

524

1978



საქართველოს სსრ  
მეცნიერებათა აკადემიის

**მოამბე**

**СООБЩЕНИЯ**

АКАДЕМИИ НАУК  
ГРУЗИНСКОЙ ССР

**BULLETIN**

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE GEORGIAN SSR

ტომი 90 ტომ

№ 2

მაისი 1978 მაჲ

თბილისი \* ტბილისი \* TBILISI

საქართველოს სსრ  
მეცნიერებათა აკადემიის

შედეგები

СООБЩЕНИЯ

АКАДЕМИИ НАУК  
ГРУЗИНСКОЙ ССР

BULLETIN

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE GEORGIAN SSR

43521

ტომი 90 ტომ

№ 2

მაისი 1978 მაი

თბილისი • ТБИЛИСИ • TBILISI

ქ. შატავის სახელობის  
სსრ მეცნიერებათა  
აკადემიის ბიბლიოთეკა



### ს ა რ ე დ ა კ ტ ო რ ო კ ო ლ ე გ ი ა

- ა. ბოჭორიშვილი, თ. გამყრელიძე, ბ. გამყრელიძე, ი. გიგინეიშვილი (მთ. რედაქტორის მოადგილე), თ. დავითაია, ს. დურშიძე, ა. თავხელიძე, ნ. კეცხოველი, ვ. კუპრაძე, ნ. ლანდია (მთ. რედაქტორის მოადგილე), ვ. შახალიანი, გ. მელიქიშვილი, ვ. ოკუჯავა, 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. Харадзе (главный редактор), Г. Р. Хуцишвили, А. Л. Цагарели, Г. В. Цицишвили

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

ბელოწერილია დასაბეჭდად 14.6.1978; შუკვ. № 1357; ანაწყოების ზომა 7×12; ქაღალდის ზომა 70×108; ფიზიკური ფურცელი 16; სააღრიცხვო-საგამომცემლო ფურცელი 18,5; ნაბეჭდი ფურცელი 22,5; უფ 12251; ტირაჟი 1650; ფასი 1 მან.

\* \* \*

Подписано к печати 14.6.1978; зак. № 1357; размер набора 7×12; размер бумаги 70×108; физический лист 16; уч.-издательский лист 18,5; печатный лист 22,5; УФ 12251; тираж 1650; 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 რ ს ი

### მათემატიკა

- \*გ. ონიანი. ერთეულოვან ბიცილინდრში ანალიზური და 2-პარამონიული ფუნქციების ინტეგრალური წარმოდგენები 275
- \*ა. ვეიციბლიტი, ე. ჟმუდი. სასრული ჯგუფის „ბმულობა“ და ცასენჰაუზის ჯგუფები 279
- \*გ. კობზევი.  $ff$ -ხარისხთა ნახევარმესერის შესახებ 283
- \*ჯ. როგავა. იტერაციულ პროცესებში ჩებიშევის პოლინომების ერთი გამოყენების შესახებ 288
- \*გ. ნიჟარაძე. რეგულარული სისტემების შესახებ, რომლებიც არ არიან ვიტალის სისტემები 292
- \*რ. კეიშვილი. წონასწორული მართვები გაუსის შეტყობინების ხმაურიანი უკუკავშირის არხით ოპტიმალურად გადაცემის ამოცანაში 296
- \*ნ. ბლიევი, მ. ოტელბაევი. ი. ვეკუას განზოგადებული ანალიზური ფუნქციების თეორიისათვის 300
- \*გ. ტაბაძე. ორწერტილოვანი სინგულარული სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნის სასრულსახვაობიანი მეთოდით აგების შესახებ 304
- \*ა. ხარაზიშვილი. ფარდობითი სიმკვრივის წერტილების შესახებ 307

### მიმანიკა

- \*ა. დორთმანი. ოპტიკური პოლოგრაფიის მეთოდის გამოყენება მყარ სხეულში აფეთქებითი პროცესების კვლევისათვის 311

### დრეპადობის თეორია

- \*ი. ზონენაშვილი, მ. კაცი. ფირფიტის ხვრელის ოპტიმალური გამაგრება 315
- \*ა. რუხაძე. სხვადასხვა ანიზოტროპული მასალისაგან შედგენილი პრიზმული ძელების ღუნვის ცენტრის შესახებ 320

### კინზინეტიკა

- \*ა. დუნდუა. ძუძუმწოვარა ბავშვის განწყობითი ქცევის კროსავტომატური მოდელი 323

### ფიზიკა

- \*ო. ქიქლაძე, თ. დარასელია. გაზური ფაზის არასტაბილურობა გალიუმის არსენიდის ფირების ეპიტაქსიალური ზრდის დაწყებით პერიოდში 328
- \*ბ. ბელთაძე, ი. კოვალიოვა, გ. კოლობკოვი, ს. ლუნკინი, გ. მშველიძე. შინგეში ერბიუმის და ჰოლმიუმის იონებს შორის აღგზნების ენერჯის არარეზონანსული არასხივადი გადაცემა 332
- \*გ. გოგოხია. რელატივისტური კულონის პრობლემა კვაზიპოტენციალურ ფორმულირებაში 335
- \*გ. გორდაძე. აქტივაციური ანალიზის ჩატარების ოპტიმალური დაეგგემის მეთოდიკა 340

\* ვარსკვლავით აღნიშნული სათაური ეკუთვნის წერილის რეზიუმეს.

- \*ზ. ჩიკოვანიძე, ნ. ხუჭუაძე. ელექტროლი გარღვევის ზოგიერთი თავისებურება მაღალმოხარული კომპენსირებულ  $P-InSb$ -ში 344
- \*ბ. ბერულავა, რ. მირიანაშვილი, თ. სანაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი).  $U^{3+}$ -ის ტეტრაგონალური ცენტრის ზეზენაზი ურთიერთქმედება  $CaF_2$ -ის მონოკრისტალში 347
- \*ზ. ჩაჩხიანი, ვ. ჩეჩენიკოვი, ლ. ჩაჩხიანი, ვ. სლოვიანსკი-ბი, გ. გიორგაძე, თ. ფერაძე.  $Th-Ce$  სისტემის შენადნობების მაგნიტური თვისებები 351
- \*ი. რატიშვილი, ნ. დათეშიძე. მინარეული ატომების განაწილება კვანძთაშორისი ქვემესრების მიხედვით ზოგიერთი ჩანერგვითი ტიპის ხსნარებში 356

ზოგადი და არაორბანული ძივნი

- \***პ. გოგორიშვილი**, მ. ყარყარაშვილი, თ. საყვარელიძე, ა. სტროეცკი, ვ. ზელენცოვი. ჰისტიდინთან ორვალენტთან მანგანუმის, კობალტის და ნიკელის ნაერთების სინთეზი და კვლევა 360
- \*მ. მოდებაძე, ე. დავითაშვილი. ერბიუმკობალტის შერეული ოქსალატების სინთეზი და მათი თვისებების შესწავლა 364

ფიზიკური ძივნი

- \*შ. სიღამონიძე, გ. ციციშვილი (საქ. სსრ მეცნ. აკად. აკადემიკოსი), დ. ბარნაბიშვილი, დ. შავლაძე. წყლისა და ბენზოლის ორთქლის ადსორბცია ტმ-ოფრეტიტზე და მ ტიპის სინთეზურ ცეოლითებზე 368
- \*ი. გიულაშვილი, რ. დოლონაძე, თ. მარსაგიაშვილი, ვ. ხიდურელი. ხაზოვანი კომპლექსებში ლიგანდების თხევადფაზური ჩანაცვლების რეაქციების კინეტიკის თეორია 372
- \*მ. აბულაძე, მ. ნამორაძე, ზ. ძოწენიძე, მ. მუსხერაძე, ა. ბართოვი. წყალბადის ატომების ჰეტეროგენული რეკომბინაციის კინეტიკის შესწავლა ტუტემიწა მეტალთა ქლორიდების ზედაპირებზე 375

ელექტროძივნი

- \*ე. შავგულიძე, ლ. ენუქიძე. გამხსნელის ბუნების გავლენა ტყვის კათიონების ადღენის პროცესზე ტრიბენზილამინის თანაობისას 380

ძივნი ტექნოლოგიაში

- \*ე. ბენაშვილი, თ. ჩარკვიანი, გ. ჯორბენაძე. ანალიტიკური ქეიმიის განვითარებისათვის თვისებების გამოკვლევა 384
- \*თ. უჩანეიშვილი, ე. ბენაშვილი. ნ-პარაფინული ნახშირწყალბადების ადსორბციული გამოყოფა სამგორის ნავთობიდან სინთეზური ცეოლითების საშუალებით 388

ფიზიკური გეოგრაფია

- \*ე. პეშკოვი, ვ. მენშიკოვი. წყალდიდობისა და შესართავის კანონებში პლანეტის ნათანის დაკარგვის საკითხისათვის 391
- \*ე. მენშიკოვი, ვ. პეშკოვი. მდ. ბზიფის პლექსარმომქმნელი მასალის სიდიდის შესახებ 396
- \*მ. ალფენიძე. სოხუმის რაიონის სანაპირო ხაზის უახლესი ცვლილებების შესახებ 398

გეოლოგია

- \*ე. ვახანიანი, დ. ვახანიანი. გვიანსარმატული დანაოქების შესახებ კოლხეთის დაბლობში 403

- \*ლ. ცირეკიძე. ფორამინიფერების სტრატиграფიული გავრცელება რაჭა-ლეჩხუმის სინკლინის სამხრეთი ფრთის ალბურ ნაღველებში 408
- \*რ. ფერაძე, მ. როყვა, გ. მაღალაშვილი. საქართველოს მინერაგენული დარაიონება (ბენტონიტების მიხედვით) 411
- \*ე. კოტეტიშვილი. საქართველოს ქვედაცარცული ნაღველების ფაციესური ტიპების ფაუნისტური დახასიათება 416

**ლითოლოგია**

- \*ე. ვარსიმაშვილი. კავკასიონის სამხრეთი ფერდის ქვედაცარცული ფლიშის ლითოლოგიის ზოგიერთი საკითხი (არაგვი-ალაზნის მდინარეთაშუეთი) 418

**სამშენებლო მიმართება**

- \*ბ. გვინჩიძე. ძალვათა განსაზღვრა არაერთგვაროვან რკინაბეტონის წინასწარ დაძაბულ კონსტრუქციებში, ბეტონის ცოცვადობის არაწრფივი დეფორმაციების გათვალისწინებით 424
- \*ნ. ბულია. ხერტი შეუსტებული ორმაგი სიმრუდის დამრეცი გარსის ღუნვის ერთი ამოცანის შესახებ, როცა ხერტს საკუთხო წერტილები არ გააჩნია 428

**საბაღოთა დამუშავება და გამდიდრება**

- \*ბ. ეიდერმანი, ზ. შანიძე. სანგრევის ხვეტია კონვეიერებში სოლური პროცესების კვლევა 432

**მანქანათმშენებლობა**

- \*დ. თავხელიძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ნ. დავითაშვილი. ხუთგოლა სფერული მრუდმხარა-ცოცია მექანიზმის კინემატიკური კვლევა 436

**ჰიდროტექნიკა**

- \*მ. ლოლობერიძე, ნ. დულარიძე, რ. კაკაურიძე, ი. მიქაშვილი, დ. მირცხულავა. კაშხლების ავარიებისა და ინციდენტების ინტენსივობის ცვალებადობის დინამიკა 440

**თბოტექნიკა**

- \*თ. ქუჭულაშვილი. ორგანოზომილებიანი ხელოვნური ხაოიანობის მეთოდით აირების თბოგაცემის ინტენსიფიკაციის გამოკვლევა 443

**ავტომატური მართვა და გამოთვლითი ტექნიკა**

- \*დ. სურგულაძე, ზ. შავიშვილი. შეზღუდვების განსაზღვრა წაკითხვის გამაძლიერებლის ოპტიმალური სქემატეჟნიკური დავეგმარების დროს 447
- \*ვ. მძინარიშვილი, გ. თავაძე. შეზღუდვები მართვის სტრატეგიაზე არაწრფივ სტოქასტურ სისტემებში 452

**მეტეოროლოგია**

- \*ნ. ოღრაპიშვილი. მუხის და წიფლის ცვლა რცხილით საქართველოს ფართოფოთლოვან ტყეებში 454

**ბოტანიკა**

- \*ზ. აძინბა. აფხაზეთის ენდემური ფლორის მოკლე ანალოზი 459
- რ. ქვაჩაიძე. მდ. მულხურას ხეობის ფიჭვნარების დინამიკა 461
- \*გ. ქიქავა. სოჭნარების დეკას ქვეტყით 468



ადამიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

- \*რ. რიქინაშვილი, გ. მარსაგიშვილი, ვ. მოსიძე, კ. ნადარეიშვილი. მაიონიზებული რადიაციის მასტიმულირებელი გავლენა ემბრიონგენეზში დასხივებული წიწილების იმპრინტიנגზე 471

ბიოქიმია

- \*ა. ჩიჩუა, დ. მიქელაძე. კალციუმის იონებთან განგლიოზიდების კომპლექსწარმოქმნის გამოკვლევა რადიოაქტიური ინდიკაციის მეთოდით 476
- \*ნ. ნუცუბიძე, ნ. აბაშიძე. აზოტის უანგის მოქმედება სხვადასხვა სახეობის მცენარის ნიტრატრედუქტაზაზე 480
- \*რ. გოგია, ნ. ნუცუბიძე. სოიის ნაზარდებში ნიტრატრედუქტაზას აქტივობის რეგულაცია ნიტრატის მეშვეობით ვეგეტაციის დასაწყისში 483

მიკრობიოლოგია და ვირუსოლოგია

- \*მ. კაკაბაძე, გ. ენუქიძე, ქ. ნიკოლაიშვილი, ი. სოლოშენკო. მასალები ცივის დაავადების შესახებ ლეპტოსპიროზით საქართველოსა და აზერბაიჯანში 486

ექსპერიმენტული მორფოლოგია

- \*ჯ. ბენიაშვილი. ავთვისებიანი ნეირინომების ელექტრონულმიკროსკოპული დახასიათება 491

ექსპერიმენტული მედიცინა

- \*ი. დოლიძე, გ. კვესიტაძე, ა. გიორგაძე. ტრავმული დაავადების დროს პროტეოლიტური აქტივობის ცელილებების შესახებ 495

პალეობიოლოგია

- \*ა. ვეკუა, მ. ნიორაძე, ნ. მამაცაშვილი, ნ. დეკანოსიძე. საკუიას მღვიმის პალეონტოლოგიური ნაშთები 500

ენათმეცნიერება

- ა. ჯორბენაძე. ფორმანტა შედგენილობისათვის ქართულში 501
- ლ. ხავთასი. პირის და ჩვენებით ნაცვალსახელთა ხმარების თავისებურებანი მეცნიერებისა და ტექნიკის ენაში 505

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИКА

Г. А. Ониани. Интегральные представления аналитических и 2-гармонических функций в единичном билиндре	273
А. И. Вейцблит, Э. М. Жмудь. «Связность» конечной группы и группы Цассенхауза	277
Г. Н. Кобзев. О полурешетке $tt$ -степеней	281
Д. Л. Рогава. Об одном применении полиномов Чебышева в итерационных процессах	285
Г. В. Нижарадзе. О регулярных системах, не являющихся системами Витали	289
Р. А. Чеишвили. Равновесные управления в задаче оптимальной передачи гауссовского сообщения по каналу с зашумленной обратной связью	293
Н. К. Блиев, М. Отелбаев. К теории обобщенных аналитических функций И. Н. Векуа	297
Г. С. Табидзе. О построении решения двухточечной сингулярной краевой задачи методом конечных разностей	301
А. Б. Харазишвили. О точках относительной плотности	305

### МЕХАНИКА

А. Г. Дорфман. Применение метода оптической голографии для исследования взрывных процессов в твердой среде	309
--	-----

### ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

И. А. Зоненашвили, М. Л. Кац. Оптимальное подкрепление отверстий в пластинках	313
А. К. Рухадзе. О центре изгиба призматических брусьев, составленных из различных анизотропных материалов	317

### КИБЕРНЕТИКА

А. Г. Дундуа. Кроссавтоматная модель установочного поведения грудного ребенка	321
---	-----

### ФИЗИКА

О. В. Кинкладзе, Т. Д. Дараселия. Нестабильность газовой фазы в начальный период эпитаксиального роста пленок арсенида галлия	325
П. Г. Белгадзе, И. В. Ковалева, В. П. Колобков, С. П. Лунькин, Г. Г. Мшвелидзе. Нерезонансный безызлучательный перенос энергии возбуждения между ионами эрбия и гольмия в стеклах	329
В. Ш. Гогохия. Релятивистская кулоновская задача в квазипотенциальной формулировке	333
Г. П. Гордадзе. Методика оптимального планирования проведения активационного анализа	337

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

3. Н. Чигогидзе, Н. П. Хучуа. Некоторые особенности электрического про-  
 боя в высокоомном компенсированном  $p\text{-InSb}$  341
- Б. Г. Берилава, Р. И. Мирианашвили, Т. И. Санадзе (член-коррес-  
 пондент АН ГССР). Суперсверхтонкое взаимодействие тетрагонального  
 центра  $U^{3+}$  в монокристалле  $CaF_2$  345
3. Б. Чачхиани, В. И. Чечерников, В. К. Словянских, Г. С. Геор-  
 гадзе, Т. А. Перадзе. Магнитные свойства сплавов системы  $Tl\text{-Ce}$  349
- И. Г. Ратишвили, Н. А. Датешидзе. Распределение примесных атомов  
 по подрешеткам междоузлий в некоторых растворах внедрения 353

### ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- П. В. Гогоршвили**, М. В. Каркарашвили, Т. Н. Сакварелидзе,  
 А. С. Строеску, В. В. Зеленцов. Синтез и исследование соедине-  
 ний двухвалентных марганца, кобальта и никеля с гистидином 357
- М. Е. Модебадзе, Е. Г. Давиташвили. Синтез и изучение свойств сме-  
 шанных эрбийкобальтовых оксалатов 361

### ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Ш. И. Сидамонидзе, Г. В. Цицишвили (академик АН ГССР), Д. Н.  
 Барнабишвили, Д. М. Шавладзе. Адсорбция паров воды и бен-  
 зола на синтетических цеолитах типа  $\Omega$  и ТМА-оффретите 365
- И. И. Гиуашвили, Р. Р. Догонадзе, Т. А. Марсагишвили, В. К. Хи-  
 дурели. Теория кинетики жидкофазных реакций замещения лигандов  
 в линейных комплексах 369
- М. К. Абуладзе, М. А. Наморадзе, З. Г. Дзоценидзе, М. Д. Мусе-  
 ридзе, А. Н. Баратов. Изучение кинетики гетерогенной рекомбинации  
 атомов водорода на поверхности хлоридов щелочноземельных металлов 373

### ЭЛЕКТРОХИМИЯ

- В. В. Шавгулидзе, Л. Г. Енукидзе. Влияние природы растворителя на  
 процесс восстановления катионов свинца в присутствии трибензиламина 377

### ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

- Е. М. Бенашвили, Т. Н. Чарквиани, Г. Ш. Джорбенадзе. Иссле-  
 дование обессеривающих свойств анализимовых песчаников 381
- Т. Г. Учанейшвили, Е. М. Бенашвили. Адсорбционное выделение  $n$ -парафи-  
 новых углеводородов из самгорской нефти при помощи синтетических  
 цеолитов 385

### ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

- В. М. Пешков, В. Л. Меншиков. К вопросу о потерях пляжевых наносов  
 в предустьевых каньонах во время половодья 389
- В. Л. Меншиков, В. М. Пешков. О величине стока пляжеобразующего ма-  
 териала р. Бзыби 393
- М. Д. Алпенидзе. О новейших изменениях береговой линии Сухумского  
 района 397

## ГЕОЛОГИЯ

- Е. К. Вахания, Д. Е. Вахания. О позднесарматской орофазе в Колхидской впадине 401
- Л. Р. Цирекидзе. Стратиграфическое распределение фораминифер в альбских отложениях южного крыла Рачинско-Лечхумской синклинали 405
- Р. В. Перадзе, М. Л. Роква, Г. А. Магалашвили. Минерагеническое районирование Грузии (по бентонитам) 409
- Э. В. Котетишвили. Фаунистическая характеристика фациальных типов нижнемеловых отложений Грузии 413

## ЛИТОЛОГИЯ

- Э. В. Варсимашвили. Некоторые вопросы литологии нижнемелового флиша Южного склона Большого Кавказа (междуречья Арагви—Алазани) 417

## СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

- Г. И. Гвинчидзе. Определение усилий в неоднородных железобетонных предварительно напряженных конструкциях с учетом нелинейных деформаций ползучести бетона 421
- Н. П. Булия. Об одной задаче изгиба пологих оболочек двойкой кривизны, ослабленных каким-либо отверстием, не имеющим угловых точек 425

## РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ОБОГАЩЕНИЕ

- Б. Э. Эйдерман, З. С. Шанидзе. Исследование клиновых процессов в забойных скребковых конвейерах 429

## МАШИНОВЕДЕНИЕ

- Д. С. Тавхелидзе (член-корреспондент АН ГССР), Н. С. Давиташвили. Кинематическое исследование пятизвенного сферического кривошипно-ползунного механизма 433

## ГИДРОТЕХНИКА

- М. И. Гогоберидзе, Н. Г. Дуларидзе, Р. Г. Жакауридзе, Ю. Н. Микашвили, Д. Ц. Мирцхулава. Динамика изменения интенсивности аварий и инцидентов плотин 437

## ТЕПЛОТЕХНИКА

- Г. А. Чучулашвили. Исследование интенсификации конвективной теплоотдачи к газовым теплоносителям методом двухразмерной искусственной шероховатости 441

## АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ВЫЧИСЛИТ. ТЕХНИКА

- Д. К. Сургуладзе, З. К. Шавишвили. Определение ограничений при оптимальном схемотехническом проектировании усилителей считывания 445
- В. В. Мдзинаришвили, Г. У. Тавадзе. Ограничения, налагаемые на стратегию управления в нелинейных стохастических системах 449

## ЛЕСОВОДСТВО

- Н. Д. Ограпишвили. Процессы смены дуба и бука грабом в широколиственных лесах Грузии 453



## БОТАНИКА

- З. И. Адзинба. Краткий анализ эндемичной флоры Абхазии 457  
 \* Р. К. Квачакидзе. Динамика сосняков ущелья р. Мулхура 464  
 Г. С. Кикава. Пихтарники с подлеском кавказского рододендрона 465

## ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

- Р. С. Рижинашвили, Г. А. Марсагишвили, В. М. Мосидзе, К. Ш. Надарейшвили. Стимулирующее влияние ионизирующей радиации на импринтинг у цыплят, облученных в эмбриогенезе 469

## БИОХИМИЯ

- А. И. Чичуа, Д. Г. Микеладзе. Исследование комплексообразования ганглиозидов с ионами кальция методом радиоактивной индикации 472  
 Н. Н. Нуцубидзе, Н. Д. Абашидзе. Действие окиси азота на нитратредуктазу различных видов растений 477  
 Р. В. Гогия, Н. Н. Нуцубидзе. Регуляция активности нитратредуктазы сои нитратом в начале вегетации 481

## МИКРОБИОЛОГИЯ И ВИРУСОЛОГИЯ

- М. Г. Какабадзе, Г. П. Енукидзе, К. Г. Николайшвили, И. З. Солошенко. Материалы к изучению зараженности белок лептоспирозом в Грузии и Азербайджане 485

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ

- Д. Ш. Бениашвили. Электронномикроскопическая характеристика злокачественных нейроном 489

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

- И. Д. Долидзе, Г. И. Квеситадзе, А. Г. Гиоргадзе. О сдвигах в протеолитической активности при травматической болезни 495

## ПАЛЕОБИОЛОГИЯ

- А. К. Векуа, М. Г. Ниорадзе, Н. С. Мамацашвили, Н. В. Деканосидзе. Палеонтологические остатки пещеры Сакажиа 497

## ЯЗЫКОЗНАНИЕ

- \* Б. А. Джорбенадзе. К структуре формантов в грузинском языке 504  
 \* Л. Д. Хавтаси. Особенности употребления личных и указательных местоимений в языке науки и техники (на материале «Теоретической химии» К. Л. Вольфа) 508

## CONTENTS\*

### MATHEMATICS

G. A. Oniani. Integral representations of analytic and 2-harmonic functions in a unique bicylinder	275
A. I. Veizblit, E. M. Zhmud. The "connectedness" of a finite group and Zassenhaus groups	279
G. N. Kobzev. On the semi-lattice of $tt$ -degrees	283
D. L. Rogava. On the application of Chebyshev polynomials in iterative processes	288
G. V. Nizharadze. On regular systems which are not Vitali systems	292
R. A. Cheishvili. Balanced controls for the problem of Gaussian information optimal transmission in a noisy feed-back channel	296
N. K. Bliev, M. Otelbaev. Towards I. N. Vekua's theory of generalized analytical functions	300
G. S. Tabidze. On the construction of the solution of a two-point singular boundary value problem by means of the finite-difference method	304
A. B. Kharazishvili. On the Related density points	308

### MECHANICS

A. G. Dorfman. Use of the method of optical holography in the investigation of explosive processes in a solid medium	311
--	-----

### THEORY OF ELASTICITY

I. A. Zonenashvili, M. L. Kats. Optimal reinforcement of holes in plates	316
A. K. Rukhadze. On the centre of bending of composite prismatic bars of different anisotropic material	320

### CYBERNETICS

A. G. Dundua. A cross-automaton model of the set-induced behaviour of babies	324
--	-----

### PHYSICS

O. V. Kinkladze, T. D. Daraselia. Gas phase instability in the initial period of epitaxial growth of GaAs films	328
P. G. Beltadze, I. V. Kovalyova, V. P. Kolobkov, S. P. Lunkin, G. G. Mshvelidze. Non-resonance non-radiative excitation energy transfer between Erbium and Holmium ions in Glasses	332

---

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

- V. Sh. Gogokhia. Relativistic Coulomb problem in the quasipotential approach 336
- G. P. Gordadze. A technique of optimum planning of activation analysis 340
- Z. N. Chigogidze, N. P. Khuchua. Some peculiarities of electrical breakdown in high-resistance compensated *P-InSb* 344
- B. G. Berulava, R. I. Mirianashvili, T. I. Sanadze. The superhyperfine interaction of  $U^{3+}$  ion in tetragonal site in  $CaF_2$  single crystal 347
- Z. B. Chachkhiani, V. L. Chechernikov, L. G. Chachkhiani, V. K. Slovyanskikh, G. S. Giorgadze, T. A. Peradze. The magnetic properties of the alloys of the system *Th-Ce* 352
- I. G. Ratishvili, N. A. Dadeshidze. Impurity atoms distribution among the sublattices of interstices in some interstitial alloys 356

## GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

- P. V. Gogorishvili, M. V. Karkarashvili, T. N. Sakvarelidze, A. K. Stroesku, V. V. Zelentsov. Synthesis and investigation of divalent manganese, cobalt and nickel compounds with histidine 360
- M. E. Modebadze, E. G. Davitashvili. Synthesis of mixed Erbium-cobalt oxalates and study of their characteristics 364

## PHYSICAL CHEMISTRY

- Sh. I. Sidamonidze, G. V. Tsitsishvili, D. N. Barnabishvili, D. M. Shavladze. Adsorption of water vapours and benzene on Q-type synthetic zeolites and TMA-offretite 368
- I. I. Giuashvili, R. R. Dogonadze, T. A. Marsagishvili, V. K. Khidureli. The theory of the kinetics of liquid-phase ligand substitution reactions in linear complexes 372
- M. K. Abuladze, M. A. Namoradze, Z. G. Dzotsenidze, M. D. Musseridze, A. N. Baratov. Heterogeneous recombination of hydrogen atoms in the surfaces of chlorides of alkali-earth metals 375

## ELECTROCHEMISTRY

- V. V. Shavgulidze, L. G. Ehlukidze. Influence of the nature of solvent on the process of reduction of lead cations in the presence of tribenzylamine 380

## CHEMICAL TECHNOLOGY

- E. M. Benashvili, T. N. Charkviani, G. Sh. Jorbenadze. Investigation of the desulphuration properties of analcymic sandstones 384
- T. G. Uchaneishvili, E. M. Benashvili. The adsorption separation of N-paraffin hydrocarbons from the samgori petroleum with the use of synthetic zeolites 388

## PHYSICAL GEOGRAPHY

- V. M. Peshkov, V. L. Menshikov. On the beach sediment losses in submarine canyons during river floods 392

- V. L. Menshikov, V. M. Peshkov. On the mean diurnal silt load of the beach-forming sediments for the Bzyb river 399
- M. D. Alpenidze. On the recent changes of the Sukhumi area coats line 396

## GEOLOGY

- E. K. Vakhania, D. E. Vakhania. On the late Sarmatian folding in the Kolkhida depression 403
- L. R. Tsirekidze. Stratigraphic distribution of foraminifers in the Albian of the southern limb of the Racha-Lechkhumi syncline 408
- R. V. Peradze, M. L. Rokva, G. A. Magalashvili. Mineragenetic regionation of Georgian bentonites 411
- E. V. Kotetishvili. The faunistic characteristics of the facies types of the Lower Cretaceous of Georgia 416

## LITHOLOGY

- E. V. Varsimashvili. The lithology of the Lower Cretaceous terrigenous flysch of the southern slope of the Greater Caucasus (in the Aragvi and Alazani interfluvium) 419

## STRUCTURAL MECHANICS

- G. I. Gvinchidze. Determination of the forces in non-homogeneous reinforced concrete prestressed structures considering the concrete creep nonlinear deformations 424
- N. P. Bulia. On one problem of a Double-curve sloping shell weakened by an orifice having no angular points 328

## EXPLOITATION OF DEPOSITS AND CONCENTRATION

- B. A. Eiderman, Z. S. Shanidze. Investigation of wedge processes in scraper conveyers 432

## MACHINE BUILDING SCIENCE

- D. S. Tavkhelidze, N. S. Davitashvili. A kinematic study of five-link crank and slider spherical mechanisms 436

## HYDRAULIC ENGINEERING

- M. G. Gogoberidze, N. G. Dularidze, R. G. Kakauridze, I. N. Mikhashvili, D. Ts. Mirtskhulava. The intensity variation dynamics of damages and incidents dams 440

## HEAT ENGINEERING

- T. A. Chuchulashvili. Investigation of convection heat transfer to gas coolants by the method of two-dimensional artificial roughness 444



## AUTOMATIC CONTROL AND COMPUTER ENGINEERING

- D. K. Surguladze, Z. K. Shavishvili. On the determination of restrictions in optimal design of sense amplifiers 447
- V. V. Mdzinarishvili, G. U. Tavadze. Restrictions imposed on the control strategy in nonlinear stochastic systems 452

## FORESTRY

- N. D. Ograpishvili. Replacement of oak and beech by hornbeam in Georgia's Broad-leaved forests 455

## BOTANY

- Z. I. Adzinba. A short analysis of Abkhazian endemic flora 459
- R. K. Kvachakidze. Dynamics of the pineries of the Mulkhura river ravine 464
- G. S. Kikava. Fir groves with Caucasian rhododendron undergrowth 468

## HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

- R. S. Rijhinashvili, G. A. Marsagishvili, V. M. Mosidze, K. Sh. Nadareishvili. The stimulating influence of ionizing radiation on the imprinting of chicken in irradiated embryogenesis 471

## BIOCHEMISTRY

- A. I. Chichua, D. G. Mikeladze. Study of the process of complex-formation between gangliosides and calcium ions 476
- N. N. Nutsubidze, N. D. Abashidze. Nitrogen oxide effect of nitrate reductase from different plant species 480
- R. V. Gogia, N. N. Nutsubidze. Regulation of nitrate reductase activity in soybean seedlings via nitrate at the onset of vegetation 484

## MICROBIOLOGY AND VIROLOGY

- M. G. Kakabadze, G. P. Enukidze, K. G. Nikolaishvili, I. Z. Soloshenko. Data towards the study of squirrel infestation with leptospirosis in Georgia and Azerbaijan 487

## EXPERIMENTAL MORPHOLOGY

- D. Sh. Beniashvili. Electron microscopic characteristics of malignant neurinomas 492

## EXPERIMENTAL MEDICINE

- I. D. Dolidze, G. I. Kvesitadze, A. G. Giorgadze. On the shifts of proteolytic activity in traumatic disease 495

PALAEOBIOLOGY

- A. K. Vekua, M. G. Nioradze, N. S. Mamatsashvili, N. V. Dekanosidze. Palaeontological remains of the Sakazha cave 500

LINGUISTICS

- B. A. Jorbenadze. The structure of affixes in Georgian 504
- L. D. Khavtasi. The specificities of the use of personal and demonstrative pronouns in scientific and technical language (According to K. L. Wolf's *theoretische chemie*) 508



Г. А. ОНИАНИ

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ  
 И 2-ГАРМОНИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ В ЕДИНИЧНОМ  
 БИЦИЛИНДРЕ

(Представлено членом-корреспондентом Академии В. Г. Челидзе 19.1.1978)

Следуя обозначениям У. Рудина [1], через  $C$  будем обозначать пространство комплексных чисел, а  $C^2 = \{z: z = (z_1, z_2), z_j \in C, j = 1, 2\}$ .  
 Далее

$$D^2 = \{z: z = (z_1, z_2), |z_j| < 1, j = 1, 2\}, T^2 = \{\omega: \omega \in C^2, |\omega_j| = 1, j = 1, 2\}.$$

$$I^2 = [0, 1]^2 = [0, 1) \times (0, 1).$$

Пусть

$$dr = dr_1, dr_2, r \in I^2; dm_2(\omega) = (2\pi)^{-2} d\theta_1 d\theta_2,$$

где

$$\omega \in T^2, \omega_j = e^{i\theta_j}, j = 1, 2, \text{ и } d\sigma = d\sigma_1 d\sigma_2, d\sigma_j = dx_j dy_j.$$

Если  $r = (r_1, r_2) \in I^2$  и  $z \in C^2$ , то под  $rz$  подразумевается  $(r_1 z_1, r_2 z_2)$ .  
 Если

$$\alpha = (\alpha_1, \alpha_2) \in R^2 \text{ и } z \in C^2, \text{ то } Z^\alpha = z_1^{\alpha_1} \cdot z_2^{\alpha_2} \cdot (z_j^{\alpha_j} = \exp\{\alpha_j \ln z_j\}),$$

где  $R$  — пространство совокупностей действительных чисел.

Через  $Z_+^2$  будем обозначать пространство совокупностей 2 целых неотрицательных чисел  $n = (n_1, n_2), n_j \geq 0, j = 1, 2$ .

Обозначим через  $RP(D^2)$  класс всех функций в  $D^2$ , являющихся действительными частями аналитических функций.

Определение. Классом  $H'_p(D^2)$  ( $0 < p < \infty$ ) назовем множество аналитических функций в  $D^2$ , таких, что

$$\|f\| = \left\{ \int_{D^2} |f(z)|^p d\sigma \right\}^{\frac{1}{p}} < \infty.$$

Определение. Пусть  $0 < p < \infty$ . Скажем, что функция  $U$  2-гармоническая в  $D^2$ , принадлежит  $h'_p(D^2)$ , если

$$\|U\| = \left\{ \int_{D^2} |u(z)|^p d\sigma \right\}^{\frac{1}{p}} < \infty.$$

3. მოსკოვი  
 606028  
 202

Положим

$$C_1(z, \lambda) = C_1(z_1, \lambda_1) \cdot C_1(z_2, \lambda_2)$$

и

$$P_1(z, \lambda) = P_1(z_1, \lambda_1) \cdot P_1(z_2, \lambda_2),$$

где

$$C_1(z_j, \lambda_j) = (1 - \lambda_j \bar{z}_j)^{-2}, \quad P_1(z_j, \lambda_j) = \\ = 2 \operatorname{Re} C_1(z_j, \lambda_j) - 1, \quad z = (z_1, z_2) \in D^2, \quad \lambda = (\lambda_1, \lambda_2) \in D^2, \quad \lambda = (\lambda_1, \lambda_2) \in D^2.$$

Пусть  $\mu$  — конечная комплекснозначная мера в  $D_2$ , тогда через  $P^*[d\mu](\lambda)$  обозначим функцию, определенную в  $D^2$  равенством

$$P^*[d\mu](\lambda) \equiv \frac{1}{\pi^2} \int_{\dot{D}^2} P_1(z, \lambda) d\mu(z), \quad \lambda \in D^2.$$

Очевидно, что  $P^*[d\mu](\lambda)$  — 2-гармоническая функция в единичном бицилиндре  $D^2$ .

