe a new pathology: «the syndrome of the compression of organs and macrovessels», which later on causes disturbance of local and general dynamic blood circulation, hypoxia, pulmonary swelling, ileus, generalized intoxication — to be regarded as an acute heart failure. Timely use of methods of intestinal glands decompression is suggested.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. С. С. Юдин. Избранные произведения. М., 1962.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

В. К. ЭТЕРИЯ, К. В. КИВИЛАДЗЕ

**ВЛИЯНИЕ РАЗНОНАПРАВЛЕННЫХ, ОДНОКРАТНЫХ И  
МНОГОКРАТНЫХ ПРОДОЛЬНЫХ ПЕРЕГРУЗОК НА  
ГИСТОСТРУКТУРУ СЕЛЕЗЕНКИ**

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. А. Джавахишвили 28.6.1976)

Лимфоидные органы, в частности селезенка, обладают многообразными функциями в жизнедеятельности организма (кроветворной, защитной, депонирующей и др.). Являясь весьма чувствительной ко всякого рода изменениям в организме, селезенка остро реагирует на воздействие перегрузок. Отсюда ясен интерес, проявляемый исследователями к изучению изменений гистоструктуры селезенки в условиях гравитационных воздействий на организм ускорений. Выполненные в этом плане работы [1—4] в основном касаются действия на организм поперечно-направленных ускорений.

В условиях эксперимента изучено влияние на крово- и лимфообразование и гистоструктуру селезенки продольных ускорений направленных —  $gz$  (таз — голова) и  $+gz$  (голова—таз) при величине ускорения 10 и 2  $g$ , времени воздействия 5 и 25 минут, положении животных на контейнере животом вниз и животом вверх, вращении центрифуги слева направо и справа налево против часовой стрелки.

Эксперименты поставлены на 200 кроликах-самцах.

С учетом положения животных на контейнере центрифуги и направления вращения создано восемь вариантов эксперимента. В каждом из вариантов проведено по три серии опытов с перегрузкой 10  $g$  в течение 5 минут, 2  $g$  в течение 20 минут (большинство кроликов к этому сроку воздействия погибло, а остальные животные забивались в разные сроки после окончания опытов) в 2  $g$  в течение 10 минут, с повторными ежедневными перегрузками на протяжении 10—15 дней. Животные этой серии забивались сразу же после окончания опытов и через 1, 10, 15, 20, 25, 30, 60 суток.

Гистологическими исследованиями препаратов селезенки подопытных животных, подвергнутых перегрузкам направления —  $gz$ , выявлена значительная гиперемия органа. Венозные сосуды расширены, деформированы, стенки их истончены, образуют варикозные выпячивания. Резко расширены лимфатические сосуды, увеличено количество выявляемых сосудов, сеть их становится более насыщенной. На ряде препаратов расширенные лимфатические сосуды принимают полигональную форму, образуя обширные лакуны, содержащие свернувшуюся лимфу с примесью форменных элементов крови. Синусы селезенки деформированы, неравномерно расширены, содержат скопления эритроцитов. Пульпа отечна, полнокровна, разрежена. Количество форменных элементов увеличено, среди них выявляются свернувшаяся белковая жид-

кость и скопления эритроцитов (рис. 1). Ретикулиново-коллагеновый каркас красной пульпы растянут, местами разорван. На некоторых препаратах капсула отслоена от паренхимы.

Все перечисленные изменения носят обратимый характер, и к 20-му дню периода последствий гистоструктура селезенки не отличается от таковой контрольных животных.

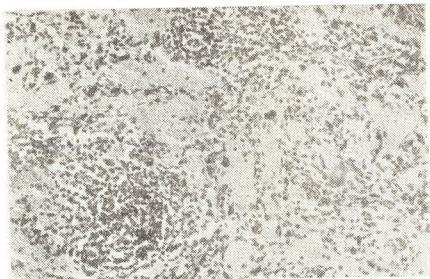


Рис. 1. Переполнение пульпы селезенки эритроцитами. Объектив 10, гамаль 2. Окраска гематоксилином и эозином

В случае действия перегрузок направления —  $gz$  при положении кроликов животом вниз и вращении центрифуги слева направо изменения в гистоструктуре селезенки носят менее интенсивный характер, чем при вращении против часовой стрелки; в тех же условиях, но при положении животных животом вверх наблюдаются более грубые изменения в селезенке, чем при вращении против часовой стрелки.

Изменения в селезенке в первой и второй сериях опытов однотипны, но нарушения, обнаруженные у животных второй серии, более глубокие.

Нарушения крово-лимфообращения и структурные изменения в селезенке при действии перегрузок направления  $+gz$  (голова—таз) носят совершенно иной характер. Гистологическими исследованиями выявлено лишь умеренное полнокровие органа. Синусы селезенки расширены незначительно, местами деформированы, заполнены свернувшейся плазмой. На ряде препаратов под капсулой селезенки обнаружены неравномерно расширенные, извитые лимфатические сосуды. Ретикулиново-коллагеновый каркас красной пульпы несколько растянут. Перечисленные изменения носят скоропреходящий характер.

Таким образом, под действием однократных и многократных продольных перегрузок происходит значительная перестройка гистоструктуры селезенки. Особенно резко эти изменения выражены в ее фолликулярном аппарате. В этих условиях начальная часть лимфатических капилляров остро реагирует на нарушения микроциркуляции, они резко увеличивают свою резорбционную способность, и поэтому в селезенке выявляется большое количество лимфатических сосудов, расширенных и заполненных не только лимфой, но и форменными элементами крови, эритроцитами.



Наиболее глубокие изменения в гистоструктуре селезенки наступают при действии гравитационных сил направления —  $gz$ .

Изменения, выявленные во второй серии экспериментов, более выражены, так как выявляемые в органе нарушения больше зависят от времени воздействия, чем от величины перегрузок.

Необходимо подчеркнуть, что при продольных перегрузках различного направления ( $\pm gz$ ) вращение животных по часовой стрелке и против часовой приводит к неоднозначным по глубине изменениям в тканях селезенки, на что мы не нашли указаний в доступной нам литературе.

Квезанская больница  
 г. Ткварчели

(Поступило 30.7.1976)

მასპერიმენტული მემორია

3. ეთერია, ძ. კივილაძე

სხვადასხვა მიმართულების, ერთჯერადი და მრავალჯერადი  
 ბრძივი გადატვირთვების გავლენა ელენთის ჰისტოსტრუქტურაზე

რეზიუმე

ექსპერიმენტში 200 მამალ კურდღელზე შესწავლილია სხვადასხვა მიმართულების, ძალისა და ხანგრძლივობის აჩქარების ზემოქმედება ელენთის ჰისტოსტრუქტურაზე.

დადგენილ იქნა თვალსაჩინო ცვლილებები როგორც ელენთის პარენქიმაში, ისე მის სისხლძარღვთან სისტემაში. ვენური და ლიმფური ძარღვები იკლაკნებიან, ფართოვდებიან და წარმოქმნიან ვარიკოზულ გაგანიერებებს. წითელი პულების რეტიკულურ-კოლაგენური კარკასი გაჭიმულია და აღინიშნება მისი დარღვევა.

აღნიშნული ცვლილებების სიღრმე დამოკიდებულია არა მარტო ცხოველის მდებარეობაზე ცენტრიფუგაზე, აჩქარების ზემოქმედების ძალასა და ხანგრძლივობაზე, არამედ უმთავრესად გადატვირთვის მიმართულებაზე, ე. ი. საათის ისრის მიმართულებით თუ მის საწინააღმდეგოდ ბრუნავდნენ ცხოველები.

EXPERIMENTAL MEDICINE

V. K. ETERIA, K. V. KIVILADZE

THE EFFECT OF VARIOUSLY-DIRECTED SINGLE AND  
 REPEATED LONGITUDINAL OVERLOADINGS ON THE  
 SPLEEN HISTOSTRUCTURE

Summary

The experiment involving 200 male rabbits studied the effect of variously directed accelerations, differing in magnitude and duration, on the histostructure of the spleen.

Profound changes were revealed in the vascular system as well as in the spleen parenchyma. Veins and lymphatic vessels became curved and dilated, forming varicose bulges. The reticulin-collagen frame of the red pulp was stretched, being ruptured at places.

The degree of the changes depends not only on the position of the centrifugated animal and the duration of acceleration but also on the direction of rotation of the experimental animals—clockwise or counterclockwise.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. Г. Петрухин. Сб. «Авиационная и космическая медицина». М., 1963, 391—394.
2. Ю. И. Афанасьев. Там же, 40.
3. Ю. И. Афанасьев, Ю. В. Машковцев. Проблемы космической биологии. М., 1967, 288—298.
4. В. А. Гомон. Автореферат канд. дисс. Ужгород, 1973, 250.



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

В. И. НАЦВЛИШВИЛИ

КРИОВОЗДЕЙСТВИЕ ПРИ БОКОВОМ И ГРАНУЛЕЗНОМ  
 ФАРИНГИТЕ

(Представлено академиком И. Я. Татишвили 8.9.1976)

Несмотря на несомненную эффективность лечения больных боковым и гранулезным фарингитом методом локального замораживания гранул и боковых валиков задней стенки глотки, количество работ, посвященных данному вопросу, весьма невелико [1—8].