Справедливы следующие теоремы.

**Теорема 1.** Для того чтобы аналитическая функция  $f$ , определенная в единичном бицилиндре, в любой точке этого бицилиндра удовлетворяла равенству

$$f(\lambda) = \frac{1}{\pi^2} \int_{\dot{D}^2} C_1(z, \lambda) f(z) d\sigma, \quad \lambda \in D^2, \quad (1)$$

необходимо и достаточно, чтобы  $f \in H'_1(D^2)$ . Иными словами, класс  $H'_1(D^2)$  совпадает с классом функций, представимых интегралом (1).

Теорема 1 является двумерным аналогом одной теоремы В. Кабайла [2].

**Теорема 2.** Для того чтобы 2-гармоническая функция  $U(\lambda)$ , определенная в единичном бицилиндре, в любой точке этого бицилиндра удовлетворяла равенству

$$U(\lambda) = P^*[U](\lambda), \quad \lambda \in D^2, \quad (2)$$

необходимо и достаточно, чтобы  $U \in h'_1(D^2)$ . Иными словами, класс  $h'_1(D^2)$  совпадает с классом 2-гармонических функций, представимых интегралом (2).

**Теорема 3.** Условия

$$\int_{J^2} \int_{T^2} r^{m_1} \bar{\omega}^n d\mu(r\omega) = 0, \quad \forall n \in \mathbb{Z}_+^2,$$

необходимы и достаточны для того чтобы  $P^*[d\mu](\lambda)$  изображал аналитическую функцию внутри единичного бицилиндра.

**Теорема 4.** Если  $P^*[d\mu](\lambda)$  — аналитическая в  $D^2$ , тогда  $P^*[d\mu](\lambda) \in H'_p(D^2)$  для любого  $0 < p < \frac{2}{3}$ .



Теорема 4 является обобщением одной теоремы из [3].

Теорема 5. Если аналитическая функция  $f$  внутри единичного бичеслиндра представима при помощи одной из формул

$$f(\lambda) = \frac{1}{\pi^2} \int_{D^2} C_1(z, \lambda) f(z) d\sigma, \lambda \in D^2,$$

$$f(\lambda) = \frac{1}{\pi^2} \int_{D^2} P_1(z, \lambda) f(z) d\sigma, \lambda \in D^2,$$

то она представима посредством другой. Класс функций, представимых вышеуказанными формулами, совпадает с классом  $H'_1(D^2)$ .

Теорема 6. Условия

$$\int_{J^2} \int_{T^2} r^{|\alpha|} \bar{\omega}^\alpha d\mu(r\omega) = 0, \forall n \in \bar{Y}_2,$$

необходимы и достаточны для того чтобы

$P^*[d\mu](\lambda) \in RP(D^2)$ , где  $Y_2 = Z_+^2 \cup (-Z_+^2)$ ,  $-Z_+^2 = \{n: n = (n_1, n_2), n_j \leq 0\}$ , а  $\mu$  — действительная мера в  $D^2$ .

Тбилисский государственный университет

(Поступило 9.2.1978)

მათემატიკა

ბ. ონიანი

ერთეულოვან ბიცილინდრში ანალიზური და 2-ჰარმონიული  
 ფუნქციების ინტეგრალური წარმოდგენები

რ ე ზ ი უ მ ე

განხილულია ანალიზურ და ჰარმონიულ ფუნქციათა კლასები ერთეულოვან ბიცილინდრში. მოყვანილია თეორემები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ამ კლასების ფუნქციების ინტეგრალურ წარმოდგენას.

MATHEMATICS

G. A. ONIANI

## INTEGRAL REPRESENTATIONS OF ANALYTIC AND 2-HARMONIC FUNCTIONS IN A UNIQUE BICYLINDER

Summary

Certain integral representations of analytic and 2-harmonic functions are considered in a unique bicylinder and the belonging of such functions to the classes  $H'_p(D^2)$  and  $h'_p(D^2)$  is established.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. У. Рудин. Теория функции в поликруге. М., 1974.
2. В. Қабайла. Liet. matem. rinkiny (Лит. матем. сб.). 10, № 3, 1970.
3. Г. А. Ониани. Сообщения АН ГССР, 87, № 2, 1977.

А. И. ВЕЙЦЛИТ, Э. М. ЖМУДЬ

## «СВЯЗНОСТЬ» КОНЕЧНОЙ ГРУППЫ И ГРУППЫ ЦАССЕНХАУЗА

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 21.12.1977)

Пусть  $G$  — конечная группа,  $|G| > 1$ ,  $G^\# = G \setminus \{1\}$ . Будем говорить, что элемент  $y \in G^\#$  достижим из элемента  $x \in G^\#$ , если существует такая последовательность элементов  $x_i \in G^\#$  ( $0 \leq i \leq n$ ), что  $x_0 = x$ ,  $x_n = y$ ,  $x_{i-1}x_i = x_i x_{i-1}$  ( $i = 1, \dots, n$ ). Отношение „достижимости“ является отношением эквивалентности на  $G^\#$ . Классы этого отношения назовем компонентами связности группы  $G$ . Группу  $G$  будем называть связной, если  $G^\#$  является компонентой связности; в противном случае будем называть группу  $G$  несвязной<sup>1</sup>. Примерами несвязных групп могут служить группы Фробениуса, „двойные группы Фробениуса“ (см. ниже), группы Цассенхауза („ $Z$ -группы“).

Подмножество  $A \subseteq G^\#$  назовем замкнутым, если  $x \in A$  влечет  $C_G(x) \subseteq \widehat{A} = A \cup \{1\}$ . (Пустое подмножество замкнуто по определению.) Замкнутость  $A$  равносильна замкнутости  $G^\# \setminus A$ . Компоненты связности замкнуты, а любое замкнутое подмножество  $A \subseteq G^\#$  является объединением некоторого множества компонент связности.

**Теорема 1.** Если  $G$  — конечная группа, то равносильны следующие утверждения: (I) группа  $G$  несвязна; (II)  $G^\#$  содержит собственное нормальное замкнутое подмножество; (III) существует такое разбиение  $\{\pi, \pi'\}$  множества простых делителей порядка группы  $G$  на два подмножества  $\pi, \pi'$ , что каждый элемент группы  $G$  является либо  $\pi$ -элементом, либо  $\pi'$ -элементом.

**Теорема 2.** Если несвязная группа  $G$  не является ни группой Фробениуса, ни двойной группой Фробениуса<sup>2</sup>, то  $F(G \setminus F(G)) = \{1\}$  ( $F(X)$  — подгруппа Фиттинга группы  $X$ ) и  $G \setminus F(G)$  — несвязная группа, цоколь которой является неабелевой простой группой.

<sup>1</sup> Брауэром и Фаулером [1] было введено „расстояние“  $d(x, y)$  между элементами  $x, y \in G^\#$ , равное минимальной длине цепи, обладающей вышеуказанным свойством. Принадлежность  $x$  и  $y$  к одной компоненте связности равносильно условию  $d(x, y) < \infty$ .

<sup>2</sup> Т. е. группой, содержащей такую нормальную фробениусову подгруппу  $F$ , что  $G/N$  ( $N$  — ядро  $F$ ) — группа Фробениуса с ядром  $F/N$ .

Следствие. Разрешимая группа несвязна тогда и только тогда, когда она является либо группой Фробениуса, либо двойной группой Фробениуса<sup>3</sup>.

Пусть  $G$  — несвязная группа;  $A$  — собственное нормальное замкнутое подмножество множества  $G^\#$ ,  $e(A)$  — наименьшее общее кратное порядков силовских подгрупп группы  $G$ , содержащихся в  $\widehat{A}$  (легко видеть, что  $e(A) > 1$ ).

**Теорема 3.** Пусть  $G$  — несвязная группа,  $A = \bigcup_{g \in G} D_g^\#$  — минимальное нормальное замкнутое подмножество, содержащее компоненту связности  $D$ . Если  $A$  несвязно, то

$$|A| \geq (e(A))^2 - 1. \quad (1)$$

Знак равенства в (1) достигается тогда и только тогда, когда  $G$  —  $Z$ -группа,  $A$  — множество всех подстановок группы  $G$ , имеющих одну неподвижную точку.

Доказательство теоремы 3 опирается, в частности, на следующее утверждение, имеющее самостоятельный интерес.

**Лемма.** Пусть  $G$  имеет четный порядок,  $A$  — непустое замкнутое подмножество множества  $G^\#$ , содержащее хотя бы один элемент четного порядка. Если  $\chi$  — неприводимый комплексный характер группы  $G$ , обращающийся в нуль на  $A$ , то (I)  $\chi = \bar{\chi}$ ; (II) инволюции группы  $G$  сопряжены; (III) если  $x$  — инволюция, то  $C_G(x)$  — холловская подгруппа, причем  $|C_G(x)| = \chi(1)$ .

Обращает на себя внимание аналогия между неравенством (1) и следующим неравенством Галлахера [2]: если  $\chi$  — неприводимый комплексный характер конечной группы  $G$ ,  $T_\chi = \{g \in G \mid \chi(g) = 0\}$  — множество „нулей“ характера  $\chi$ , то  $|T_\chi| \geq |\chi(1)|^2 - 1$ . Равенство имеет место тогда и только тогда, когда  $|\chi(g)| = 0$  или 1 для любого  $g \in G^\#$ . Из теоремы 1 (IV) вытекает, что группы, обладающие характером с указанным свойством, несвязны ( $T_\chi$  замкнуто). Такими группами являются все  $Z$ -группы, однако существуют и другие примеры: группа Янко  $J_1$ , группа Матье  $M_{11}$ ,  $\text{PSL}(3, 4)$ . Назовем группы с рассматриваемым свойством обобщенными группами Цассенхауза („VZ-группами“).

**Теорема 4.** Класс VZ-групп с нетривиальной подгруппой Фиттинга совпадает с классом  $Z$ -групп с нетривиальной подгруппой Фиттинга.

В известном смысле VZ-группы редуцируются к VZ-группам, порожденным нулями характера  $\chi$ .

**Теорема 5.** Если  $\chi(1)$  нечетно и VZ-группа  $G$  порождается нулями характера  $\chi$ , то в случае, если  $F(G) = \{1\}$ , группа  $G$  простая.

**Теорема 6.** Если  $G$  — VZ-группа,  $F(G) = \{1\}$ ,  $\chi(1)$  четно, то (1) группа  $G$  порождается нулями характера  $\chi$ ; (2) характер  $\chi$  принимает на  $G^\#$  значения 0, 1,  $-1$ ; (3) инволюции группы  $G$  сопряжены; (4) если  $x$  — инво-

<sup>3</sup> Из теоремы 1 вытекает эквивалентность этого результата одному из утверждений статьи [3].



люция, то  $C_G(x)$  — холловская подгруппа, причем  $[C_G(x)] = \chi(1)$ ; 5) если централизаторы инволюций не совпадают со своими нормализаторами, то  $G$  изоморфна одной из простых групп  $\text{PSL}(2,5)$ ,  $\text{PSL}(2,7)$ ,  $\text{PSL}(2,q)$  ( $q=2^k$ ,  $k > 1$ ),  $\text{Sz}(q)$ ,  $\text{PSL}(3,4)$ .

Получен ряд теорем характеристики  $Z$ -групп в классе  $VZ$ -групп, вытекающих из теорем 3.

**Теорема 7.**  $VZ$ -группа  $G$  тогда и только тогда является  $Z$ -группой, когда  $T_\chi$  несвязно и является минимальным замкнутым нормальным подмножеством множества  $G^\#$ .

**Теорема 8.**  $VZ$ -группа  $G$  тогда и только тогда является  $Z$ -группой, когда (1)  $T_\chi$  несвязно; (2)  $G$  обладает связной подгруппой порядка  $\chi(1)$ .

**Следствие.** Если  $\chi(1)$  четно, то  $VZ$ -группа является  $Z$ -группой нечетной степени ( $ZT$ -группой) тогда и только тогда, когда  $T_\chi$  несвязно.

Харьковский государственный университет

(Поступило 23.12.1977)

მათემატიკა

ა. ვეიზბლიტი, ე. ჯმუდი

სასრული ჯგუფის „ბმულობა“ და ცასენჰაუსის ჯგუფები

ზეზიუმე

შემოტანილია სასრული ჯგუფის ბმულობის ცნება. დადგენილია ჯგუფის არაბმულობის კრიტერიუმები. დამტკიცებულია თეორემა, რომელიც ხსნის არაბმული ჯგუფების სტრუქტურას და რომელსაც მიეყავართ ამოხსნადი არაბმული ჯგუფების აღწერამდე. დადგენილია ცასენჰაუსის ჯგუფის მახასიათებელი თეორემები. გამოკვლეულია კლასი იმ არაბმული ჯგუფებისა, რომლებიც ცასენჰაუსის ჯგუფების განზოგადებებს წარმოადგენენ.

MATHEMATICS

A. I. VEIZBLIT, E. M. ZHMUD

## THE "CONNECTEDNESS" OF A FINITE GROUP AND ZASSENHAUS GROUPS

Summary

The notion of the connectedness of a finite group is introduced. A set of criteria of group disconnectedness is given, and a theorem which determines the structure of disconnected groups and leads to the description of solvable disconnected groups is proved. A number of theorems characterizing the Zassenhaus group is established. A class of disconnected groups constituting a generalization of Zassenhaus groups is also discussed.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. R. Brauer, K. A. Fowler. Ann. Math. 62, 1955, 565—583.
2. P. X. Gallagher. Math. Zeitschr. 79, No. 2, 1962, 122—126.
3. J. S. Williams. J. Algebra, 42, No. 2, 1976, 549—556.





Г. Н. КОБЗЕВ

О ПОЛУРЕШЕТКЕ  $tt$ -СТЕПЕНЕЙ

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 16.1.1978)

А. Н. Дегтев построил рекурсивно перечислимую (р. п.)  $tt$ -степень, ниже которой нет минимальных элементов полурешетки р. п.  $tt$ -степеней [1]. Кроме того, он показал, что верхняя полурешетка р. п.  $tt$ -степеней не является решеткой, так как в ней существуют две р. п.  $tt$ -степени, не имеющие наибольшей нижней грани [1].

Осуществим перенос этих результатов на полурешетку всех  $tt$ -степеней. Дело в том, что указанные  $tt$ -степени содержат р. п. множества, имеющие ретрассируемое сильно равномерно гипериммунное (с. р. г. и.) дополнение (определение см. ниже). Далее, используем приводимую ниже теорему.

Множество  $A = \{a_0 < a_1 < a_2 < \dots\}$  называют ретрассируемым, если существует частично рекурсивная функция (ч. р. ф.)  $\varphi(x)$ , такая, что  $\varphi(a_0) = a_0$  и  $\varphi(a_{n+1}) = a_n$  для  $n \geq 0$ . Если  $\bar{A}$  — ретрассируемое множество,  $A$  — р. п., то существует рекурсивный линейный порядок  $\leq_0$ , такой, что если  $y \leq_0 x$  и  $x \in \bar{A}$ , то  $y \in \bar{A}$  [2].

Определение [3]. Множество  $A = \{a_0 < a_1 < \dots\}$  называется с. р. г. и., если для всякой ч. р. ф.  $\varphi(x)$  выполняется

$$(\exists m) (\forall n \geq m) (\varphi(a_n) \text{ — определена} \rightarrow \varphi(a_n) < a_{n+1}).$$

Пусть  $B \leq_{tt} A$ . По определению, это означает, что каждому  $x \in N$  сопоставлен набор  $y_1^x, \dots, y_{n_x}^x$  и булева функция  $\beta_x$ , такие, что

$$x \in B \Leftrightarrow \beta_x(\chi_A(y_1^x), \dots, \chi_A(y_{n_x}^x)) = 1,$$

где  $\chi_A(x)$  — характеристическая функция множества  $A$ .

А. Н. Дегтев заметил, что если  $A$  — р. п. множество, имеющее ретрассируемое дополнение, то  $tt$ -сведение будет следующим. Для каждого  $x \in N$   $y_1^x \leq_0 y_2^x \leq_0 \dots \leq_0 y_{n_x}^x$ ,  $y_1^x < \dots < y_{n_x}^x$ ,  $y_1^x \in \bar{A}$ ,  $y_{n_x}^x \in A$ , существует последовательность чисел  $\theta_k^x \in \{0, 1\}$ ,  $1 \leq k \leq n_x - 1$ , таких, что  $\theta_k^x = 1 \Leftrightarrow \theta_{k+1}^x = 0$ , где  $k \leq n_x - 2$ . Тогда  $B \leq_{tt} A$  означает, что

$$(\forall x) (x \in B \Leftrightarrow \theta_i^x = 1), \tag{1}$$

где  $i$  такое, что  $y_i^x \in \bar{A}$  и  $y_{i+1}^x \in A$ .

**Теорема.** Если  $tt$ -степень  $a$  содержит р. п. множество с ретрассируемым с. р. г. и. дополнением и  $b \leq_{tt} a$ , то  $tt$ -степень  $b$  рекурсивно перечислима.

Доказательство. Пусть р. п. множество  $A$  имеет ретрассируемое с. р. г. и. дополнение,  $B \leq_{tt} A$  и справедливо (1). Определим р. п. множество  $Q = U \{ \{y_i^x, \dots, y_{n_x}^x\} : x \in N \}$ . Если мощность  $|\overline{A} \cap Q| < \infty$  то  $B$  — рекурсивное множество и доказывать нечего. Допустим, что  $|\overline{A} \cap Q| = \infty$ .

Определим некоторую ч. р. ф.  $\varphi(y)$  так. Для каждого  $y \in Q$  ищем наименьшее число  $x$ , такое, что  $y = y_i^x$  для некоторого  $i$ . Если  $i < n_x$ , то полагаем  $\varphi(y) = y_{i+1}^x$ . Так как  $\overline{A}$  — с. р. г. и. и  $y < \varphi(y)$ , то для всякого  $y \in \overline{A} \cap Q$   $\varphi(y) = y_{i+1}^x \in A$  (исключение может быть лишь для конечного множества  $F \subset \overline{A}$ ). Если  $y \in A \cap Q$  и  $y = y_i^x$ ,  $i < n_x$ , то всегда  $\varphi(y) \in A$ , так как  $y_i^x \leq_0 y_{i+1}^x = \varphi(y)$ . Если же  $y = y_{n_x}^x$ , то заведомо  $y \in A$ . Выберем наименьшее число  $a \in \overline{A}$  такое, что  $a > \max \{y : y \in F\}$ .

Пусть  $Q = \{h(x) : x \in N\}$  для одно-однозначной о. р. ф.  $h(x)$  и  $C = h^{-1}(A \cap Q)$ . Ясно, что  $C$  — р. п. множество. Утверждаем, что  $B \equiv_{tt} C$ .

Если  $z_1 \leq_0 z_2 \{-\} h(z_1) \leq_0 h(z_2)$ , то из  $x \leq_0 y$  и  $y \in \overline{C}$  следует  $x \in \overline{C}$ . Если  $z_i^x = h^{-1}(y_i^x)$ , то  $z_i^x \in C$ ,  $z_{n_x}^x \in \overline{C}$  и справедливо (1), где  $z_i^x \in \overline{C}$  и  $z_{i+1}^x \in C$ .

Следовательно,  $B \leq_{tt} C$ .

Покажем, что  $C \leq_{tt} B$ . Пусть  $t \in N$  — произвольное число и  $z_0 = h(t)$ . Допустим, мы нашли  $z_0, z_1, \dots, z_k, x_1, i_1, \dots, x_k, i_k$ . По построению  $z_i \in Q$  для всех  $i \leq k$ .

Шаг  $k \geq 1$ . Если  $z_k \leq a$ , то вычисления прекращаем. Пусть  $z_k > a$ . Ищем первые числа  $x, i$  такие, что  $z_k = y_{n_x}^x$ , или  $z_k = y_i^x$  и  $y_{i+1}^x \in A$ . В силу выбора  $a$  и замечания они найдутся. Если осуществится первый случай, то вычисления прекращаем. Допустим, что  $z_k = y_i^x$  и  $y_{i+1}^x \in A$ . Если  $i \geq 2$ , то полагаем  $z_{k+1} = y_{i-1}^x$ ,  $x_{k+1} = x$ ,  $i_{k+1} = i$  и переходим к шагу  $k+1$ . Если  $i = 1$ , то  $x_{k+1} = x$ ,  $i_{k+1} = i$  и вычисления прекращаем. Очевидно,  $z_{k+1} \in Q$ .

Так как  $y_{i-1}^x \leq_0 y_i^x$ , то  $z_{k+1} \leq_0 z_k \leq_0 \dots \leq_0 z_0 = h(t)$ . Утверждаем, если  $z_k \leq a$  и  $z_k \in A$ , или  $z_k = y_{n_x}^x$ , то заведомо  $h(t) \in A$  и, следовательно,  $t \in C$ . По условию  $y_{n_x}^x \in A$  для всех  $x \in N$ . Так как  $z_k \leq_0 h(t)$  и  $z_k \in A$ , то остается использовать свойство  $\leq_0$ -упорядочения. В этом случае очевидным является построение  $tt$ -сведения  $C$  к  $B$  и ниже его не рассматриваем.

Так как  $y_{i-1}^x < y_i^x$ , то  $z_{k+1} < z_k$  (если  $z_{k+1}$  определено), и для некоторого  $k$  либо  $z_k \leq a$  и  $z_k \in \overline{A}$ , либо  $z_k = y_1^x$ . Но по условию  $y_1^x \in \overline{A}$ . Поэтому мы эффективно найдем  $z_k \in \overline{A}$ .

Пусть  $x_1, i_1, \dots, x_n, i_n$  — все найденные числа (тут  $n = n(t)$ ). Утверждаем, что

$$t \in \overline{C} \{-\} (\forall k \leq n) (\theta_{i_k}^{x_k} = 1 \{-\} x_k \in B). \quad (2)$$

Если  $t \in \overline{C}$ , то  $h(t) \in \overline{A}$ . По построению,  $h(t) = y_{i_1}^{x_1} \in \overline{A}$  и  $y_{i_1+1}^{x_1} \in A$ . Поэтому, в силу (1),  $\theta_{i_1}^{x_1} = 1 \{-\} x_1 \in B$ . Далее, так как  $z_1 = y_{i_1-1}^{x_1} \leq_0 y_{i_1}^{x_1}$  и  $y_{i_1}^{x_1} \in \overline{A}$ ,

то  $z_1 \in \bar{A}$ . Но  $z_1 = y_{i_2}^{x_2}$  и  $y_{i_2+1}^{x_2} \in A$ . Рассуждения, аналогичные вышеприведенным, показывают, что правая часть (2) справедлива.

Пусть  $t \in C$ , тогда  $h(t) \in A$ ,  $h(t) = y_{i_1}^{x_1}$ . Если  $y_{i_1-1}^{x_1} \in \bar{A}$ , то, в силу (1)  $\theta_{i_1-1}^{x_1} = 1 (-) x_1 \in B$ . Но по условию  $\theta_i^x = 1 (-) \theta_{i+1}^x = 0$ , поэтому  $\neg (\theta_{i_1}^{x_1} = 1 (-) x_1 \in B)$ , правая часть (2) будет ложной, что и требовалось показать. Если  $z_1 = y_{i_1-1}^{x_1} \in A$ , то по построению найдется  $y_{i_2}^{x_2}$ ,  $z_1 = y_{i_2}^{x_2}$  и  $y_{i_2+1}^{x_2} \in A$ . Если  $y_{i_2-1}^{x_2} \in \bar{A}$ , то рассуждаем как и выше. Остается заметить, что  $z_1 > z_2 > \dots > z_n$  и  $z_n \in \bar{A}$ . Поэтому найдутся  $x_h, i_h$ , такие, что  $\neg (\theta_{i_h}^{x_h} = 1 (-) x_h \in B)$ . Теорема доказана.

НИИС при Госнабде СССР  
 (Тбилисский отдел)

(Поступило 26.1.1978)

მათემატიკა

ბ. კობზევი

*tt*-ხარისხთა ნახევარმესერის შესახებ

რეზიუმე

ყველა *tt*- ხარისხის ნახევარმესერზე გადატანილია ა. დიოგტევის ზოგერთი შედეგი.

MATHEMATICS

G. N. KOBZEV

ON THE SEMI-LATTICE OF *tt*-DEGREES

Summary

Some results of A. N. Degtev are extended to the semilattice of all *tt*-degrees.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. Н. Дегтев. Алгебра и логика, 12, № 2, 1973, 143—161.
2. C. Jockusch. J. Trans. Amer. Math. Soc., 131, 1968, 420—436.
3. А. Н. Дегтев. Алгебра и логика, 10, № 3, 1971, 235—246.



Д. Л. РОГАВА

ОБ ОДНОМ ПРИМЕНЕНИИ ПОЛИНОМОВ ЧЕБЫШЕВА  
 В ИТЕРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССАХ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. Г. Гегелиа 3.2.1978)

Для уравнения  $u = Au + f$  исследуется сходимость итерационного процесса  $u_{n+1} = (A + \alpha I) u_n - \alpha u_{n-1} + f$ .

1. Рассмотрим класс полиномов, определяемых рекуррентным соотношением

$$P_n^k(x, y) = \alpha_{n+k}(x) P_{n-1}^k(x, y) - \beta_{n+k}(y) P_{n-2}^k,$$

$$P_0^k(x, y) \equiv 1, \quad P_1^k(x, y) = \alpha_{k+1}(x),$$

где

$$\alpha_{n+k}(x) = a_{n+k}x + b_{n+k}, \quad \beta_{n+k}(y) = c_{n+k}y + d_{n+k},$$

$$n = 1, 2, \dots, k = 0, 1, \dots, (x, y) \in R^2.$$

Обозначим через  $P_n^{(\lambda)}(x, y)$  класс полиномов при следующих значениях параметров:

$$a_{n+k} = 1 + \lambda_{n+k}, \quad c_{n+k} = 1 + 2\lambda_{n+k}, \quad b_{n+k} = d_{n+k} = 0,$$

где

$$\lambda_{n+k} = (\lambda - 1)(n + k)^{-1}, \quad \lambda \in (-\infty, +\infty).$$

Легко видеть, что  $P_n^{(\lambda)}(x, y) \equiv P_n^{(\lambda)}(x, y)$  при  $y=1$  совпадает с ультра сферическими полиномами ([1], стр. 93).

Л е м м а 1. Справедливы формулы

$$P_n^{(\lambda)}(x, y) = |y|^{n/2} P_n^{(\lambda)}(x|y|^{-1/2}, \text{sign}(y)), \quad (y \neq 0) \quad (1)$$

и

$$[P_n^{(\lambda)}(x, y)]^2 = y^n + P_{n-1}^{(\lambda)}(x, y) P_{n+1}^{(\lambda)}(x, y). \quad (2)$$

Эти соотношения доказываются методом математической индукции.

Введем множества

$$\Omega^+ = \{(x, y) | 4y - x^2 \geq 0\},$$

$$\Omega^- = \{(x, y) | 4y - x^2 < 0\},$$

$$\Omega = \{(x, y) | |y| < 1, |x| < y + 1\}.$$

Л е м м а 2. Пусть  $(x, y) \in \Omega^-$ . Тогда для  $\forall n (n=1, 2, \dots)$  справедлива формула



$$|P_n^{(1)}(x, y)| = \frac{\rho^{n+1}(x, y) - (y\rho^{-1}(x, y))^{n+1}}{\rho(x, y) - y\rho^{-1}(x, y)} = \varphi_n(x, y), \quad (3)$$

где

$$\rho(x, y) = 0.5(|x| + (x^2 - 4y)^{1/2}).$$

Лемма доказывается методом математической индукции.

Отметим, что

$$|y|^{1/2} < \rho(x, y) < 1, \quad \text{при } (x, y) \in \Omega \cap \Omega^- \quad (4)$$

и

$$\lim_{4y-x^2 \rightarrow 0^-} \varphi_n(x, y) = (n+1)y^{n/2}.$$

**Теорема 1.** Пусть  $(x, y) \in \Omega^+$ . Тогда для  $\forall n (n = 1, 2, \dots)$  справедливо неравенство

$$|P_n^{(1)}(x, y)| \leq c_n(x, y) y^{n/2} = \psi_n(x, y), \quad (5)$$

где

$$c_n(x, y) = \begin{cases} 2y^{1/2}(4y-x)^{-1/2}, & \text{при } 4(n+1)^{-2}y < 4y-x^2, \\ n+1, & \text{при } 0 \leq 4y-x^2 \leq 4(n+1)^{-2}y. \end{cases}$$

Оценка (5) следует из формулы (1) и оценок (7.33.1) (7.33.5) из [1].

**Теорема 2.**  $\lim_{n \rightarrow \infty} P_n^{(1)}(x, y) = 0$  тогда и только тогда, когда  $(x, y) \in \Omega$ .

Достаточность условия теоремы следует из (3), (4) и (5), а необходимость — из (2) и (3).

Из теоремы 1 и леммы 2 как следствие получается следующая

**Теорема 3.** Пусть  $y + m_1 \leq x \leq y + m_2$ ,  $y \in (-0.5(m_1 + 1), 1)$ ,  $m_1, m_2 \in (-3, 1)$ ,  $m_1 \leq m_2$ . Тогда для  $\forall n (n = 1, 2, \dots)$  справедливо неравенство

$$|P_n^{(1)}(x, y)| \leq q_n^*(\varepsilon_1, \varepsilon_2, y), \quad (6)$$

где

$$q_n^*(\varepsilon_1, \varepsilon_2, y) = \max(q_n(\varepsilon_1, y), q_n(\varepsilon_2, y)), \\ \varepsilon_i = (1 - m_i)^{1/2} \quad (i = 1, 2).$$

Здесь

$$q_n(\varepsilon_i, y) = \begin{cases} \varphi_n(y + 1 - \varepsilon_i^2, y), & \text{при } y \in [-1 + 0.5\varepsilon_i^2, (1 - \varepsilon_i^2)^2], \\ \psi_n(y + 1 - \varepsilon_i^2, y), & \text{при } y \in [(1 - \varepsilon_i^2)^2, (1 + \varepsilon_i^2)^2]. \end{cases}$$

**Лемма 3.** Пусть дано рекуррентное соотношение

$$u_{n+1} = \alpha_n(x) u_n - \beta_n(y) u_{n-1} + f_n \quad (n = 1, 2, \dots).$$

Тогда для  $\forall n$  справедлива формула

$$u_{n+1} = P_n^0(x, y) u_1 - \beta_1(y) P_n^1(x, y) u_0 + \sum_{i=1}^n P_{n-i}^i(x, y) f_i. \quad (7)$$

Лемма доказывается методом математической индукции.

2. Исследуем теперь для уравнения

$$u = Au + f$$

итерационный процесс

$$u_{n+1} = A_\alpha u_n - \alpha u_{n-1} + f, \quad (8)$$

где  $A_\alpha = A + \alpha I$ .

Пусть  $A$  — линейный, симметричный оператор, действующий в гильбертовом пространстве  $H$  с областью определения  $D(A) = H$ ;  $f \in H$ ,

$$m_1 = \inf_{\|h\|=1} (Ah, h), \quad m_2 = \sup_{\|h\|=1} (Ah, h).$$

**Теорема 4.** Итерационный процесс (8) сходится тогда и только тогда, когда  $m_1, m_2 \in (-3, 1)$  и  $\alpha \in (-0.5(m_1 + 1), 1)$ .

Для погрешности приближения верна оценка

$$\|u^* - u_{n+1}\| \leq q_n^*(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \alpha) (2\varepsilon_2^{-2} \|u_2 - u_1\| + (1 + 2\varepsilon_2^{-2}) \|u_1 - u_0\|), \quad (9)$$

где  $\varepsilon_i = (1 - m_i)^{1/2}$  ( $i = 1, 2$ ),  $u^*$  — точное решение.

**Доказательство.** На основании формулы (7) заключаем, что итерационный процесс (8) сходится тогда и только тогда, когда сходится ряд

$$\sum_{i=1}^{\infty} P_i^{(1)}(A_\alpha, \alpha I). \quad (10)$$

Допустим, что ряд (10) сходится. Тогда имеем

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \|P_n^{(1)}(A_\alpha, \alpha I)\| = 0.$$

В силу леммы о норме операторного полинома ([2], стр. 299), справедливо

$$\|P_n^{(1)}(A_\alpha, \alpha I)\| = \max_{x \in Sp(A)} |P_n^{(1)}(x + \alpha, \alpha)| \rightarrow 0. \quad (11)$$

Если учтем, что  $m_1, m_2 = Sp(A)$ , тогда согласно теореме 2 из (11) получим

$$(m_1 + \alpha, \alpha), (m_2 + \alpha, \alpha) \in \Omega.$$

Отсюда вытекает, что  $m_1, m_2 \in (-3, 1)$  и  $\alpha \in (-0.5(m_1 + 1), 1)$ .

Необходимость доказана.

Достаточность следует из теоремы 3.

Тбилисский государственный университет  
 Институт прикладной математики

(Поступило 17.2.1978)

ჯ. როგავა

იტერაციულ პროცესებში ჩებიშევის პოლინომების ერთი  
 გამოყენების შესახებ

რეზიუმე

$u = Au + f$  ( $A^* = A$ ) განტოლებისათვის ჩებიშევის მეორე გვარის პო-  
 ლინომების დახმარებით გამოკვლეულია

$$u_{n+1} = (A + \alpha I) u_n - \alpha u_{n-1} + f$$

სახის საიტერაციო სქემის კრებადობა.

MATHEMATICS

D. L. ROGAVA

ON THE APPLICATION OF CHEBYSHEV POLYNOMIALS IN  
 ITERATIVE PROCESSES

Summary

The convergence of the iteration scheme  $u_{n+1} = (A + \alpha I) u_n - \alpha u_{n-1} + f$   
 for the equation  $u = Au + f$  ( $A^* = A$ ) is studied by means of the Chebyshev  
 polynomials of the second kind.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. Сегё. Ортогональные многочлены. М., 1962.
2. Л. В. Канторович, Г. П. Акилов. Функциональный анализ в нормирован-  
 ных пространствах, М., 1960.

Г. В. НИЖАРАДЗЕ

## О РЕГУЛЯРНЫХ СИСТЕМАХ, НЕ ЯВЛЯЮЩИХСЯ СИСТЕМАМИ ВИТАЛИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии В. Г. Челидзе 3.1.1978)

В [1] для абстрактного пространства с мерой были рассмотрены понятия фундаментальных и регулярных систем, а также понятие системы Витали. Эти понятия являются аналогами хорошо известных классических понятий для случая евклидова пространства  $E_n$  (см. [2], играющих важную роль в доказательствах теоремы Лебега о точках плотности и ряда других глубоких теорем теории функций действительного переменного. Теорему о точках плотности для лебеговской меры  $I_n$  часто доказывают с помощью теоремы Витали о покрытии (см., например, [2]). Однако, как известно, упомянутую теорему Лебега можно доказать и без привлечения теоремы Витали (см. [2, 3]). Дело в том, что в теореме Витали существенно предположение о регулярности семейства частей  $E_n$ , с помощью которых осуществляется покрытие в смысле Витали. Как показал Банах [4], это предположение не может быть опущено даже в том случае, когда покрытие образовано системой координатных параллелепипедов в пространстве  $E_n$ . Теорема же о точках плотности справедлива, если рассматривать произвольные гомотетичные системы выпуклых многогранников в  $E_n$ , ребрами которых служат отрезки, параллельные отрезкам из заранее заданного конечного семейства направлений в пространстве  $E_n$  (см. [3]). Заметим, однако, что все эти доказательства весьма существенно используют топологические свойства  $n$ -мерного евклидова пространства  $E_n$ .

Аналог теоремы Лебега о точках плотности не имеет места уже для некоторых сепарабельных  $D_n$ -инвариантных продолжений лебеговской меры  $I_n$  (см. [5])<sup>(1)</sup>.

Естественно возникает вопрос: если  $\mu$  — произвольное  $D_n$ -инвариантное продолжение меры  $I_n$ , то всякие ли регулярные и одновременно фундаментальные системы будут являться для  $\mu$  системами Витали, как это имеет место в случае меры  $I_n$ <sup>(2)</sup>. Ответ на этот вопрос оказался отрицательным.

**Теорема 1.** *При  $n \geq 1$  в евклидовом пространстве  $E_n$  существует сепарабельная  $D_n$ -инвариантная мера  $\bar{\mu}$ , служащая продолжением меры  $I_n$  и обладающая свойством единственности, для которой можно указать регулярную и фундаментальную систему, не являющуюся системой Витали.*

<sup>(1)</sup> Здесь  $D_n$  — группа всех изометрических преобразований пространства  $E_n$ .

<sup>(2)</sup> Понятия системы Витали и регулярной системы понимаются в классическом смысле, а не в смысле определений из [1].



Наметим коротко доказательство теоремы 1. В качестве меры  $\bar{\lambda}$  можно взять меру, построенную в [5]. Поскольку указанная мера полна и обладает свойством исчерпывания, то она имеет также свойства единственности. Пусть  $\{M, K, T\}$  — разбиение пространства  $E_n$ , использованное при построении меры  $\bar{\lambda}$  (см. [5]). Если  $(\Delta_i)_{i \in I}$  — семейство всех координатных кубов в пространстве  $E_n$  и для всякого  $i \in I$   $x_i$  — центр куба  $\Delta_i$ , то система множеств  $((M \cap \Delta_i) \cup \{x_i\})_{i \in I}$  является фундаментальной и регулярной, но не удовлетворяет аксиоме Витали по отношению к мере  $\bar{\lambda}$ . В самом деле, все пространство  $E_n$  покрыто элементами системы  $((M \cap \Delta_i) \cup \{x_i\})_{i \in I}$  в смысле Витали. С другой стороны, какова бы ни была дизъюнктная не более чем счетная подсистема  $((M \cap \Delta_j) \cup \{x_j\})_{j \in N}$  системы  $((M \cap \Delta_i) \cup \{x_i\})_{i \in I}$ , для этой подсистемы выполняется соотношение

$$K \setminus \bigcup_{j \in N} \{x_j\} \subset E_n \setminus \bigcup_{j \in N} [(M \cap \Delta_j) \cup \{x_j\}]$$

и, следовательно, соотношение

$$\bar{\lambda} \{E_n \setminus \bigcup_{j \in N} [(M \cap \Delta_j) \cup \{x_j\}]\} = +\infty.$$

Таким образом, система  $((M \cap \Delta_i) \cup \{x_i\})_{i \in I}$  не есть система Витали для меры  $\bar{\lambda}$ .

Системы Витали играют важную роль в вопросах дифференцирования счетно-аддитивных функций множеств. Для лебеговской меры  $l_n$  всякая система Витали является и системой дифференцирования и, кроме того, любая система Витали для меры  $l_n$  представляет собой систему Витали и по отношению к произвольной мере, продолжающей  $l_n$  (см. [6]).

Пусть  $\mu$  — любая мера, заданная в пространстве  $E_n$  и служащая продолжением классической борелевской меры в  $E_n$ . Параметром регулярности данного  $\mu$ -измеримого множества  $X$  естественно назвать верхнюю грань чисел  $\frac{\mu(X)}{\mu(\Delta)}$ , где  $\Delta$  — любой координатный куб, содержащий в себе множество  $X$ . Регулярным семейством множеств (относительно меры  $\mu$ ) назовем всякое семейство  $\mu$ -измеримых частей пространства  $E_n$ , такое, что параметр регулярности каждого его элемента не меньше некоторого строго положительного вещественного числа  $\alpha$ . Верхнюю грань таких чисел  $\alpha$  назовем параметром регулярности данного семейства.

Лепко видеть, что параметр регулярности системы, построенной при доказательстве теоремы 1, относительно меры  $\bar{\lambda}$  равен  $\frac{1}{2}$ .

Теперь докажем следующее утверждение.

**Теорема 2.** Пусть  $\alpha$  — произвольное действительное число, удовлетворяющее неравенству  $0 < \alpha < 1$ . Тогда существует  $D_n$ -инвариантное продолжение  $\bar{\mu}$  классической лебеговской меры  $l_n$ , для которого можно ука-

зять фундаментальную регулярную систему с параметром регулярности  $\alpha$ , не являющуюся системой Витали.

Доказательство. Пусть  $\varphi$  — начальное ординальное число мощности континуума,  $(F_\xi)_{\xi < \varphi}$  —  $\varphi$ -последовательность всех замкнутых частей пространства  $E_n$  со строго положительными борелевскими мерами, причем каждое замкнутое множество со строго положительной борелевской мерой встречается в этой  $\varphi$ -последовательности континуальное число раз. Пусть  $(g_\xi)_{\xi < \varphi}$  — инъективная  $\varphi$ -последовательность всех изометрических преобразований пространства  $E_n$ . Обозначим через  $G_\eta$  группу, порожденную частичным семейством  $(g_\xi)_{\xi < \eta}$ . Очевидно, что  $\bigcup_{\eta < \varphi} G_\eta = D_n$ . Трансфинитной индукцией легко строятся две  $\varphi$ -последовательности  $(X_\xi)_{\xi < \varphi}$  и  $(Y_\xi)_{\xi < \varphi}$  частей  $E_n$ , таких, что выполняются следующие условия:

- (1)  $(\forall \xi) (\xi < \varphi \rightarrow X_\xi$  и  $Y_\xi$  являются классами интранзитивности группы  $G_\xi$ );
- (2)  $(\forall \xi) (\forall \eta) (\xi < \varphi \ \& \ \eta < \varphi \rightarrow X_\xi \cap Y_\eta = \emptyset)$ ;
- (3)  $(\forall \xi) (\forall \eta) (\xi < \varphi \ \& \ \eta < \varphi \ \& \ \xi \neq \eta \rightarrow X_\xi \cap X_\eta = Y_\xi \cap Y_\eta = \emptyset)$ ;
- (4)  $(\forall \xi) (\xi < \varphi \rightarrow F_\xi \cap X_\xi \neq \emptyset \ \& \ F_\xi \cap Y_\xi \neq \emptyset)$ .

Если положить

$$A = \bigcup_{\xi > \varphi} X_\xi, \quad B = E_n \setminus A,$$

то  $\{A, B\}$  будет разбиением пространства  $E_n$  на два почти  $D_n$ -инвариантных и  $l_n$ -массивных подмножества. На  $\sigma$ -алгебре частей  $E_n$ , элементами которой служат множества вида  $(A \cup X) \cup (B \cap Y)$ , где  $X$  и  $Y$  — произвольные  $l_n$ -измеримые множества, с помощью формулы

$$\mu[(A \cap X) \cup (B \cap Y)] = \alpha l_n(X) + (1 - \alpha) l_n(Y)$$

можно определить счетно-аддитивный функционал  $\mu$ . Этот функционал стандартным образом можно продолжить до  $D_n$ -инвариантной меры  $\bar{\mu}$  за счет всех неcontinуальных частей  $E_n$ , причем мера  $\bar{\mu}$  будет служить продолжением меры  $l_n$ . Легко устанавливается, что мера  $\bar{\mu}$  определена корректно. Покажем теперь, что фундаментальное и регулярное семейство

$$((A \cap \Delta_i) \cup \{x_i\})_{i \in I}$$

где  $\Delta_i$  и  $x_i$  — те же объекты, что и в доказательстве теоремы 1, имеет параметр регулярности  $\alpha$  относительно меры  $\bar{\mu}$ , но не является системой Витали для этой меры. В самом деле,

$$(\forall i) \left( i \in I \rightarrow \frac{\mu[(A \cap \Delta_i) \cup \{x_i\}]}{\mu(\Delta_i)} = \alpha \right).$$

Все пространство  $E_n$  покрыто элементами этой системы, но для любой дизъюнктивной не более чем счетной системы  $((A \cap \Delta_j) \cup \{x_j\})_{j \in N}$  будет выполняться включение

$$B \setminus \bigcup_{j \in N} \{x_j\} \subset E_n \setminus \bigcup_{j \in N} [(A \cap \Delta_j) \cup \{x_j\}]$$

и поэтому

$$\bar{\mu} \left\{ E_n \setminus \bigcup_{j \in N} [(A \cap \Delta_j) \cup x_j] \right\} = +\infty.$$

Тем самым теорема 2 доказана.

З а м е ч а н и е. Теорема 2 не содержит в себе теоремы 1, ибо мера  $\bar{\mu}$ , фигурирующая в теореме 2, как легко видеть, не обладает свойством единственности в противовес мере  $\bar{\lambda}$  из теоремы 1.

Тбилисский государственный университет  
 Институт прикладной математики

(Поступило 3.3.1978)

მათემატიკა

ბ. ნიჟარაძე

რეგულარული სისტემების უსასხეზ, რომლებიც არ არიან ვიტალის სისტემები

რ ე ზ ი უ შ ე

კარგადაა ცნობილი, რომ კლასიკური ლებეგის ზომისთვის ყოველი ფუნდამენტური და რეგულარული სისტემა წარმოადგენს ვიტალის სისტემას. მტკიცდება, რომ ეს ფაქტი აღარ არის ჭეშმარიტი ლებეგის ზომის ზოგიერთი სეპარაბელური ინვარიანტული გაგრძელებისთვის.

MATHEMATICS

G. V. NIZHARADZE

## ON REGULAR SYSTEMS WHICH ARE NOT VITALI SYSTEMS

Summary

It is well known that for the classical Lebesgue measure any fundamental and regular system is a Vitali system. It is proved that this fact does not occur for some separable invariant extensions of the Lebesgue measure.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. В. Нижарадзе. Сообщения АН ГССР, 80, № 2, 1975.
2. С. Сакс. Теория интеграла. М., 1949.
3. H. Busemann, W. Feller. Fund. Math., 22, 1934.
4. S. Banach, C. R. Acad. Sci. Paris, 173, 1921.
5. А. Б. Харазшвили. ДАН СССР, т. 220, № 1, 1975.
6. А. Б. Харазшвили. Сообщения АН ГССР, 82, № 2, 1976.

Р. А. ЧЕИШВИЛИ

## РАВНОВЕСНЫЕ УПРАВЛЕНИЯ В ЗАДАЧЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ ГАУССОВСКОГО СООБЩЕНИЯ ПО КАНАЛУ С ЗАШУМЛЕННОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 24.2.1978)

Одним из интересных вопросов теории информации является задача оптимального кодирования и декодирования при передаче сообщения по каналу с обратной связью.

В [1, 2] приведены оптимальные методы передачи гауссовских сообщений по каналу с «белым» гауссовским шумом при наличии мгновенной и бесшумной обратной связи.

Случай передачи гауссовских сообщений по каналу с зашумленной обратной связью оказался значительно труднее; решения известны лишь в специальных случаях (см. [3]).

В настоящей работе задача оптимального кодирования и декодирования при передаче гауссовского сообщения по каналу с зашумленной обратной связью рассматривается как задача управления для случая, когда у управляющих лиц (игроков) об управляемом объекте имеются различные информации. Находится класс равновесных по Нэшу управлений.

Для иллюстрации данного игрового подхода сформулируем задачу передачи гауссовских сообщений по каналу с бесшумной обратной связью как следующую задачу управления.

Пусть передаваемое сообщение  $\theta = (\theta_t)$ ,  $0 \leq t \leq T$ , является гауссовским процессом с дифференциалом

$$d\theta_t = A(t)\theta_t dt + \sigma(t) dW_t,$$

где  $A(t)$ ,  $\sigma(t)$  — ограниченные функции времени  $t$  и винеровский процесс  $W = (W_t)$ ,  $0 \leq t \leq T$ , не зависит от гауссовской случайной величины  $\theta_0$  ( $M\theta_0 = m$ ,  $D\theta_0 = \gamma$ ). Предположим, что сигнал  $\xi = (\xi_t)$ ,  $0 \leq t \leq T$ , принимаемый на выходе передающего устройства, удовлетворяет стохастическому дифференциальному уравнению

$$d\xi_t = B(t)U_t dt + \sigma_1(t)W'_t, \quad \xi_0 = 0,$$

где  $B(t)$ ,  $\sigma_1(t)$  — ограниченные функции времени  $t$ ,  $W' = (W'_t)$ ,  $0 \leq t \leq T$ , винеровский процесс, не зависящий от  $\theta_0$  и  $W_t$ , а  $U_t$  — управление первого игрока в момент  $t$  (функционал кодирования).

Процесс  $U_t$  предполагается измеримым относительно  $\sigma$ -алгебры  $F_t^{\theta, \xi}$ , индуцированной процессами  $\theta_s$ ,  $\xi_s$ ,  $0 \leq s \leq t$ . Введем критерий качества следующего вида:





$$I(U, V, T) = M \int_0^T [h(t)(\theta_t - V_t)^2 + Q(t)U_t^2] dt, \quad (1)$$

где  $V_t$  — управление второго игрока (функционал декодирования). Процесс  $V_t$  предполагается измеримым относительно  $\sigma$ -алгебры, индуцированной процессом  $\xi_s$ ,  $0 \leq s \leq t$ , т. е. II игрок имеет наблюдения только над компонентой  $\xi$ , тогда как I игрок наблюдает полный процесс  $\theta, \xi$ . Таким образом, информация I игрока содержит информацию II игрока.

В [4, 5] исследуется аналогичная задача управления в более общей постановке. Исследуется минимаксная задача, а также находится класс равновесных по Нэшу управлений.

Равновесными по Нэшу называются управления  $\tilde{U} = (\tilde{U}_t)$ ,  $\tilde{V} = (\tilde{V}_t)$ ,  $0 \leq t \leq T$ , для которых верно

$$I(U, \tilde{V}, T) \geq I(\tilde{U}, \tilde{V}, T), \quad I(\tilde{U}, V, T) \geq I(\tilde{U}, \tilde{V}, T).$$

В [6] показано, что в задаче оптимального кодирования равновесными управлениями  $\tilde{U}_t, \tilde{V}_t$  являются  $\tilde{U}_t = \alpha_t(\theta_t - m_t)$ ,  $\tilde{V}_t = m_t$ , где  $\alpha_t = = Q^{-1} B^2 \sigma_1^{-2} \alpha_t \gamma_t R_t$ ,  $dm_t = A m_t dt + B \gamma_t \alpha_t \sigma_1^{-2} d\xi_t$ ,  $m_0 = m$ ,

$$\begin{aligned} \frac{d\gamma_t}{dt} &= 2A\gamma_t - \gamma_t^2 \alpha_t^2 B^2 \sigma_1^{-2} + \sigma^2, \quad \gamma_0 = \gamma \quad \text{и} \\ - \frac{dR_t}{dt} &= 2AR_t - Q^{-1} B^4 \sigma_1^{-4} \alpha_t^2 \gamma_t^2 R_t^2 + h, \quad R_T = 0, \end{aligned} \quad (2)$$

т. е. для построения равновесных по Нэшу управлений требуется решить задачу Николетти для системы уравнений (2) (граничные условия для  $R_t, \gamma_t$  заданы на различных концах интервала времени  $(0, T)$ ).

Сформулируем задачу оптимального кодирования и декодирования при передаче гауссовского сообщения по каналу с мгновенной зашумленной обратной связью, как задачу управления.

Пусть

$$\begin{aligned} d\theta_t &= A(t)\theta_t dt + \sigma_t dW_t, \quad M\theta_0 = m, \quad D\theta_0 = \gamma, \\ d\xi_t &= B(t)U_t dt + \sigma_1(t) dW_t^1, \quad \xi_0 = 0, \\ d\eta_t &= d\xi_t + \sigma_2(t) dW_t^2, \quad \eta_0 = 0, \end{aligned}$$

$$I(U, V, T) = M \int_0^T [h(t)(\theta_t - V_t)^2 + Q(t)U_t^2] dt.$$

Здесь предполагается, что  $U_t$  является измеримым относительно  $\sigma$ -алгебры  $F_t^{\theta, \eta}$ , индуцированной процессами  $\theta_s, \eta_s$ ,  $0 \leq s \leq t$ , т. е. в отличие от предыдущего случая, I игрок имеет возможность наблюдать приращение процесса  $\xi$  с дополнительными помехами (дополнительные помехи обусловлены шумом в канале обратной связи). Таким образом, I игрок наблюдает процесс  $(\theta, \eta)$ . Процесс  $V_t$ , как и раньше, предполагается измеримым относительно  $\sigma$ -алгебры  $F_t^{\xi}$  и  $A(t), B(t), \sigma(t), \sigma_1(t), \sigma_2(t), h(t), Q(t)$  — ограниченные функции времени.

Обозначим через  $m_t$  и  $n_t$  счетномерные векторные процессы  $m_t = (m_t^1, m_t^2, \dots)$  и  $n_t = (n_t^1, n_t^2, \dots)$ , где  $m_t^1 = M(\theta_t | F_t^{\xi})$ ,  $n_t^1 = M(m_t^1 | F_t^{\theta, \eta})$ ,  $m_t^2 = M(n_t^2 | F_t^{\xi})$ ,  $n_t^2 = M(m_t^2 | F_t^{\theta, \eta})$  и т. д., т. е.

$$m_t = M(\theta_t, n_t | F_t^{\xi}) \quad \text{и} \quad n_t = M(m_t | F_t^{\theta, \eta}).$$

В нижеследующей теореме дается описание равновесных по Нэшу управлений  $\tilde{U}_t, \tilde{V}_t$ , где  $\tilde{V}_t$  — фильтр сообщения  $\theta$  по наблюдениям над  $\xi$ , а управление  $\tilde{U}_t$  первого игрока имеет структуру, основанную на принципе „рефлексивного рассуждения“, т. е. первый игрок кроме сообщения  $\theta$  учитывает  $n_t^1, n_t^2$ , и т. д. ( $n_t^2$  — оценка фильтра  $m_t^2$ , в свою очередь являющейся оценкой фильтра  $n_t^1$  и т. д.).

**Теорема.** Равновесные по Нэшу управления  $\tilde{U} = (\tilde{U}_t), \tilde{V} = (\tilde{V}_t), 0 \leq t \leq T$ , существуют и определяются формулами

$$\tilde{U}_t = \alpha_t \begin{pmatrix} \theta_t \\ n_t \end{pmatrix}, \quad \tilde{V}_t = m_t^1,$$

где  $\alpha_t, m_t, n_t$  — решения уравнений

$$\alpha_t = -Q^{-1} \begin{pmatrix} 0 \\ \widehat{\sigma}_1 \sigma_1 + \gamma_t \alpha_t^* B \end{pmatrix}^* B \sigma_1^{-2} R_t,$$

$$dm_t = L_t m_t dt + (\widehat{\sigma}_1 \sigma_1 + \gamma_t \alpha_t^* B) \sigma_1^{-2} [d\xi_t - B \alpha_t m_t dt], \quad m_0 = \begin{pmatrix} m \\ m \\ \vdots \end{pmatrix},$$

$$dn_t = \{ [L_t - (\widehat{\sigma}_1 \sigma_1 + \gamma_t \alpha_t^* B) \sigma_1^{-2} B \alpha_t] n_t + (\widehat{\sigma}_1 \sigma_1 + \gamma_t \alpha_t^* B) \sigma_1^{-2} B \tilde{U}_t \} dt + \\ + (\widehat{\sigma}_1 \sigma_1 + \gamma_t \alpha_t^* B) (\sigma_1^2 + \sigma_2^2)^{-1} (d\eta_t - B \tilde{U}_t dt), \quad n_0 = \begin{pmatrix} m \\ m \\ \vdots \end{pmatrix},$$

а  $R(t)$  и  $\gamma(t)$  — решения уравнений

$$-\frac{dR_t}{dt} = \widehat{A}^* R_t + R_t \widehat{A} + \widehat{h} - R_t \widehat{B} Q^{-1} \widehat{B}^* R_t, \quad R_T = \begin{pmatrix} 0, 0, \dots \\ 0, 0, \dots \\ \dots \end{pmatrix},$$

$$\frac{d\gamma_t}{dt} = L_t \gamma_t + \gamma_t L_t^* + \widehat{\sigma} \widehat{\sigma}^* - [\widehat{\sigma}_1 \sigma_1 + \gamma_t \alpha_t^* B] \sigma_1^{-2} [\widehat{\sigma}_1 \sigma_1 + \gamma_t \alpha_t^* B]^*, \quad \gamma_0 = \begin{pmatrix} \gamma, 0, 0, \dots \\ 0, 0, 0, \dots \\ \dots \end{pmatrix},$$

где

$$B = \begin{pmatrix} 0 \\ \widehat{\sigma}_1 \sigma_1 + \gamma_t \alpha_t^* B \end{pmatrix} B \sigma_1^{-2}, \quad \widehat{A} = \begin{pmatrix} A & \widehat{0}^* \\ \widehat{0} & L_t - (\widehat{\sigma}_1 \sigma_1 + \gamma_t \alpha_t^* B) \sigma_1^{-2} B \alpha_t \end{pmatrix},$$

$$\widehat{h} = \begin{pmatrix} h, & -h, & 0, \dots \\ -h, & h, & 0, \dots \\ 0, & 0, & 0, \dots \\ \dots & \dots & \dots \end{pmatrix},$$

$$\widehat{\sigma} = \begin{pmatrix} \sigma, & & 0 \\ \widehat{0}, & (\widehat{\sigma}_1 \sigma_1 + \gamma_t \alpha_t^* B) (\sigma_1^2 + \sigma_2^2)^{-1} \sigma_1, & 0 \\ & & (\widehat{\sigma}_1 \sigma_1 + \gamma_t \alpha_t^* B) (\sigma_1^2 + \sigma_2^2)^{-1} \sigma_2 \end{pmatrix}$$

и счетномерная матрица  $L_t$  и счетномерный вектор  $\sigma_1$  определяются последовательным решением следующих уравнений:

$$L_t = \begin{pmatrix} A & \widehat{0}^* \\ \widehat{0} & L_t - (\widehat{\sigma}_1 \sigma_1 + \gamma_t \alpha_t^* B) \sigma_1^{-2} B \alpha_t \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \widehat{0}^* \\ (\widehat{\sigma}_1 \sigma_1 + \gamma_t \alpha_t^* B) \sigma_1^{-2} B \alpha_t \end{pmatrix},$$

$$\widehat{\sigma}_1 = \begin{pmatrix} 0 \\ (\widehat{\sigma}_1 \sigma_1 + \gamma_t \alpha_t^* B) \end{pmatrix} (\sigma_1^2 + \sigma_2^2)^{-1} \sigma_1.$$

( $\widehat{0}$  — счетномерный нулевой вектор-столбец).

З а м е ч а н и е. В случае, когда  $\sigma_2 = 0$  ( $\xi_t = \eta_t$ ), можно показать, что система уравнений, приведенных в теореме, сводится к системе (2).

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт экономики и права

(Поступило 3.3.1978)

მათემატიკა

რ. ჭეიშვილი

წონასწორული მართვები გაუსის შეტყობინების ხმაურიანი უკუკავშირის არხით ოპტიმალურად გადაცემის ამოცანაში

რ ე ზ ი ე მ ე

გაუსის შეტყობინების ხმაურიანი უკუკავშირის არხით ოპტიმალური გადაცემის ამოცანა განხილულია როგორც სპეციფიკური მართვის ამოცანა. მონახულია ნების აზრით წონასწორული მართვების კლასი.

MATHEMATICS

R. A. CHEISHVILI

BALANCED CONTROLS FOR THE PROBLEM OF GAUSSIAN  
 INFORMATION OPTIMAL TRANSMISSION IN A NOISY  
 FEED-BACK CHANNEL

Summary

The Gaussian information optimal transmission problem over a noisy feed-back channel is considered as a control problem for the case when different information about the object under control is available to the players. A class of balanced, in Nash's sense, controls is found.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Р. Ш. Линцер, А. Н. Ширяев. Статистика случайных процессов. М., 1974.
2. Т. К. Катышев. Теория вероят. и ее примен., т. XX, вып. 1, 1975.
3. О. А. Глonti. Transactions of the Seventh Prague Conference and 1974 EMS.
4. Р. А. Чейшвили, Р. Я. Читашвили. Сообщения АН ГССР, 78, № 3, 1975.
5. Р. А. Чейшвили. Сообщения АН ГССР, 81, № 2, 1976.

Н. К. БЛИЕВ, М. ОТЕЛБАЕВ

К ТЕОРИИ ОБОБЩЕННЫХ АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ  
 И. Н. ВЕКУА

(Представлено академиком А. В. Бицадзе 8.12.1977)

Как известно, теория обобщенных аналитических функций И. Н. Векуа кроме большого самостоятельного значения имеет важные приложения к задачам геометрии, механики [1]. Поэтому понятен интерес к распространению этой теории в возможно более «широкие» функциональные пространства. В данной работе вводится понятие пространства И. Н. Векуа (или  $V$ -пространства), где имеют место основные свойства обобщенных аналитических функций, приводятся примеры  $V$ -пространств, даются необходимые и достаточные условия того, чтобы пространство было  $V$ -пространством, указывается самое общее  $V$ -пространство.

Пусть  $Q$  — квадрат:  $-\pi \leq x \leq \pi$ ,  $-\pi \leq y \leq \pi$ ,  $F$  — множество тригонометрических полиномов. Допустим, что на  $F$  определена некоторая норма  $\|\cdot\|_B$ . Обозначим через  $B(Q)$  банахово пространство, полученное пополнением по норме  $\|\cdot\|_B$ .

Всюду в дальнейшем будем считать, что  $B(Q)$  удовлетворяет следующим условиям:

1°. Оператор умножения на характеристическую функцию любого прямоугольника ограничен в  $B(Q)$ .

2°. Если  $f \in B(Q)$ ,  $\phi \in C_{\pi}^{\infty}(Q)$  — пространство бесконечно гладких периодических функций с периодом  $2\pi$  по каждой переменной, то

$$\|\phi f\|_{B(Q)} \leq c(\phi) \cdot \|f\|_{B(Q)}, \quad \|f\|_{L_1(Q)} \leq c \|f\|_{B(Q)}, \quad c(\phi), \quad c = \text{const.}$$

3°. Если  $f(x) \in B(Q)$ , то  $f(x+a) \in B(Q)$  для любой  $a \in R^2$  и

$$\|f(x+a)\|_{B(Q)} \leq c \|f(x)\|_{B(Q)}, \quad c = \text{const.}$$

Рассмотрим дифференциальное уравнение

$$\frac{\partial u}{\partial \bar{z}} + au + b\bar{u} + \frac{1}{4} u = f(x, y), \quad (1)$$

где

$$z = x + iy, \quad \frac{\partial}{\partial \bar{z}} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial}{\partial x} + i \frac{\partial}{\partial y} \right)$$

и краевые условия

$$u(-\pi, y) = u(\pi, y), \quad u(x, -\pi) = u(x, \pi).$$

Уравнению (1) соответствует однородное уравнение





$$\frac{\partial u}{\partial \bar{z}} + au + b\bar{u} + \frac{1}{4}u = 0. \quad (1^1)$$

Определение 1. Пусть  $f \in B(Q)$ . Функцию  $u \in B(Q)$  будем называть решением задачи (1)–(2) в пространстве  $B(Q)$ , если существует последовательность  $\{u_n\}_{n \geq 1}$  из  $F$ , такая, что

$$u_n \xrightarrow{B(Q)} u, \quad \frac{\partial u_n}{\partial \bar{z}} + au_n + b\bar{u}_n + \frac{1}{4}u_n \xrightarrow{B(Q)} f.$$

Всюду в дальнейшем через  $\Omega$  будем обозначать открытое подмножество квадрата  $Q$ .

Определение 2. Будем говорить, что  $f \in B_{\text{loc}}(\Omega)$ , если для любой функции  $\psi \in C_0^\infty(\Omega)$ —множества бесконечно гладких функций с компактным носителем в  $\Omega$ , выполняется условие  $\psi f \in B(Q)$ .

Определение 3. Пусть  $f \in B_{\text{loc}}(\Omega)$ . Функцию  $u \in B_{\text{loc}}(\Omega)$  будем называть решением уравнения (1) в  $\Omega$ , если существует последовательность  $\{u_n\}_{n \geq 1}$  из  $F$ , такая, что для любой функции  $\psi \in C_0^\infty(\Omega)$  выполняются условия

$$\psi u_n \xrightarrow{B(Q)} \psi u, \quad \psi \left( \frac{\partial u_n}{\partial \bar{z}} + au_n + b\bar{u}_n + \frac{1}{4}u_n \right) \xrightarrow{B(Q)} \psi f.$$

Если  $f \in F$  то, уравнение

$$L_0 u = \frac{\partial u}{\partial \bar{z}} + \frac{1}{4}u = f \quad (3)$$

имеет единственное решение, принадлежащее  $F$ . Через  $L^{-1}$  обозначим замыкание оператора, определенного на  $F$ , ставящее в соответствие  $f \in F$  решение  $u \in F$  уравнения (3). Нетрудно видеть, что указанный оператор является замыкаемым.

Определение 4. Будем говорить, что  $B(Q)$ —пространство И. Н. Векуа (или  $V$ -пространство), если для любых  $a, b \in B(Q)$  выполняются следующие условия:

а) если  $u(x, y)$ —любое решение однородного уравнения (1<sup>1</sup>), принадлежащее  $B_{\text{loc}}(\Omega)$ , то  $u$  допускает представление

$$u(x, y) = \Phi(z) \cdot \exp[\varphi(x, y)],$$

где  $\Phi(z)$ —аналитическая по  $z$  в  $\Omega$ , а  $\psi(x, y)$ —непрерывная в  $\Omega$  функции;

б) если  $f \in B_{\text{loc}}(\Omega)$  и  $u$ —любое решение уравнения (1) из  $B_{\text{loc}}(\Omega)$ , то  $u$  непрерывна в  $\Omega$ ;

в) оператор  $L^{-1}$  непрерывен из  $B(Q)$  в  $C_\pi(Q)$ —пространство непрерывных периодических с периодом  $2\pi$  по каждому переменному функций. Пространства С. Л. Соболева (в том числе дробные), С. М. Никольского, О. В. Бесова, которые не вложены в  $L_p(Q)$ ,  $p > 2$ , удовлетворяют условиям 1°–3°. Этим условиям удовлетворяют все симметрические пространства (см. [2]) и пространства Орлича, в которых множество  $F$  плотно.

Обозначим через  $\mathbf{P}_1(Q)$  пополнение  $F$  по норме

$$(f)_{1,Q} = \sup_{z \in Q} \iint_Q P(x - \xi, y - \eta) \cdot |f(\xi, \eta)| d\xi d\eta,$$

где  $P^{(n)}$  — периодическая функция, с периодом  $2\pi$  по каждому переменному

$$P(x, y) = \begin{cases} (x^2 + y^2)^{-1/2} = |z|^{-1} & \text{при } |z| \leq 1 \\ 1 & \text{при } |z| \geq 1, \quad z \in Q. \end{cases} \quad (4)$$

Основными результатами данной работы являются следующие теоремы.

**Теорема 1.**  $B(Q)$  является  $V$ -пространством в том и только в том случае, если  $L^{-1}$  непрерывен из  $B(Q)$  в  $C_\pi(Q)$ , т. е. если любое решение  $u \in B(Q)$  уравнения

$$Lu \equiv \frac{\partial u}{\partial \bar{z}} + \frac{1}{4} u = f, \quad f \in B(Q),$$

удовлетворяющее граничным условиям (2), принадлежит  $C_\pi(Q)$ .

**Теорема 2 (основная).**  $B(Q)$  является  $V$ -пространством в том и только в том случае, если  $B(Q) \gg \mathbf{P}_1(Q)$ . В частности,  $\mathbf{P}_1(Q)$  — пространство И. Н. Векуа.

**Определение 5.** Пусть  $1 \leq p, q < \infty$ . Пополнение  $F$  по норме

$$\|f\|_{Z(p, q)} = \left( \int_0^\infty [|\mu(x \in Q : |f(x)| \geq t)|^{1/p} t]^q \frac{dt}{t} \right)^{1/q},$$

где  $\mu(\cdot)$  — мера Лебега, будем называть пространством  $L(p, q)$  Лоренца.

**Теорема 3.** Пусть если  $u \in B(Q)$  и  $F$  — любой автоморфизм [3] квадрата  $Q$ , то  $u(Fx) \in B(Q)$  и

$$\|u(Fx)\|_{B(Q)} \leq c \|f\|_{B(Q)}, \quad c = \text{const}.$$

Тогда  $B(Q)$  будет  $V$ -пространством в том и только в том случае, если  $B(Q) \gg L(2, 1)$ . В частности,  $L(2, 1)$  — пространство И. Н. Векуа.

Условие теоремы 3 удовлетворяют все симметрические пространства, пространства Орлича, если в них плотно множество  $F$ . Теорема 3 утверждает, что среди таких пространств  $L(2, 1)$  является самым общим.

**Теорема 4.** Пусть  $B_{p,1}^\alpha(Q)$  — пополнение  $F$  по норме  $\|\cdot\|_{B_{p,1}^\alpha(Q)}$

О. В. Бесова [4]. Если  $\alpha \geq \frac{2}{p} - 1, p > 1$ , то  $B_{p,1}^\alpha(Q)$  является  $V$ -пространством.

Из сформулированных выше результатов следует, что  $\mathbf{P}_1(Q)$  является самым общим  $V$ -пространством.

Приведенные теоремы доказываются с помощью следующих утверждений и лемм.

Пусть  $T$  — оператор, определяемый равенством

$$Tf = \iint_Q T(x - \xi, y - \eta) f(\xi, \eta) d\xi d\eta,$$

где  $T^{(n)}$  — непрерывная при  $|z| > 0, z \in Q$ , периодическая с периодом  $2\pi$  по каждому переменному функция

$$T(x, y) = \begin{cases} \frac{\text{const}}{z} + k_1(x, y) & \text{при } |z| \leq 1, \\ k_2(x, y) & \text{при } |z| \geq 1, \quad z \in Q. \end{cases}$$

Здесь  $k_1(x, y)$  и  $k_2(x, y)$  — непрерывные при  $|z| > 0$  функции, кроме того  $|k_1(x, y)| \leq \text{const} \cdot |z|^{-1+\varepsilon_0}$ ,  $\varepsilon_0 > 0$ .

Обозначим через  $P$  интегральный оператор с ядром, определенным равенством (4).

Утверждение 1. Оператор  $T$  ограничен из  $B(Q)$  в  $C_\pi(Q)$  тогда и только тогда, когда  $P$  ограничен из  $B(Q)$  в  $C_\pi(Q)$ .

Утверждение 2. Оператор  $P$  ограничен из  $B(Q)$  в  $C_\pi(Q)$  в том и только в том случае, если  $B(Q) \rightsquigarrow P_1(Q)$ .

Лемма 1. Если выполнены условия теоремы 3, то  $B(Q) \rightsquigarrow P_1(Q)$  в том и только в том случае, если  $B(Q) \rightsquigarrow L(2, 1)$ .

Рассмотрим замыкание  $L$  оператора  $L_0$  (см. (3)), определенного на множестве  $F$ .