В плане разработки проблемы целенаправленного управления процессом криовоздействия было проведено экспериментальное исследование, в котором тепловые характеристики локально замороженных участков тканей сопоставлялись с возникшими в них изменениями.

С этой целью был разработан оригинальный многоточечный микро-термопарный малоинерционный датчик, позволяющий с достаточной точностью измерять температуру на поверхности и в глубине тканей в процессе криовоздействия.

Под нашим наблюдением находилось 40 детей с хроническим гипертрофическим фарингитом в возрасте от 4 до 14 лет и 30 взрослых. Больных мужского пола было 27, женского — 43.

При распределении больных по форме заболевания использовалась классификация И. Г. Козловой, согласно которой хронический гранулезный фарингит был диагностирован у 21 больного, хронический боковой фарингит — у 33, хронический гранулезно-боковой фарингит — у 16.

Подавляющее число больных жаловалось на периодические боли при глотании, кашель, ощущение инородного тела в глотке.

Из 40 детей, находившихся под нашим наблюдением, 35 ранее болели: 13 — повторной пневмонией, 7 — ревматизмом, 8 — хроническим воспалением мочевыводящих путей. 31 ребенок страдал хроническим тонзиллитом, причем 19 из них в прошлом была произведена двухсторонняя тонзиллэктомия.

Из 30 взрослых больных у 6 имела место язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, у 5 — хронический гастрит и холецистит, у 9 — хронический бронхит.

Подавляющее большинство больных ранее длительно лечились по поводу хронического гипертрофического фарингита общепринятыми методами.

Диагноз хронического гипертрофического фарингита ставился на основании анамнеза, жалоб и данных фарингоскопии.

Для локального замораживания у всех больных с гипертрофическими формами хронического фарингита применялся инструмент А. И. Шальникова, работающий на жидкой углекислоте или закиси азота и обеспечивающий температуру рабочего наконечника около  $-68^{\circ}\text{C}$ . Этот инструмент оказался весьма эффективным, удобным и надежным при лечении хронического гипертрофического фарингита. Он обеспечивает достаточно низкую температуру для образования покрова гипер-

трофированных участков лимфоидной ткани задней стенки ротоглотки. Размеры его рабочего наконечника позволяют замораживать отдельные гранулы без повреждения окружающих участков слизистой оболочки глотки, тонкий холодопровод не мешает наблюдению за операционным полем во время криовоздействия.

Для снижения глоточного рефлекса слизистая оболочка задней стенки глотки корня языка, мягкого неба смазывалась 3—5% раствором кокаина или 1% раствором дикаина. За 20 минут до вмешательства для уменьшения саливации вводился 0,1% раствор атропина (в возрастной дозировке).

После того как шпателем отдавливался язык, в полость ротоглотки вводился инструмент, наконечник которого прижимался к грануле или к боковому валику глотки. В это время начиналась подача холодоагента, и уже через 10—15 секунд наконечник аппарата плотно прилипал к замораживаемой ткани. Экспозиция колебалась от 60 до 90 секунд. За один сеанс в зависимости от распространенности гиперпластического процесса замораживались часть или все увеличенные гранулы на задней стенке глотки. Как правило, на один и тот же участок слизистой оболочки ротоглотки производилось по одной аппликации.

Что же касается гипертрофированных боковых валиков глотки, то здесь в связи с большим распространением участков гипертрофии требовалось проведение многократных криоаппликаций, когда «шаг за шагом» подвергалась криовоздействию вся поверхность увеличенных боковых валиков глотки.

После отделения наконечника замороженный участок становился белым и плотным, но уже через 8—10 секунд его было трудно отличить от окружающей слизистой оболочки.

Через сутки после криовоздействия у большинства больных появлялись жалобы на усиление болей в глотке, а при фарингоскопии отмечались выраженное усиление гиперемии и небольшой отек слизистой оболочки. На 1—2-е сутки в местах, где производилось локальное замораживание, появлялась поверхностный серовато-желтый налет, довольно плотно спаянный с подлежащими тканями.

К 5—6-м суткам боли в горле в большинстве случаев исчезали и начиналось отторжение налетов, которое заканчивалось обычно на 7—8-е сутки. В этот период можно было отметить отчетливое уменьшение гранул и боковых валиков глотки. Через 2—3 недели на месте увеличенных гранул образовывалась ровная эпителизированная поверхность слизистой оболочки розового цвета без видимых на глаз рубцов.

Для лечения больных с гипертрофией боковых валиков глотки, как правило, требовалось проведение двух, а у некоторых больных и трех сеансов криовоздействия с интервалом в 5—6 дней, так как после одного сеанса не удавалось добиться полного исчезновения гипертрофированных участков лимфоидной ткани.

Следует подчеркнуть, что криовоздействие при гипертрофическом фарингите переносили легко не только взрослые, но и дети. Общее самочувствие после вмешательства у всех больных оставалось удовлетворительным. Лишь у 7 больных (в том числе у 4 детей) в первые сутки отмечалась субфебрильная температура, которая у всех этих больных нормализовалась к 3-м суткам.

Из 70 больных, которым было произведено криовоздействие по поводу гипертрофического фарингита, 37 находились под нашим наблюдением более 2 лет, 22 — от 1 года до 2 лет, 5 — до 1 года. Судьба 6 больных осталась неизвестной.

Из 64 больных, у которых были прослежены отдаленные результаты, у 53 полностью прекратились боли и першение в горле. При фарингоскопии практически у всех больных можно было отметить положительные сдвиги в состоянии слизистой оболочки задней стенки глотки. Наилучшие результаты отмечались в группе больных с гранулезным фарингитом, где из 21 больного у 19 полностью исчезли увеличенные гранулы на задней стенке глотки.

Хорошие результаты имели место и у больных с гипертрофированными боковыми валиками глотки. У 18 больных (из 33) с этой формой фарингита при обследовании их в отдаленные сроки не обнаруживалось ни малейших признаков гиперплазии лимфоидной ткани, у 11 больных боковые валики уменьшились в значительной степени и у 2 отмечалось лишь небольшое их уменьшение (у 2 больных отдаленные результаты не были прослежены).

В группе больных с гранулезно-боковым фарингитом санации задней стенки глотки констатировались у 9, у 3 больных, наряду с исчезновением гранул, сохранилось увеличение боковых валиков, хотя и в меньшей степени, чем до криводействия (4 больных не явились на осмотр).

Таким образом, криводействие является эффективным методом лечения больных боковым и гранулезным фарингитом и с успехом может применяться как у взрослых, так и у детей. Инструмент для локального замораживания тканей конструкции А. И. Шальникова, работающий на жидкой углекислоте или на закиси азота, обеспечивает достаточно низкую температуру для образования некроза гипертрофированных участков лимфоидной ткани задней стенки глотки, а размеры его рабочего наконечника позволяют замораживать отдельные гранулы без повреждения окружающих участков слизистой оболочки глотки.

Тбилисский государственный институт  
усовершенствования врачей

(Поступило 9.9.1976)

მასპირინებელი ზედიცნა

3. ნაცვლიწილი

კრიომოქმედება გვერდითი და გრანულოზური ფარინგიტიზის დროს

რეზიუმე

კრიომოქმედება გვერდითი და გრანულოზური ფარინგიტიზის დროს ჩატარებულია 70 ავადმყოფზე (40 ბავშვი და 30 მოზრდილი). ხახის გრანულოზისა და გვერდითი მორგების ლოკალური მოყინვა შესრულებულია ა. შალნიკოვის კონსტრუქციის თხევად ნახშირორჟანგზე ან აზოტის ქვეყანგზე მომუშავე ხელსაწყოთი. თითოეული აპლიკაციის ექსპოზიცია მერყეობდა 60—70 სექ., ხოლო მუშა ბუნების ტემპერატურა იყო მინუს 68°C. შორეული შედეგები შემოწმებულია 64 ავადმყოფზე. ტკივილებისა და ფხვანის შეგრძნების სრული შეწყვეტა აღინიშნა 53 ავადმყოფზე. ობიექტურად ფარინგოსკოპიული სურათი გახდა ნორმალური ან გაუმჯობესდა 59 ავადმყოფს.

V. I. NATSVLISHVILI

## CRYOTHERAPY IN LATERAL AND GRANULAR PHARYNGITIS

## Summary

Cryotherapy was administered to 70 patients (40 children and 30 adults).

Local congelation of granules and side columns of the pharynx was performed by means of an instrument, operating on carbonic acid or nitrous oxide, constructed by A. I. Shalnikov. The exposure of each application was 60—90 sec. temperature on the operating tip was about 68° C.