Лемма 2. Уравнение  $Lu=0$  в пространстве  $P_1(Q)$  имеет только тривиальное решение (равное тождественно нулю).

Лемма 3. Пусть  $C_\pi(Q) \rightsquigarrow B(Q) \rightsquigarrow P_1(Q)$ . Тогда оператор  $L$  в пространстве  $B(Q)$  имеет ограниченный обратный оператор.

Лемма 4. Пусть  $u(x, y) \in P_{1, \text{loc}}(\Omega)$  — решение уравнения (1), где  $f \in P_{1, \text{loc}}(\Omega)$ . Тогда  $u(x, y)$  непрерывна в  $\Omega$ .

Лемма 5. Пусть  $b \in P_{1, \text{loc}}(\Omega)$  и  $u(x, y)$  непрерывна внутри  $\Omega$ . Тогда  $b \cdot v \in P_{1, \text{loc}}(\Omega)$ , где  $v = \frac{\bar{u}}{u}$ , если  $|u| \neq 0$ ,  $v=1$ , если  $|u|=0$ .

Академия наук Казахской ССР  
 Институт математики и механики

(Поступило 16.12.1977)

МАТЕМАТИКА

Б. БЛИЕВ, М. ОТЕЛБАЕВ

И. ВЕКУАС ГАННОГАДЕБУЛИ АНАЛИТИКАЛЫК ФУНКЦИЯЛАР ТИПТЕРИНИ ТАҒЫР  
 АҒЫМА

Шешүүчүлүк И. Векуас ганногадебүлү аналитикалык функциялардын теориясынын өнүгүлөрүнүн өнүкүлөрүнүн үчүн «фактор» функцияларга таандык.

MATHEMATICS

N. K. BLIEV, M. OTELBAEV

## TOWARDS I. N. VEKUA'S THEORY OF GENERALIZED ANALYTICAL FUNCTIONS

### Summary

The paper is devoted to a study of the possible extension of the theory of generalized analytical functions to broader functional spaces.

### ЛИТЕРАТУРА — LITERATURE — REFERENCES

1. И. Н. Векуа. Обобщенные аналитические функции. М., 1959.
2. Е. М. Семенов. Автореферат докт. дисс. Воронеж, 1968.
3. В. А. Рохлин. Матем. сб. 25(67), № 1, 1949, 107—150.
4. О. В. Бесов, В. П. Ильин, С. М. Никольский. Интегральные представления функций и теоремы вложения. М., 1975.



Г. С. ТАБИДЗЕ

О ПОСТРОЕНИИ РЕШЕНИЯ ДВУХТОЧЕЧНОЙ СИНГУЛЯРНОЙ  
 КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ

(Представлено академиком В. Д. Купрадзе 7.2.1978)

Рассмотрим двухточечную краевую задачу

$$u'' = f(t, u, u'), \tag{1}$$

$$u(0) = 0, \quad u(1) = 0, \tag{2}$$

где  $f: I \times R^2 \rightarrow R$  — непрерывная функция, а  $I \subset [0, 1]$  — множество, полученное из  $[0, 1]$  путем выбрасывания не более чем конечного числа точек. Решение этой задачи ищется в классе непрерывных на  $[0, 1]$  функций, имеющих непрерывную производную первого порядка на  $]0, 1[$  и непрерывную производную второго порядка на  $I$ .

Положим

$$T_n = \bigcup_{t \in [0, 1] \setminus I} \left] t - \frac{1}{n}, t + \frac{1}{n} \right[ ,$$

$$f_n(t, x, y) = \begin{cases} 0 & \text{при } t \in T_n \\ f(t, x, y) & \text{при } t \in I \setminus T_n \end{cases}$$

и поставим в соответствие дифференциальной задаче (1), (2) дискретную задачу

$$\Delta^2 y(i-1) = \frac{1}{n^2} f_n \left( \frac{i}{n}, y(i), n \Delta_\alpha y(i-1) \right), \tag{3}$$

$$y(0) = 0, \quad y(n) = 0, \tag{4}$$

где  $\alpha \in [0, 1]$  — не зависящее от  $n$  число,

$$\Delta y(i) = y(i+1) - y(i), \quad \Delta^2 y(i) = \Delta[\Delta y(i)], \quad \Delta_\alpha y(i-1) = \alpha \Delta y(i) + (1-\alpha) \Delta y(i-1).$$

В настоящей заметке приводятся условия, гарантирующие однозначную разрешимость задачи (3), (4) и сходимость ее решения к решению задачи (1), (2) при  $n \rightarrow \infty$ . Эти условия охватывают случай, когда функция  $f(\cdot, u, v): I \rightarrow R$  (при произвольно фиксированных  $u$  и  $v$ ) на концах отрезка  $[0, 1]$  имеет неинтегрируемые, а на точках множества  $]0, 1[ \setminus I$  интегрируемые сингулярности.

Прежде чем перейти к формулировке основных результатов, введем некоторые определения и обозначения.

Определение 1. Будем говорить, что непрерывная функция  $x: I \rightarrow R$  принадлежит множеству  $C^*(I)$ , если существуют  $\delta \in ]0, 1[$  и не-



прерывная функция  $x^*: I \rightarrow [0, +\infty[$ , такие, что а)  $|x(t)| \leq x^*(t)$  при  $t \in I$ ; б)  $x^*$  интегрируема по Риману в несобственном смысле на  $[0, 1]$ ; в) какова бы ни была  $t_0 \in [0, 1] \setminus I$ ,  $x^*$  не убывает в промежутке  $[t_0 - \delta, t_0[$  и не возрастает в  $]t_0, t_0 + \delta]$ <sup>1</sup>.

В частности, если  $I = [0, 1]$ , то  $C^*(I)$  совпадает с  $C(I)$ -множеством всех непрерывных функций  $x: I \rightarrow R$ .

Определение 2. Запись  $(a_1, b_1, a_2, b_2) \in V^*(I)$  означает, что функции  $t \rightarrow t(1-t)a_k(t)$  и  $t \rightarrow b_k(t)$  ( $k = 1, 2$ ) принадлежат  $C^*(I)$  и уравнение

$$u'' = a(t)u + b(t)u' \quad (5)$$

при краевых условиях (2) имеет только тривиальное решение, каковы бы ни были непрерывные функции  $a: I \rightarrow R$  и  $b: I \rightarrow R$ , удовлетворяющие неравенствам

$$a_1(t) \leq a(t) \leq a_2(t), \quad b_1(t) \leq b(t) \leq b_2(t) \quad \text{при } t \in I.$$

Определение 2<sup>2</sup>. Запись  $(a, b_1, b_2) \in V_0^*(I)$  означает, что функции  $t \rightarrow t(1-t)a(t)$  и  $t \rightarrow b_k(t)$  ( $k = 1, 2$ ) принадлежат  $C^*(I)$  и каждое нетривиальное решение уравнения (5) имеет на  $[0, 1]$  не более одного нуля, какова бы ни была непрерывная функция  $b: I \rightarrow R$ , удовлетворяющая неравенствам

$$b_1(t) \leq b(t) \leq b_2(t) \quad \text{при } t \in I.$$

Пусть

$$N_n = \{1, \dots, n\}, \quad \tilde{N}_n = \{0, 1, \dots, n\}.$$

Для любых  $y: \tilde{N}_n \rightarrow R$  и  $u \in C^1(]0, 1[)$  положим

$$\begin{aligned} \rho_{\lambda, \mu}(y, u) = & \max \left[ \left( \frac{i}{n} \right)^{\lambda-1} \left( 1 - \frac{i}{n} \right)^{\mu-1} \left| y(i) - u \left( \frac{i}{n} \right) \right| + \right. \\ & \left. + \left( \frac{i}{n} \right)^{\lambda} \left( 1 - \frac{i}{n} \right)^{\mu} \left| \Delta_n y(i) - u' \left( \frac{i}{n} \right) \right| \right] \end{aligned}$$

и

$$\|u\|_{\lambda, \mu} = \sup [t^{\lambda-1}(1-t)^{\mu-1}|u(t)| + t^{\lambda}(1-t)^{\mu}|u'(t)|].$$

Нас будет интересовать решение задачи (3), (4), удовлетворяющее неравенству

$$\rho_{\lambda, \mu}(y, u_0) \leq r, \quad (6)$$

где  $\lambda, \mu$  и  $r$  — заранее фиксированные числа, а  $u_0$  — решение задачи (1), (2), существование которого априори предполагается.

Всюду в дальнейшем будем считать, что при любых  $\delta \in ]0, \frac{1}{2}[$  и  $\eta \in ]0, +\infty[$

<sup>1</sup> Если  $t_0 = 0$ , ( $t_0 = 1$ ), то требование монотонности  $x^*$  в  $[t_0 - \delta, t_0[$  ( $]t_0, t_0 + \delta]$ ) отпадает.

<sup>2</sup> Эффективные признаки, гарантирующие справедливость включений  $(a_1, b_1, a_2, b_2) \in V^*(I)$  и  $(a, b_1, b_2) \in V_0^*(I)$ , содержатся, например, в [1—3].

$$\sup_{|x|+|y| < \eta} |f(\cdot, x, y)| \in C^*(I_\delta),$$

где  $I_\delta = I \cap [\delta, 1 - \delta]$ .

**Теорема 1.** Пусть существуют решение  $u_0$  задачи (1), (2) и числа  $\lambda \in [0, 1]$ ,  $\mu \in [0, 1]$  и  $r \in ]0, +\infty[$ <sup>1</sup>, такие, что  $t \rightarrow t^\lambda(1-t)^\mu u_0''(t)$  принадлежит  $C^*(I)$  и на множестве

$$\{(t, x, y) : t \in I, t^{\lambda-1}(1-t)^{\mu-1}|x - u_0(t)| + t^\lambda(1-t)^\mu|y - u_0'(t)| \leq r\} \quad (7)$$

соблюдаются неравенства

$$a_1(t)|x - \bar{x}| \leq |f(t, x, y) - f(t, \bar{x}, y)| \operatorname{sign}(x - \bar{x}) \leq a_2(t)|x - \bar{x}|, \quad (8)$$

$$b_1(t)|y - \bar{y}| \leq |f(t, x, y) - f(t, x, \bar{y})| \operatorname{sign}(y - \bar{y}) \leq b_2(t)|y - \bar{y}|,$$

где  $(a_1, b_1, a_2, b_2) \in V^*(I)$ . Тогда найдется такое натуральное число  $n_0$ , что для любого  $n \geq n_0$  задача (3), (4), (6) имеет единственное решение  $y_n$  и

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \rho_{\lambda, \mu}(y_n, u_0) = 0. \quad (9)$$

**Следствие 1.** Пусть для некоторых  $\lambda \in [0, 1]$  и  $\mu \in [0, 1]$  функция  $t \rightarrow t^\lambda(1-t)^\mu f(t, 0, 0)$  принадлежит  $C^*(I)$  и в  $I \times R^2$  соблюдаются неравенства (8), где  $(a_1, b_1, a_2, b_2) \in V^*(I)$ . Тогда: а) задача (1), (2) имеет единственное решение  $u_0$ , б) существует такое натуральное число  $n_0$ , что для любого  $n \geq n_0$  задача (3), (4) имеет единственное решение  $y_n$ , в) соблюдается условие (9).

**Следствие 2.** Пусть существуют решение  $u_0$  задачи (1), (2) и числа  $\lambda \in [0, 1]$ ,  $\mu \in [0, 1]$  и  $r \in ]0, +\infty[$ , такие, что  $t \rightarrow t^\lambda(1-t)^\mu u_0''(t)$  принадлежит  $C^*(I)$ . Пусть, кроме того, функция  $f$  имеет на множестве (7) непрерывные частные производные

$$f_1(t, x, y) = \frac{\partial f(t, x, y)}{\partial x} \quad \text{и} \quad f_2(t, x, y) = \frac{\partial f(t, x, y)}{\partial y}$$

$$t^{2-i}(1-t)^{2-i}|f_i(t, x, y)| \leq h(t) \quad (i = 1, 2), \quad \text{где } h \in C^*(I),$$

и уравнение

$$u'' = f_1(t, u_0(t), u_0'(t))u + f_2(t, u_0(t), u_0'(t))u'$$

при краевых условиях (2) имеет только тривиальное решение. Тогда найдутся такие числа  $r_0 \in ]0, r[$  и  $n_0$ , что для любого  $n \geq n_0$  задача (3), (4) имеет единственное решение  $y_n$ , удовлетворяющее неравенству  $\rho_{\lambda, \mu}(y_n, u_0) \leq r_0$  и соблюдается условие (9).

Из приведенных предположений вытекают некоторые результаты А. Ласоты [4] и Е. П. Жидкова и И. В. Пузынина [5].

Отметим, что в регулярном случае, когда  $I = [0, 1]$ ,  $\lambda = \mu = 0$  следствие 2 доказано Г. М. Вайншток ([6] теорема 4). Что же касается следствия 1, то оно, по-видимому, является новым не только в сингулярном, но и в регулярном случае.

<sup>1</sup> Случай  $r = +\infty$  не исключается.

Теорема 2. Пусть существуют решение  $u_0$  задачи (1), (2), дважды непрерывно дифференцируемая функция  $v_0: I \rightarrow R$  и числа  $\lambda \in ]0, 1[$ ,  $\mu \in ]0, 1[$  и  $r \in ]0, +\infty[$ , такие, что

$$\|v_0\|_{\lambda, \mu} < +\infty, \quad \|v_0 - u_0\|_{\lambda, \mu} \leq r,$$

функция  $t \rightarrow t^\lambda(1-t)^\mu |v_0''(t) - f(t, v_0(t), v_0'(t))|$  принадлежит  $C^*(I)$  и на множестве (7) соблюдаются неравенства

$$|f(t, x, y) - f(t, \bar{x}, y)| \operatorname{sign}(x - \bar{x}) \geq a(t)|x - \bar{x}|, \quad (10)$$

$$b_1(t)|y - \bar{y}| \leq |f(t, x, y) - f(t, x, \bar{y})| \operatorname{sign}(y - \bar{y}) \leq b_2(t)|y - \bar{y}|,$$

где  $(a, b_1, b_2) \in V_0^*(I)$ . Тогда справедливо утверждение теоремы 1.

Институт прикладной математики  
 Тбилисский государственный университет

(Поступило 9.3.1978)

მათემატიკა

ბ. ტაბიძე

ორწერტილოვანი სინგულარული სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნის  
 სასრულსხვაობიანი მეთოდით აგების შესახებ

რეზიუმე

(1), (2) ამოცანა ამოხსნილია სასრულსხვაობიანი მეთოდით იმ შემთხვევაში, როცა  $f(\cdot, u, v)$  ფუნქცია საზოგადოდ ინტეგრებადი არაა  $[0, 1]$  შუალედში.

MATHEMATICS

G. S. TABIDZE

ON THE CONSTRUCTION OF THE SOLUTION OF A TWO-POINT  
 SINGULAR BOUNDARY VALUE PROBLEM BY MEANS OF THE  
 FINITE-DIFFERENCE METHOD

Summary

The problem (1), (2) is solved by means of the finite-difference method in the case when the function  $f(\cdot, u, v)$  is not, in general, summable on the segment  $[0, 1]$ .

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. В. Гогиберидзе, И. Т. Кигურадзе. Дифф. уравн., 10, № 11, 1974, 2064—2067.
2. И. Т. Кигურадзе. Некоторые сингулярные краевые задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений. Тбилиси, 1975.
3. Б. Л. Шехтер. Дифф. уравн. 11, № 4, 1975, 687—693.
4. A. Lasota. Ann. Polon. Math., 20, № 2, 1968, 183-190.
5. Е. П. Жидков, И. В. Пузынин. Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 9, № 2, 1969, 442—447.
6. Г. М. Вайшикко. Ж. Вычисл. матем. и матем. физ., 9, № 2, 1969, 259—270.

А. Б. ХАРАЗИШВИЛИ

О ТОЧКАХ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии В. Г. Челидзе 10.3.1978)

Рассмотрим основное базисное множество  $E$  с мерой  $\mu$ , определенной на некотором  $\sigma$ -кольце  $S$  частей этого множества, и системой  $P \subset S$ , такой, что  $(\forall Z)(Z \in S \Rightarrow) 0 < \mu(Z) < +\infty$ . Пусть  $X$  — произвольное  $\mu$ -измеримое подмножество в  $E$ ,  $x$  — точка в  $E$ . Будем говорить, что  $x$  является точкой относительной плотности для множества  $X$  (по отношению к данной системе  $P$ ), если существует последовательность  $(X_k)_{k \in N} \in N$  элементов из  $P$ , такая, что  $(\forall k)(k \in N \Rightarrow) x \in X_k$ ,  $\lim_{k \rightarrow \infty} \mu(X_k) = 0$  и  $\lim_{k \rightarrow \infty} \frac{\mu(X_k \cap X)}{\mu(X_k)} = 1$ .

В дальнейшем через  $rd(X)$  будем обозначать множество всех тех точек относительной плотности множества  $X$ , которые принадлежат к  $X$ .

Предложение 1. Если мера  $\mu$  полна и  $\sigma$ -конечна, то следующие два соотношения эквивалентны:

- 1)  $(\forall Z)(Z \in S \ \& \ \mu(Z) > 0 \Rightarrow) rd(Z) \neq \emptyset$ ;
- 2)  $(\forall Z)(Z \in S \Rightarrow) \mu(Z \setminus rd(Z)) = 0$ .

Доказательство. Достаточно установить истинность импликации 1)  $\Rightarrow$  2). Предположим, что выполняется соотношение 1), и убедимся в том, что, каково бы ни было  $\mu$ -измеримое множество  $X$ , множество  $rd(X)$  также является  $\mu$ -измеримым и  $\mu(X \setminus rd(X)) = 0$ . Можно ограничиться рассмотрением только того случая, когда  $\mu(E) < +\infty$ . Пусть  $m$  — натуральное число, строго большее единицы. Рассмотрим семейство всех тех множеств  $Z_i^m \in P$ , для которых  $\mu(Z_i^m) \leq \frac{1}{m}$  и  $\mu(Z_i^m \cap X) \geq \left(1 - \frac{1}{m}\right) \times \mu(Z_i^m)$ . Ясно, что семейство  $(Z_i^m)_{i \in I}$  служит покрытием множества  $rd(X)$  в смысле Витали. Пусть  $(Z_{i_h}^m)_{h \in N}$  — такое счетное подсемейство семейства  $(Z_i^m)_{i \in I}$ , что  $\mu(X \setminus \bigcup_{h \in N} Z_{i_h}^m)$  принимает наименьшее значение. Покажем, что

$$a) \mu(X \setminus \bigcup_{h \in N} Z_{i_h}^m) = 0.$$

Действительно, в противном случае множество  $X \setminus \bigcup_{h \in N} Z_{i_h}^m$  содержало бы некоторую точку относительной плотности. Обозначим эту точку через  $z$ . Очевидно, что нашелся бы индекс  $i \in I$ , для которого  $z \in Z_i^m$  и  $\mu(Z_i^m \cap (X \setminus \bigcup_{h \in N} Z_{i_h}^m)) > 0$ . Тогда мы имели бы



$$\mu(X \setminus (Z_i^m \cup (\bigcup_{k \in N} Z_{i_k}^m))) < \mu(X \setminus \bigcup_{k \in N} Z_{i_k}^m),$$

вопреки определению семейства  $(Z_{i_k}^m)_{k \in N}$ . Полученное противоречие указывает на справедливость равенства а). Далее, введем обозначения

$$Z_m = \bigcup_{k \in N} Z_{i_k}^m, \quad Z'_m = X \setminus \bigcup_{k \in N} Z_{i_k}^m.$$

Ясно, что

$$б) \quad X \cap (\bigcap_{m \geq 2} Z_m) \subset X \subset (X \cap (\bigcap_{m \geq 2} Z_m)) \cup (\bigcup_{m \geq 2} Z'_m).$$

Кроме того, легко проверяется справедливость включения

$$в) \quad X \cap (\bigcap_{m \geq 2} Z_m) \subset rd(X).$$

В силу этого включения будем иметь

$$г) \quad rd(X) \subset X \subset rd(X) \cup (\bigcup_{m \geq 2} Z'_m).$$

Поскольку  $\mu(\bigcup_{m \geq 2} Z'_m) = 0$ , то множество  $rd(X)$  является  $\mu$ -измеримым и  $\mu(X \setminus rd(X)) = 0$ . Тем самым предложение 1 доказано.

З а м е ч а н и е. Условие полноты меры  $\mu$  можно опустить, а условие  $\sigma$ -конечности этой меры существенно.

Предложение 2. Если в качестве основного базисного множества  $E$  взято  $n$ -мерное евклидово пространство  $E_n$ , в качестве меры  $\mu$  — какое-нибудь продолжение классической лебеговской меры  $l_n$ , а в качестве системы  $P$  — система всевозможных  $n$ -мерных кубов в  $E_n$ , то соотношение 1) выполняется для меры  $\mu$  тогда и только тогда, когда всякий элемент из области определения  $\mu$  представляется в виде  $(Z \setminus Z') \cup Z''$ , где  $Z$  — измеримое по Лебегу подмножество пространства  $E_n$ , а  $Z'$  и  $Z''$  — множества  $\mu$ -меры нуль.

Доказательство. Фактически надо проверить, что соотношение 1) влечет представимость всякого элемента из области определения  $\mu$  в указанном виде. Пусть  $X \in \text{dom } \mu$ . В силу предложения 1 имеем  $\mu(X \setminus rd(X)) = 0$ . Поэтому достаточно убедиться в существовании измеримого по Лебегу множества  $Y$ , такого, что  $rd(X) \subset Y$  и  $\mu(Y \setminus rd(X)) = 0$ . Без умаления общности можно считать, что множество  $rd(X)$  целиком содержится в некотором открытом параллелепипеде  $\Delta$ . Для каждого натурального числа  $m \geq 1$  рассмотрим семейство  $(\Delta_i^m)_{i \in I}$  всех тех  $n$ -мерных кубов  $\Delta_i^m$ , для которых  $\Delta_i^m \subset \Delta$  и  $\mu(\Delta_i^m \cap X) \geq \left(1 - \frac{1}{m}\right) \mu(\Delta_i^m)$ . Это семейство покрывает множество  $rd(X)$  в смысле Витали. По теореме Витали (см. [1]) найдется последовательность  $(\Delta_{i_k}^m)_{k \in N}$  попарно непересекающихся кубов из указанного семейства, в совокупности почти покрывающих множество  $rd(X)$ . Отметим, что слово „почти“ здесь относится к лебеговской мере  $l_n$ , т. е.  $l_n(rd(X) \setminus \bigcup_{k \in N} \Delta_{i_k}^m) = 0$ . Положим далее

$$Y_m = (rd(X) \setminus \bigcup_{k \in N} \Delta_{i_k}^m) \cup (\bigcup_{k \in N} \Delta_{i_k}^m).$$

Тогда будем иметь соотношения

$$\begin{aligned}
 & Y_m \in \text{dom}(l_n), \\
 & rd(X) \subset Y_m, \\
 & \mu(Y_m \setminus rd(X)) = \sum_{k \in N} \mu(\Delta_{i_k}^m \setminus rd(X)) \leq \frac{1}{m} \sum_{k \in N} \mu(\Delta_{i_k}^m) \leq \frac{\mu(\Delta)}{m}.
 \end{aligned}$$

Следовательно, в качестве искомого множества  $Y$  можно взять пересечение  $\bigcap_{m \geq 1} Y_m$ . Предложение 2 доказано.

Пусть теперь  $\lambda$  — произвольная полная мера в пространстве  $E_n$ , служащая продолжением лебеговской меры  $l_n$ ,  $X$  — произвольное  $\lambda$ -измеримое множество,  $x$  — точка в  $E_n$ . Говорят, что  $x$  является точкой плотности для множества  $X$ , если предел выражения  $\frac{\lambda(\Delta_x \cap X)}{\lambda(\Delta_x)}$ , где  $\Delta_x$  — любой  $n$ -мерный куб, содержащий точку  $x$ , существует и равен единице при стремлении диаметра куба  $\Delta_x$  к нулю. Ясно, что всякая точка плотности множества  $X$  является для него и точкой относительной плотности; обратное утверждение, вообще говоря, неверно. Обозначим через  $d(X)$  множество всех точек плотности множества  $X$ , принадлежащих к  $X$ . Пусть

$$T_\lambda = E_n \setminus \{Z \in \text{dom } \lambda \mid d(Z) = Z\}.$$

Легко проверяется, что  $T_\lambda$  есть некоторая топология в пространстве  $E_n$ . Эту топологию называют плотностной топологией, ассоциированной с мерой  $\lambda$  (по существу здесь мы имеем частный случай вывода одного рода структуры из другого [2]). Очевидно, что топология  $T_\lambda$  мажорирует обычную евклидову топологию пространства  $E_n$ .

Предложение 3. Следующие два соотношения эквивалентны:

(1) всякая  $\lambda$ -измеримая часть пространства  $E_n$  представима в виде  $(Z \setminus Z') \cup Z''$ , где  $Z$  — измеримое по Лебегу подмножество в  $E_n$ , а  $Z'$  и  $Z''$  — множества  $\lambda$ -меры нуль;

(2) всякая  $\lambda$ -измеримая часть пространства  $E_n$  обладает свойством Бэра относительно топологии  $T_\lambda$  и класс всех множеств  $\lambda$ -меры нуль совпадает с классом всех множеств первой категории относительно  $T_\lambda$ .

Другими словами, предложение 3 утверждает, что аналог теоремы о точках плотности справедлив для меры  $\lambda$  тогда и только тогда, когда  $\lambda$  согласуется с категорией ассоциированной топологии.

Тбилисский государственный университет  
Институт прикладной математики

(Поступило 10.3.1978)

მათემატიკა

ა. ხარაიშვილი

ფარდობითი სიმკვრივის წიბრტილების შესახებ

რეზიუმე

მოყვანილია სამი თეორემა ფარდობითი სიმკვრივის და სიმკვრივის წიბრტილების შესახებ.

A. B. KHARAZISHVILI

## ON THE RELATED DENSITY POINTS

Summary

Three theorems on the related density points and the density points are considered in the paper.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. С. Сакс. Теория интеграла. М., 1949.
2. Н. Бурбаки. Теория множеств. М., 1965.

А. Г. ДОРФМАН

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ОПТИЧЕСКОЙ ГОЛОГРАФИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗРЫВНЫХ ПРОЦЕССОВ В ТВЕРДОЙ СРЕДЕ

(Представлено академиком К. С. Завриевым 1.3.1978)

Взрыв играет большую роль в механике разрушения [1]. Несовершенство существующих в настоящее время методов изучения взрывного процесса ставит на повестку дня вопрос о разработке новых экспериментальных методов изучения процесса разрушения твердой среды под действием взрыва. Значительную перспективу в качестве подобного метода представляет голографическая интерферометрия, созданная в начале 70-х гг. в работах ряда авторов [2, 3].

Как известно, в голографии возможна регистрация фазы и амплитуды волнового поля объекта, что позволяет получать трехмерные изображения. В результате существенно увеличивается объем зафиксированной информации.

Голографическая интерферометрия значительно расширила область применения оптических методов исследования физических процессов, особенно быстропротекающего характера, в отличие от классической интерферометрии, позволяющей исследовать различие двух объектов в один и тот же момент времени, например при помощи интерферометра Маха—Цендера, однако только для объектов ограниченного класса [4].

Достоинство основных методов голографической интерферометрии заключается в возможности интерференционного сравнения физически различных состояний одного и того же нестационарного объекта в заданные моменты времени.

Одним из параметров, достаточно полно характеризующих динамику разрушения твердых тел под действием взрывной нагрузки, является пространственное распределение и скорость распространения трещин. Получение голографического изображения оптически прозрачного твердого тела, например полиметилметакрилата или стекла, позволит исследовать мгновенное пространственное распределение и характер трещин, а двухэкспозиционная голографическая съемка также мгновенные смещения и деформации различных участков исследуемого образца.

В Институте горной механики АН ГССР под руководством директора института Э. О. Миндели и заведующего лабораторией Института кибернетики АН ГССР Ш. Д. Казячавили применен метод оптической голографии для исследования динамики разрушения твердой среды под действием взрывной нагрузки.

Для проведения экспериментов был разработан и построен одно-модовый рубиновый лазер, обладающий высокой пространственной когерентностью. В качестве накачки использовалась импульсная лампа ИФПП-7000, внутри которой устанавливался рубиновый кристалл. Система стабилизации позволяла поддерживать температуру рубинового



кристалла  $16 \pm 0,5$  С. Корпус с рубином закреплялся в направляющих из инвара, которые для уменьшения температурных колебаний изолировались от корпуса. На концах направляющих укреплялись оправы оптического резонатора. В качестве резонатора использовался полукофокальный резонатор, в котором для селекции продольных мод в качестве переднего отражателя устанавливалась высококачественная плоскопараллельная кварцевая пластинка. Задний отражатель представлял собой полусферическое зеркало радиусом кривизны 0,5 м. Модуляция добротности осуществлялась насыщающимся пассивным затвором раствора криптоционина с начальным пропусканием 45%. В результате его использования длительность импульса уменьшалась до 200 нс. Для обеспечения одномодового режима в резонатор вводилась диафрагма, которая устанавливалась между передним отражателем и кристаллом рубина и могла перемещаться по двум взаимно перпендикулярным направлениям.

Энергия излучения в одномодовом режиме измерялась твердотельным измерителем мощности ИКТ и составляла  $0,5 \cdot 10^{-2}$  Дж.

Длина когерентности лазера определялась по качеству реконструированных голограмм изображения, снятых при переменной разности хода между опорными и сигнальным лучами, и составляла не менее 0,4 м.

Голографирование проводилось по двухлучевой схеме двойной экспозицией [5]. Для синхронизации момента взрыва ВВ с импульсом ОКГ был разработан блок синхронизации.

В качестве голографического фоторегистратора использовалась пленка Казанского ГОСНИИХИМФОТОПРОЕКТА ФПГ-В.

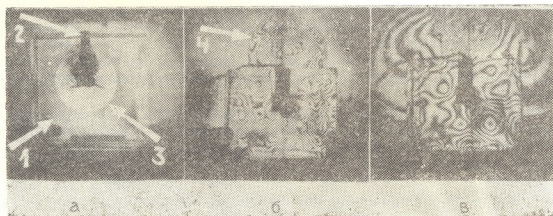


Фото 1. Интерферограммы последовательных фаз развития взрывного процесса в образце из полиметилметакрилата при взрыве сферического заряда азид свинца: а — интерферограмма ударной волны; 1 — образец; 2 — шпур; 3 — фронт ударной волны в образце; б — интерферограмма напряженного состояния образца, вызванного отражением ударной волны от свободной поверхности; 4 — фронт ударной волны в воздухе; в — интерферограмма напряженного состояния образца в более поздний момент времени

На фото 1 представлены интерферограммы взрыва сферического заряда азид свинца в образце из полиметилметакрилата размером  $70 \times 70$  мм, полученные данным методом. Снимки иллюстрируют последовательные фазы развития взрыва: а — четко виден фронт ударной волны, образующейся при переходе детонационной волны заряда в образец; б — интерферограмма более поздней фазы деформированного

образца, деформации которого вызваны растягивающими и сжимающими напряжениями при отражении ударной волны от свободной поверхности; в — та же интерферограмма в более поздний момент времени.

На интерферограммах наглядно прослеживается различие в интерференционных полосах, которое характеризует различные напряженные состояния объекта.

Количественные измерения смещений по полученным интерферограммам не представляют сложности, в частности методом, изложенным в работе [6], и будут представлены в одной из последующих публикаций.

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

(Поступило 2.3.1978)

შეჯამება

ა. დორფმანი

ოპტიკური ჰოლოგრაფიის მეთოდის გამოყენება მყარ სხეულში აფეთქებითი პროცესების კვლევისათვის

რ ე ზ ი შ ე

მოცემულია კვლევის შედეგები, რომლის მიზანი იყო მყარი სხეულის აფეთქებით რღვევის ძირითადი პარამეტრების განსაზღვრისათვის საჭირო ახალი ექსპერიმენტული მეთოდის ძიება.

შემოთავაზებულია მეთოდი, რომელსაც საფუძვლად უდევს ოპტიკური ჰოლოგრაფია და ჰოლოგრაფიული ინტერფერომეტრია. დამუშავებული და შექმნილია მაღალი სივრცული კოპერენტულობის მქონე ერთმოდინი ლაზერი.

მიღებულია პოლიმეტრიმეტაკრილატის ნიმუშში აფეთქების პროცესის განვითარების მიმდევრობითი ფაზების ინტერფეროგრამების სერია.

MECHANICS

A. G. DORFMAN

USE OF THE METHOD OF OPTICAL HOLOGRAPHY IN THE INVESTIGATION OF EXPLOSIVE PROCESSES IN A SOLID MEDIUM

Summary

The results of a study aimed at finding a new experimental method for determining the basic parameters of the process of solid body destruction under the action of an explosive load are presented.

A method based on the use of optical holography and holographic interferometry is proposed.

A unimodal ruby laser with high spatial coherence has been worked out and constructed.

A series of interferograms of the consecutive phases of the explosive process development in a polymethylmethacrylate sample has been obtained.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. И. Покровский, И. С. Федоров. Действие удара и взрыва в деформируемых средах. М., 1957.
2. Г. В. Островская, Ю. И. Островский. ЖТФ, 40, 1970.
3. А. Б. Игнатов, И. И. Комиссарова, Г. В. Островская, Л. Л. Шапиро. ФТФ, 41, 1971.
4. М. Бори, Э. Вольф. Основы оптики. М., 1970.
6. E. Leith, J. Upatnieks. J. Opt. Soc. Amer. 53, № 12, 1963.
6. Б. Б. Александров, А. М. Бонч-Бруевич. ЖТФ, 37, 1967.



И. А. ЗОНЕНАШВИЛИ, М. Л. КАЦ

ОПТИМАЛЬНОЕ ПОДКРЕПЛЕНИЕ ОТВЕРСТИЯ В ПЛАСТИНКАХ

(Представлено академиком Н. П. Веква 9.3.1978)

Для снижения концентрации напряжений края отверстий часто подкрепляют тонкими ребрами жесткости, деформация которых может описываться теорией тонких криволинейных стержней.

Эквивалентным подкреплением называют [1] такое ребро, которое обеспечивает равенство компонентов перемещения пластинки с отверстием, соответствующим компонентам перемещения сплошной пластинки под той же нагрузкой. Известно, что эквивалентное ребро не всегда существует, а поэтому представляет интерес определение такого подкрепления, которое минимально отличается от эквивалентного.

1. Рассматривается плоское напряженное состояние неограниченной изотропной пластинки постоянной толщины  $h$  с отверстием  $L$ . Вдоль контура  $L$  пластинка усилена тонким упругим ребром с переменными жесткостями  $G_1(s)$  и  $G_2(s)$  (на растяжение и изгиб вокруг биномали к  $L$ ;  $S$ —дуга контура  $L$ ). Предполагается, что на бесконечности приложены равномерно распределенные растягивающие напряжения.

Пусть функция  $z = \omega(\zeta)$  конформно отображает внешность единичной окружности  $\gamma$  плоскости  $\zeta$  на внешность контура  $L$  плоскости  $z = x + iy$ , занимаемую пластинкой.

Граничные условия спая пластинки с ребром жесткости на  $\gamma$  т. е. при  $\zeta = \sigma = e^{i\theta}$  имеют вид [2]

$$\delta_1(\theta)U(\theta) - F_2(\theta) - 1/\rho(\theta) \int |\omega^1(\sigma)| F_1(\theta) d\theta - \frac{c}{\rho(\theta)} = 0, \quad (1)$$

$$[\delta_1(\theta) + \delta_2(\theta) R^2/\rho^2(\theta)]U(\theta) - \delta_2(\theta) R^2/\rho(\theta) |\omega^1(\sigma)| \cdot V'(\theta) - F_2(\theta) = 0,$$

где

$$\delta_1 = G_1/2\mu R h, \quad \delta_2 = G_2/2\mu R h^3$$

$\rho$ —переменный радиус кривизны контура  $L$ ,  $R$  — некоторый характерный размер отверстия,  $\mu$  — модуль сдвига материала пластинки,  $c$ —константа, подлежащая определению.

Вещественные безразмерные функции  $U$ ,  $V$ ,  $F_1$  и  $F_2$ , определяемые для случая двухосного растяжения на бесконечности сплошной пластинки без отверстия напряжениями  $2\mu P_x = \text{const}$  и  $2\mu P_y = \text{const}$ , имеют вид

$$U + iV = \frac{1-\nu}{1+\nu} \cdot \frac{P_x + P_y}{2} - \frac{P_x - P_y}{2} \cdot \frac{\overline{\omega'(\sigma)}}{\sigma^2 \omega'(\sigma)}, \quad (2)$$





$$\frac{i\sigma\omega'(\sigma)}{|\omega'(\sigma)|} (F_1 + iF_2) = -\frac{P_x + P_y}{2} \omega(\sigma) + \frac{P_x - P_y}{2} \overline{\omega(\sigma)},$$

где  $\nu$  — коэффициент Пуассона материала пластинки. Подставляя функции (2) в систему (1), получаем

$$A_i(\theta)\delta_i(\theta) - B_i(\theta) = 0 \quad (i = 1, 2). \quad (3)$$

Здесь  $A_i(\theta)$ ,  $B_i(\theta)$  — известные функции, определяемые из (2).

Однако в силу естественных ограничений на приведенные жесткости

$$0 \leq \delta_i(\theta) \leq \delta_i^{\max} \quad (4)$$

условия (3) могут выполняться лишь с определенной точностью для каждого угла  $\theta$ .

Искомые оптимальные жесткости  $\delta_1(\theta)$  и  $\delta_2(\theta)$  представляются в виде многочленов Фурье (для простоты предполагается силовая и геометрическая симметрия относительно осей  $ox$  и  $oy$ ).

$$\delta_i(\theta) = \sum_{k=0}^N \alpha_{k,i} \cos 2k\theta, \quad (i = 1, 2).$$

Нахождение вектора оптимальных параметров  $\bar{\alpha} = \{\alpha_{0,1}, \dots, \alpha_{N,1}, \alpha_{0,2}, \dots, \alpha_{N,2}\}$  приводит к решению минимаксной задачи

$$\Phi^* = \min_{\bar{\alpha}} \left\{ \max_{\theta_j} \sum_{i=1}^2 \text{abs} \left[ A_i(\theta_j) \sum_{k=0}^N \alpha_{k,i} \cos 2k\theta_j - B_i(\theta_j) \right] \right\}$$

при ограничениях (4).

2. Пример. Бесконечная пластинка с круговым отверстием радиуса  $R$  подвержена на бесконечности растягивающим односторонним напряжениям  $2\mu P_x$  ( $P_y = 0$ ). В этом случае

$$A_1(\theta) = \frac{P_x}{2} \cdot \frac{1-\nu}{1+\nu} - \frac{P_x}{2} \cos 2\theta, \quad B_1(\theta) = \frac{P_x}{2} - \frac{P_x}{4} \cos 2\theta,$$

$$A_2(\theta) = \frac{P_x}{2} \cdot \frac{1-\nu}{1+\nu} - \frac{3P_x}{4} \cos 2\theta, \quad B_2(\theta) = -\frac{P_x}{4} \cos 2\theta.$$

Для ребра с прямоугольным поперечным сечением, изготовленным из того же материала, что и пластинка, приведенные жесткости выражаются в виде

$$\delta_1 = \frac{bh_1}{hR} (1+\nu), \quad \delta_2 = \frac{1+\nu}{12hR^3} h_1 b^3.$$

Здесь  $h_1$  — высота,  $b$  — ширина ребра жесткости.

Для упрощения в дальнейшем предполагается, что  $b = \text{const}$ . В этом случае  $\delta_1 = \left(\frac{b}{R}\right)^2 \cdot \frac{\delta_1}{12}$  и число оптимизирующих параметров  $\alpha_{i,k}$  уменьшается вдвое.

Полагая  $\nu = 1/3$ ,  $b/R = 0,12$  и  $h_1/h \leq 4,5$ , для приведенных жесткостей получаются следующие оценки:

$$0 \leq \delta_1(\theta) \leq 0,75, \quad 0 \leq \delta_2(\theta) \leq 0,001.$$

При оптимизации используется метод случайного поиска [3].

Для оптимальных значений жесткостей ребра значения напряжений в пластинке определяются по методу [2].

Результаты расчетов, выполненных с помощью ЭВМ при  $\delta_1^0 = 0,307$  и  $\delta_1^{opt} = 0,307 - 0,416 \cdot \cos 2\theta + 0,085 \cdot \cos 4\theta + 0,051 \cdot \cos 6\theta - 0,026 \cdot \cos 8\theta$ , приведены в таблице.

	$\delta_1 = 0$			$\delta_1 = \delta_1^0$			$\delta_1 = \delta_1^{opt}$		
	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°
$\delta_1$	0	0	0	0,307	0,307	0,307	0	0,196	0,732
$\sigma_{\theta}$	-1	1	3	-0,819	1,221	2,040	-0,875	1,279	1,415
$\rho_{\theta}$	0	0	0	-0,087	0,173	0,433	0	0,194	0,646
$\rho_{\theta}$	0	0	0	0	-0,520	0	0	-0,907	0

По сравнению с неподкрепленной пластинкой расчетные напряжения уменьшились на 52%, а по сравнению с пластинкой, усиленной ребром постоянной жесткости  $\delta_1^0$  (того же веса) — на 30%.

Тбилисский государственный университет    Ворошиловградский машиностроительный институт

(Поступило 9.3.1978)

დრეკადოგის თეორია

ი. ზონინაშვილი. მ. კაცი

ფირფიტის ხვრელის ოპტიმალური გამაგრება

რ ე ზ ი უ მ ე

ხვრელის მასლობლობაში დაძაბულობის კონცენტრაციის შესამცირებლად ხვრელის საზღვარს ამაგრებენ სიხისტის წიბოთი. შემთხვევითი ძებნის მეთოდით განისაზღვრება ოპტიმალური გამაგრების ისეთი პარამეტრები, რომლებიც მინიმალური ცდომილებით აკმაყოფილებენ იდეალური ეკვივალენტური გამაგრების სასაზღვრო პირობას.

I. A. ZONENASHVILI, M. L. KATS

## OPTIMAL REINFORCEMENT OF HOLES IN PLATES

## Summary

Parameters of rigidity of optimal hole reinforcement in plates have been determined by the random search method.

The problem of determination of such characteristics of thin ridges that provide minimum error with satisfactory boundary conditions of the ideal equivalent reinforcement has been investigated.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. П. Флейшман. Доклади та повідомлення, Львівський держ. ун-т, вып. 4, т. II, 1953.
2. И. А. Зоненашвили, Ж. В. Старовойтенко, Н. П. Флейшман. Сообщения АН ГССР, 78, № 1, 1975.
3. Л. Ф. Растринги. Статистические методы поиска. М., 1968.

А. К. РУХАДЗЕ

О ЦЕНТРЕ ИЗГИБА ПРИЗМАТИЧЕСКИХ БРУСЬЕВ,  
 СОСТАВЛЕННЫХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ АНИЗОТРОПНЫХ  
 МАТЕРИАЛОВ

(Представлено академиком В. Д. Купрадзе 24.2.1978)

Как известно, для координат центра изгиба составных тел обычно получают довольно сложные выражения. Нам кажется, что если воспользоваться понятием «обобщенного центра инерции», введенным нами [1], и соотношениями, связанными с ними, тогда для координат центра изгиба можно получить сравнительно простые выражения.

Предположим, что имеем брус, составленный из ряда параллельных анизотропных стержней, не касающихся друг друга, окруженных также анизотропной средой, ограниченной снаружи цилиндрической поверхностью, образующие которой параллельны стержням. Поперечное сечение  $S$  такого бруса будет состоять из областей  $S_j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ), соответствующих стержням, и области  $S_0$ , соответствующей окружающему материалу. Границы областей  $S_j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) обозначим через  $L_j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ). Тогда граница области  $S_0$  будет состоять из замкнутых контуров  $L_1, L_2, \dots, L_{m+1}$ , из которых последний содержит внутри себя все предыдущие.

Обозначим через  $A^{(j)}, B^{(j)}, \dots, E^{(j)}, \sigma_1^{(j)}, \sigma_2^{(j)}, \sigma_3^{(j)}$  упругие постоянные стержней, а через  $A^{(0)}, B^{(0)}, \dots, E^{(0)}, \sigma_1^{(0)}, \sigma_2^{(0)}, \sigma_3^{(0)}$  упругие постоянные для окружающего материала. Будем считать, что боковая поверхность бруса свободна от внешних усилий, а компоненты смещения  $u, v, w$  остаются непрерывными при переходе через поверхности раздела.

Плоскость  $xy$  возьмем на одном из оснований бруса, которое закрепим неподвижно.

1. Вспомогательная задача. Следуя Н. И. Мусхелишвили [2], пусть функции  $u^{(1)}(x, y)$  и  $v^{(1)}(x, y)$  в каждой области  $S_j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) удовлетворяют однородным уравнениям равновесия плоской анизотропной области, на контурах  $L_j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) имеют разрывы вида

$$\begin{aligned} u_j^{(1)} - u_0^{(1)} &= (\sigma_1^{(j)} - \sigma_1^{(0)})x + 1/2(\sigma_3^{(j)} - \sigma_3^{(0)})y, \\ v_j^{(1)} - v_0^{(1)} &= (\sigma_2^{(j)} - \sigma_2^{(0)})y + 1/2(\sigma_3^{(j)} - \sigma_3^{(0)})x, \end{aligned} \quad (1)$$

а соответствующие компоненты напряжения удовлетворяют граничным условиям  $\tau_{11}^{(1)} \cos \widehat{nx} + \tau_{12}^{(1)} \cos \widehat{ny} = 0$ ,  $\tau_{21}^{(1)} \cos \widehat{nx} + \tau_{22}^{(1)} \cos \widehat{ny} = 0$ , (2<sub>1</sub>) на контуре  $L_{m+1}$ , и условиями

$$[\tau_{11}^{(1)} \cos \widehat{nx} + \tau_{12}^{(1)} \cos \widehat{ny}]_j = [id.]_0, \quad [\tau_{21}^{(1)} \cos \widehat{nx} + \tau_{22}^{(1)} \cos \widehat{ny}]_j = [id.]_0 \quad (2_2)$$

на контурах  $L_j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ).

Через  $u^{(2)}(x, y)$ ,  $v^{(2)}(x, y)$ , а также  $u^{(3)}(x, y)$ ,  $v^{(3)}(x, y)$  обозначим решения аналогичных вспомогательных задач, однако с той разницей, что граничные условия (1) заменены, соответственно, условиями

$$\begin{aligned} u_j^{(2)} - u_0^{(2)} &= -1/2 [(\sigma_1^{(j)} - \sigma_1^{(0)})x^2 - (\sigma_2^{(j)} - \sigma_2^{(0)})y^2], \\ v_j^{(2)} - v_0^{(2)} &= -(\sigma_2^{(j)} - \sigma_2^{(0)})xy - 1/2 (\sigma_3^{(j)} - \sigma_3^{(0)})x^2, \end{aligned} \quad (3_1)$$

или

$$\begin{aligned} u_j^{(3)} - u_0^{(3)} &= -(\sigma_1^{(j)} - \sigma_1^{(0)})xy - 1/2 (\sigma_3^{(j)} - \sigma_3^{(0)})y^2, \\ v_j^{(3)} - v_0^{(3)} &= -1/2 [(\sigma_2^{(j)} - \sigma_2^{(0)})y^2 - (\sigma_1^{(j)} - \sigma_1^{(0)})x^2]. \end{aligned} \quad (3_2)$$



Назовем и здесь [1] «обобщенным центром инерции» области  $S$  центр инерции, который получится, если отдельным участкам  $S_j$  припишем поверхностные плотности, равные, соответственно

$$\rho(x, y) \equiv E^{(j)} + \tau_{33}^{(j)}.$$

Если начало координат помещено в обобщенном центре инерции сечения  $S$ , а оси  $ox$  и  $oy$  совпадают с обобщенными главными осями инерции сечения<sup>(1)</sup>, то будут иметь место соотношения

$$\begin{aligned} \iint_S (Ex - \tau_{33}^{(2)}) d\sigma = 0, \quad \iint_S (Ey - \tau_{33}^{(3)}) d\sigma = 0, \quad \iint_S (Ex - \tau_{33}^{(2)}) y d\sigma = 0, \\ \iint_S (Ey - \tau_{33}^{(3)}) x d\sigma = 0, \quad \iint_S (E + \tau_{33}^{(1)}) d\sigma > 0, \quad \iint_S (Ex^2 - x\tau_{33}^{(2)}) d\sigma > 0, \\ \iint_S (Ey^2 - y\tau_{33}^{(3)}) d\sigma > 0, \end{aligned} \quad (4)$$

2. Изгиб бруса поперечной силой. Предположим, что усилия, действующие на свободном  $z=l$  торце, статистически эквивалентны к изгибающей силе  $W_x$ , приложенной к обобщенному центру инерции этого сечения и направленной параллельно оси  $Ox$ . Решение поставленной задачи в смещениях будем искать в виде

$$\begin{aligned} u = \tau y z + a_1 \left[ \frac{1}{2} (\sigma_1^{(j)} x^2 - \sigma_2^{(j)} y^2) (l-z) + \frac{1}{2} l z^2 - \frac{1}{6} z^3 \right] + a_1 (l-z) u^{(2)}, \\ v = \tau x z + a_1 \left( \sigma_2^{(j)} x y + \frac{1}{2} \sigma_3^{(j)} x^2 \right) (l-z) + a_1 (l-z) v^{(2)}, \\ w = \tau \varphi(x, y) - a_1 \left[ \left( l z - \frac{1}{2} z^2 \right) x + x y^2 + \chi_1(x, y) \right] \end{aligned} \quad (5)$$

в области  $S_j$  ( $j = 0, 1, \dots, m$ ), где  $\tau$  — постоянная,  $\varphi$  — функция кручения, а  $\chi_1(x, y)$  — искомая функция, непрерывная во всей области  $S$ .

Компоненты напряжения, соответствующие смещениям (5), будут

$$\begin{aligned} \tau_{11} = a_1 (l-z) \tau_{11}^{(2)}, \quad \tau_{22} = a_1 (l-z) \tau_{22}^{(2)}, \quad \tau_{12} = a_1 (l-z) \tau_{12}^{(2)}, \\ \tau_{33} = -a_1 E^{(j)} (l-z) x + a_1 (l-z) \tau_{33}^{(2)}, \\ \tau_{13} = \tau \left[ M^{(j)} \left( \frac{\partial \varphi}{\partial x} - y \right) + N^{(j)} \left( \frac{\partial \varphi}{\partial y} + x \right) \right] - a_1 \left\{ M^{(j)} \left[ \frac{\partial \chi_1}{\partial x} + \frac{1}{2} (\sigma_1^{(j)} x^2 - \right. \right. \\ \left. \left. - \sigma_2^{(j)} y^2) + y^2 + u^{(2)} \right] + N^{(j)} \left[ \frac{\partial \chi_1}{\partial y} + \left( \sigma_2^{(j)} x y + \frac{1}{2} \sigma_3^{(j)} x^2 \right) + 2 x y + v^{(2)} \right] \right\}, \quad (6) \\ \tau_{23} = \tau \left[ N^{(j)} \left( \frac{\partial \varphi}{\partial x} - y \right) + L^{(j)} \left( \frac{\partial \varphi}{\partial y} + x \right) \right] - a_1 \left\{ N^{(j)} \left[ \frac{\partial \chi_1}{\partial x} + \frac{1}{2} (\sigma_1^{(j)} x^2 - \right. \right. \\ \left. \left. - \sigma_2^{(j)} y^2) + y^2 + u^{(2)} \right] + L^{(j)} \left[ \frac{\partial \chi_1}{\partial y} + \left( \sigma_2^{(j)} x y + \frac{1}{2} \sigma_3^{(j)} x^2 \right) + 2 x y + v^{(2)} \right] \right\} \end{aligned}$$

в области  $S_j$  ( $j = 0, 1, \dots, m$ ).

Компоненты напряжения (6) удовлетворяют всем условиям задачи, если функция  $\chi_1(x, y)$  определена из следующих равенств:

$$\begin{aligned} \Delta_2 \chi_1 = (E^{(j)} - M^{(j)} \sigma_1^{(j)} - L^{(j)} \sigma_2^{(j)} - N^{(j)} \sigma_3^{(j)} - 2 L^{(j)}) x - 4 N^{(j)} y - \\ - \left[ M^{(j)} \frac{\partial u^{(2)}}{\partial x} + N^{(j)} \left( \frac{\partial u^{(2)}}{\partial y} + \frac{\partial v^{(2)}}{\partial x} \right) + L^{(j)} \frac{\partial v^{(2)}}{\partial y} \right] - \tau_{33}^{(2)} \end{aligned} \quad (7)$$

в области  $S_j$  ( $j = 0, 1, \dots, m$ ),

<sup>(1)</sup> Что мы и будем предполагать в дальнейшем.

$$\left(\frac{d_1 \chi_1}{dn}\right)_j - \left(\frac{d_1 \chi_1}{dn}\right)_0 = - \left\{ \left[ \frac{1}{2} (\sigma_1 x^2 - \sigma_2 y^2) + y^2 + u^{(2)} \right] (M \cos \widehat{nx} + N \cos \widehat{ny}) + \left[ \left( \sigma_2 xy + \frac{1}{2} \sigma_3 x^2 \right) + 2xy + v^{(2)} \right] (N \cos \widehat{nx} + L \cos \widehat{ny}) \right\}_j + \{id\}_0, \quad (8_2)$$

на контурах  $L_j$  ( $j=1, 2, \dots, m+1$ ), причем упругие постоянные при  $j=m+1$  равны нулю, где

$$\Delta_2 \equiv M \frac{\partial^2}{\partial x^2} + 2N \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} + L \frac{\partial^2}{\partial y^2},$$

$$\frac{d_1}{dn} \equiv \left( M \frac{\partial}{\partial x} + N \frac{\partial}{\partial y} \right) \cos \widehat{nx} + \left( N \frac{\partial}{\partial x} + L \frac{\partial}{\partial y} \right) \cos \widehat{ny}.$$

Условия на торцевой поверхности  $z=l$  дают

$$\iint_S \tau_{13} d\sigma = a_1 \iint_S (Ex^2 - x\tau_{33}^{(2)}) d\sigma = W_x, \quad \iint_S \tau_{23} d\sigma = 0, \quad \iint_S \tau_{33} d\sigma = 0, \\ \iint_S y\tau_{33} d\sigma = 0, \quad \iint_S x\tau_{33} d\sigma = 0, \quad M_z \equiv \iint_S (x\tau_{23} - y\tau_{13}) d\sigma = \tau D + a_1 M_1, \quad (9)$$

где  $D$  — жесткость при кручении, а

$$M_1 = \iint_S \left\{ My \frac{\partial \chi_1}{\partial x} - Lx \frac{\partial \chi_1}{\partial y} + N \left( y \frac{\partial \chi_1}{\partial y} - x \frac{\partial \chi_1}{\partial x} \right) + \left[ \frac{1}{2} (\sigma_1 x^2 - \sigma_2 y^2) + y^2 + u^{(2)} \right] (My - Nx) + \left[ \left( \sigma_2 xy + \frac{1}{2} \sigma_3 x^2 \right) + 2xy + v^{(2)} \right] (Ny - Lx) \right\} d\sigma. \quad (10)$$

Из последнего выражения, следуя В. В. Новожилову [3], можно исключить функцию изгиба, выразив ее через функцию кручения.

На самом деле, используя формулу Грина, полагая в ней  $u \equiv \varphi(x, y)$ ,  $v \equiv \chi_1(x, y)$  и учитывая уравнение (7) и условия (8), получаем

$$\iint_S \left[ My \frac{\partial \chi_1}{\partial x} - Lx \frac{\partial \chi_1}{\partial y} + N \left( y \frac{\partial \chi_1}{\partial y} - x \frac{\partial \chi_1}{\partial x} \right) \right] d\sigma = - \iint_S \left\{ \varphi (Ex - \tau_{33}^{(2)}) + \left[ \frac{1}{2} (\sigma_1 x^2 - \sigma_2 y^2) + y^2 + u^{(2)} \right] \left( M \frac{\partial \varphi}{\partial x} + N \frac{\partial \varphi}{\partial y} \right) + \left[ \left( \sigma_2 xy + \frac{1}{2} \sigma_3 x^2 \right) + 2xy + v^{(2)} \right] \left( N \frac{\partial \varphi}{\partial x} + L \frac{\partial \varphi}{\partial y} \right) \right\} d\sigma. \quad (11)$$

3. Центр изгиба. Деформацию бруса, когда  $\tau=0$ , называют изгибом без скручивания. При изгибе в плоскости  $xoz$  (1 без скручивания система напряжений (6) в любом поперечном сечении статистически эквивалентна перерезывающей силе  $\bar{W}(W_x, 0, 0)$  проходящей через точку  $(0, 0, z)$ , и паре сил с моментом  $M_z = a_1 M_1$ . Как известно, такая система сил приводится к одной перерезывающей силе  $W(W_x, 0, 0)$ , линия действия которой параллельна оси  $Ox$  и проходит на расстояние  $y_c = -a_1 M_1 / W_x$  от оси  $Ox$ .

Совершенно аналогично, при изгибе в плоскости  $yoz$  без скручивания линия действия перерезывающей силы  $\bar{W}(0, W_y, 0)$  в плоскости поперечного сечения бруса, параллельна оси  $Oy$  и проходит на расстояние  $x_c = a_2 M_2 / W_y$  от оси  $Oy$ , где  $a_2$  и  $M_2$  определенные выражения.

(1 Т. е. когда изгибающая сила параллельна оси.

Пересечение указанных линий, в любом поперечном сечении бруса, определяет точку  $M(x_c, y_c, z)$ , через которую пройдет перерезывающая сила, если только изгиб не сопровождается скручиванием.

Итак, изгиб не сопровождается кручением, если только изгибающая сила  $\vec{W}(W_x, W_y, 0)$  проходит через центр изгиба  $M_c(x_c, y_c, l)$  сечения  $z = l$ , где

$$x_c = - \frac{1}{\iint_S (Ey^2 - y\tau_{33}^{(3)}) d\sigma} \iint_S \left\{ \varphi(Ey - \tau_{33}^{(3)}) + \left[ \left( \sigma_1 xy + \frac{1}{2} \sigma_3 y^2 \right) + 2xy + u^{(3)} \right] \times \right. \\
 \times \left( M \frac{\partial \varphi}{\partial x} + N \frac{\partial \varphi}{\partial y} + Nx - My \right) + \left[ \frac{1}{2} (\sigma_2 y^2 - \sigma_1 x^2) + x^2 + v^{(3)} \right] \times \\
 \times \left( N \frac{\partial \varphi}{\partial x} + L \frac{\partial \varphi}{\partial y} + Lx - Ny \right) \left. \right\} d\sigma, \quad (12)$$

$$y_c = \frac{1}{\iint_S (Ex^2 - x\tau_{33}^{(2)}) d\sigma} \iint_S \left\{ \varphi(Ex - \tau_{33}^{(2)}) + \left[ \frac{1}{2} (\sigma_1 x^2 - \sigma_2 y^2) + y^2 + u^{(2)} \right] \times \right. \\
 \times \left( M \frac{\partial \varphi}{\partial x} + N \frac{\partial \varphi}{\partial y} + Nx - My \right) + \left[ \left( \sigma_2 xy + \frac{1}{2} \sigma_3 x^2 \right) + 2xy + v^{(2)} \right] \times \\
 \times \left( N \frac{\partial \varphi}{\partial x} + L \frac{\partial \varphi}{\partial y} + Lx - Ny \right) \left. \right\} d\sigma.$$

Из этих формул, как частный случай, получаются координаты центра изгиба как для однородных анизотропных, так и для составных или однородных изотропных тел.

Грузинский политехнический институт  
 им. В. И. Ленина

(Поступило 10.3.1978)

დრეკადობის თეორია

ა. რუხადე

სხვადასხვა ანიზოტროპული მასალისაგან შედგენილი პრიზმული ძეგლების ღუნვის ცენტრის უმსახიბ

რეზიუმე

მოცემულია ანიზოტროპული შედგენილი პრიზმული ძეგლების ღუნვის ცენტრის კოორდინატების გამოთვლის ერთი შედარებით მარტივი ხერხი.

ELASTICITY THEORY

A. K. RUKHADZE

ON THE CENTRE OF BENDING OF COMPOSITE PRISMATIC BARS  
 OF DIFFERENT ANISOTROPIC MATERIAL

Summary

A relatively simple technique of calculating the coordinates of the centre of bending of composite anisotropic prismatic bars is presented.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. К. Рухадзе. Труды ГПИ, № 19, 1949.
2. Н. И. Мухелишвили. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М., 1966.
3. В. В. Новожилов. Теория упругости. Л., 1958.



А. Г. ДУНДУА

КРОССАВТОМАТНАЯ МОДЕЛЬ УСТАНОВОЧНОГО ПОВЕДЕНИЯ ГРУДНОГО РЕБЕНКА

(Представлено академиком В. В. Чавчанидзе 10.2.1978)

Из теории установки [1] известно, что при наличии активной потребности и соответствующего стимула в живом организме вырабатывается установка, на основе которой совершается акт поведения. При неоднократном повторении одного и того же стимула установка фиксируется. С появлением нового стимула старая установка разрушается и заменяется новой соответственно стимулу. Если потребность соответствует стимулу, то тогда принятие решения, т. е. реакция на стимул, требует минимального времени.

Анализ того, насколько реакция соответствует стимулу и потребности, дается на втором иерархическом уровне психической жизни, когда в решении задачи участвует сознание.

Такую структуру установочного поведения хорошо описывает так называемая кроссавтомодель установки, предложенная В. В. Чавчанидзе [2].

В данной работе предлагается кроссавтоматная модель установочного поведения грудного ребенка.

Организм грудного ребенка — это живой организм, имеющий весьма ограниченное пространство потребностей и располагающий немногочисленными связями для взаимодействия со средой.

Потребности ребенка — это жизненно важные биологические потребности (в еде, пище, сне, обмене веществ, движении), удовлетворение которых приводит к росту организма, и потребность в общении с людьми, которая способствует развитию в ребенке разумного существа.

Все эти потребности ярче всего выражены в ребенке 6—9 месяцев.

Активная неудовлетворенная потребность в чем-либо вызывает у ребенка беспокойство, плачь, а удовлетворенная потребность сопровождается успокоением, радостным настроением, поскольку иные формы выражения у него еще не развиты.

Если при наличии потребности существует и стимул для ее удовлетворения, то у ребенка создаются расположение к определенной активности и, следовательно, установка к этому действию, на основе которой и совершается акт поведения, реакция на стимул [3].

Учитывая вышеизложенное, построим математическую модель.



С этой целью удобнее несколько видоизменить предложенную в [2] схему модели:

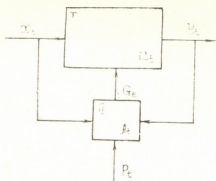


Рис. 1

Соответственно видоизменим и описывающие модель функции:

$$\begin{cases} a_t = \begin{cases} a_1(a_0, X_1), & t = 1, \\ a_t(a_{t-1}, X_t, g_t), & t > 1, \end{cases} \\ y_t = a_t, \\ \begin{cases} A_t = A_t(A_{t-1}, X_t, P_t), \\ G_t = G_t(A_t, U_t), \end{cases} \end{cases}$$

где  $t$  — такт работы модели,  $X_t$  — стимул,  $P_t$  — потребность,  $Y_t$  — реакция на стимул,  $a_t$  — внутреннее установочное состояние автомата-I,  $A_t$  — внутреннее состояние автомата-II,  $g_t$  — внутренний акт редукции структуры автомата-I,  $U_t$  — успешность реакции  $Y_t$  в соответствии со стимулом  $X_t$ .

В модели рассматриваются 6 основных потребностей грудного ребенка; множество-алфавиты  $\{a_t\}$  и  $\{Y_t\}$  будут состоять из  $2^6 = 64$  элементов,  $\{X_t\}$  — из 6, а  $\{A_t\}$  и  $\{G_t\}$  — из 7 элементов.

Все переменные даются в виде векторов шестого порядка, записанных в двоичной системе исчисления.

Принцип работы модели следующий:

Имеется потребность  $P_t$ , которую нужно удовлетворить. Стимул  $X_t$  поступает из среды. В соответствии с  $X_t$  и предыдущей установкой организма  $a_{t-1}$  вырабатываются новая установка  $a_t$  и соответствующая реакция  $Y_t$ .

Потребность удовлетворится, если стимул хотя бы частично может способствовать этому удовлетворению. Поэтому вводятся условия:

(I) Если  $P_t \& X_t \neq 000000$ , то  $X_t$  удовлетворит  $P_t$ .

(II) Если  $P_t \& X_t = 000000$ , то  $P_t$  не удовлетворится.

В случае (II) получим установку  $a_t = 000000$  и соответственно  $Y_t = 000000$ , что означает плач ребенка.

В случае (I) модель функционирует следующим образом: после выработки реакции  $Y_t$ , срабатывает автомат-II, выдавая корректирующие сигналы  $G_t$  в зависимости от успешности реакции  $Y_t$ . Успешность реакции формально выражается в кодовом совпадении с сигналом  $X_t$ :  $U_t = X_t \sim Y_t$ .

(III) Если  $U_t = 111111$ , то  $Y_t$  — нужная реакция.

(IV) Если  $U_t \neq 111111$ , то  $Y_t$  не соответствует стимулу и нужно изменить установку  $a_t$ .

Коррекция пространства состояний  $\{a_t\}$  происходит путем логического умножения всего пространства на сигнал  $G_t$ , в результате чего число возможных состояний меняется и получается новый автомат с другим числом состояний. Этот процесс продолжается до получения на стимул  $X_t$  соответствующей реакции.

В случае (III) вырабатывается сигнал  $G_t = 111111$ , который не меняет пространства  $\{a_t\}$ .

В случае же (IV) получаются в каждом такте разные сигналы  $G_t$ , которые меняют пространство  $\{a_t\}$ . После каждой коррекции получаем новый автомат-I, поэтому функции, описывающие автомат-I и его видоизменения, будут в каждом такте разные.

Автомат-I опишем следующими функциями:

$$\begin{cases} a_t = \begin{cases} a_0 \& \bar{X}_1 \vee \bar{a}_0 \& X_1, & t=1, \\ a_1 \& G_1 \vee X_2, & t=2, \\ a_2 \& G_2 \vee \bar{X}_3 \vee (\bar{a}_2 \& \bar{G}_2) \& X_3, & t=3, \\ a_3 \& G_3 \vee X_4, & t=4, \end{cases} \\ Y_t = a_t. \end{cases}$$

Функция перехода автомата-II имеет вид

$$\begin{cases} P_{t-1} \& X_{t-1} \& \bar{A}_{t-1}, & \text{если } P_{t-1} \& X_{t-1} \neq A_{t-1}, \\ P_{t-1} \& X_{t-1} \& A_{t-1}, & \text{если } P_{t-1} \& X_{t-1} = A_{t-1}, \\ P_{t-1} \& X_{t-1} \vee A_{t-1}, & \text{если } A_{t-1} = 000000, \\ 000000, & \text{если } P_{t-1} \& X_{t-1} = 000000. \end{cases}$$

Функция выхода автомата-II  $G_t = G_t(A_t, U_t)$  определена таблично.

Заметим, что для получения фиксированного состояния, соответствующего стимулу  $X_t$ , максимум за 4 такта нужно, чтобы во входной последовательности  $X_t$  повторился минимум 4 раза подряд.

Когда на входе  $X_t \neq X_{t-1}$ , автомат-I принимает начальное положение с 64 состояниями, циклический процесс продолжается для нового стимула.

Для экспериментальной проверки модели составлена программа для ЭВМ на языке «Фортран» под названием ВМ (Baby's Model).

Программа работает успешно.

Академия наук Грузинской ССР

Институт кибернетики

(Поступило 10.2.1978)

კიბერნეტიკა

ბ. ლუდუა

ქუთაისის ბავშვის განვითარების მკვლევარების კონსალტაციური  
 მოდელი

რეზიუმე

აგებულია ქუთაისის ბავშვის (6—9 თვის) ქცევის მოდელი განწყობის კროსაგრომოდელის გამოყენებით. გათვალისწინებულია ყველა ძირითადი

დი მოთხოვნილება და მათი დაკმაყოფილების სიტუაციები. შედგენილია მოდელის პროგრამა ელექტრონულ-გამომთვლელი მანქანისათვის, რაც იძლევა მოდელის პრაქტიკული შემოწმების საშუალებას.

CYBERNETICS

A. G. DUNDUA

A CROSS-AUTOMATON MODEL OF THE SET-INDUCED  
BEHAVIOUR OF BABIES

Summary

According to the theory of set any behaviour is preceded by a set formed on the basis of a need and a situation for its gratification, the set determining the behaviour. This behavioural pattern is well described by the so-called cross-automaton model of set. In the present study a cross-automaton model of the baby's behaviour is constructed, providing for all the basic needs and situations for their gratification. The program of the model for the digital computer has been drawn, enabling its practical verification.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Д. Н. Узнадзе. Экспериментальные основы теории установки. Тбилиси, 1961.
2. В. В. Чавчанидзе. Материалы к III Всесоюзному симпозиуму по кибернетике. Тбилиси, 1967.
3. Д. Н. Узнадзе. Психология ребенка, т. 5. Тбилиси, 1967.



О. В. КИНКЛАДЗЕ, Т. Д. ДАРАСЕЛИЯ

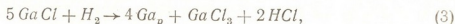
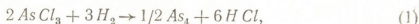
## НЕСТАБИЛЬНОСТЬ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ В НАЧАЛЬНЫЙ ПЕРИОД ЭПИТАКСИАЛЬНОГО РОСТА ПЛЕНОК АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. И. Санадзе 20.2.1978)

Как известно [1], начало процесса эпитаксиального роста пленок арсенида галлия  $n$ -типа на полуизолирующей ( $i$ ) или сильнолегированной ( $n^+$ ) подложке в системе  $Ga-AsCl_3-H_2$  характеризуется нестабильностью газовой фазы, выражающейся обычно в пониженном парциальном давлении мышьяка. Слой, выращенный в этих условиях, или так называемый переходный слой, отличается по своим электрофизическим параметрам от основного, «рабочего» слоя, выращенного при стабильном состоянии газовой фазы и тем самым отрицательно сказывается на параметрах приборов, изготовленных на основе эпитаксиального  $GaAs$  [2]. Однако одновременно с рассмотренной причиной далеко не последнюю роль в образовании переходного слоя играет состояние поверхности подложки перед процессом роста [3, 4]. В работе [5] рассмотрены различные методики предварительного газового травления (ПГТ) подложек для устранения переходного слоя, хотя в некоторых работах [6, 7] приводятся соображения о том, что ПГТ не только не приводит к устранению переходного слоя, но и, наоборот, увеличивает его ширину. В работе [7] с целью исключения влияния нестабильности газовой фазы и одновременной очистки поверхности подложки было предложено проводить эпитаксию  $GaAs$  по программе двухступенчатого роста: рост-травление-рост (Р-Т-Р). Слой, выращенный по этой методике, имели более однородный профиль распределения концентрации носителей тока по толщине, нежели слои, выращенные по классическим схемам: травление-рост и рост без ПГТ.