Long-term results were observed in 64 patients. 53 patients showed a complete cessation of pains and tickling in the throat. Objectively, the pharyngoscopic state of 59 patients was normalized or considerably improved.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. М. А. Шустер, А. В. Фотин, Л. Б. Рейдман, Д. Г. Чирешкин, М. З. Болюшко, Л. Р. Бицадзе, Н. И. Куранов. Сб. «Актуальные вопросы клинической и экспериментальной медицины», М., 1972, 63—65.
2. Б. В. Шеврыгин, Л. М. Никулина. Вестник оториноларингологии, № 4, 1972, 108.
3. И. И. Потапов, П. Г. Рудня, Л. С. Тарлычева, Б. В. Шеврыгин. Криохирургия в оториноларингологии. М., 1975.
4. И. И. Потапов, Л. С. Тарлычева, П. Г. Рудня. Вестник оториноларингологии, № 6, 1973, 3—8.
5. Р. Р. Амангельдиева. Автореферат канд. дисс. М., 1974.
6. Г. П. Наумов, В. Г. Чанинцев. Журнал ушных, носовых и горловых болезней, № 5, 1975, 83.
7. J. Baouche, Ch. Freche. Journal Francais d'Oto-Rhino-Laring., 17, № 9, 1968, 743—746.
8. J. I. Piquet, M. Mochez, A. Desaulty, S. Decroix. J. Francais d'Oto-Rhino-Laring. № 5, 20, 665—670.



ო. ჭიშკლაშვილი, ვ. ჯინჯარაძე

მოსავლიანობის პროგნოზირება მათემატიკური მეთოდების  
 გამოყენებით მინერალური სასუქების ოპტიმალური განაწილების  
 საფუძველზე

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ვ. ჭიშკლაშვილმა 8.9.1976)

წინამდებარე შრომაში მოცემულია სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის პროგნოზირების ცდა მინერალური სასუქების ოპტიმალური განაწილების საფუძველზე. ამოცანის გადასაწყვეტად გამოყენებულ იქნა მათემატიკური მეთოდები, კერძოდ, მრავალფაქტორიანი კორელაციურ-რეგრესიული ანალიზი და წრფივი პროგრამირების მეთოდი, რომლებიც პროგნოზირების ამჟამად არსებული მეთოდებს შორის საკმარისი სიზუსტით და გამოყენების ფართო მასშტაბით გამოირჩევა.

ამოცანა გადაწყვეტილ იქნა ორ ეტაპად. სამუშაოს პირველ ეტაპზე გამოკვლეულ იქნა კორელაციური კავშირი მოსავლიანობის დონესა და მინერალურ სასუქებს შორის. ჩვენ შევისწავლეთ კავშირის როგორც წრფივი, ისე არაწრფივი დამოკიდებულება. საანალიზოდ შერჩეული მონაცემების მიხედვით სასუქების დოზები ცვალებადობს მინიმალურ და მაქსიმალურ საზღვრებში

$$Z_{ij} \leq X_{ij} \leq R \leq i_j,$$

სადაც  $Z_{ij}$  და  $R_{ij}$  არის  $i$  სახის მინერალური სასუქების შეტანის მინიმალური და მაქსიმალური დოზები  $j$  კულტურის ქვეშ. მოსავალზე მოქმედი მინერალური სასუქების გავლენის (მოცემულ საზღვრებში) დონის შეფასებისათვის გამოყენებულ იქნა სტიუდენტის კოეფიციენტი ( $t$ ), რითაც დადგინდა, რომ განტოლების მაღალი რიგის წევრები არსებით გავლენას არ ახდენენ მოსავლიანობაზე. მოსავალსა და სასუქებს შორის კავშირი საკმაოდ სიზუსტით აღიწერა წრფივი განტოლებით

$$Y = a_0 + a_1 N + a_2 P + a_3 K,$$

სადაც  $Y$  არის სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობა, ც/ჰა,  $a_0, a_1, a_2, a_3$  განტოლების კოეფიციენტებია,  $N, P, K$  შეტანილი აზოტის, ფოსფორის და კალიუმის სასუქების დოზებია, კგ/ჰა (მოქმედი ნივთიერებით).

რეგრესიის განტოლების კოეფიციენტები გათვლილ იქნა უმცირეს კვადრატთა მეთოდით, ხოლო მოდელის ადეკვატურობის დასადგენად — მრავლობითი კორელაციის კოეფიციენტი  $R$  და ფიშერის კოეფიციენტი  $F$ .

სამუშაოს მეორე ეტაპზე შედგა მინერალური სასუქების ოპტიმალური განაწილების ეკონომიურ-მათემატიკური მოდელი, რომლის ძირითადი განტოლებები და უტოლობები წარმოდგენილია შემდეგი სახით: 1) კორელაციურ-რეგრესიული ანალიზის საფუძველზე მიღებულ განტოლებებში წევრთა გადანაცვლების საფუძველზე ვღებულობთ განტოლებათა სისტემას

$$Y_j - a_{ij} X_{ij} = a_{0j} \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n),$$

სადაც  $Y_j$  არის  $j$  კულტურის მოსავლიანობა (ც/ჰა),  $X_{ij}$ — $i$  სახის მინერალური სასუქის შეტანის დოზა (კგ/ჰა)  $j$  კულტურის ქვეშ,  $a_{ij}$ ,  $a_{0j}$ — $j$  კულტურის კორელაციური მოდელის კოეფიციენტები.

მეურნეობაში არსებული მინერალური სასუქების ფონდის განაწილება სხვადასხვა კულტურის ქვეშ გამოისახა შემდეგი უტოლობით:

$$\sum_{j=1}^n S_j X_{ij} \leq b_i,$$

სადაც  $S_{ij}$  არის  $j$  კულტურის მიერ დაკავებული ფართობი (ჰა),

$b_i$  —  $i$  სახის მინერალური სასუქის რაოდენობა მეურნეობაში.

ეკონომიურ-მათემატიკური მოდელის დამაკავშირებელ ბლოკში მოცემულია შეზღუდვები სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის წარმოების გეგმის შესრულების შესახებ. ეს შეზღუდვები გამოისახა უტოლობათა სისტემით

$$\sum_{j=1}^n S_j Y_j \leq Q_j,$$

სადაც  $Q_j$  არის  $j$  სახის პროდუქციის წარმოების გეგმა.

ბოლო შეზღუდვები წარმოადგენენ ცვლადების დადებითობის პირობას

$$X_{ij} \geq 0, Y_j \geq 0.$$

ამოცანის ოპტიმალობის კრიტერიუმად აღებულ იქნა საერთო პროდუქციის წარმოების მაქსიმუმი ფულად გამოხატულებაში

$$Z = \sum_{j=1}^n C_j (S_j Y_j) \rightarrow \max.$$

აღნიშნული მეთოდის გამოყენებით გამოვიანგარიშეთ მოსავლიანობის პროგნოზი ჩაის, მანდარინის, სამარცვლე სიმინდისათვის მახარაძის რაიონის ლაითურის საბჭოთა მეურნეობის მაგალითზე; ამავე ზონაში ჩატარებულ იქნა ცდების შედეგების ეკონომიკური გაანალიზების საფუძველზე.

გაანგარიშებები მოხდა მეურნეობის მინერალური სასუქებით დაკმაყოფილების სამი დონის გათვალისწინებით. პირველი, როდესაც მეურნეობა უზრუნველყოფილია მინერალური სასუქების 100 პროცენტით, მეორე — როდესაც ეს დონე 80% უდრის და მესამე — 60%.

კონკრეტულ მაგალითში ჩაის უკავია 370, მანდარინს — 140, სამარცვლე სიმინდს — 360 ჰექტარი. პროდუქციის წარმოების გეგმის დონე განისაზღვრება შემდეგი მოცულობით: ჩაის წარმოება — 30 ათასი, მანდარინისა — 40 ათასი, სიმინდისა — 20 ათასი ცენტნერთ, რომელთა ღირებულება შესაბამისად უდრის 2100, 2720 და 167 ათას მანეთს.

აღნიშნული კულტურებისათვის წრფივ რეგრესიულ განტოლებებს შემდეგი სახე აქვს.

$$\text{ჩაი: } Y = 39,1 + 0,086 N + 0,1 P + 0,045 K,$$

$$\text{მანდარინი: } Y = 131,7 + 0,32 N + 0,17 P + 0,79 K,$$

$$\text{სიმინდი: } Y = 18,5 + 0,125 N + 0,078 P + 0,058 K,$$

$$\text{პირველი განტოლება: } R = 0,84; F = 3,5.$$

$$\text{მეორე: } R = 0,87, F = 4,2.$$

$$\text{მესამე: } R = 0,97, F = 5,3.$$



მინერალური სასუქების ოპტიმალური განაწილების ეკონომიურ-მათემატიკური მოდელის მატრიცის ზომა განისაზღვრა 18 ცვლადითა და 21 შეზღუდვით.

ამოცანა ამოხსნა ეგმ „მინსკ-22“-ზე სიმპლექს-მეთოდით [2].

როდესაც მეურნეობა 100%-ით იქნება დაკმაყოფილებული მინერალური სასუქებით, მისი სხვადასხვა კულტურის ქვეშ შესატანი დოზების ოპტიმიზაციის საფუძველზე ჩაის მოსალოდნელი (პროგნოზირებული) მოსავლიანობის დონე საშუალოდ მეურნეობაში იქნება 81, სიმინდისა — 55,5 ცენტნერი. როდესაც მეურნეობაში სასუქების 80%-ია, ჩაის მოსავლიანობა მცირდება 69,0, სიმინდისა 49,7 ც-მდე. როდესაც სასუქების დონე 60%-ია, ჩაისა და სიმინდის მოსავალი შესაბამისად 61,6 და 36,6 ცენტნერამდე ეცემა. რაც შეეხება მანდარინის მოსავლიანობის დონეს, იგი ყველა შემთხვევაში სტაბილურია და 286 ცენტნერს უდრის. როგორც ჩანს, სასუქებით პირველ რიგში ის ძირითადი კულტურა კმაყოფილდება მაქსიმალურად, რომელიც ყველაზე მეტ პროდუქციას იძლევა ღირებულებითი გამოხატულებით. ამას განაპირობებს ის გარემოება, რომ ამოცანის ამოხსნის კრიტერიუმად აღებულია პროდუქციის წარმოების, როგორც ეკონომიურ-მათემატიკური მოდელის მიზნის ფუნქციის მაქსიმუმი. აღნიშნული მეთოდის გამოყენება საშუალებას იძლევა კონკრეტული შემთხვევის მიხედვით ოპტიმალურად იქნეს განაწილებული მინერალური სასუქები, ხოლო მის საფუძველზე განისაზღვროს სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა მოსავლიანობის მოსალოდნელი დონე პერსპექტივაში.

საქართველოს სსრ სოფლის მეურნეობის სამინისტროს  
სოფლის მეურნეობის ეკონომიკისა და ორგანიზაციის  
სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი

(შემოვიდა 10.9.1976)

ЭКОНОМИКА

О. Г. КЕШЕЛАШВИЛИ, В. Г. ДЖИНЧАРАДЗЕ

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ НА ОСНОВЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Резюме

Были использованы методы корреляционно-регрессионного анализа и линейного программирования. Критерием решения задачи был взят максимум общей продукции. На основе оптимизации использования удобрений исчислена прогнозируемая урожайность конкретного хозяйства по трем уровням (100, 80 и 60%) обеспеченности хозяйства удобрениями. Указанные методы позволяют получить обоснованные и достоверные результаты.

ECONOMICS

O. G. KESHELASHVILI, V. G. JINCHARADZE

### PREDICTION OF CROPPING CAPACITY BY MATHEMATICAL METHODS ON THE BASIS OF OPTIMUM DISTRIBUTION OF FERTILIZERS

Summary

The methods of correlation-regression analysis and linear programming have been used in solving the title problem. The maximum of total produce served as the criterion for the solution. The predicted cropping capacity of

a particular economy for three levels (100, 80 and 60%) of provision with fertilizers has been calculated on the basis of optimized use of fertilizers. The methods in question yield substantiated and valid results.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. М. Брасланец, А. Бурейко. Экономика сельского хозяйства, № 6, 1975.
2. Программы для ЭВМ «Минск-22». М., 1970.



ЯЗЫКОЗНАНИЕ

Т. Г. ШИОШВИЛИ

**НЕКОТОРЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА СЛОВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ  
 ВАРЬИРОВАНИЕМ**

(Представлено академиком Т. В. Гамкрелидзе 8.9.1976)

В современном английском языке существует немало слов, выражающих тождественные значения, которые возникли вследствие близости семантических характеристик отрицательных префиксов: a-, dis-, in- (il-, im-, ir-), mis-, non-, up-. Эти префиксы могут быть присоединены к одному и тому же корню (или к производящей основе) для выражения одного и того же значения (ср.: non-dimensional—inexperienced) [1].

Возможность варьирования лингвистических единиц, т. е. возникновения вариантов слов, является общепризнанным фактом, однако следует отметить, что ряд языковедов [2, 3], признавая фонетическое и морфологическое варьирование, отрицает возможность выделения словообразовательных вариантов слова. По мнению этих лингвистов, разнообразие словообразовательных структур создает разные слова [4]. Очевидно, вместе с признанием фонетических вариантов слов (ср.: year (jɪə), (jɜ:)) или морфологических вариантов (ср.: syllabicate—syllabify) нет оснований отказываться от признания (след за А. И. Смирницким [5]) существования также вариантов слова словообразовательного характера [6]. Словообразовательными вариантами можно тогда считать однокоренные производные, которые принадлежат к одной части речи, передают тождественное значение и чаще всего созданы при помощи аффиксов одного и того же типа. Варьирование в словообразовательной структуре слова возможно, таким образом, за счет синонимичности словообразовательных аффиксов, вступающих в соединение с одной и той же производящей основой.

В настоящем сообщении мы ставим целью рассмотреть следующие вопросы: 1) все ли отрицательные префиксы (a-, dis-, in-, il-, im-, ir-, mis-, non-, up-) могут создавать словообразовательные варианты; 2) какие пары префиксов образуют вариантыные ряды; 3) при помощи каких отрицательных префиксов чаще создаются вариантыные ряды; 4) в какой части речи такое словообразовательное варьирование представлено наиболее широко.

Материалом для исследования послужила выборка всех параллельных однокоренных образований со всеми отрицательными префиксами из Большого англо-русского словаря под редакцией проф. И. Р. Гальперина, которая затем выверялась по толковым словарям английского языка [7, 8]. Общее число интересующих нас рядов составляло 215. Для каждого слова, образованного при помощи одного из вышеупомянутых префиксов, выяснялось, есть ли у него параллельные, тождественные по значению однокоренные образования с другими отрицательными префиксами. Анализируемые образования считались словообразовательными вариантами в тех случаях, если описание их семантики было тождественным, т. е. их системы значения полностью совпа-

дали в используемом словаре, ср.: nonshrinkable (безусадочный) — unshrinkable (безусадочный). (При этом считалось допустимым в дефинициях указание на функционально-стилистическую дифференциацию). Однокоренные образования, семантические структуры которых не полностью совпадали, т. е., кроме общего значения имели и дополнительные, считались однокоренными синонимами, ср.: dissociable (1. необщительный; 2. несовместимый, неподходящий, несоответствующий)—unsociable (необщительный, нелюдимый, сдержанный). Единицы с совершенно несовпадающими значениями были приписаны к однокоренным разным словам, ср.: misbelief (1. ложное мнение, заблуждение; 2. рел. ересь)—unbelief (неверие, недоверие). Таким образом, отобранные однокоренные элементы со всеми вышеупомянутыми отрицательными префиксами были распределены в трех группах: 1) варианты одного слова, составляющие самую многочисленную группу (103 пары, т. е. 47,9% из общего числа 215 примеров)—ineradicable (неискоренимый)—uneradicable (неискоренимый); 2) однокоренные синонимы (75 примеров, т. е. 34,9%)—discrown (лишать короны, свергать с престола)—uncrown (1. лишать короны, свергать с престола; 2. развенчивать); 3) однокоренные разные слова (37 примеров, т. е. 17,2%)—disadvise (не советовать, отсоветовать)—misadvise (давать плохой или неправильный совет).

В данной статье мы ограничимся рассмотрением однокоренных образований, принадлежащих к I группе, т. е. вариантов слова. Обнаружено, что подобные производные составляют группы, объединяющие разное количество словообразовательных вариантов. Самую большую

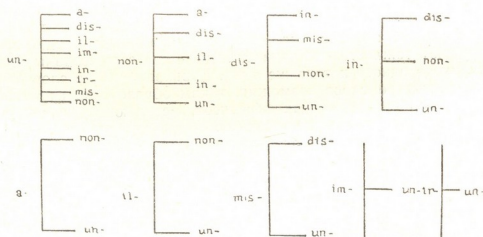


Схема 1

из них образует группа вариантов, в которую входят два члена (97 пар, т. е. 94,2% из общего числа 103 вариантных пар). В шести примерах (5,9%) мы встретили ряды из трех членов.

Согласно исследованию, все рассмотренные нами отрицательные префиксы могут входить в состав словообразовательных вариантов. Таблицы, приводимые нами ниже, показывают, какие отрицательные префиксы могут выступать в составе словообразовательных вариантов.

Можно говорить об известной регулярности варьирования, как «носящего системный характер, т. е. образующего упорядоченный ряд

форм, строящихся по определенному типовому образцу» [9]. Указанные правила связаны прежде всего с тем, что каждый префикс из исследуемой группы отрицательных префиксов входит в состав словообразовательных вариантов лишь с определенными префиксами. При этом наибольшее число вариантных связей засвидетельствовано у слов с префиксом *un-*, который может вступать в состав членов вариантных пар с восемью другими префиксами; префикс *pop-* может вступать в состав членов вариантных рядов с пятью другими префиксами; префикс *dis-* — с четырьмя другими отрицательными префиксами. Напротив, такие префиксы, как *im-* и *ig-*, вступают в состав словообразовательных вариантов только с префиксом *un-* и т. п. (см. схему 2).

Исходя из нашего материала, можно утверждать, что префиксы *in-*, *un-*, образуя однокоренные производные, создают самое большое количество регулярных рядов словообразовательных вариантов — 37 примеров. Та же регулярность образований вариантов наблюдается у других алломорфов префикса *in-* (*im-*, *ig-*, *il-*). Префикс *pop-* чаще попадает в отношения словообразовательного варьирования с префиксом *un-* (16 примеров из общего числа 103 пар). Префиксы *pop-* и *in-* реже выступают в составе вариантных образований. В единичных случаях слова с префиксом *pop-* вступают в отношении варьирования с параллельными производными с префиксами *dis-*, *il-*. Образования с префиксом *a-* имеют параллельные варианты образования с префиксами *un-*, *pop-*. У образований с префиксами *dis-* чаще всего наблюдаются параллельные производные с префиксом *un-*.