В данной работе был проведен химический анализ выходной газовой смеси для различных процессов роста пленок — без ПГТ и по методике Р-Т-Р. Процесс Р-Т-Р проводился следующим образом: после прогрева подложки включением барботера с  $AsCl_3$  в течение 7 минут наращивался слой эпитаксиального  $GaAs$ . Этот слой обладал всеми структурными и электрофизическими неоднородностями слоев, выращенных в условиях нестабильной газовой фазы. Далее включением добавочного барботера с  $AsCl_3$  достигался режим полирующего газового травления, которое продолжалось в течение 15 минут. Отключением второго барботера прекращалось травление, и процесс становился ростовым.

Как известно, в системе  $Ga-AsCl_3-H_2$  до зоны подложек протекают следующие реакции:







14—17 минут с момента начала роста, так же как и коэффициент  $\beta$ . На рис. 2 и 3 даны зависимости концентрации носителей тока от толщины в пленках, выращенных различными методами. Толщина переходного слоя для пленок *in*-типа, выращенных без ПГТ, составляет

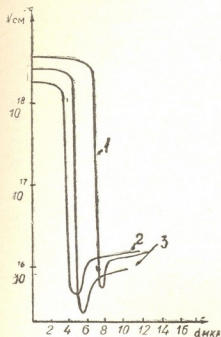


Рис. 2. Профиль распределения носителей тока по толщине эпитаксиальных слоев арсенида галлия  $n^+$ - $n$ -типа

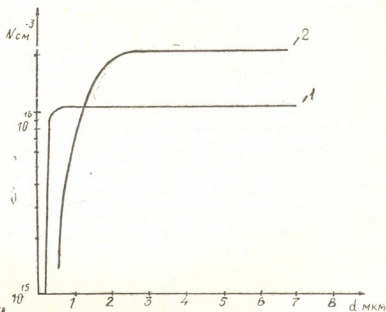


Рис. 3. Профиль распределения носителей тока по толщине эпитаксиальных слоев арсенида галлия  $n$ -типа

$\sim 2$  мкм, т. е. около 1/3 общей толщины. Из рис. 1 видно, что величина  $Ga_p/Ga_{тр}$  при стационарных условиях в 3—4 раза превышает значения, соответствующие области нестационарности. Следовательно, переходный слой растет при пониженных скоростях роста и только после стабилизации газовой фазы  $V_p$  повышается и до конца процесса остается неизменным. При применении ПГТ толщина переходного слоя растет с увеличением времени травления: рис. 2, кр. 2—10 мин ПГТ; кр. 3—15 мин ПГТ. Наиболее однородны пленки выращенные по методике Р-Т-Р (рис. 2, кривая 1; рис. 3, кривая 1). Зависимость  $N=f(d)$  в этих пленках указывает на существование сравнительно узкого переходного слоя толщиной  $\sim 0,5$  мкм.

Ввиду того что методика Р-Т-Р обеспечивает чистоту поверхности подложки и стабильность газовой фазы к моменту начала роста основного «рабочего» эпитаксиального слоя арсенида галлия, ответственными за появление переходного слоя следует считать такие механизмы, как автолегирование из газовой фазы, обратная диффузия примеси подложки в растущую фазу и др.

რ. ჰინკლადზე, თ. დარასელია

გაზური ფაზის არასტაბილურობა გალიუმის არსენიდის ფირების  
 ეპიტაქსიალური ზრდის დაწყებით პერიოდში

რეზიუმე

განხილულია  $n$ -ტიპის  $GaAs$  ეპიტაქსიალური ფირების  $Ga-AsCl_3-H_2$  სისტემაში დაწყებითი სტადიისას გაზური ფაზის არასტაბილურობის საკითხი. ჩატარებულია რეაქტორიდან გამოსული გაზური ნარევის ქიმიური ანალიზი ეპიტაქსიალური ზრდის სხვადასხვა პროცესებისათვის — წინასწარი გაზური მოწამვლით და მეთოდით „ზრდა-მოწამვლა-ზრდა“.

ნაჩვენებია, რომ გაზური ფაზის არასტაბილურობა ძლიერ გავლენას ახდენს ფირსა და საფენს შორის საზღვარზე გარდამავალი ფენის წარმოქმნაზე პროცესის დაწყებიდან 14—17 წუთის განმავლობაში.

„ზრდა-მოწამვლა-ზრდა“ პროცესის გამოყენებით შესაძლებელი ხდება საგრძნობლად შემცირდეს გარდამავალი ფენის სისქე.

PHYSICS

O. V. KINKLADZE, T. D. DARASELIA

## GAS PHASE INSTABILITY IN THE INITIAL PERIOD OF EPITAXIAL GROWTH OF GaAs FILMS

Summary

Gas phase instability in the initial period of epitaxial growth of  $n$ -GaAs films in the  $Ga-AsCl_3-H_2$  system is discussed. Chemical analysis of venting gas mixture was carried out for two different processes of epitaxial growth of films: a) without preliminary gas etching and b) according to the growth-etch-growth technique.

It is shown that the instability of gas phase strongly affects the formation of a transition layer at the surface-film interface during 14-17 min. from the starting of the process. Use of the growth-etch-growth technique permits a substantial reduction of the transition layer width.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Л. Г. Лаврентьева. Сб. «Процессы роста кристаллов и пленок п/п». Новосибирск, 1970, 118.
2. А. А. Жеребцова. Зарубежная электронная техника, 6, 3, 1973.
3. Ю. Д. Чистяков. Сб. «Рост кристаллов», 8. М., 1968, 258.
4. Л. Н. Александров. Кинетика образования и структуры твердых слоев. Новосибирск, 1972.
5. В. Н. Черняев, Л. В. Кожитов. Технология эпитаксиальных слоев арсенида галлия. М., 1974.
6. O. Ryuzan et al. Commun. and Electronics. Fujits, № 4, 1972.
7. З. Н. Чигогидзе, О. В. Кинкლადзе, М. В. Гунашвили. Сообщения АН СССР, 86, № 2, 1977.



ФИЗИКА

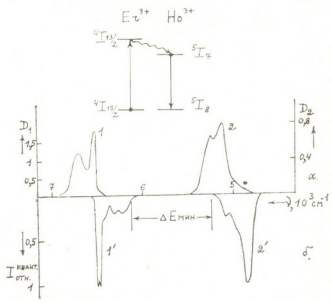
П. Г. БЕЛТАДЗЕ, И. В. КОВАЛЕВА, В. П. КОЛОБКОВ, С. П. ЛУНЬКИН,  
 Г. Г. МШВЕЛИДЗЕ

НЕРЕЗОНАНСНЫЙ БЕЗЫЗЛУЧАТЕЛЬНЫЙ ПЕРЕНОС ЭНЕРГИИ  
 ВОЗБУЖДЕНИЯ МЕЖДУ ИОНАМИ ЭРБИЯ И ГОЛЬМИЯ  
 В СТЕКЛАХ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. И. Санадзе 27.1.1978)

Соактивированные трехвалентными ионами эрбия и гольмия кристаллические среды в ряде ранее опубликованных исследований (в частности, в [1]), использовались в качестве удобных модельных объектов при изучении эффектов нерезонансного безызлучательного переноса энергии возбуждения. В данном случае перенос происходит с диссипацией на фононы решетки основы части энергии ( $\Delta E$ ) возбуждения донора, соответствующей расстройке комбинирующих уровней ( $^4I_{13/2}$ ,  $^4I_{15/2}$ ) и ( $^5I_7$ ,  $^5I_8$ ) взаимодействующих ионов  $Er^{3+}$  и  $Ho^{3+}$  (рис. 1). В неорганических стеклах передача энергии между указанными соактиваторами рассматривалась в [2, 3]. Задача настоящего сообщения — дальнейшее развитие представлений о нерезонансном безызлучательном переносе энергии с привлечением температурных зависимостей переноса для соактивирующей пары  $Er^{3+}$ ,  $Ho^{3+}$  в стеклах разных классов. Подобный подход в применении к другим соактивированным стеклам был использован, в частности, в [4].

Рис. 1. Схема переноса энергии возбуждения между ионами  $Er^{3+}$  и  $Ho^{3+}$ . Спектры поглощения (а) и люминесценции (б) ионов  $Er^{3+}$  (1, 1';  $T=4,2^\circ K$ ) и  $Ho^{3+}$  (2, 2';  $T=77^\circ K$ ) в стекле состава  $WO_3 \cdot 7,25 TeO_2$ . Толщина образцов 4 мм. Концентрации активаторов 3 вес. % (а—1, 2; б—2') и 0,8 вес. % (а—1, 2'; б—1')



В качестве объектов исследования нами были использованы стекла следующих составов: силикатное стекло  $Na_2O \cdot 4SiO_2$ , фосфатное стекло  $CaO \cdot P_2O_5$ , боратное стекло  $Na_2O \cdot 4B_2O_3$ , германатное стекло  $Na_2O \cdot 9GeO_2$ , теллуритное стекло  $WO_3 \cdot 7,25TeO_2$ . Во избежание услож-



няющих эффектов, связанных с миграцией энергии по ионам донора, концентрация окиси эрбия составляла 0,5 вес.%. Для ряда исследованных сред это дает набор концентраций  $0,3-0,9 \cdot 10^{20}$  ионов/см<sup>3</sup>. Максимальные концентрации окиси гольмия достигали 4 вес.%. Вероятности переноса энергии определялись по сокращению длительности люминесценции эрбия в присутствии гольмия:  $W = \frac{1}{\tau} - \frac{1}{\tau_0}$ . Точность единичного определения величины  $W$  не превышает  $\pm 15\%$ .

Сложная штарковская структура комбинирующих состояний ионов эрбия и гольмия не дает возможности учесть вклад от каждого индивидуального перехода между отдельными штарковскими компонентами в суммарную вероятность переноса энергии возбуждения. При такой сложной картине взаимодействия целесообразно производить измерения длительностей люминесценции по обычной методике без специальной монохроматизации возбуждающего света. Такое приближение при достаточно сильно различающихся скоростях передачи энергии в разных классах стекол позволяет делать определенные выводы относительно влияния различных сред на эффективность передачи. Нами измерялись средние значения  $\tau$  люм. эрбия. В качестве источника возбуждающего света использовалась импульсная ксеноновая лампа с длительностью импульса 4 мкс.

Для каждой из перечисленных систем были изучены зависимости величин  $W$  от концентрации акцепторных ионов  $\text{Ho}^{3+}$ . Представленные в табл. 1 значения  $W$  при концентрации гольмия  $1,5 \cdot 10^{20}$  ионов/см<sup>3</sup> показывают, что в ряду исследованных стекол разных классов эффек-

Таблица 1  
Вероятности переноса энергии  $W$  ( $\text{Er}^{3+} \rightarrow \text{Ho}^{3+}$ ) и высокочастотная граница колебательного спектра  $\nu_{\text{макс}}$  в стеклах разных классов

Состав стекла	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 4\text{SiO}_2$	$\text{WO}_3 \cdot 7,25 \text{TeO}_2$	$\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 9\text{GeO}_2$	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 4\text{B}_2\text{O}_3$
$W \cdot 10^{-2} \text{ сек}^{-1}$	0,3	0,6	1,1	2,4	4
„Пред“ кол. $\nu_{\text{макс}} \cdot \text{см}^{-1}$	1050	680	1120	840	1400

тивность передачи энергии, изменяясь более чем на порядок, возрастает при переходе от силикатного к теллуричному и далее фосфатному, германатному, боратному стеклам. Такое изменение величины  $W$  необходимо соотносить с различием возможностей локализации энергии расстройки  $\Delta E$  комбинирующих уровней ионов  $\text{Er}^{3+}$  и  $\text{Ho}^{3+}$  на колебаниях отдельных связей окружения примесных центров в стеклообразной среде. Большое значение  $W$  в боратном стекле, по-видимому, определено может быть приписано возможности передачи энергии с участием одного наиболее высокоэнергетического фонона с энергией около  $1400 \text{ см}^{-1}$ , присутствующего в колебательном спектре данной матрицы. В отношении других исследованных сред не наблюдается прямой корреляции вероятности переноса энергии с изменением частоты «предельного» колебания, характерного для данной матрицы.

С целью получения дополнительных сведений, полезных для интерпретации данных, были проведены измерения температурных зави-

симостей величин  $W$  (табл. 2). Во всех исследованных случаях обнаруживается слабое влияние температуры на эффективность передачи энергии. По-видимому, это означает, что во всех матрицах реализуется однофононный процесс релаксации энергии электронного возбуж-

Таблица 2

Температурная зависимость вероятности переноса энергии ( $\text{Er}^{3+} \rightarrow \text{Ho}^{3+}$ ) в стеклах

T, °K	$W \cdot 10^{-2} \text{ сек}^{-1}$				
	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 4\text{SiO}_2$	$\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 9\text{GeO}_2$	$\text{WO}_3 \cdot 7,25 \text{ TeO}_2$	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 4\text{B}_2\text{O}_3$
	$C_{\text{Ho}^{3+}} \cdot 10^{-20} \text{ см}^{-3}$				
	1,5	1,7	2,6	3,7	1,4
4,2	0,30	1,1	—	1,5	—
77	0,30	1,3	—	1,5	—
300	0,30	1,3	3,5	1,5	3,5
380	0,30	1,3	3,3	1,4	3,2
430	0,31	1,2	3,5	1,5	3,3
480	0,33	1,3	3,5	1,2	3,8
530	0,40	1,1	3,3	—	—
580	—	—	3,5	—	—
620	—	1	3,5	—	—

дения. Как видно из данных табл. 1, у силикатного и фосфатного стекол энергии «пределных» высокочастотных колебаний превосходят величину минимальной расстройки  $E_{\text{мин}}$  для наиболее сближенных штарковских компонент комбинирующих пар термов ионов  $\text{Er}^{3+}$  и  $\text{Ho}^{3+}$ . Таким образом, однофононный обмен энергии в этих случаях представляется возможным. В случае германатного и теллуридного стекол (рис. 1) величина  $\Delta E_{\text{мин}}$  близка к частоте «пределного» колебания; наличие некоторого избытка энергии не дает изменения  $W$  в исследованном температурном интервале в пределах погрешности эксперимента. Обнаруженное различие в эффективностях переноса в ряду исследованных матриц может в некоторой степени обуславливаться перекрытием интервала энергетической расстройки и взаимодействующей колебательной полосы, вариацией заселенностей отдельных штарковских подуровней комбинирующих термов взаимодействующих ионов и изменением интенсивностей колебательных переходов, участвующих в обмене энергии возбуждения.

Как известно, эффективность безызлучательного нерезонансного переноса прямым образом связана с параметром силы электронно-колебательного взаимодействия. Для стекол оценки этих параметров приводятся в [4], а также могут быть сделаны на основании данных работы [5]. В первом приближении параметры силы электронно-колебательного взаимодействия могут быть охарактеризованы отношением интегральных интенсивностей вибронных спутников и чисто электронной линии. Для серии исследованных в [5] стекол, активированных европием, это отношение изменяется следующим образом: теллуридное стекло — 0,13; германатное — 0,15; фторобериллатное — 0,12; сульфатное — 0,15; силикатное — не более 0,03. На основании этих результатов можно полагать, что наблюдаемое различие эффективностей

безызлучательной нерезонансной передачи энергии в исследованных системах в значительной степени обуславливается изменением силы электронно-колебательного взаимодействия примесных центров с окружением.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт кибернетики

Государственный оптический  
 институт  
 им. С. И. Вавилова

(Поступило 2.2.1978)

ფიზიკა

პ. ბელთაძე, ი. კოვალევა, ვ. კოლობკოვი, ს. ლუნკინი, ბ. მშველიძე

მინერგის ერბიუმის და ჰოლმიუმის იონებს შორის აღზენების  
 ენერგეტიკის არარეზონანსული არასხივადი გადაცემა

რ ე ზ ი უ მ ე

გამოკვლეულია მინებში აღზენების ენერგეტიკის არასხივადი გადაცემა  $Er^{3+}$   
 $\rightarrow Ho^{3+}$  სისტემაში (4,2—620°K ტემპერატურული ინტერვალში).

ნაჩვენებია, რომ შესწავლილ მინებში ენერგეტიკის არასხივადი რელაქსაცია  
 ხორციელდება ერთი ფონონის მონაწილეობით.

სიდიდე  $W(Er^{3+} \rightarrow Ho^{3+})$  სხვადასხვა შედგენილობის მინისათვის სხვა-  
 დასხვაა, რაც ახსნილია მესერის რხევებთან ელექტრონების ურთიერთ-  
 ქმედების ზასიათით.

PHYSICS

P. G. BELTADZE, I. V. KOVALYOVA, V. P. KOLOBKOV, S. P. LUNKIN,  
 G. G. MSHVELIDZE

NON-RESONANCE NON-RADIATIVE EXCITATION ENERGY  
 TRANSFER BETWEEN ERBIUM AND HOLMIUM IONS IN GLASSES

Summary

Non-radiative transfer of excitation energy in the  $Er^{3+}$ - $Ho^{3+}$  system in glasses was investigated at temperatures 4,2—620°K and correlated with the composition of the host glass. It is shown that non-radiative relaxation of energy in the glasses under study involves a one-phonon process.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. L. F. Johnson, L. G. Van Uitert, J. J. Rubin, R. A. Thomas. Phys. Rev. 133 (2A), A, 1964, 494.
2. ი. ა. ჯმირევა, ვ. პ. კოლობკოვი, თ. ი. ვეინბერგი. Сб. «Спектроскопия твердого тела», № 4, 1969, 150—158.
3. ვ. პ. კოლობკოვი, ვ. დ. ხალილევი, ი. პ. ვასილკი, ვ. ი. ვახრამევი, ი. ა. ჯმირევა, ი. ვ. კოვალევა. Физ. и хим. стекла, 3, № 3, 1977, 249—
4. T. Komiyama. J. Non-Cryst. Solids, 18, 107-118, 1975.  
255.
5. ვ. კ. ზაქაროვი, ი. ვ. კოვალევა, ვ. პ. კოლობკოვი, ლ. ფ. ნიკოლაევი. Опт. и спектр., 42, вып. 5, 1977, 926—932.

В. Ш. ГОГОХИЯ

РЕЛЯТИВИСТСКАЯ КУЛОНОВСКАЯ ЗАДАЧА  
 В КВАЗИПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ФОРМУЛИРОВКЕ

(Представлено академиком А. Н. Тавхелидзе 2.3.1978)

Рассмотрим квазипотенциальное уравнение Логунова—Тавхелидзе для полной амплитуды рассеяния двух скалярных частиц одинаковой массы [1]:

$$T(\vec{p}, \vec{p}') = V[(\vec{p} - \vec{p}')^2] + \int \frac{d^3q}{Vq^2 + m^2} \frac{V[(\vec{p} - \vec{q})^2] T(\vec{q}, \vec{p}')}{k^2 - q^2}, \quad (1)$$

где  $\vec{p}$ ,  $\vec{p}'$  — соответственно начальный и конечный импульсы в системе центра масс, причем энергетическая поверхность определяется условием  $p^2 = p'^2 = k^2$ , а энергия в системе центра масс равна  $W = 2\sqrt{k^2 + m^2}$ . Разлагая далее амплитуду  $T(\vec{p}, \vec{p}')$  и квазипотенциал  $V[(\vec{p} - \vec{p}')^2]$  по частичным волнам

$$T(\vec{p}, \vec{p}') = \frac{1}{4\pi p p'} \sum_{l=0}^{\infty} (2l+1) f_l(p, p') P_l(\widehat{p p}'),$$

$$V[(\vec{p} - \vec{p}')^2] = \frac{1}{4\pi p p'} \sum_{l=0}^{\infty} (2l+1) V_l(p, p') P_l(\widehat{p p}'),$$

где  $\widehat{p p} \equiv \vec{p} / |p|$ , получаем для частичных амплитуд следующее уравнение:

$$f_l(p, p') = V_l(p, p') + \int_0^{\infty} \frac{dq}{Vq^2 + m^2} \frac{V_l(p, q) f_l(q, p')}{k^2 - q^2}, \quad (2)$$

где

$$V_l(p, p') = V p p' \int_0^{\infty} dr V(r) J_{l+1/2}(pr) J_{l+1/2}(p'r). \quad (3)$$

Для квазипотенциалов вида  $V(r) = gr^{-2n+1}$  в случае целых  $n$ , воспользовавшись формулой ( $n > 0$ ,  $\text{Re} l > n - 3/2$ )

$$V p p' \int_0^{\infty} dr r^{-2n+1} J_{l+1/2}(pr) J_{l+1/2}(p'r) = \frac{\Gamma(l+3/2-n)}{2^{2n-1} \Gamma(n) \Gamma(l+3/2)} \times$$



$$\times \left\{ \Theta(p-p') \frac{p'^{l+1}}{p^{l+2-2n}} F \left( l+3/2-n, -n+1; l+3/2; \frac{p'^2}{p^2} \right) + \right. \quad (4)$$

$$\left. + \Theta(p'-p) \frac{p^{l+1}}{p'^{l+2-2n}} F \left( l+3/2-n, -n+1; l+3/2; \frac{p^2}{p'^2} \right) \right\}$$

уравнение (2) можно свести к дифференциальной краевой задаче порядка  $2n$ , с  $n$ -граничными условиями в нуле и  $n$ -граничными условиями на бесконечности. Случаи  $n=1, 2$  подробно исследовались в [2, 3] соответственно.

Изучив теперь более подробно значение  $n=1/2$ , т. е. когда квазипотенциал тождественно равен постоянной  $V(r) \equiv g$  и который, как это будет показано ниже, соответствует кулоновскому потенциалу в уравнении Шредингера. В этом случае ( $V(r) \equiv g, n=1/2$ ) квазипотенциал  $V_l(p, p')$  (3), (4) равен

$$V_l(p, p') = g \frac{\Gamma(l+1)}{\Gamma(1/2) \Gamma(l+3/2)} \left\{ \Theta(p-p') \frac{p'^{l+1}}{p^{l+1}} F \left( l+1, \frac{1}{2}; l+3/2; \frac{p'^2}{p^2} \right) + \right. \quad (5)$$

$$\left. + \Theta(p'-p) \frac{p^{l+1}}{p'^{l+1}} F \left( l+1, \frac{1}{2}; l+3/2; \frac{p^2}{p'^2} \right) \right\}.$$

Уравнение (2) тогда можно записать следующим образом:

$$f_l(p, p') = V_l(p, p') + 2g' \left\{ \int_0^\infty \frac{dq}{\sqrt{q^2 + m^2(k^2 - q^2)}} \left[ \Theta(p-q) \frac{q^{l+1}}{p^{l+1}} \times \right. \quad (6)$$

$$\left. \times F \left( l+1, \frac{1}{2}; l+\frac{3}{2}; \frac{q^2}{p^2} \right) + \Theta(q-p) \frac{p^{l+1}}{q^{l+1}} F \left( l+1; \frac{1}{2}; l+3/2; \frac{p^2}{q^2} \right) \right] \right\},$$

где мы ввели обозначение  $2g' = g\Gamma(l+1)/\Gamma(1/2)\Gamma(l+3/2)$ . Рассмотрим далее  $S$ -волну ( $l=0$ ). В этом случае, используя формулу

$$F \left( 1, \frac{1}{2}; \frac{3}{2}; \frac{p^2}{p'^2} \right) = \frac{1}{2} \frac{p}{p'} \ln \frac{p+p'}{p-p'}$$

и вводя безразмерные переменные ( $mx=p, mx'=p', mz=q$ ), а также безразмерные параметры ( $E=km^{-1}, \lambda^2=gm^{-2}$ ), окончательно получаем

$$f_0(x, x') = V_0(x, x') + \lambda^2 \int_0^\infty \frac{dz f_0(z, x')}{\sqrt{1+z^2(E^2-z^2)}} \ln \left| \frac{x+z}{x-z} \right|, \quad (7)$$

где  $V_0(x, x')$  определяется выражением (5) при  $l=0$ .

Задача о связанных состояниях сводится к отбрасыванию неоднородного члена  $V_0(x, x')$  и замене  $E^2 \rightarrow -E^2$ .

Соответствие между квазипотенциалом  $V(r)$  из (3) и потенциалом в уравнении Шредингера проще всего установить с помощью уравнения для квазипотенциальной волновой функции в координатном пространстве [1].

$$\frac{d^2 u_l(r)}{dr^2} + \left[ k^2 - \frac{l(l+1)}{r^2} \right] u_l(r) = V(r) \int_0^\infty dr' K_l(r, r') u_l(r'), \quad (8)$$

где

$$K_l(r, r') = \sqrt{\frac{r'}{r}} \int_0^\infty \frac{q dq}{\sqrt{q^2 + m^2}} J_{l+1/2}(qr) J_{l+1/2}(qr'), \quad (9)$$

а квазипотенциал  $V(r)$  совпадает с квазипотенциалом  $V(r)$  из (3). В нерелятивистском пределе  $m^2 \rightarrow \infty$  получаем

$$K_l(r, r') \sim \frac{1}{mr} \delta(r - r').$$

Тогда квазипотенциальное уравнение (8) переходит в обычное уравнение Шредингера с потенциалом  $U(r) = V(r)/mr$ :

$$\frac{d^2 u_l(r)}{dr^2} + \left[ k^2 - \frac{l(l+1)}{r^2} \right] u_l(r) = U(r) u_l(r). \quad (10)$$

Если теперь  $V(r) \equiv g$ , то уравнение (10) есть уравнение Шредингера с кулоновским потенциалом  $(g/m)r^{-1}$ . Таким образом устанавливается соответствие между квазипотенциалом  $V(r)$  и потенциалом  $U(r)$  в уравнении Шредингера, т. е. связь между любым квазипотенциалом в координатном представлении  $V(r)$  и соответствующим ему потенциалом  $U(r)$  в уравнении Шредингера дается формулой

$$U(r) = (mr)^{-1} V(r),$$

откуда видно, что размерности  $V(r)$  и  $U(r)$  совпадают.

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

(Поступило 9.3.1978)

ფიზიკა

3. ზოგონია

რელატივისტური კულონის პრობლემა კვანძოტენციალურ ფორმულირებაში

რეზიუმე

შესწავლილია რელატივისტური კულონის პრობლემა კვანძოტენციალურ-რი მეთოდის ფარგლებში სკალარული ნაწილაკისათვის. განხილულია შესაბამისი არარელატივისტური ზღვარი.

V. Sh. GOGOKHIA

RELATIVISTIC COULOMB PROBLEM IN THE QUASIPOTENTIAL  
APPROACH

## Summary

A relativistic Coulomb problem is considered in the framework of the quasipotential equation for scalar particles. The corresponding nonrelativistic limit is discussed.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. A. A. Logunov, A. N. Tavkhelidze. *Nuovo Cimento*, 29, 1963, 380.
2. В. Ш. Гогохия, Д. П. Мавло, А. Т. Филиппов. *ТМФ*, 27, № 3, 1976, 323.
3. В. Ш. Гогохия, А. Т. Филиппов. *ТМФ*, 21, № 1, 1974, 37.

Г. П. ГОРДАДЗЕ

## МЕТОДИКА ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОВЕДЕНИЯ АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА

(Представлено академиком Э. Л. Андрикошвили 23.2.1978)

Проведение активационного анализа включает в себя выполнение нескольких процедур, каждый из которых можно выполнить разными способами. При решении конкретных задач, перед аналитиком стоит проблема выбора оптимального варианта каждой процедуры. В данной работе описывается разработанная нами методика, позволяющая оптимально, без оценочных экспериментов, выбрать варианты каждой процедуры из условия получения оптимальной точности, чувствительности и экспрессности, с учетом, что применение данной методики должно быть экономически оправданным.

Согласно [1], точность оценки результата активационного определения  $j$ -го элемента исследуемого образца  $x_j$  характеризуется средним значением квадрата погрешности, или, больше практикуемой для аналитических целей, относительной погрешности  $\delta x_j$ . В общем случае [2], она имеет вид

$$\delta x_j = \sqrt{\delta^2 x_{jr} + \delta^2 x_{jb}}, \quad (1)$$

где  $\delta x_{jr}$  и  $\delta x_{jb}$  — относительные случайные и систематические погрешности.

Они, согласно [2, 3], в общем случае выражаются формулами

$$\delta x_{jr} = \sqrt{\delta^2 J_j + \Delta^2}, \quad \delta x_{jb} = \sqrt{(L - 1)^2}, \quad (2)$$

где величины  $\delta^2 J_j$ ,  $\Delta^2$  и  $L$ , в зависимости от использования абсолютного или относительного метода активационного анализа имеют вид

$$\delta^2 J_j = \frac{\sigma_j^2 + \sum_{i \neq j}^n (B_i^2 \sigma_{xi}^2 + x_i^2 \sigma_{Bi}^2)}{\left( J - B_\phi - \sum_{i \neq j}^n B_i x_i \right)^2}, \quad L = \frac{J - B_\phi - \sum_{i \neq j}^n B_i x_i}{J_j},$$

$$\frac{\sigma_j^2 + \sigma_{B\phi}^2}{(J - B_\phi)^2}, \quad \frac{J - B_\phi}{J_9 - B_\phi} \frac{x_j}{x_j} \frac{1}{K}$$

$$\Delta^2 = \begin{cases} \delta^2 B_j \\ \delta^2 J_9 + \delta^2 x_{j9} + \delta^2 K \end{cases} \quad (3)$$

Здесь  $K$  и  $\delta^2 K$  в случае использования обычного относительного метода и метода монитора принимают следующие значения:



$$K = \begin{cases} 1 \\ J_M \\ J_{M\Phi} \end{cases}, \quad \delta^2 K = \begin{cases} 0 \\ \delta^2 J_M + \delta^2 J_{M\Phi} \end{cases} \quad (4)$$

$J$  и  $J_{\Phi}$  — регистрируемые числа наведенных активностей в образце и в эталоне;  $B_{\Phi} - J_{\Phi} \Delta t \psi_{\Phi \Delta t}$  — регистрируемое число ядерного излучения, вызванное регистрацией космического фона и активностей естественных радиоактивных изотопов;  $J_M$  и  $J_{M\Phi}$  — монитором регистрируемые числа импульсов, пропорциональные потоку бомбардирующих частиц во время облучения образца и эталона;  $\sigma_J^2, \sigma_{J_{\Phi}}^2, \sigma_{B_{\Phi}}^2, \sigma_{J_M}^2, \sigma_{J_{M\Phi}}^2, \delta J, \delta J_{\Phi}, \delta B_{\Phi}, \delta J_M, \delta J_{M\Phi}$  — соответствующие им дисперсии и относительные погрешности.

В общем случае, дисперсия измерения наведенной активности образца

$$\sigma_J^2 = \sigma_{J_{an}}^2 + \sigma_{J_{cm}}^2, \quad (5)$$

где  $\sigma_{J_{an}}^2$  — дисперсия, вызванная нестабильностью измерительной аппаратуры;

$$\sigma_{J_{cm}}^2 = \sum_{i=1}^n N_{oi} J_{ii} J_{\tau i} J_{\Delta t i} \psi_{i \Delta E} (1 - J_{ii} J_{\tau i} J_{\Delta t i} \psi_{i \Delta E}) + J_{\Phi} \Delta t \psi_{\Phi \Delta E} \quad (6)$$

— статистическая дисперсия, вызванная статистическим характером образования радиоактивных ядер, их распада и регистрации. Аналогичные выражения (5) имеют и другие вышеперечисленные дисперсии. В выражении (6)  $N_{oi}$  — число ядер  $i$ -го типа в образце с массой  $M$  в начале облучения;  $J_{ii}$  — вероятность образования радиоактивного изотопа с постоянной распада  $\lambda_i$  от  $i$ -го изотопа образца в результате его облучения в течение времени  $t$  потоком бомбардирующих частиц, имеющей энергетическое распределение  $\Phi(E, t)$  в интервале  $(E_1, E_2)$ ;  $J_{\tau i}$  — вероятность того, что образованные радиоактивные ядра, от изотопа  $i$ -го типа, не распались во время задержки образца после облучения до измерения в течение времени  $\tau$ ;  $J_{\Delta t i}$  — вероятность того, что они распались во время измерения в интервале  $\Delta t$ ;  $\psi_{i \Delta E}$  и  $\psi_{\Phi \Delta E}$  — вероятности регистрации индуцированного радиоактивного излучения и фона, энергии которых помещены в интервале  $(E_{ii}, E_{\Phi})$ ;  $J_{\Phi}$  — фоновая активность. Они, в общем случае, согласно [3, 4], имеют вид

$$J_{ii} = \exp \left[ -\lambda_i t - \int_0^t \int_{E_1}^{E_2} \Phi(E, t) \sigma'_i(E) dEdt \right] \int_0^t \int_{E_1}^{E_2} \Phi(E, t) \sigma_i(E) \times$$

$$\times \exp \left[ \lambda_i t + \int_0^t \int_{E_1}^{E_2} \Phi(E, t) (\sigma'_i - \sigma_i) dEdt \right] dEdt,$$

$$J_{\tau i} = \exp[-\lambda_i \tau], \quad J_{\Delta t i} = 1 - \exp[-\lambda_i \Delta t], \quad N_{oi} = \frac{MN_0 I_i X_i}{100 A_i},$$



$$\begin{aligned} \psi_{i\Delta E} = \psi_i \int_0^{E_k - E_n} & \left\{ \frac{P_i}{0,346 R_0 \sqrt{2\pi} E_i} \exp \left[ -\frac{(E - E_i)^2}{0,239 R_0 E_i} \right] + \right. \\ & \left. + \frac{1 - P_i}{f(E_i) 0,346 \sqrt{2\pi} R_0} \int_0^{\frac{2E_i}{1+2E_i}} \frac{1}{\sqrt{E_\beta}} \left[ 2 + E_\beta \frac{E_\beta (E_i + 1)^2 - E_i (E_\beta^2 + 2E_i)}{E_i^2 (E_i - E_\beta)^2} \right] \times \right. \\ & \left. \times \exp \left[ -\frac{(E_\beta - E_i)^2}{0,239 R_0^2 E_\beta} \right] dE_\beta \right\} dE, \end{aligned} \quad (7)$$

$$\psi_i(E) = \frac{\int \{1 - \exp[-\mu(E_i)x]\} \exp[-\kappa(E_i)y] d\Omega}{\int d\Omega},$$

$$P_i = A(E_i) - B(E_i) \exp[-C(E_i) \sqrt{ab}],$$

$$f(E_i) = \frac{18 E_i^3 + 18 E_i^2 + 4 E_i}{(1 + 2 E_i)^2} + \frac{E_i^2 - 2 E_i - 2}{E_i} \ln |1 + E_i|,$$

где  $N_0$ —число Авогадро;  $I_i$ —распространенность  $i$ -го изотопа;  $A_i$ —атомный вес элемента, имеющий  $i$ -й изотоп,  $x_i$  и  $x_{i0}$ —процентные содержания этого элемента в образце и в эталоне, а  $\sigma_{x_i}^2$ ,  $\sigma_{x_{i0}}^2$ ,  $\delta x_i$ ,  $\delta x_{i0}$ —соответствующие им дисперсии и относительные погрешности, вызванные неточностями знания содержания этих элементов в образце и в эталоне;  $\sigma_i(E)$  и  $\sigma'_i(E)$ —функции возбуждения первичных и вторичных ядерных реакций на изотопе  $i$ -го типа;  $\psi_i(E)$ —полная эффективность регистрации гамма-квантов  $i$ -й энергии;  $\mu(E_i)$  и  $\kappa(E_i)$ —полные коэффициенты поглощения гамма-квантов в детекторе и в образце;  $\Omega$ —телесный угол, под которым виден детектор от источника;  $R_0$ —энергетическое разрешение спектрометра для гамма-квантов  $Cs^{137}$  с энергией 0,662 Мэв;  $P_i$ —фоточасть, которая является функцией энергии и размеров детектора, где  $a$ —радиус а  $b$ —высота детектора,  $A(E_i)$ ,  $B(E_i)$ ,  $C(E_i)$ —постоянные коэффициенты;  $J_i = N_{0i} J_{ii} J_{\tau i} J_{\Delta i} \psi_{i\Delta E}$ —регистрированная наведенная активность  $i$ -го изотопа;  $B_i = \frac{J_i}{x_i}$ , а  $\sigma_{B_i}^2$  и  $\delta^2 B_i$ —ее дисперсия и относительная погрешность, вызванная неточностями знания параметров экспериментальной установки и ядерными параметрами  $i$ -го элемента.