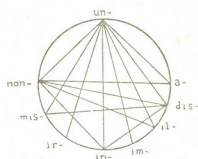


Схема 2

Исследователи отрицательных префиксов уже отмечали единодушно тот факт, что они характерны более всего для образования прилагательных и глаголов [10—12]. Исследование нашего материала подтвердило, что и в процессе словообразовательного варьирования активно участвуют имена прилагательные (88 случаев из 103 примеров). Из 88 пар словообразовательных вариантов прилагательных, созданных при помощи разных отрицательных префиксов, самой продуктивной следует считать модель *in + adj ~ un + adj* (37, т. е. 42%). При этом образование вариантных рядов прилагательных возможно как от простых адъективных основ (24, т. е. 27,2% из общего числа 88), так и от адъективных основ, осложненных разными суффиксами (64, т. е. 72,7%). В нашем материале варьирование глаголов представлено немногими примерами (9, т. е. 8,7% из общего числа 103 вариантных рядов). Образование этих вариантов построено по следующим моделям: 1) *dis + V ~ mis + V*, 2) *mis + V ~ un + V*.

Исследуемые нами параллельные образования, принадлежащие к именам существительным, составляют малочисленную группу (6, т. е. 6,8%). Особенностью этой группы является то, что принадлежащие к ней существительные являются, как правило, производными от соответствующих глаголов.

Существование большого количества словообразовательных вариантов ставит и другие важные и интересные задачи, прежде всего задачу определения тех конкретных значений, которые передаются с по-

мощью отрицательных префиксов и которые могут быть выражены рядом вариантных образований. Этот анализ может быть проведен на базе структурных моделей вариантных рядов, установленных в настоящей статье.

МГПИИЯ им. М. Тореза

(Поступило 9.9.1976)

ენათმეცნიერება

თ. ზიოშვილი

ზოგიერთი დაკვირვება სიტყვის მაწარმოებელ ვარიანტებზე

რეზიუმე

სტატიაში წარმოდგენილ მასალაზე დაკვირვებამ გვიჩვენა, რომ ყველა უარყოფით პრეფიქსს შეუძლია აწარმოოს ვარიანტები. ამასთან ერთად თითოეული მათგანი მხოლოდ განსაზღვრულ პრეფიქსთან ერთად ქმნის წარმოებულ ვარიანტებს.

LINGUISTICS

T. G. SHIOSHVILI

## SOME OBSERVATIONS ON DERIVATIONAL VARIATION

### Summary

All the negative prefixes may form derivational variants. The productivity and functioning of the negative prefixes is regulated by definite rules. Each of them is characterized by selective ability for combining with a certain group of prefixes. Certain structural patterns of variational sequences are identifiable. These patterns prove that the most universal among the negative prefixes is *un-*, as it may form derivational variants with all the negative prefixes. In English derivational variants are represented mostly by adjectives. The number of variants among verbs is insignificant; as for nouns, word-forming variation is not typical of them.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Большой англо-русский словарь. Под ред. И. Р. Гальперина. М., 1972.
2. Ф. П. Филин. Сб. «Морфологическая структура слова в языках различных типов». М.—Л., 1963.
3. Н. А. Лукьянова. Сб. «Синонимия в языке и речи». Новосибирск, 1970.
4. Р. П. Рогожникова. Варианты слов в русском языке. М., 1969.
5. А. И. Смирницкий. Труды Ин-та языкознания АН СССР, т. 4. М., 1954.
6. В. И. Михайлова. «Исследование семантической структуры английских слов». М., 1975.
7. Shorter Oxford English Dictionary. Oxford, 1971.
8. The Random House Dictionary of the English Language. New York, 1966.
9. Е. С. Кубрякова. Основы морфологического анализа. М., 1974.
10. O. Jespersen. Negation in English and other Languages. Copenhagen, 1917.
11. K. Zimmer. Affixal Negation in English and other Languages. London, 1964.
12. Э. П. Стасюлевичюте. Автореферат дисс. М., 1958.



УДК 930.253

არქეოლოგია

მ. ნიორაძე

ორთვალა მღვიმე

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ა. ავაქიძემ 12.7.1976)

ქართველი წარმოშობის ბევრი მღვიმე და ეხია მიკვლეული წყალწითელას ხეობის ორივე ფერდობზე (საკაჟია [1], ჭახათი [2], ჯოჯოხეთა, ლეღვიანი ქვაბი და სხვ.). სწორედ ამ ხეობაშია ორთვალა მღვიმეც. იგი მდებარეობს სოფ. გოდოგანში (თერჯოლის რ-ნი) მდ. წყალწითელას მარცხენა ნაპირზე, მისი დონიდან 60—65 მ სიმაღლეზე, მოწამეთას ეკლესიის პირდაპირ. შესასვლელში მღვიმის სიგანეა 4 მ, სიმაღლე — 2 მ. შესასვლელიდან 8 მ-ის შემდეგ მღვიმე ორ ნაწილად, ორ დერეფნად იყოფა. მარჯვენა დერეფნის ზომებია: სიგანე — 3,5 მ, სიმაღლე — 1,5 მ, სიგრძე რამდენიმე ათეული მეტრია. მარცხენა დერეფნის ზომებია:  $3 \times 1,3 \times 20$  მ. მღვიმე მშრალია, მისი შესასვლელი სამხრეთ-დასავლეთით არის მიმართული. იგი თავისი მდებარეობითა და ბუნებრივი გარემოთი (მდინარის სიახლოვე, ირგვლივ ტყის საფარი და სხვ.) პირველყოფილი ადამიანისათვის მოსახერხებელი თავშესაფარი უნდა ყოფილიყო.

1914 წ., როდესაც ქვის ხანის ძეგლების აღმოჩენის მიზნით საქართველოში ჩამოვიდნენ რ. შმიდტი და ლ. კოზლოვსკი, საკაჟიას (ანუ რ. ვირხოვის) მღვიმეში გათხრების პარალელურად მათ ორთვალა მღვიმეშიაც გაუჭირათ საცდელი თხრილი ზომით  $1 \times 1 \times 1,2$  მ, რომლისათვისაც უწოდებიათ „Höhle № 2 (von Mozameti, bei Kutaisi)“<sup>(1)</sup>. მღვიმეში მათ უნახავთ ფარნისტური მასალა „Fauna- (Höhlenbär)“, რალაც იარაღი — „artefacte“ და წართეების ნარჩენები — „Silexabfälle“. მათ შესახებ ცვებულობთ იმ სამი ეტიკეტიდან, რომელიც ლენინგრადის საკავშირო მეცნიერებათა აკადემიის ანთროპოლოგიისა და ეთნოგრაფიის ინსტიტუტის ქვის ხანის ფონდშია დაცული. უნდა აღინიშნოს, რომ ფონდში შემორჩენილია მხოლოდ ეტიკეტები, მასალას ვერ მივაგენით.

ორთვალა მღვიმეში რ. შმიდტისა და ლ. კოზლოვსკის სამუშაოების შესახებ გაზეთმა „იმერეთმა“ 1914 წ. (№ 100) გამოაქვეყნა ტრ. ჯაფარიძის სტატია, სადაც წერია: „...წყალწითელას პირათ გაღმა გოდოგანში ორი გამოქვაბული აღმოაჩინა: ერთი ქვედა — სამხრეთით (იგულისხმება საკაჟიას ანუ რ. ვირხოვის მღვიმე — მ. ნ.), მეორე ზედა — ჩრდილოეთით (იგულისხმება ორთვალა მღვიმე ანუ Höhle № 2 — მ. ნ.)... ზედა გამოქვაბულში აღმოჩნდა მხოლოდ მხეცების ძვლები. ყურადღებას იქცევს ძვლების სიდიდე და სიმაგრე. ვინაიდან აქ, მეორე გამოქვაბულში არც ქვის იარაღები და არც კერის ნიშნები არ აღმოჩენილა, პროფ. შმიდტმა ის აზრი გამოთქვა, რომ შეიძლება იქ მხეცები ბინადრობდნენ და ადამიანი შიშით ვერც კი შედიოდა“.

აქედან ირკვევა, რომ რ. შმიდტს ორთვალა მღვიმეში არ უნახავს ძველი ქვის ხანის ადამიანის ცხოვრების ამსახველი მეტყველი მასალა.

(<sup>1</sup> მღვიმე შეცდომით უნდა ჰქონდეს ს. ზამიატინის ა. უგაროვის სახ. მღვიმედ მიჩნეული (შეად. [3]).

1974—1975 წწ. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ივ. ჯავახიშვილის სახ. ისტორიის, არქეოლოგიისა და ეთნოგრაფიის ინსტიტუტის წყალწითელას ხეობის ქვის ხანის შემსწავლელმა არქეოლოგიურმა ექსპედიციამ (ხელმძღვანელი — მ. ნიორაძე) ვათხრითი სამუშაოები ჩაატარა ორთავალა მღვიმეში. გაფართოვდა და გაღრმავდა რ. შმიდტის მიერ გაპირილი თხრილი, რომელიც ექსპედიციის მიერ შედგენილ მღვიმის გეგმაზე ძ-17 კვადრატებს დაემთხვა. აღნიშნული კვადრატების გასწვრივ განივ ჭრილში მღვი-



სურ. 1

იარაღ-ხელსაწყოებსა და წარმოების ნაშთებს შეიცავს. მასალის შესწავლა საშუალებას იძლევა აღნიშნული ჰორიზონტები ერთ ქვედაპალეოლითურ ფენად გავერთიანოთ.

როგორც აღვნიშნეთ, რ. შმიდტისა და ლ. კოზლოვსკის მიერ გაპირილი საძიებო თხრილი 1,2 მ სიღრმისა იყო, ე. ი. ემთხვევა ჩვენს მიერ სტრატეგრაფიულ ჭრილში გამოყოფილ პირველ და მეორე ფენებს. აქედან ცხადია, აღნიშნული ფენები მღვიმის დათვის ძვლების გარდა მათ არქეოლოგიურ მასალას ვერ მისცემდა.

1974—1975 წწ. ორთავალა მღვიმის ქვედაპალეოლითურ ფენაში სულ მოპოვებულია 70-მდე ქვის სხვადასხვა ქანის იარაღები, ანატაკეები, ლამელები, ნუკლეუსები (სურ. 21-12, სურ. 31-6). იარაღებიდან აღსანიშნავია: წვეტანები, საფხეკები, სახოკები, ზურგიანი დანები და სხვა, რომელთა დასამზადებლად გამოყენებულია კაჟი, არგილიტი, ბაზალტი, ქვიშაქვა.

წვეტანები მორფოლოგიური ნიშნის მიხედვით ორ ჯგუფად იყოფიან: 1) წვეტანები, რომელთაც ორივე გრძივი გვერდი სიმეტრიულად აქვთ გამოყვანილი და იარაღის წვეტი ცენტრალური ღერძის გასწვრივ მდებარეობს, 2) წვეტანები, რომელთაც გვერდები ასიმეტრიული აქვთ და იარაღის სამუშაო წვერი ცენტრალური ღერძიდან მარჯვნივ ან მარცხნივაც გადახრილი.

კოლექციაში კარგადაა წარმოდგენილი დაკბილული იარაღები (ამოღარულ-დაკბილული ფორმისა, შვერილიანი იარაღები და სხვ.), რომლებიც ჩა-

მის კლდოვან საფუძვლამდე კარგად გამოიკვეთა ფენათა შემდეგი სტრატეგრაფიული თანმიმდევრობა (სურ. 1):

1 — ჰუმუსი, განიდაგებული ფენა, მოშავო ფერის, კირქვის ნატეხების შემცველი, სიმძლავრე 0,15—0,30 მ.

2 — თიხნარი, მოყვითალო, კირქვის ნატეხების ძალზე დიდი რაოდენობის ჩანართებით, სტერილური, სიმძლავრე 0,80—0,90 მ (ფენა დიდი რაოდენობით შეიცავს მღვიმის დათვის ძვლებს).

3a — თიხნარი, მოყავისფრო, კირქვის ჩანართებით, კულტურული ნაშთების შემცველი, სიმძლავრე 0,15—0,30 მ.

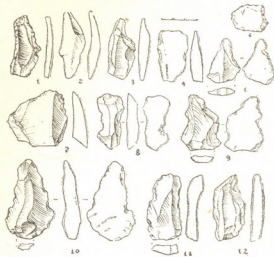
3b — თიხნარი, ყავისფერი, ცხიმოვანი, კულტურული ნაშთების შემცველი, სიმძლავრე 0,15—0,40 მ.

4 — თიხნარი, მოყვითალო, ფხვიერი, სტერილური, სიმძლავრე 0,40—0,65 მ.

ამრიგად, ფენათა საერთო სიმძლავრეა 2 მ. მესამე ფენის a და b ჰორიზონტები ქვედაპალეოლითურ, კერძოდ კი მუსტიეს ეპოქის შესატყვის

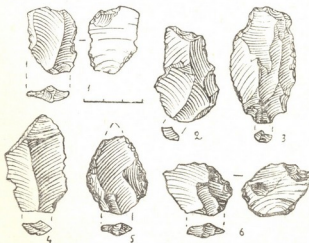


მოყალიბებულია როგორც ლევალუურ, ისე არალევალუურ ანატკეცებზე და ლამელებზე (ფირფიტებზე). იარაღთა უმრავლესობა დამუშავებულია ურთიერთსაწინააღმდეგო რეტუშის საშუალებით, რაც დაკბილული ინდუსტრიათვისაა დამახასიათებელი. აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ ორთვალა მღვიმის ქვედაპალეოლითურ ფენაში მოპოვებული ცალკეული იარაღი შრომის პროცესში სხვადასხვა დანიშნულების იარაღად უნდა ყოფილიყო გამოყენებული. იარაღზე რამდენიმე სამუშაო ელემენტის არსებობაც დაკბილული მუსტიესათვისაა დამახასიათებელი.



სურ. 2

ამრიგად, მოპოვებული მასალა მუსტიეს ეპოქის შუა პერიოდით თარიღდება. იგი დიდ მსგავსებას იჩენს საკაჟიას მღვიმის ქვედაპალეოლითურ-მუსტიეურ მასალებთან [4], თუმცა მათზე ცოტათი უფრო ადრეული ჩანს. ორთვალა მღვიმის მასალა მსგავსებას იჩენს აგრეთვე ჭახათის მღვიმის მუსტიეური ტიპის იარაღებთან [2], ცუცხვათის „ბრინჯაოს“ მღვიმის მუსტიეურ მასალებთან [5] და სხვ.



სურ. 3

იარაღ-ხელსაწყოების გარდა ფენაში აღმოჩნდა აგრეთვე ფაუნისტური მასალაც. პალეონტოლოგ ა. ვეკუას განსაზღვრით ცხოველთა ძვლებიდან ჭარბობს მღვიმის დათვის ნაშთები, სხვა ცხოველებიდან აღსანიშნავია ირემი, ბიზონი, ჯინგი.

ამრიგად, წყალწითელას ხეობაში დღემდე ცნობილი ძველი ქვის ხანის სადგომებს კიდევ ერთი ძველი დაემატა, რომლის შემდგომი ვათხრა და შესწავლა საინტერესოა ადამიანთა საზოგადოების უძველესი ისტორიის შესწავლის თვალსაზრისით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
 ივ. ჯავახიშვილის სახ. ისტორიის,  
 არქეოლოგიისა და ეთნოგრაფიის  
 ინსტიტუტი

(შემოვიდა 16.7.1976)

АРХЕОЛОГИЯ

М. Г. НИОРАДЗЕ

### НАХОДКИ ИЗ ПЕЩЕРЫ ОРТВАЛА

Резюме

Пещера Ортвала находится в ущелье р. Цкалцитела (Западная Грузия, Терджольский р-он, с. Годогани).

В 1974—1975 гг. Цкалцительской археологической экспедицией Института истории, археологии и этнографии им. И. А. Джавахишвили АН СССР (М. Г. Ниорадзе) в пещере засвидетельствован нижнепалеолитический слой. Найденный материал из камня предварительно датируется средним периодом эпохи мустье. В слое обнаружен фаунистический материал, относящийся к следующим видам животных: пещерный медведь, бизон, олень, тур.

ARCHAEOLOGY

M. G. NIORADZE

### ORTVALA CAVE FINDS

Summary

Ortvala Cave is situated in the valley of the river Tsqaltsitela (Godogani, Terjola district, western Georgia).

In 1974-1975 a Lower Palaeolithic layer was discovered by the Tsqaltsitela Stone Age Archaeological Expedition (directed by M. G. Nioradze) of the Institute of History, Archaeology and Ethnography of the Georgian Academy of Sciences.

This material is tentatively dated to the middle stage of the Mousterian period. The faunistic material discovered in the layer belongs to the following species: cave bear, deer, urus, ibex.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. გ. ნიორაძე. ქვის ხანის ადამიანი საქაიას გამოქვაბულში. თბილისი, 1953.
2. ნ. ბერძენიშვილი. ქვის ხანის ახალი ძველი წყალწითელას ხეობაში. თბილისი, 1964.
3. С. Н. Замятин, Сб. МАЭ, т. XXVII, М.—Л., 1957, 479—481.
4. მ. ნიორაძე. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, 75, № 3, 1974.
5. დ. თუშაბრამიშვილი. ივ. ჯავახიშვილის სახ. ისტორიის, არქეოლოგიისა და ეთნოგრაფიის ინსტიტუტის სამეცნიერო სესიის მოხსენებათა თეზისები. თბილისი, 1976.

Л. Г. ХРУШКОВА

## ПЛИТЫ АЛТАРНОЙ ПРЕГРАДЫ ИЗ ЦЕБЕЛЬДЫ

(Представлено академиком В. В. Беридзе 20.4.1976)

Плиты алтарной преграды из Цебельды (Абхазия) разными исследователями датировались в пределах VI—IX вв. ([1], стр. 242, [2—5]). На первой плите (рис. 1а) в центре расположены сцены распятия и жен у гроба, справа — плач Петра и мученичество Петра, слева — два эпизода жертвоприношения Авраама и крещение, внизу — чудо св. Евстафия и не получившая определения сцена, которую мы считаем ктиторовской. Параллели изображениям ктиторов на алтарных преградах имеются в Грузии (Схиери), Сирии и Ливии (VI в.) [6]. Фрагменты, обнаруженные раскопками Л. А. Шервашидзе в 1964 г. (рис. 1б), относятся к верхнему фризу первой плиты и составляют часть композиции Христа-триумфатора в окружении символов евангелистов. На второй плите (рис. 2а) в центре изображена богоматерь с младенцем, сверху — два конных святых, слева — Даниил во рву львином, справа — фрагментированная сцена, возможно небесный Иерусалим.