Критерий получения оптимальной чувствительности не является самостоятельным критерием, так как, согласно [1], при заданном уровне значимости она пропорциональна точности анализа.

Экспрессность анализа приобретает особо важное значение при массовых анализах. Она определяется общим временем анализа

$$T = t_1 + t + \tau + \Delta t + t_2, \quad (8)$$

где  $t_1$  — время приготовления образцов до облучения, а  $t_2$  — время расшифровки полученных данных.

Экономическая целесообразность выбора определенного  $i$ -го варианта анализа, согласно [5], характеризуется величиной

$$Q_i = K_i + T_n C_i, \quad (9)$$

где  $K_i$  — капитальное вложение по данному варианту;  $C_i$  — себестоимость продукции за год по тому же варианту;  $T_n$  — нормативный срок окупаемости.

Таким образом, варианты отдельных процедур должны быть выбраны таким образом, чтобы оптимизировать три основные величины  $\delta x_j$ ,  $T$ ,  $Q$ . Это в зависимости от специфики решаемой практической задачи можно осуществить с помощью трех вышеуказанных критериев

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Min } \{\delta x_j\} \\ T \leq T_0, \\ Q \leq Q_0 \end{array} \right., \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Min } \{T\} \\ \delta x_j \leq \delta x_{j_0}, \\ Q \leq Q_0 \end{array} \right., \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Min } \{Q\} \\ \delta x_j \leq \delta x_{j_0}, \\ T \leq T_0 \end{array} \right. \quad (10)$$

Работы оптимального планирования и выполнения исследований по активационному анализу могут осуществляться с помощью машинной программы нахождения условного минимума функции многих переменных с помощью трех указанных в (10) критериев.

Академия наук Грузинской ССР

Институт физики

(Поступило 10.3.1978)

ფიზიკა

ბ. გორდაძე

აქტივაციური ანალიზის ჩატარების ოპტიმალური დაგეგმვის მეთოდისა

რეზიუმე

შემუშავებულია აქტივაციური ანალიზის ჩატარების ოპტიმალური დაგეგმვის მეთოდისა.

PHYSICS

G. P. GORDADZE

## A TECHNIQUE OF OPTIMUM PLANNING OF ACTIVATION ANALYSIS

Summary

A technique of optimum planning of activation analysis has been worked out. It permits to develop an economical, highly accurate quick technique of activation analysis and to improve technical and economical performance of the existing techniques.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. Т. Тустановский. Оценка точности и чувствительности активационного анализа. М., 1976.
2. Дж. Бендат, А. Пирсол. Измерение и анализ случайных процессов. М., 1974.
3. Г. П. Гордадзе. Сообщения АН ГССР, 78, № 3, 1975.
4. Н. А. Вартанов, П. С. Самойлов. Прикладная сцинтилляционная гамма-спектроскопия. М., 1969.
5. Сб. «Экономика социалистической промышленности». М., 1974.

З. Н. ЧИГОГИДЗЕ, Н. П. ХУЧУА

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРОБОЯ В ВЫСОКООМНОМ КОМПЕНСИРОВАННОМ $p$ - $InSb$

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. Р. Хуцишвили 9.3.1978)

Явление электрического пробоя в антимониде индия как  $n$ -, так и  $p$ -типа при  $T=77^\circ\text{K}$  в настоящее время хорошо исследовано экспериментально и теоретически. Это явление связано с возникновением электронно-дырочных пар за счет ударной ионизации зона-зона.

Ударная ионизация примесей в  $InSb$  изучена меньше [1, 2].

Особый интерес для исследования пробоя представляет высокоомный компенсированный материал: при высокой степени компенсации выявляется влияние глубоких примесных уровней на электрофизические свойства  $InSb$  [3, 4] и на ударную ионизацию в нем [2]; практическое использование явления пробоя для создания быстродействующих коммутационных устройств может быть реализовано именно для высокоомного материала с большими значениями подвижности [5, 6].

В настоящей работе исследованы некоторые особенности пробоя в  $p$ - $InSb$ , в котором компенсация остаточной донорной примеси акцепторными центрами достигалась термообработкой  $n$ - $InSb$  с последующим медленным охлаждением [5]. Полученный таким способом высокоомный  $p$ - $InSb$  имел концентрацию и подвижность носителей  $p \approx (0,2 \div 2) \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$  и  $\mu_p \approx (3 \div 7) \cdot 10^3 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{сек}$  соответственно. Сбразцы содержали глубокий примесный уровень с энергией активации  $\Delta \varepsilon_0 \approx 0,12 \text{ эВ}$ .

Исследование пробоя проводилось в импульсном режиме при  $T=77^\circ\text{K}$ .

На рис. 1 приведены характерные зависимости плотности тока  $j$  от напряженности электрического поля  $E$  и удельного сопротивления  $\rho$  от смещающего напряжения  $U$  для образцов  $p$ - $InSb$  с различной величиной  $p$ . Как видно из рисунка, при относительно небольших значениях поля (уч. I кр. 1—4) выполняется закон Ома. Затем проявляется участок II монотонного возрастания  $j$  с полем, чему соответствует плавное уменьшение  $\rho$ . Отступление от закона Ома, наблюдаемое вплоть до критических полей,  $E_{кр}$  связано скорее всего с постепенным увеличением концентрации носителей по мере их разогрева электрическим полем, по-видимому, за счет уменьшения скорости рекомбинации [7]. При  $E = E_{кр}$  наступает скачкообразное увеличение плотности тока (уч. III), обусловленное межзонным (кр. 2) или примесным (кр. 1) пробоем в образце, с соответствующей коммутацией проводимости (уч. III кр. 3 и 4). По мере увеличения  $E > E_{кр}$   $j$  продолжает круто расти (уч. IV кр. 1 и 2). Это связано с дальнейшим увеличением концентрации носителей электрическим полем и выражается в уменьшении  $\rho$  с ростом  $U$  (уч. IV кр. 3 и 4). В случае, когда примесный пробой проявляется раньше межзонного, возникает еще один участок (III'), соответствующий пробоя зона-зона, с последующим возрастанием  $j$  и уменьшением  $\rho$  (уч. IV' кр. II и 3).



Можно считать, что примесный пробой происходит скорее всего с уровня  $\Delta \epsilon_0 \approx 12 \text{ эВ}$ .

Величины  $E_{кр}$  в случае межзонного пробоя лежат в интервале  $30 \div 60 \text{ В/см}^2$ , однако произведение  $E_{кр} \cdot \mu_p \approx 2 \cdot 10^5 \text{ см/сек} = \text{const}$ . Для примесного пробоя  $E_{кр} \approx 15 \div 20 \text{ В/см}$ , а значение  $E_{кр} \mu_p$ , как и следовало ожидать, оказывается меньше ( $\approx 0,6 \cdot 10^6 \text{ см/сек}$ ).

Полученные данные хорошо укладываются в рамки представлений об ударной ионизации в полупроводниках. Однако величины  $E_{кр}$  в случае компенсированного  $p\text{-InSb}$  оказываются значительно меньше, чем это было получено другими авторами для  $n\text{-InSb}$  [8]. Ввиду того

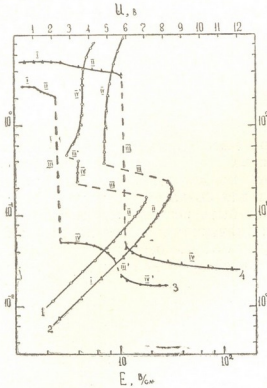


Рис. 1. Зависимости  $j=f(E)$ —1, 2 и  $\rho=F(U)$ —3, 4 для образцов с различной концентрацией: 1,3— $\rho=6,5 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-3}$ ; 2,4— $\rho=1,7 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-3}$

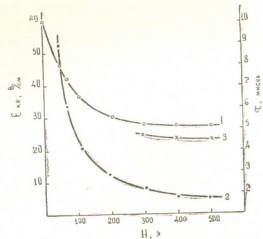


Рис. 2. Зависимости  $E_{кр}$  (1)  $\tau_{ин}$  (2) и  $\tau_{из}$  (3) от напряженности магнитного поля  $H_\alpha$  ( $\alpha=10^\circ$ )

что в нашем случае инжекцией из контактов можно пренебречь<sup>(2)</sup>, заниженные значения  $E_{кр}$  мы склонны объяснить «облегчением» процесса межзонного пробоя ударной ионизации примесного уровня даже в том случае, когда на ВАХ примесный пробой не проявляется.

Примечателен тот факт, что примесный пробой, предшествующий межзонному, обнаруживается в образцах, у которых  $5 \cdot 10^{12} < \rho < 5 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ , а в случае  $\rho \lesssim 5 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-3}$  возникает пробой зона-зона.

Для того чтобы примесный пробой появился до наступления межзонного, время задержки примесного пробоя  $\tau_{ин}$  должно быть меньше времени задержки пробоя зона-зона,  $\tau_{из}$ .

(1) Разброс в величинах  $E_{кр}$  может быть обусловлен различной степенью компенсации образцов.

(2) Измерения, проведенные на одном и том же образце, однако с контактами различной площади, находящимися на различных расстояниях друг от друга, показывают, что возникновение пробоя определяется величиной  $E$ , а не  $U$ .

Если воспользоваться оценками работы [9], то для  $p\text{-InSb}$  величину  $\tau_{\text{ин}}$  при  $E = E_{\text{кр}}$  можно определить из соотношения

$$\frac{1}{\tau_{\text{ин}}} = 2p\gamma(1 - N_a/N_d),$$

где  $\gamma \approx 10^{-8}$  см/сек [10] — коэффициент рекомбинаций;  $N_a/N_d \approx 99\%$  — степень комплексации. При  $p_0 \approx 5 \cdot 10^{12}$  см $^{-3}$   $\tau_{\text{ин}} \approx 10$  мксек и  $\approx \tau_{\text{из}}$ , измеренному при  $E = E_{\text{кр}}$ . Из этих оценок видно, что с ростом  $p_0\tau_{\text{ин}}$  будет уменьшаться, по сравнению с  $\tau_{\text{из}}$ , и примесный пробой сможет проявиться раньше, чем наступит межзонный.

При приложении к образцу поперечного магнитного поля  $H_{\perp}$  в соответствии с известными литературными данными [2], увеличивались магнетосопротивление и величина  $E_{\text{кр}}$ . При этом  $\tau_{\text{из}}$  от величины  $H_{\perp}$  практически не зависело.

Интересный аномальный эффект наблюдался для ряда образцов в случае, когда слабое магнитное поле  $H_a$  было приложено под углом  $\alpha = 10\text{--}15^\circ$  относительно направления электрического тока; на ВАХ до пробоя зона-зона проявлялся примесный пробой, который при  $H_a = 0$  отсутствовал, а  $E_{\text{кр}}$  монотонно уменьшалось с ростом  $H_a$  (кр. 1 рис. 2). При этом  $\tau_{\text{ин}}$  уменьшалось примерно по тому же закону, что и  $E_{\text{кр}}$ , тогда как  $\tau_{\text{из}}$  практически оставалось постоянным (кр. 2 и 3 рис. 2).

Обнаруженный эффект иллюстрируется осциллограммами рис. 3.

Эти данные позволяют заключить, что появление примесного пробоя в образцах, в которых при  $H_a = 0$  наблюдался только межзонный пробой, обусловлено уменьшением  $\tau_{\text{ин}}$  с ростом  $H_a$ .

По-видимому, причину этого явления следует искать в аномальном возрастании времени жизни носителей в компенсированном  $p\text{-InSb}$  при увеличении произвольного ориентированного магнитного поля [4].

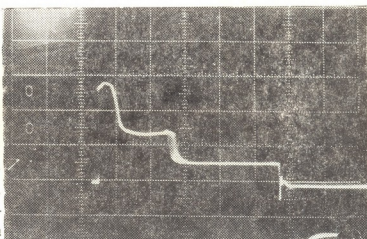
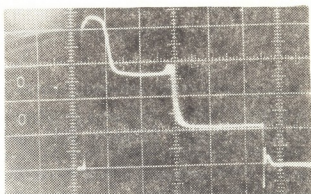


Рис. 3. Осциллограммы электрического пробоя в  $p\text{-InSb}$  при значениях  $H_a$ : 200 э (а); 300 э (б).  
Длительность импульса  $\tau = 10$  мксек

ზ. ჩიგოგიძე, ნ. ხუჩუა

ელექტრული გარღვევის წიგნიერთი თავისებურება  
 მაღალომიან კომპენსირებულ  $P-InSb$ -ში

რეზიუმე

შესწავლილია ბიძვითი იონიზაციის მოვლენა  $77^{\circ}K$ -ზე მაღალომიან კომპენსირებულ  $p-InSb$ -ში რომელიც მიღებული იყო  $n$ -ტიპის  $InSb$ -ის თერმოდამუშავების შედეგად შემდგომი ნელი გაცივების პირობებში.

ნიმუშის მაგნიტურ ველში მოთავსებისას, როცა კუთხე მაგნიტურ ველსა და დენის მიმართულებას შორის შეადგენდა  $10-15^{\circ}$ , დაიზიარება საინტერესო ანომალური ეფექტი.

გამოთქმულია ზოგიერთი მოსაზრება აღნიშნული ეფექტის ასახსნელად.

PHYSICS

Z. N. CHIGOG DZE, N. P. KHUCHUA

SOME PECULIARITIES OF ELECTRICAL BREAKDOWN IN HIGH-RESISTANCE COMPENSATED  $P-InSb$

Summary

The phenomenon of impact ionization at  $T = 77^{\circ} K$  in high-resistance, compensated  $p-InSb$ , obtained by heat treatment of  $n-InSb$  followed by slow cooling, has been investigated. Deep impurity level characterized by activation energy of  $\Delta\epsilon_0 \approx 0.12 eV$  is inherent to the material. It is shown that in the samples with carrier concentration  $p \leq 5 \cdot 10^{12} cm^{-3}$  interband breakdown occurs, while at  $5 \cdot 10^{12} < p < 5 \cdot 10^{13} cm^{-3}$  interband breakdown is preceded by impurity impact ionization.

An interesting abnormal effect was found when magnetic field  $H_a$  was applied to the sample at an angle of  $10-15^{\circ}$  with respect to the direction of the electric field.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. R. G. Phelan, W. F. Love. Phys. Rev., 133, 1965, A1134.
2. შ. მ. მირიანაშვილი, დ. ი. ნაიობაშვილი. ФТП, 4, 1970, 1872.
3. R. W. Cunningham, E. E. Harp, M. Bullis. Proc. J. Int. Conf. Phys. Semicond. 1962, 732.
4. Ф. Ф. Харахорин, В. М. Петров. Изв. АН СССР, Неорг. мат., 7, 1971, 2250.
5. ი. ა. მირცულავა, ზ. ნ. ჩიგოგიძე, ნ. ი. კურდიანი, ლ. ვ. ხვედელიძე, რ. ბ. დჯანელიძე. Сообщения АН ГССР, 35, № 2, 1964, 299.
6. K. E. Mortenson, A. L. Armstrong, G. M. Borrego, G. F. White. Proc. IEEE, 59, 1971, 1191.
7. M. Lax. Phys. Rev., 119, 1960, 1502.
8. M. C. Steel, B. Glicksman. Phys. Rev., 118, 1960, 474.
9. ი. ა. მირცულავა. Сообщения АН ГССР, 38, № 3, 1965, 535.
10. А. Н. Блаут-Блачев, В. С. Ивлева, В. Г. Коротин, С. Н. Кривоногов, В. И. Селянина, Ю. С. Сметанникова. ФТП, 9, 1975, 2176.

Б. Г. БЕРУЛАВА, Р. И. МИРИАНАШВИЛИ,  
Т. И. САНАДЗЕ (член-корреспондент АН ГССР)

## СУПЕРСВЕРХТОНКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕТРАГОНАЛЬНОГО ЦЕНТРА $U^{3+}$ В МОНОКРИСТАЛЛЕ $CaF_2$

Суперсверхтонкое взаимодействие (ССТВ) иона  $U^{3+}$  в монокристалле  $CaF_2$  изучалось ранее в работе [1], которая является первым применением метода радиочастотного дискретного насыщения (РЧДН). Несовершенство методики эксперимента не позволило определить параметры ССТВ с точностью, свойственной этому методу. Для уточнения результатов работы [1], с целью детального сравнения ССТВ иона  $U^{3+}$  в гомологическом ряду флюорита  $CaF_2$ ,  $SrF_2$  [2] и  $BaF_2$  [3], нами было проведено повторное исследование ССТВ  $U^{3+}$  в  $CaF_2$ .

В данной работе применялась усовершенствованная методика РЧДН. В результате воздействие на спектр дискретного насыщения (ДН) [4] резонансных радиочастот, соответствующих расщеплениям электронных подуровней ядрами любых координационных сфер, стало избирательным, а также повысились чувствительность и разрешающая способность метода.

Спектры РЧДН в основном исследовались в ориентациях магнитного поля вдоль направлений [001], [100], [110] и [101]. Для уточнения полученных результатов и проверки идентификации снималась также угловая зависимость отдельных линий. Были идентифицированы частоты от ядер фтора до четвертой координационной сферы включительно. Результаты, полученные из анализа экспериментальных данных методом наименьших квадратов, приводятся в табл. 1 и 2. Абсолютные знаки компонент тензоров ССТВ определялись методом, описанным в работах [5, 6]. Отметим, что в табл. 1 все тензоры ССТВ приводятся в кубической системе координат, в то время как в табл. 2 тензор каждой группы ядер записан в собственной системе координат, ось  $z$  которой направлена вдоль линии связи ион-ядро.

В табл. 1 для ядер второй координационной сферы вместо компонент  $B_{xz}$  и  $B_{zx}$  приводится комбинация  $\frac{g_{\parallel}^2 B_{xz} + g_{\perp}^2 B_{zx}}{g_{\parallel}^2 + g_{\perp}^2}$ , которая определяется гораздо точнее. В случае чисто дипольного взаимодействия это выражение дает компоненту  $B_{xz} = B_{zx}$ .

ССТВ ядер третьей и четвертой координационных сфер в пределах точности эксперимента аксиально симметрично. На экспериментах разрешилась неэквивалентность только некоторых групп ядер этих сфер (табл. 2).





Результаты исследования ССТВ ядер второй и более далеких координационных сфер позволяют определить параметры, характеризующие локальное искажение решетки вблизи магнитного иона:  $\delta = 0,12 \pm 0,05 \text{ \AA}$ ,  $\Delta x = \Delta y = 0,35 \pm 0,25 \text{ \AA}$ ,  $\Delta z = 0,10 \pm 0,15 \text{ \AA}$ , где  $\delta$  — смещение иона  $U^{3+}$  вдоль тетрагональной оси в направлении зарядокомпенсир

Таблица 1

Ядра	В. Э				
	$V_{xx}$	$V_{zz}$	$V_{xy}$	$V_{xz}$	$V_{zx}$
(002)	-6,416 (4)	11,658 (2)	0	0	0
(111)	-1,314 (4)	-1,456 (2)	4,826 (4)	5,445 (2)	5,136 (6)
$\overline{(111)}$	-2,241 (4)	-0,144 (3)	3,672 (4)	5,145 (2)	4,693 (6)
(113)	-0,199 (2)	0,260 (1)	0,134 (4)	0,236 (1)	
$\overline{(113)}$	-0,200 (2)	0,379 (1)	0,067 (4)	0,221 (1)	

пенсирующего иона  $F^-$ , а  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  и  $\Delta z$  — смещения ионов  $F^-$  типа (113) вдоль кубических осей. Среднее расстояние до остальных ионов  $F^-$  второй координационной сферы увеличивается примерно на 1%, в то время как положение ионов третьей и четвертой координационных сфер не меняется.

Отличие результатов работы [1] от данной связано в основном с неправильной идентификацией некоторых линий спектра РЧДН из-за отсутствия метода разделения наблюдаемых частот спектра по электронным подсостояниям, а также с систематическими погрешностями.

Таблица 2

В. Э	Я д р а					
	(331)	$\overline{(331)}$	остальные	(115)	$\overline{(115)}$	остальные
$V_{xx}$	-0,130 (1)	-0,126 (1)	-0,128 (1)	-0,079 (1)	-0,072 (1)	-0,075 (1)
$V_{zz}$	0,256 (1)	0,252 (1)	0,255 (1)	0,158 (1)	0,143 (1)	0,150 (1)

обусловленными неверными величинами  $g$ -факторов, взятых из работы [7] (по нашим измерениям,  $g_{\parallel} = 3,5332 \pm 0,0008$ ,  $g_{\perp} = 1,8774 \pm 0,0005$ ).

Исследование ССТВ парамагнитных центров некубической симметрии является сложной задачей, так как наличие зарядокомпенсирующего иона приводит к неэквивалентности ядер окружения и вследствие этого к затруднениям в идентификации радиочастот. Методом РЧДН, в отличие от двойного электронно-ядерного резонанса, можно легко установить принадлежность данного ядерного расщепления электронному подсостоянию даже при  $S = \frac{1}{2}$  [5, 6], что существенно упрощает расшифровку спектра, облегчая поставленную задачу.

Как показывают результаты данной работы, ССТВ иона  $U^{3+}$  в гомологическом ряду флюорита меняется только по величине, а не по характеру. Оно уменьшается от  $CaF_2$  к  $BaF_2$ , причем для ядер типа (III) быстрее, чем для ядер типа (II). Это является косвенным доказательством роста величины смещения иона  $U^{3+}$  от  $CaF_2$  к  $BaF_2$ . Подробное сравнение ССТВ иона  $U^{3+}$  и искажений решеток в гомологическом ряду флюорита будет опубликовано позднее.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 10.3.1978)

ფიზიკა

ბ. ბერულავა, რ. მირიანაშვილი, თ. სანაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის  
წევრ-კორესპონდენტი)

$U^{3+}$ -ის ტეტრაგონალური ცენტრის ზეზენაზი ურთიერთქმედება  
 $CaF_2$ -ის მონოსტრისტალში

რ ე ზ ი უ მ ე

რადიოსიხშირული დისკრეტული გაჯერების მეთოდით გამოკვლეულია  $U^{3+}$ -ის ტეტრაგონალური ცენტრის ზეზენაზი ურთიერთქმედება  $CaF_2$ -ის მონოსტრისტალში. განსაზღვრულია უახლოესი ოთხი საკოორდინაციო სფეროს ფტორის ბირთვების ზეზენაზი ურთიერთქმედების ტენზორების კომპონენტები თავისი ნიშნებით. მუხტის ლოკალური კომპენსაცია იწვევს მესერის დამახინჯებას. განსაზღვრულია პარამეტრები, რომლებიც ახასიათებენ ამ დამახინჯებას.

PHYSICS

B. G. BERULAVA, R. I. MIRIANASHVILI, T. I. SANADZE

THE SUPERHYPERFINE INTERACTION OF  $U^{3+}$  ION IN TETRAGONAL  
SITE IN  $CaF_2$  SINGLE CRYSTAL

Summary

The superhyperfine interaction of the tetragonal centre of  $U^{3+}$  in  $CaF_2$  single crystal has been investigated by the method of radiofrequency discrete saturation. The magnitudes and signs of superhyperfine interaction tensor components for fluorine nuclei of the nearest four coordination spheres have been determined. The local charge compensation causes small distortion of the crystal lattice near the magnetic centre. The parameters characterizing this distortion are also determined.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Т. А. Абрамовская, Б. Г. Берулава, Т. И. Санадзе. ЖЭТФ, 66, № 1, 1974.
2. Р. И. Мирианшвили, Т. И. Санадзе. Сообщения АН ГССР, 87, № 1, 1977.
3. Р. И. Мирианшвили. ФТТ, 20, № 7, 1978.
4. П. И. Бекаури, Б. Г. Берулава, Т. И. Санадзе, О. Г. Хаханашвили. ЖЭТФ, 52, № 2, 1967.
5. Р. И. Мирианшвили, О. В. Назарова, Т. И. Санадзе. Сообщения АН ГССР, 81, № 2, 1976.
6. Р. И. Мирианшвили, О. В. Назарова, Т. И. Санадзе. Письма ЖЭТФ, 23, № 10, 1976.
7. В. Bleaney, P. M. Lewellyn, D. A. Jones. Proc. Roy. Soc., B 69, № 8, 1956.



З. Б. ЧАХИАНИ, В. И. ЧЕЧЕРНИКОВ, Л. Г. ЧАХИАНИ,  
 В. К. СЛОВЯНСКИХ, Г. С. ГЕОРГАДЗЕ, Т. А. ПЕРАДЗЕ

### МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ СИСТЕМЫ $Th-Ce$

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. И. Санадзе 21.2.1978)

Известно, что церий является первым элементом в группе лантаноидов, у которого начинается заполняться  $4f$ -электронная оболочка, причем он может быть как трех-, так и четырехвалентным [1]. Такая электронная структура атома церия во многом определяет магнитное поведение сплавов и интерметаллических соединений этого металла. Что касается тория, который относится к металлам актиноидной группы, то у него в  $5f$ -слое электроны отсутствуют и его магнитные свойства в основном обусловлены коллективизированными  $6d$  и  $7s$  электронами [2]. Однако характер двойных диаграмм состояний тория с различными элементами  $d$ -групп, а также с  $4f$ -элементами, указывает на то, что торий проявляет двойственную природу как элемент, аналогичный одновременно и  $d$ - $f$  элементам. Все это позволяет ожидать что при образовании сплавов могут более отчетливо выявиться особенности электронной структуры этих элементов. При этом можно будет получить дополнительную информацию как по этому вопросу, так и по магнитным свойствам. В связи с этим нами были приготовлены бинарные сплавы этих металлов, которые образуют между собой непрерывный ряд твердых растворов [3] и исследованы их магнитные свойства в широком температурном интервале ( $78-800^\circ K$ ). Образцы для исследования, содержащие 5, 16, 28, 32, 47, 59, 69, 79 и 90 ат.%  $Ce$  ост.  $Th$ , готовились методом дуговой плавки в атмосфере чистого аргона под давлением и проходили соответствующий гомогенизирующий отжиг. Рентгеноструктурный анализ показал, что все полученные сплавы являются твердыми растворами и имеют гранцентрированную кубическую решетку, параметр которых  $a$  у сплавов, содержащих церий до 50 ат.%, почти не изменяется; затем наблюдается резкое его увеличение. Температурная зависимость магнитной восприимчивости изучалась при помощи маятниковых весов. Отсутствие ферромагнитных примесей в образцах было доказано измерениями магнитной восприимчивости в различных магнитных полях.

Результаты исследования показали, что удельная магнитная восприимчивость у полученных сплавов системы  $Th-Ce$  изменяется по сложному закону, что наиболее отчетливо видно у сплавов с большим содержанием церия (рис. 1). У всех сплавов, кроме сплава, содержащего 5 ат.%  $Ce$ , на зависимости  $\chi(T)$  имеется максимум, который с увеличением содержания церия смещается в сторону низких температур. При температурах ниже максимумов у сплавов с содержанием церия больше 47 ат.% магнитная восприимчивость проходит через минимум, после чего наблюдается резкое ее увеличение.



Полученная нами зависимость  $\chi$  от  $T$  у этих сплавов аналогична зависимости, наблюдаемой у чистого церия и других редкоземельных металлов.

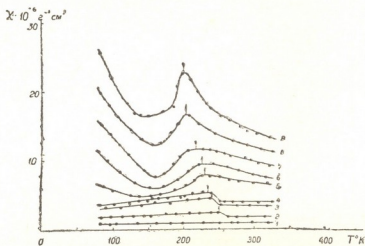


Рис. 1. Зависимость  $\chi$  от  $T$  для сплавов Th-Ce: 1—5; 2—15; 3—28; 4—32; 5—47; 6—59; 7—69; 8—79; 9—90 ат. % Ce

Отличие от церия состоит в том, что в изученных сплавах аномалии на зависимости  $\chi(T)$  отмечены при более высоких температурах и они выражены отчетливо. Как показано в [4], максимум восприимчивости у церия имеется при 12°K, который, согласно нейтронографическим исследованиям, соответствует переходу антиферромагнетизм-парамагнетизм [5]. По-видимому, в исследованных нами сплавах также существует антиферромагнитный переход, который с увеличением содержания тория смещается в сторону высоких температур и становится более размытым, и у сплава с содержанием 15 ат. % Ce он выражен

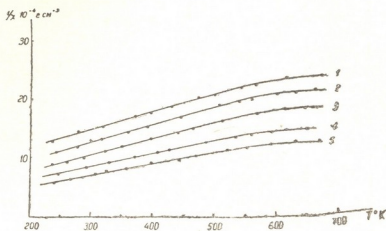


Рис. 2. Зависимость  $1/\chi$  от  $T$  для сплавов системы Th-Ce; 1—47, 2—59, 3—69, 4—79, 5—90 ат. % Ce

очень слабо. При температурах выше существования максимумов  $\chi$  следует закону Кюри—Вейсса (рис. 2), при этом парамагнитная температура Кюри имеет отрицательное значение, увеличиваясь по абсолютной величине с ростом содержания тория от 60°K для сплава состава 90 ат. % Ce до 190°K, у сплава, содержащего 47 ат. % Ce (рис. 3). Аналогичную зависимость от состава имеет также температура Нееля.

Таким образом, антиферромагнитное обменное взаимодействие с увеличением концентрации церия уменьшается. Это может быть объяснено тем, что расстояние между магнитоактивными атомами церия увеличивается. Это вполне возможно, поскольку параметр решетки  $a$  в

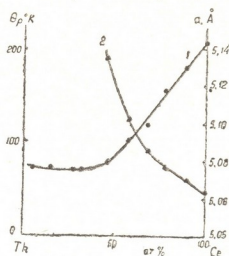


Рис. 3. Зависимость  $\Theta_p$  и  $a$  (1) от состава в сплаве Th—Ce

этой же области концентрации растет. Эффективный магнитный момент  $\mu_{эфф}$ , приходящий на атом церия, у сплавов с большим содержанием церия близок к магнитному моменту изолированного трехвалентного иона церия в основном состоянии  $^2F_{3/2}$  ( $2,54 \mu_B$ ). С увеличением содержания тория  $\mu_{эфф}$  линейно увеличивается и у сплава, содержащего 47 ат. %  $[Ce]$ , он равен  $3,1 \mu_B$ . При экстраполяции к бесконечному разбавлению значение  $\mu_{эфф}$  стремится к значению  $3,6 \mu_B$ , что соответствует электронной конфигурации атома церия  $4f^2 6s^2$ . По-видимому, по мере разбавления  $4f$ -оболочка приобретает дополнительный электрон, при этом доля атомов с разбавлением увеличивается.

Итак, результаты исследования магнитных свойств сплавов Th—Ce показали, что зависимость этих свойств от температуры имеет сложный вид, характер которого определяется появлением у этих сплавов в области низких температур антиферромагнитного упорядочения.

Грузинский политехнический институт  
им. В. И. Ленина

(Поступило 17.3.1978)

ფიზიკა

ზ. ჩახიანი, ვ. ჩხეიძე, ლ. ჩახიანი, ვ. სლოვინსკი,  
ბ. ბიორბაძე, თ. შარაძე

Th-Ce სისტემის შენადნობების მაგნიტური თვისებები

რეზიუმე

Th—Ce სისტემის შენადნობებში Ce-ის 5, 16, 28, 32, 47, 59, 69, 79 და 90 ატ.-%-თვის შესწავლილ იქნა მაგნიტური ამთვისებლობის ტემპერატურული დამოკიდებულება.

დადგენილ იქნა, რომ ყველა შენადნობი წარმოქმნის მყარ ხსნარს. უსასრულო გახსნისაკენ ექსტრაპოლაციის შემთხვევაში  $\mu_{\text{eff}}$  სიდიდე მისწრაფვის 3,6  $\mu_B$  მნიშვნელობისაკენ. ეს მნიშვნელობა შეესაბამება Ce-ის ატომის  $4f^2 6S^2$  კონფიგურაციას.

## PHYSICS

Z. B. CHACHKHIANI, V. I. CHECHERNIKOV, L. G. CHACHKHIANI,  
 V. K. SLOVYANSKIKH, G. S. GIORGADZE, T. A. PERADZE

### THE MAGNETIC PROPERTIES OF THE ALLOYS OF THE SYSTEM *Th-Ce*

#### Summary

The temperature dependence of the magnetic susceptibility of the *Th-Ce* system alloys has been studied over the entire range of concentration. Maxima have been found on the  $\chi(T)$  dependences; with an increase of the cerium content these maxima shift toward low temperatures. At above-the-maxima temperatures the susceptibility follows the Curie-Weiss law. The paramagnetic Curie temperature  $\Theta_p$  and the effective magnetic moment  $\mu_{\text{eff}}$  falling to the cerium atom were found to decrease, whereas the parameter  $\alpha$  to increase.  $\chi$ -ray structural analysis has shown that all the alloys form solid solutions.

#### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. К. П. Белов, М. А. Беляникова, Р. З. Левитин, С. А. Никитин. Редкоземельные ферромагнетики и антиферромагнетики. М., 1965.
2. R. P. Gupta. *Phys. Rev.* 3. 6. 1837, 1971.
3. Т. А. Бадаева. Строение сплавов тория. М., 1968.
4. I. Lock. *Proc. Phys. Soc B* 70. 566, 1957.
5. M. Wilkinson, H. Child, C. Harrop, W. Koehler, E. Wollau. *Phys. Rev* 122, 1409, 1961.

И. Г. РАТИШВИЛИ, Н. А. ДАТЕШИДЗЕ

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИМЕСНЫХ АТОМОВ ПО ПОДРЕШЕТКАМ  
 МЕЖДОУЗЛИЙ В НЕКОТОРЫХ РАСТВОРАХ ВНЕДРЕНИЯ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. Р. Хуцишвили 9.3.1978)

Рассмотрим твердый раствор внедрения, где атомы растворителя образуют ОЦК решетку, а примесные атомы занимают октаэдрические междоузлия в этой решетке (т. е. располагаются в центрах ребер и граней элементарной ячейки растворителя). Известно, что совокупность междоузлий данного типа можно представить как три вставленные друг в друга подрешетки, каждая из которых характеризуется ОЦК симметрией. Взаимное расположение узлов этих подрешеток показано на рис. 1. Разбиение совокупности междоузлий на подрешетки не является формальной процедурой, поскольку в целом ряде растворов (в  $Ta-O$ ,  $V-H$  и т. д. [1]) было экспериментально установлено, что при понижении температуры примеси могут скапливаться в отдельных подрешетках, если их число оказывается меньше числа междоузлий данного типа. Целью настоящей работы является рассмотрение процесса перераспределения примесей по подрешеткам при изменении температуры раствора в предположении, что в каждой из подрешеток распределение примесей является однородным.

Пусть ОЦК решетка матрицы содержит  $N$  узлов, занятых  $N_A = N$  атомами растворителя, и пусть примесные атомы числом  $N_B$  располагаются во всех трех подрешетках междоузлий, где их число равно соответственно  $N_B^{(1)}$ ,  $N_B^{(2)}$  и  $N_B^{(3)}$ . Будем считать, что  $N_B^{(1)} + N_B^{(2)} + N_B^{(3)} = N_B < 3N$ . Определим *парциальные* концентрации примесных атомов:  $C_1 = N_B^{(1)}/N$ ,  $C_2 = N_B^{(2)}/N$ ,  $C_3 = N_B^{(3)}/N$  и их *среднюю* концентрацию в подрешетке:  $C_0 = (C_1 + C_2 + C_3)/3$ .