Общим принципом связи сцен первой плиты является идея теофании, непосредственное выражение находящаяся в сцене верхнего регистра, а также в композициях жертвоприношения Авраама, крещения, чуда св. Евстафия. В остальных сценах связь с идеей теофании выявляется в скрытом виде. На более конкретном уровне подбор основных сюжетов обусловлен стремлением проиллюстрировать догму искупления (центральный эпизод — распятие, новозаветная параллель — мученичество Петра, ветхозаветная — жертвоприношение Авраама). Сцены, сохранившиеся во второй плите, также имеют теофанический характер.

В иконографии сцен имеются некоторые черты, характерные для раннехристианского искусства: сцена Христа-триумфатора в апокалиптической обстановке и наличие ветхозаветных эпизодов. Однако эти особенности не являются доказательством раннего происхождения плит из Цебельды, поскольку в восточнохристианских памятниках сцена Христа среди символов евангелистов встречается позже (в Грузии — ц. Додо IX в. в Гаредже, в Каппадокии — апсидные композиции «архаических» церквей) [7]. Эпизод Даниила во рву львином популярен в Грузии на протяжении всего средневековья, сцена жертвоприношения Авраама встречается только в относительно позднее время (деревянные двери XI в. из Лашес-Вани, печать католикоса Доментия XVII в.). Наряду с этим, в цебельдинских рельефах наблюдается ряд особенностей, характеризующих новый по сравнению с раннехристианским этап в иконографии. Ни в Грузии, ни в других странах в ранних (VI—VIII вв.) памятниках неизвестно сочетание сцен Христа-триумфатора и распятия. Эта черта отличает «архаические» росписи (IX—XI вв.) Каппадокии. В раннехристианских памятниках совершенно неизвестны композиции плача Петра (впервые — в Хлудовской псалтыри IX в.) ([1], стр. 237) и мученичества Петра (впервые — в декоре кивория папы Сикста IV

(IX в.) и в кодексе Григория Назианзина IX в. Парижской национальной библиотеки) [8].

На плитах из Цебельды из ветхозаветных эпизодов сохранены только те, которые связаны с евхаристией; центральное место в цикле праздников занимают распятие и воскресение. Это новые по сравнению с доиконоборческим периодом черты [9]. Детали некоторых сцен



Рис. 1а. Первая плита алтарной преграды из Цебельды



Рис. 1б. Фрагмент верхнего регистра первой плиты

также служат датирующими признаками. Например, саркофаг в сцене воскресения появляется только в конце VIII в. и в IX в., сменяя ротонду множества памятников VI—VII вв. [10]. В композиции распятия короткий колобий, как на плите, никогда не встречается в памятниках VI—VIII вв.; эта деталь свидетельствует об эволюции колобия к плату [11—12], ее видим только в Каппадокии (Чемлекче Килисе, Кокар Килисе, Пюренли Секи Килисе — не ранее IX—X вв.). Положение рук разбойников, связанных впереди, неизвестно в памятниках VI—VII вв. и впервые встречается на одной сирийской иконе VIII в. [13].

Шестиконечный крест, изображенный в сцене мученичества Петра, не встречается в доиконоборческий период, когда в Грузии и Византии в архитектурном декоре, живописи, пластике господствует четырехконечная форма. Таким образом, иконография определенно указывает на то, что плиты из Цебельды не могли быть изготовлены ранее конца VIII в. или рубежа VIII—IX вв.

Стиль рельефов является плоскостным. Он определяется специфическим пониманием пространства, в котором развернуты сцены плит. Изображение объектов не развивается вглубь; почти все композиции (исключая крещение) построены однопланово. Нередко фигуры расположены строго фронтально; вместо ракурса используется прием развернутости форм, обусловленный отсутствием единой точки зрения. Наблюдается тенденция к уравниванию фигур в пределах композиции, иногда за счет применения к различным объектам разных масштабных мер. Устойчивость форм, уравновешенность в значительной степени определяется преобладанием вертикальных элементов. Вместе с тем,

мастер широко использует прием ритмического повторения диагональных линий (сцены чуда св. Евстафия, крещения) и мотива кругов и эллипсовидных кривых (воскресение, Даниил во рву львином).

Орнаментальные полосы, разделяющие сцены, очень широки, аморфны, иногда они занимают часть сцен, создавая впечатление единообразно трактованной поверхности плит. Персонажи и объекты мыслятся не как самостоятельное целое, а в ансамбле. Исключительное внимание мастера к разработке поверхности проявляется и в тщательном воспроизведении деталей. Хотя рельеф в отдельных частях высок, формы непластичны, изображения характеризуются в основном контуром.

Изолированное положение нашего памятника предполагает лишь общее их сопоставление с произведениями грузинской раннесредневековой скульптуры. Плиты из Цебельды обнаруживают значительно большее сходство с группой рельефов VIII—IX вв. (стела Усанети, фасадный рельеф Ашота Курапалата, плиты Гвездеси), характеризующихся плоскостным исполнением, нежели с памятниками VII в. (Жалети, Зедазени), еще тесно связанными по стилю с произведениями VI в. (Качаганский крест, стела Хандиси, рельеф Эдзанского Сиона). Однако в рельефах Цебельды наблюдаются некоторые реминисценции пластической трактовки форм. В исполнении орнаментов Цебельды ярко проявились черты, типичные для орнаментики VIII—IX вв.: плоскостность, повышенная плотность (Р. О. Шмерлинг). Большинство мотивов находит параллели в произведениях грузинской



Рис. 2а. Вторая плита алтарной преграды из Цебельды



Рис. 2б. Фрагмент второй плиты

чеканки, сирийских рукописях, «постсасанидских» металлических изделиях VIII—XI вв. (зигзагообразная линия с кружочками в изломах, волнообразный мотив с точками, орнамент крестообразных фигур).

Сасанидские элементы в рельефах Цебельды представлены в переработанном виде, что отличает их от группы грузинских памятников VI—VII вв. (стелы, фасадные рельефы), где сасанидские черты присутствуют как прямые реплики. Единственной относительно близкой параллелью плитам из Цебельды является «сирийское» блюдо Эрмитажа, которое в последнее время получило убедительную датировку IX—X вв.

[14]. Некоторые реалии рельефов из Цебельды также могут служить указанием на дату памятника. Так, кувшины с каннелированным горлом (сосуд в ктиторской сцене) в «постсасанидской» торевтике неизвестны ранее VIII в. [15]. Можно полагать, что приведенные данные служат достаточным основанием для датировки рассмотренного произведения временем не ранее конца VIII в., точнее рубежом VIII—IX вв.

Академия наук Грузинской ССР  
Абхазский институт языка,  
литературы и истории  
им. Д. И. Гулиа

(Поступило 29.4.1976)

ხელოვნების ისტორია

ლ. ხრუშკოვა

საკურთხევლის ქვის ფილები წებელდიდან

რეზიუმე

საკურთხევლის ქვის ფილები წებელდიდან, რომელთა დათარიღების შესახებ არსებობს სხვადასხვა მოსაზრება, იკონოგრაფიის, სტილისა და სასანური ელემენტების გამოვლინების საფუძველზე შედარებით დამაჯერებლად თარიღდება VIII ს. დასასრულითა და IX საუკუნის დასაწყისით.

HISTORY OF ART

L. G. KHRUSHKOVA

THE ALTAR STONE SLABS FROM TSEBELDA

Summary

The altar stone slabs from Tsebelda are variously dated in the literature. On the basis of an analysis of the iconography, style and the manifestation of Sassanian elements the slabs in question are most convincingly dated to the turn of the 8th-9th centuries.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Д. В. Айналов. Археол. изв. и заметки, III, вып. 7—8, 1895.
2. Д. В. Айналов. Записки Русского археологического общества, XII, вып. 3 и 4. СПб, 1901, 33, 202.
3. გ. ჩუბინაშვილი. ქართული ხელოვნების ისტორია. თბილისი, 1936, 208—209.
4. Ренэ Шмерлинг. Малые формы в архитектуре средневековой Грузии. Тбилиси, 1962, 69.
5. ნიკო ჩუბინაშვილი. Хандиси. Тбилиси, 1972, 89.
6. A. Grabaг. Sculptures byzantines de Constantinople (IV—X siècles), Paris, 1963, 77—78.
7. G. Jerphanion. Une nouvelle province de l'art byzantin. Les églises rupestres de Cappadoce, t. I, partie I, Paris, 1925, 69—71, 113, pl. 39, 3.
8. L. Réau. Iconographie de l'art chrétien, t. III, partie III, Paris, 1959, 1097—1098.
9. Ch. Diehl. Manuel d'art byzantin, t. II, Paris, 1927, 481, 490, 492, 495, 496.
10. J. Villetette. La Resurrection du Christ, Paris, 1959, 79—86.
11. T. Thoby. Le crucifix des origines au concile de Trente. Nantes, 1959, 13.
12. Ж. Лафонтен-Дозонь. Сб. «Византия. Южные славяне и Русь. Западная Европа». М., 1973, 87—88, рис. на стр. 81.
13. K. Weitzmann. Dumbarton Oaks Papers, № 28, 1974, 40, pl. 19.
14. В. П. Даркевич, Б. И. Маршак. Советская археология, 3, 1974, 215.
15. Б. И. Маршак. Сб. «Средняя Азия и Иран». Л., 1972, 69, 81.

## 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 редакции 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 таблица или иная иллюстрация. Не должны представляться таблицы, которые не могут уместиться на одной странице журнала. Формулы должны быть четко вписаны чернилами в оба экземпляра текста; под греческими буквами проводится одна черта красным карандашом, под прописными — две черты черным карандашом снизу, над строчными — также две черты черным карандашом сверху. Карандашом должны быть обведены полукругом индексы и показатели степени. Резюме представляются на отдельных листах. В статье не должно быть исправлений и дополнений карандашом или чернилами.

9. Список цитированной литературы должен быть отпечатан на отдельном листе в следующем порядке. Вначале пишутся инициалы, а затем — фамилия автора. Если цитирована журнальная работа, указываются сокращенное название журнала, том, номер, год издания, а если цитирована книга, — полное название книги, место и год издания. Если автор считает необходимым, он может в конце указать и соответствующие страницы. Список цитированной литературы приводится не по алфавиту, а в порядке цитирования в статье. При ссылке на литературу в тексте или в списке 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 მ ტ ო რ ო ტ ა ს ა ს უ რ ა ლ ე ბ ო ლ

1. ჟურნალ „საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბეში“ ქვეყნდება აკადემიკოსთა და წევრ-კორესპონდენტთა, აკადემიის სისტემაში მომუშავე და სხვა მეცნიერთა მოკლე წერილები, რომლებიც შეიცავს ახალ მნიშვნელოვან გამოკვლევათა ჭერ გამოქვეყნებულ შედეგებს. წერილები ქვეყნდება მხოლოდ იმ სამეცნიერო დარგებიდან, რომელთა ნომენკლატურული სია დამტკიცებულია აკადემიის პრეზიდიუმის მიერ.

2. „მოამბეში“ არ შეიძლება გამოქვეყნდეს პოლემიკური წერილი, აგრეთვე მიმოხილვითი ან აღწერითი ხასიათის წერილი ცხოველთა, მცენარეთა ან სხვათა სისტემატიკაზე, თუ მასში მოცემული არაა მეცნიერებისათვის განსაკუთრებით საინტერესო შედეგები.

3. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსთა და წევრ-კორესპონდენტთა წერილები უშუალოდ გადაეცემა გამოსაქვეყნებლად „მოამბის“ რედაქციას, ხოლო სხვა ავტორთა წერილები ქვეყნდება აკადემიკოსთა ან წევრ-კორესპონდენტთა წარდგინებით. როგორც წესი, აკადემიკოს ან წევრ-კორესპონდენტს „მოამბეში“ დასაბეჭდად წელიწადში შეუძლია წარმოადგინოს სხვა ავტორთა არაუმეტეს 12 წერილისა (მხოლოდ თავისი სპეციალობის მიხედვით), ე. ი. თითოეულ ნომერში თითო წერილი. საკუთარი წერილი — რამდენიც სურს, ხოლო თანავტორებთან ერთად — არაუმეტეს სამი წერილისა. გამონაკლის შემთხვევაში, როცა აკადემიკოს ან წევრ-კორესპონდენტი მოითხოვს 12-ზე მეტი წერილის წარდგენას, საკითხს წყვეტს მთავარი რედაქტორი. წარდგინების გარეშე შემოსულ წერილს „მოამბის“ რედაქცია წარმოსადგენად გადასცემს აკადემიკოსს ან წევრ-კორესპონდენტს. ერთსა და იმავე ავტორს (გარდა აკადემიკოსისა და წევრ-კორესპონდენტისა) წელიწადში შეუძლია „მოამბეში“ გამოაქვეყნოს არაუმეტეს სამი წერილისა (სულ ერთია, თანავტორებთან იქნება იგი, თუ ცალკე).

4. წერილი წარმოდგენილი უნდა იყოს ორ ცალად, დასაბეჭდად საგსებით 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 დანომრებული ლიტერატურის ნუსხითურთ, რომელიც მას ბოლოში ერთვის, არ უნდა აღემატებოდეს ჟურნალის 4 გვერდს (8000 სასტამბო ნიშანი), ანუ საიწურ მანქანაზე ორი ინტერვალით გადაწერილი 6 სტანდარტულ გვერდს (ფორმულებიანი წერილი კი 5 გვერდს). არ შეიძლება წერილების ნაწილებად დაყოფა სხვადასხვა ნომერში გამოსაქვეყნებლად. ავტორისაგან რედაქცია ღებულობს თავში მხოლოდ ერთ წერილს.

5. აკადემიკოსთა ან აკადემიის წევრ-კორესპონდენტთა წარდგინება რედაქციის სახელზე დაწერილი უნდა იყოს ცალკე ფურცელზე წარდგინების თარიღის აღნიშვნით. მასში აღკულებლად უნდა აღინიშნოს, თუ რა არის ახალი წერილი, რა მეცნიერული ღირებულება აქვს მას და რამდენად უპასუხებს ამ წესების 1 მუხლის მოთხოვნას.

6. წერილი არ უნდა იყოს გადატვირთული შესავლით, მიმოხილვით, ცხრილებით, ილუსტრაციებითა და დანომრებული ლიტერატურით. მასში მთავარი ადგილი უნდა ჰქონდეს დათმობილი საკუთარი გამოკვლევის შედეგებს. თუ წერილიში გზადგება, ქვეთავება, მხედვითი 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, წარმოდგენმა უნდა წააწეროს, თუ მეცნიერების რომელ დარგს განეკუთვნება წერილი. წერილის ძირითადი ტექსტის ბოლოს, მარცხენა მხარეს, ავტორმა უნდა აღინიშნოს იმ დაწვებულების სრული სახელწოდება და ადგილმდებარეობა, სადაც შესრულებულია შრომა.

8. ილუსტრაციები და ნახაზები წარმოდგენილი უნდა იქნეს თითო ცალად კონვერტით. ამასთან, ნახაზები შესრულებული უნდა იყოს კალკაზე შავი ტუშით, წარწერები ნახაზებს უნდა გაუკეთდეს კალიგრაფიულად და ისეთი ზომისა, რომ შემეცირების შემთხვევაში კარგად იკითხებოდეს. ილუსტრაციების ქვემო წარწერების ტექსტი წერილის ძირითადი ტექსტის ენაზე, წარმოდგენილი უნდა იქნეს ცალკე ფურცელზე. არ შეიძლება ფოტოებისა და ნახა-



ზების დაწვება ღედნის გვერდებზე. ავტორმა ღედნის კიდეზე ფანქრით უნდა აღნიშნოს ადგილას მოთავსდეს ესა თუ ის ილუსტრაცია. არ შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს ისეთი ცხრილი, რომელიც ეურნალის ერთ გვერდზე ვერ მოთავსდება. ფორმულები მელნით მკაფიოდ უნდა იყოს ჩაწერილი ტექსტის ორივე ვგზემპლარში; ბერძნულ ასოებს ქვემოთ ყველგან უნდა გაყვას 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 ნახევარწიტი 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 ფურცლებზე. საჭიროა დაეუღ იქნეს ასეთი თანმიმდევრობა: ავტორის ინიციალები, გვარი. თუ დამოწმებულია საეურნალო შრომა, ვუჩვენოთ ეურნალის 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 გამოუქვეყნებული შრომის დამოწმება. დამოწმებული ლიტერატურის ბოლოს ავტორმა უნდა მოაწეროს ხელი, აღნიშნოს სად მოუბაოხს და რა თანამდებობაზე, უჩვენოს თავისი ზუსტი მისამართი და ტელეფონის ნომერი.

10. „მოამბეში“ გამოქვეყნებული ყველა წერილის მოკლე შინაარსი იბეჭდება რეფერატულ ეურნალებში. 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 ღდისა). თუ დადგენილი ვადისათვის კორექტურა არ იქნა დაბრუნებული, რედაქციას უფლება აქვს შეაჩეროს წერილის დაბეჭდვა ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.

12. ავტორს უფასოდ ეძლევა თავისი წერილის 25 ამონაბეჭდი.

(დამტკიცებულია საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის

პრეზიდიუმის მიერ 10.10.1968; შეტანილია ცვლილებები 6.2.1969)

რედაქციის მისამართი: თბილისი 60, კუტუზოვის ქ. № 19; ტელ. 37-22-16, 37-93-42.

საფოსტო ინდექსი 380060

ხ ე ლ მ ო წ ე რ ი ს პ ი რ ო ბ ე ბ ი: ერთი წლით 12 მან.

671/4



ՔՆՆՐ 1 ՅԵԵ  
ՇԵՆԱ 1 ՐՄԷ.

ИНДЕКС 76181