Известно, что энергия межпримесного взаимодействия (не уточняя механизма взаимодействия) может быть представлена в виде [1]

$$E_{np} = \frac{1}{2} \sum_{l, m} \sum_{R_{l1}, R_{l2}} n(R_{l1}) n(R_{l2}) V(R_{l1} - R_{l2}). \quad (1)$$

Здесь  $n(R_{l1})$  и  $n(R_{l2})$  — вероятности заполнения примесными атомами узлов  $R_{l1}$  и  $R_{l2}$ , находящихся в подрешетках  $l$  и  $m$  соответственно, а  $V(R_{l1} - R_{l2})$  — потенциал межпримесного парного взаимодействия.

Энтропия двухкомпонентного раствора, состоящего из примесных внедренных атомов и их вакансий, представляется в виде [1]

$$S = -k \sum_{l=1}^3 \sum_{R_{l1}} (n(R_{l1}) \ln n(R_{l1}) + (1 - n(R_{l1})) \ln (1 - n(R_{l1}))). \quad (2)$$



Оговоренная выше однородность распределения примесей в каждой подрешетке означает, что  $n(R_{l_1}) = C_l$  и  $n(R_{l_m}) = C_m$ . Вследствие этого условия свободная энергия примесной подсистемы  $F_{\text{пр}} = E_{\text{пр}} - TS_{\text{пр}}$  записывается в виде

$$F_{\text{пр}} = \frac{N}{2} \sum_{l, m} C_l C_m V_{lm}(0) + NkT \sum_{l=1}^3 (C_l \ln C_l + (1 - C_l) \ln (1 - C_l)), \quad (3)$$

$$V_{lm}(0) \equiv \sum_{i_m} V(R_{l_1} - R_{i_m}).$$

Симметрия задачи обуславливает существование следующих соотношений:

$$V_{11}(0) = V_{22}(0) = V_{33}(0) \equiv V_0, \quad V_{12}(0) = V_{21}(0) = \dots = V_{32}(0) = V_1. \quad (4)$$

Как известно, те значения  $C_1$ ,  $C_2$  и  $C_3$ , которые соответствуют абсолютному минимуму выражения (3), являются термодинамическими равновесными при данной температуре  $T$ . Таким образом, для описания температурной зависимости равновесного распределения примесей по междоузельным подрешеткам необходимо для каждой температуры определить значения  $C_1^0$ ,  $C_2^0$ ,  $C_3^0$ , которым соответствует наиболее глубокий минимум функции (3).

Если ввести понятие *полной* концентрации раствора  $C$ , определив ее как  $C = C_1 + C_2 + C_3 = N_B/N$ , и оговорить выполнение условия

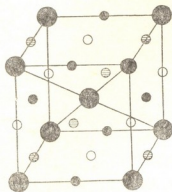


Рис. 1. Взаимное расположение узлов трех междоузельных подрешеток: большие кружки—атомы растворителя, маленькие кружки—междоузельные позиции, образующие три ОЦК подрешетки

$C = \text{const}$ , тогда в системе остается только два независимо варьируемых параметра, скажем  $C_1$  и  $C_2$ , поскольку  $C_3 = C - C_1 - C_2$  оказывается однозначно определенным.

Вместо независимых переменных  $(C_1, C_2)$  удобно ввести пару новых переменных  $(x, y)$ , определяемых при помощи равенств  $x = [(C_1 + C_2)/2] - C_0$  и  $y = (C_1 - C_2)/2$ . Тогда

$$C_1 = C_0 + x + y, \quad C_2 = C_0 + x - y, \quad C_3 = C_0 - 2x. \quad (5)$$

Подставляя эти выражения в функцию (3), получаем зависимость свободной энергии от параметров  $x$  и  $y$ . Задача сводится, таким образом, к отысканию абсолютного минимума функции двух переменных  $F_{\text{пр}}(x, y)$ .

Хорошо известно, что локальный минимум функции  $F_{\text{пр}}(x, y)$  соответствует тем значениям  $(x', y')$ , которые удовлетворяют следующим двум условиям: во-первых,

$$\left[ \frac{\partial F_{\text{пр}}}{\partial x} \right]_{x', y'} = 0, \quad \left[ \frac{\partial F_{\text{пр}}}{\partial y} \right]_{x', y'} = 0 \quad (6)$$

и, во-вторых,

$$\Delta(x', y') = \left[ \frac{\partial^2 E_{\text{пр}}}{\partial x^2} \frac{\partial^2 F_{\text{пр}}}{\partial y^2} - \left( \frac{\partial^2 F_{\text{пр}}}{\partial x \partial y} \right)^2 \right]_{x', y'} > 0, \quad \left[ \frac{\partial^2 F_{\text{пр}}}{\partial x^2} \right]_{x', y'} > 0. \quad (7)$$

Наиболее глубокий из всех локальных минимумов будет абсолютным минимумом.

В частном случае функции (3) уравнения (6) принимают вид

$$\ln \frac{C_1 C_2 (1 - C_3)^2}{(1 - C_1)(1 - C_2) C_3^2} = -\frac{V}{kT} 6x, \quad (8.1)$$

$$\ln \frac{C_1 (1 - C_2)}{C_2 (1 - C_1)} = -\frac{V}{kT} 2y. \quad (8.2)$$

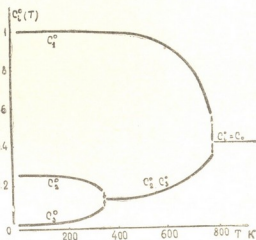
Здесь  $C_1, C_2, C_3$  определяются выражениями (5), а  $V \equiv V_0 - V_1$ .

Отметим, что тривиальному решению  $x=0, y=0$  соответствует равное заполнение всех трех подрешеток примесными атомами, т. е.  $C_1=C_2=C_3=C_0$ . Это решение оказывается единственным, если  $V \geq 0$ , как это непосредственно следует из уравнений (8). Поэтому ниже рассматривается случай  $V < 0$ .

Тривиальное решение существует и в этом случае для всех значений  $T$ , но, кроме него, при  $T < T_0$  появляется также нетривиальное ре-

Рис. 2. Температурная зависимость равновесных значений парциальных концентраций примесных атомов:

$$C=1,25; V/k=-3200 \text{ К}$$



шение. Разлагая функции  $\ln \frac{C_1 C_2 (1 - C_3)^2}{(1 - C_1)(1 - C_2) C_3^2}$  и  $\ln \frac{C_1 (1 - C_2)}{(1 - C_1) C_2}$  в ряд по степеням  $x$  и  $y$ , получаем следующее определение точки ветвления решения:  $T_0 = - (V/k) C_0 (1 - C_0)$ . Для нахождения решения при  $T < T_0$  был использован численный метод решения уравнений (8). Эти уравнения решались на ЭВМ М-220 Института физики АН ГССР. Помимо определения пар экстремальных значений  $(x', y')$ , вычислялись также  $\Delta(x', y')$ ,  $\left[ \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} \right]_{x', y'}$ ,  $F_{\text{пр}}(x', y')$ ,  $E_{\text{пр}}(x', y')$ ,  $C_{1,2,3}(x', y')$ . Расчеты были проведены для систем с различной концентрацией  $C$  и с различными значениями энергетической константы  $(V/k)$ . В частности, были исследованы случаи „малых  $C$ “ (при  $C < 0,5$ ) и „больших  $C$ “ ( $1 < C < 3$ ). На рис. 2 представлены

результаты расчетов для одной из таких систем, где  $C=1,25$  и  $(V/k)=-3200$  К.

Как видим, здесь процесс перераспределения примесей имеет двухступенчатый вид: при постепенном понижении температуры раствора вначале, при  $T \approx T_0 = 780$  К, происходит выделение подрешетки 1, а затем уже, при достижении более низкой температуры  $T_s \approx 340$  К, становятся отличимыми друг от друга и заселенности подрешеток 2 и 3. Это различие заселенностей обусловлено появлением дополнительных решений уравнений (8) при достижении температуры  $T_s$ . Таким образом, эта температура является второй точкой ветвления решений уравнений (8).

Следует отметить, что изменение абсолютного значения энергетической константы изменяет лишь температурный масштаб, но не характер происходящего процесса. Изменение концентрации более существенно. Как показали расчеты, в случае  $C > 1$  перераспределение примесей по подрешеткам имеет вид, аналогичный показанному на рис. 2; в случае же  $C < 1$  ниже температуры  $T_0$  выполняется условие  $C_1 \neq C_2 = C_3$ , сохраняющееся неизменным вплоть до самых низких температур.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт физики

(Поступило 23.3.1978)

ფიზიკა

ი. რატიშვილი, ნ. დათეშიძე

მინარევეული ატომების განაწილება კვანძთაშორისი ქვემეხრების მიხედვით ფორმირებით ჩანარბვითი ტიპის ხსნარებში

რეზიუმე

სისტემის თავისუფალი ენერგიის ანალიზის მეშვეობით ნაჩვენებია, რომ დაბალტემპერატურულ არეში გარკვეულ პირობებში მინარევეული ატომები შეიძლება არათანაბრად განაწილდნენ საკვანძთაშორისო ქვემეხრებს შორის.

PHYSICS

I. G. RATISHVILI, N. A. DATESHIDZE

## IMPURITY ATOMS DISTRIBUTION AMONG THE SUBLATTICES OF INTERSTICES IN SOME INTERSTITIAL ALLOYS

### Summary

It is shown that impurity atoms, which prefer to be located in octahedral interstices of the b. c. c. host lattice, during the temperature lowering may be concentrated only in certain interstitial sublattices. It is also shown that the redistribution process of the impurity atoms may have a stepped character.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. Г. Хачатурян. Теория фазовых превращений и структура твердых растворов. М., 1974.

ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

П. В. ГОГОРИШВИЛИ, М. В. КАРКАРАШВИЛИ, Т. Н. САКВАРЕЛИДZE,  
А. К. СТРОЕСКУ, В. В. ЗЕЛЕНЦОВ

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЙ  
ДВУХВАЛЕНТНЫХ МАРГАНЦА, КОБАЛЬТА И НИКЕЛЯ  
С ГИСТИДИНОМ

(Представлено академиком Г. В. Цицишвили 8.2.1978)

Гистидин как лиганд широко применяется в процессах комплексообразования. Интерес к комплексным соединениям гистидина с солями переходных элементов постоянно растет вследствие того, что многие из них характеризуются нетривиальными физико-химическими, химическими и биохимическими свойствами [1—5]. В частности, обнаружено, что гистидиновые комплексы кобальта (II) способны обратимо присоединять кислород [6—9].

Ранее было показано [10, 11], что в зависимости от условий синтеза гистидин образует с солями кобальта (II) соединения двух типов  $\text{CoHisH}_2\text{Cl}_2$  и  $\text{Co}(\text{HisH})_2$ ; во втором случае гистидин реагирует в депротонированной форме.

В настоящей работе исследованы условия синтеза гистидиновых комплексов с различными солями  $\text{Mn}(2+)$ ,  $\text{Co}(2+)$  и  $\text{Ni}(2+)$ . В твердом состоянии соединения сохраняют постоянный состав, если синтез проводится при молярном соотношении металл-лиганд 1:2 и 1:3, причем увеличение этого соотношения сопровождается изменением окраски комплексов кобальта и никеля, обусловленным различием симметрии ближайшего окружения.

С хлоридами и сульфатами в кислой среде получают соединения  $\text{MX}_2(\text{HisH}_2)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{MX}_2(\text{HisH}_2)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , с ацетатами и роданидами  $\text{M}(\text{HisH})_2 \cdot 0,5\text{HisH}_2$ . Роданид никеля при  $\text{pH} \geq 9$  (аммиачная среда) образует соединение  $\text{Ni}(\text{HisH})(\text{NCS}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (молярное отношение 1:1), увеличение молярного отношения вдвое приводит к образованию внутрикомплексной соли  $\text{Ni}(\text{HisH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . На термогравиграмме этого соединения наблюдается эндотермический эффект при  $165^\circ\text{C}$  (потеря молекулы воды). Два экзотермических эффекта при  $342$  и  $470^\circ\text{C}$  соответствуют отщеплению и окислению последовательно первой и второй молекул гистидина. На термогравиграмме  $\text{Ni}(\text{HisH})(\text{NCS}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  первый эндотермический эффект при  $105^\circ\text{C}$  сопровождается потерей одной молекулы воды; при  $200^\circ\text{C}$  наблюдается второй эндотермический эффект, отвечающий потере двух молекул воды (убыло массы 11,3%; вычислено 10,8%). Два экзотермических эффекта связаны с выгоранием молекулы гистидина ( $440^\circ\text{C}$ ) и роданид-иона ( $710^\circ\text{C}$ ).

В водном растворе  $\text{Ni}(\text{HisH}_2)_2\text{Cl}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  является трехионным электролитом. Если учесть склонность  $\text{Ni}(\text{II})$  к образованию шестер-



ной координации, то во внутреннюю координационную сферу, кроме молекул гистидина, должны входить две молекулы воды —  $[\text{Ni}(\text{HisH}_2)_2(\text{H}_2\text{O})_2]\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . При добавлении к раствору этого соединения щелочи происходит превращение его во внутриккомплексную соль  $\text{Ni}(\text{HisH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Величина эффективного магнитного момента ( $\mu_{\text{эф}}$ )  $\text{Ni}(\text{HisH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  3,19 м. Б. постоянна в интервале 78—300°K.  $\mu_{\text{эф}}$   $\text{NiSO}_4(\text{HisH}_2)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{NiSO}_4(\text{HisH}_2)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  равны соответственно 3,18 и 3,10 м. Б. в том же температурном интервале. Это подтверждает, что комплексы никеля (II) с гистидином имеют октаэдрическую структуру.

Все исследованные соединения марганца (II) характеризуются нормальными для электронной конфигурации  $t2g^5 eg^2$  магнитными моментами в интервале 78—300°K:  $\text{MnCl}_2(\text{HisH}_2)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (5,98 м. Б.),  $\text{MnCl}_2(\text{HisH}_2)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (5,94 м. Б.) и  $\text{MnSO}_4(\text{HisH}_2)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (6,00 м. Б.). Для трех соединений кобальта эффективные магнитные моменты уменьшаются в интервале 300—78°K на 0,3—0,4 м. Б.:  $\text{Co}(\text{HisH}_2)_{1,5}\text{Cl}_2$  (4,73—4,41 м. Б.),  $\text{Co}(\text{HisH}_2)_2\text{Cl}_2$  (4,79—4,45 м. Б.),  $\text{CoSO}_4(\text{HisH}_2)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (4,74—4,36 м. Б.), что указывает на значительное искажение октаэдрической симметрии.

Синтез соединений. Комплексные соединения синтезировались при нагревании водных растворов гистидина со спиртовыми или водноспиртовыми растворами солей при нагревании. Все соединения хорошо растворяются в воде и плохо в органических растворителях. Исключение составляют внутриккомплексные соединения, которые, как правило, плохо растворимы.

Все соединения анализировались на содержание металла, углерода, водорода, азота и ацидолиганда ( $\text{Cl}^-$  или  $\text{SO}_4^{2-}$ ). Результаты приведены в таблице.

Результаты химического анализа полученных соединений

№ п/п	Соединение	Мол. вес	Получено, %					Вычислено, %				
			Me	X	C	H	N	Me	X	C	H	N
1	$\text{NiCl}_2(\text{HisH}_2)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	494,09	11,80	15,22	29,06	5,64	18,86	11,89	15,19	29,01	4,85	18,33
2	$\text{NiCl}_2(\text{HisH}_2)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	649,20	9,35	11,15	33,68	4,61	19,05	9,04	10,92	33,31	4,81	19,41
3	$\text{NiSO}_4(\text{HisH}_2)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	501,14	11,40	8,22	—	—	16,90	11,71	8,38	—	—	16,78
4	$\text{NiSO}_4(\text{HisH}_2)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	646,25	9,01	4,63	—	—	19,62	9,00	4,95	—	—	19,49
5	$\text{MnCl}_2(\text{HisH}_2)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	627,47	8,16	11,00	34,45	5,25	19,45	8,75	11,3	34,4	4,95	20,00
6	$\text{MnCl}_2(\text{HisH}_2)_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	508,23	10,91	13,19	28,33	5,38	16,56	10,80	13,98	28,33	5,15	16,53
7	$\text{MnSO}_4(\text{HisH}_2)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	551,41	9,97	5,82	—	—	16,11	9,9	5,80	—	—	15,23
8	$\text{MnSO}_4(\text{HisH}_2)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	652,53	8,35	4,52	—	—	20,00	8,41	4,88	—	—	19,3
9	$\text{CoSO}_4(\text{HisH}_2)_2$	465,34	12,23	6,79	—	—	17,65	12,7	6,87	—	—	18,05
10	$\text{CoSO}_4(\text{HisH}_2)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	628,46	9,38	5,00	—	—	19,55	9,23	5,09	—	—	19,70
11	$\text{Co}(\text{HisH})_{2,5} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	482,87	12,87	—	36,90	5,52	21,10	12,21	—	37,32	5,53	21,76
12	$\text{Ni}(\text{HisH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	387,06	15,31	—	36,90	4,81	21,53	15,40	—	37,20	5,17	21,70
13	$\text{Ni}(\text{HisH})\text{NCS} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	324,04	16,56	—	25,17	4,52	16,77	16,72	—	25,29	4,63	16,72

Магнитная восприимчивость измерялась методом Фарадея, эталон  $\text{CoHg}(\text{NCS})_4$ .

Ниже приведены примерные методики получения некоторых соединений.

$\text{NiCl}_2(\text{HisH}_2)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . 1 г  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  при нагревании растворяли в 20 мл этанола и приливали к раствору 1,3 г (1:2) гистидина в 20 мл воды, добавляли ацетон до выделения вязкой массы, обрабатывали ацетоном и эфиром, выпавший порошок голубого цвета сушили на воздухе.

$\text{NiCl}_2(\text{HisH}_2)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  получали вышеуказанным методом при молярном соотношении веществ 1:3. Это растворимый в воде голубовато-сиреневый порошок.

Соединения  $\text{MnCl}_2(\text{HisH}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{MnCl}_2(\text{HisH}_2)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  получали аналогично никелевым соединениям при молярных соотношениях 1:2 и 1:3 соответственно. Они представляют собой порошки белого цвета.

$\text{NiSO}_4(\text{HisH}_2)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . 1 г  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  и 1,10 г гистидина при нагревании растворяли в 20 мл воды, добавляли ацетон до выделения вязкой массы, обрабатывали ацетоном и эфиром, выпавший голубоватый порошок сушили на воздухе.

$\text{NiSO}_4(\text{HisH}_2)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  получали аналогично  $\text{NiSO}_4(\text{HisH}_2)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  при молярном соотношении 1:3. Это соединение сиреневого цвета.

Соединения  $\text{Mn}(2^+)$  и  $\text{Co}(2^+)$  с гистидином получали вышеуказанным методом (см. синтез  $\text{NiSO}_4(\text{HisH}_2)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ):

$\text{MnSO}_4(\text{HisH}_2)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , молярное соотношение 1:2, белого цвета,  
 $\text{MnSO}_4(\text{HisH}_2)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , молярное соотношение 1:3, белого цвета,  
 $\text{CoSO}_4(\text{HisH}_2)_2$ , молярное соотношение 1:2, розового цвета,  
 $\text{CoSO}_4(\text{HisH}_2)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , молярное соотношение 1:3, темно-розового цвета.

$\text{Co}(\text{HisH})_{2,5} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . 1 г  $\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  гистидина (1:2) растворяли в 15 мл воды, выпаривали до малого объема, затем обрабатывали ацетоном и эфиром, получали коричневый порошок. Надо отметить, что в этом случае не образовывалась вязкая масса, как при сульфатах и хлоридах.

$\text{Ni}(\text{HisH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . 0,88 г гистидина растворяли в 20 мл воды при нагревании, к горячему раствору добавляли 0,5 г  $\text{Ni}(\text{CNS})_2$  (1:2), раствор окрашивался в синий цвет (pH 6), добавляли 1,5 мл  $\text{NH}_3$  (pH 9), нагревали и оставляли на воздухе. На второй день из раствора выпадали темно-фиолетовые мелкие кристаллы.

$\text{Ni}(\text{HisH})(\text{NCS}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . 1 г  $\text{Ni}(\text{CNS})_2$  и 0,88 г гистидина (1:1) растворяли в 15 мл воды при нагревании, к полученному синеватому раствору добавляли 3 мл аммиака (pH 10) и оставляли на воздухе. Через несколько суток выделялись темно-синие прозрачные кристаллы.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт физической  
 и органической химии  
 им. П. Г. Меликишвили

(Поступило 2.3.1978)

პ. გოგორიშვილი, მ. ყარყარაშვილი, თ. საყვარელიძე,  
ა. სტროესკუ, ვ. ზელენტოვი

ჰისტიდინთან ორვალენტთან მანგანუმის, კობალტის და ნიკელის  
ნაერთების სინთეზი და კვლევა

რეზიუმე

შესწავლილია სინთეზის პირობები და მყარ მდგომარეობაში გამოყოფილია მანგანუმის (II), კობალტის (II) და ნიკელის (II) კომპლექსნაერთები ჰისტიდინთან. გამოვლინებულია კომპლექსის შედგენილობაზე მეავას ნაშთისა და მეტალ-ლიგანდის მოლარული ფარდობის გავლენა.

მოლეკულური ელექტროგამტარობის, თერმული მდგრადობის, მაგნეტოქიმიური კვლევის შედეგების საფუძველზე გამოთქმულია მოსაზრება მიღებული ნაერთების ქიმიური აღნაგობის შესახებ.

GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

P. V. GOGORISHVILI, M. V. KARKARASHVILI, T. N. SAKVARELIDZE,  
A. K. STROESKU, V. V. ZELENTSOV

SYNTHESIS AND INVESTIGATION OF DIVALENT MANGANESE,  
COBALT AND NICKEL COMPOUNDS WITH HISTIDINE

Summary

Histidine complexes with manganese (II), cobalt (II) and nickel (II) have been obtained in solid state, and the conditions of synthesis have been studied. The effect of the acid residue and metal-ligand molar proportion on the complex composition is shown.

Considerations concerning the chemical structures of the obtained compounds are presented, based on the results of molecular electroconductivity, thermal stability and magnetochemical investigations.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. M. A. Doran, S. Chaberek, A. F. Martell. *J. Amer. Chem. Soc.*, 86, 1964, 2129.
2. E. E. Крисс. *Укр. хим. ж.*, 31, 1965, 328.
3. A. Chakravorty, F. A. Cotton. *J. Phys. Chem.*, 67, 1963, 2878.
4. R. Bruce, M. Raj. *J. Amer. Chem. Soc.*, 87, 1965, 1065.
5. C. C. McDonald, W. D. Phillips. *J. Amer. Chem. Soc.*, 85, 1963, 3736.
6. J. Simplicio, R. G. Wilkins. *J. Amer. Chem. Soc.*, 89, 1967, 6092.
7. J. San, U. Tanabe. *J. Inorg. Nucl. Chem.*, 25, 1963, 11.
8. S. Ragger. *Acta Chem. Scand.*, 23, 1969, 1975.
9. L. H. Vogt, H. M. Feigenbaum, S. E. Wiberley. *Chem. Rev.*, 63, 1963, 269.
10. М. В. Каркаршвили, П. В. Гогоришвили, Т. Н. Сакварелидзе. Сб. «Исследование в области химии комплексных и простых соединений некоторых переходных и редких металлов», 2. Тбилиси, 1974, 130.
11. М. В. Каркаршвили, П. В. Гогоришвили, Р. И. Мачхешვილი, Т. Н. Сакварелидзе, И. А. Бешкенадзе. *Координационная химия*, 2, № 6, 1976, 816.

ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

М. Е. МОДЕБАДЗЕ, Е. Г. ДАВИТАШВИЛИ

СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ СМЕШАННЫХ  
ЭРБИЙКОБАЛЬТОВЫХ ОКСАЛАТОВ

(Представлено академиком Х. И. Арешидзе 27.2.1978)

Редкоземельные металлы и их соединения в последние годы вызывают все возрастающий интерес. Большое значение, в частности, имеют комплексные соединения редкоземельных элементов с органическими лигандами. Это связано с тем, что здесь отчетливее всего проявляются те небольшие различия в свойствах лантанидов, которые обусловлены своеобразием их электронной конфигурации.

Изучение систем, включающих оксалаты двух металлов, имеет существенное значение как для выяснения отношения этих элементов при совместном их присутствии с оксалатным ионом, так и для установления оптимальных условий их разделения.

Целью настоящей работы является изучение методом остаточной концентрации по И. В. Тананаеву [1] взаимодействия ионов эрбия и кобальта с оксалат-ионом в широком диапазоне соотношений реагирующих компонентов.

В работе использованы реактивы  $\text{Er}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  марки х. ч.

Выделенные новые соединения подвергались химическому, термографическому, рентгенографическому и ИК-спектроскопическому исследованию.

Термографическое изучение проводилось на дериватографе системы Ф. Паулик, И. Паулик и Л. Эрдей при режиме ДТА-1/5, ДТ-1/5; цена деления весовой шкалы 2 мг, скорость нагрева печи 10 град/мм. Температура фиксировалась  $\text{Pt-Pt/Rh}$ -термопарой, нагрев образца осуществлялся в платиновых тиглях в атмосфере воздуха.

Дебаэграммы порошков оксалатов эрбия, кобальта и их смешанной соли снимались на установке УРС-55<sup>а</sup> с применением камеры типа РКД, излучение железное неотфильтрованное.

ИК-спектры поглощения записывались на инфракрасном спектрометре UR-20 в интервале 4000—400  $\text{cm}^{-1}$  для образцов в виде таблеток с KBr (2 мг/150 мл).

Опыты по исследованию растворимости проводились по следующей методике: составлялись серии растворов с постоянными концентрациями эрбия и кобальта и переменной концентрацией оксалата аммония; жидкая фаза анализировалась на содержание эрбия, кобальта и оксалат-иона; при совместном присутствии эрбия и кобальта после отделения эрбия аммиаком в присутствии хлорида аммония кобальт определялся в виде сульфата [2]; определение эрбия заканчивалось осаждением шавелевой кислотой и взвешиванием в виде  $\text{Er}_2\text{O}_3$ ; оксалат-ион определялся титрованием 0,1 N  $\text{KMnO}_4$ . При анализе твердых фаз, кроме этих ионов, определялись также аммиак по методу Кьельдаля [3] и кристаллизационная вода.



Данные по исследованию растворимости в системе  $\text{Er}(\text{NO}_3)_3\text{—Co}(\text{NO}_3)_2\text{—}(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4\text{—H}_2\text{O}$  представлены в таблице.

Из данных таблицы видно, что при действии  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  на раствор, содержащий смесь нитратов эрбия и кобальта 1:1 при малых концентрациях оксалат-ионов (до  $p=1$ ), осаждается только эрбий в виде среднего оксалата  $\text{Er}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  ( $p \leq 0,5$ ) и комплексной соли  $\text{NH}_4[\text{Er}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot x\text{H}_2\text{O}$  ( $p=1,0$ ), в то время как кобальт полностью остается в растворе. По мере повышения значения  $p$  до 1,5 кобальт количественно осаждается в виде  $\text{CoC}_2\text{O}_4$ , который при дальнейшем увеличении  $p$  начинает постепенно растворяться в избытке оксалата аммония; полное растворение достигается при  $p=8,0$ .

Данные по растворимости в системе  $\text{Er}(\text{NO}_3)_3\text{—Co}(\text{NO}_3)_2\text{—}(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4\text{—H}_2\text{O}$  25°C (постоянное содержание  $\text{Er}^{3+}$  0,01 г-ион/л,  $\text{Co}^{2+}$  0,01 г-ион/л)

В исходной смеси		В растворе над осадком, г-ион/л $\times 100$			Выпало в осадок		
$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ $\text{Er}^{3+} + \text{Co}^{2+}$ (n)	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ г-ион/л $\times 100$	$\text{Er}^{3+}$	$\text{Co}^{2+}$	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	$\text{Er}^{3+}$	$\text{Co}^{2+}$	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$
0,50	1,00	0,38	1,00	0,02	0,62	нет	0,98
1,00	2,00	не обн.	1,00	0,02	1,00	"	1,98
1,25	2,50	то же	0,70	0,07	1,00	0,30	2,43
1,50	3,00	"	не обн.	0,02	1,00	1,00	2,98
2,00	4,00	"	0,10	1,00	1,00	0,90	3,00
4,00	8,00	"	0,59	5,58	1,00	0,41	2,42
8,00	16,00	0,01	1,00	14,02	0,99	нет	1,93

На этом основании замечаются новые возможности отделения эрбия от кобальта.

По данным химического анализа, состав твердой фазы, выделенной при  $p=1,5$ , можно выразить формулой  $\text{NH}_4\text{CoEr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 5,5\text{H}_2\text{O}$ , для которой найдено, масс. %:  $\text{NH}_4^+$  — 2, 83;  $\text{Er}^{3+}$  — 27, 68;  $\text{Co}^{2+}$  — 9, 50;  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  — 43, 21;  $\text{H}_2\text{O}$  — 16, 57. Рассчитано, масс. %:  $\text{NH}_4^+$  — 2, 96;  $\text{Er}^{3+}$  — 27, 55;  $\text{Co}^{2+}$  — 9, 71;  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  — 43, 47;  $\text{H}_2\text{O}$  — 16, 31.  $\text{NH}_4\text{CoEr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 5,5\text{H}_2\text{O}$  — белое кристаллическое вещество, инконгруэнтно растворимое в воде.

При  $p=8$  кобальт полностью переходит в раствор, а в твердой фазе остается эрбий в виде  $\text{NH}_4[\text{Er}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot x\text{H}_2\text{O}$  по следующей реакции:  

$$\text{NH}_4\text{CoEr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3 + (\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightarrow \text{NH}_4[\text{Er}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] + (\text{NH}_4)_2\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_2.$$

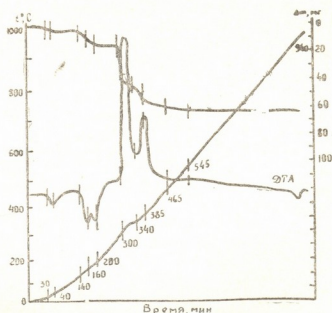
От  $p=8$  ионы эрбия начинают появляться в растворе за счет вторичного комплексобразования:



Из дериватограммы  $\text{NH}_4\text{CoEr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 5,5\text{H}_2\text{O}$  (рис. 1) можно выделить три этапа разложения соединения. Это, во-первых, дегидратация соли, которая по кривой ДТА отмечена двумя эндотермическими эффектами с минимумами при 40, 160 и 200°C. На кривой ТГ при 40°C наблюдается убыль 2% массы, что отвечает удалению 1 моля воды. До 140°C теряется еще одна молекула гидратной воды. Удалению 3,5  $\text{H}_2\text{O}$  соответствует резкое отклонение ТГ при 200°C. Потеря массы за счет удаления 1;1 и 3,5 моля воды подтверждена данными химического анализа промежуточных продуктов, образующихся в процессе нагревания смешанного эрбий-кобальтового оксалата до соответствующих температур.

В результате полной дегидратации образуется безводная соль, устойчивая до 300°C. Области существования безводного эрбий-кобальтового оксалата отвечает строго горизонтальная площадка на кривой

Рис. 1. Дериватограмма  
 $\text{NH}_4 \text{CoEr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 5,5 \text{H}_2\text{O}$



ТГ в интервале температур 200—300°C. Разложение безводной соли начинается при 300°C, ему соответствуют два экзоэффекта на кривой ДТА с максимумами при 340 и 285°C и потеря 38,33% массы на кри-

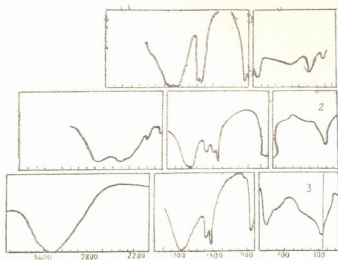


Рис. 2. ИК-спектры  
 поглощения: 1 —  $\text{Er}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ; 2 —  $\text{CoC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ;  
 3 —  $\text{NH}_4 \cdot \text{Er} \cdot \text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 5,5 \text{H}_2\text{O}$

вой ТГ. Процесс удаления  $\text{NH}_4^+$ -иона, очевидно, совпадает с началом разложения оксалата, так как эффект, характерный для удаления аммиака на кривой ДТА, не наблюдается.

Полное удаление  $\text{CO}_2$  и образование смешанного окисла эрбия и кобальта ( $\text{Er}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{CoO}$ ) происходит при  $\sim 940^\circ\text{C}$ . Потеря массы на кривой ТГ при  $940^\circ\text{C}$  составляет 55,78%, а теоретически рассчитано 56,16%.

ИК-спектры соединений представлены на рис. 2. Максимумы поглощения наблюдавшихся волновых чисел приводятся ниже:

$\text{Er}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ : 415, 500, 630, 815, 1330, 1370, 1600—1720  $\text{cm}^{-1}$  (1);  
 $\text{CoC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ : 500, 770, 830, 1330, 1370, 1600—1700  $\text{cm}^{-1}$  (2);  
 $\text{NH}_4 \cdot \text{Er} \cdot \text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 5,5 \text{H}_2\text{O}$ : 500, 810, 1330, 1370, 1455, 1600—1700  $\text{cm}^{-1}$  (3).

В спектре соединения (3) появляются полосы поглощения, характерные для оксалатов эрбия и кобальта (1) и (2).

Полосы поглощения 415, 630 и 770  $\text{см}^{-1}$ , которые видны в спектрах соединений (1), (2), отсутствуют в ИК-спектре соединений (3). В спектре соединения (3) появляется полоса поглощения 1455  $\text{см}^{-1}$ , характерная для колебания N—H.

Анализ дебаеграмм рассматриваемых соединений позволяет отнести вновь синтезированную фазу к смешанному кристаллическому веществу, дебаеграмма которого отличается от дебаеграмм исходных соединений.

Академия наук Грузинской ССР

Институт физической  
и органической химии  
им. П. Г. Меликишвили

(Поступило 2.3.1978)

ზოგადი და ანორგანული ქიმია

ა. მოდებაძე, ე. დავითაშვილი

მრბიუმკობალტის შერეული ოქსალატების სინთეზი და მათი თვისებების შესწავლა

რეზიუმე

ერბიუმის, კობალტის და ოქსალატ-იონის ნარჩენ კონცენტრაციათა განსაზღვრის გზით შესწავლილია  $\text{Er}(\text{NO}_3)_3 + \text{Co}(\text{NO}_3)_2$  ურთიერთქმედება ამონიუმის ოქსალატთან იზომოლარულ ნარევებში  $\text{Er}^{3+}:\text{Co}^{2+}$  1:1 თანფარდობისას.

დადგენილია, რომ ურთიერთქმედების შედეგად მიღებულ პროდუქტებს წარმოადგენენ მცირედსხნადი  $\text{NH}_4[\text{Er}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot x\text{H}_2\text{O}$  და  $\text{NH}_4\text{CoEr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 5.5\text{H}_2\text{O}$ .

ჩატარებულია სინთეზირებული შერეული ოქსალატის ქიმიური, თერმოგრავეიმეტრიული, რენტგენოგრაფიული და ინფრაწითელი სპექტროსკოპიული გამოკვლევა.

GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

M. E. MODEBADZE, E. G. DAVITASHVILI

### SYNTHESIS OF MIXED ERBIUM-COBALT OXALATES AND STUDY OF THEIR CHARACTERISTICS

Summary

By estimating residual concentrations of Er, Co and oxalate-ions the interaction of  $\text{Er}(\text{NO}_3)_3 + \text{Co}(\text{NO}_3)_2$  with ammonium oxalate in isomolar mixtures of  $\text{Er}^{3+}:\text{CO}^{2+}$  of the ratio of 1:1 has been studied.

The obtained products:  $\text{NH}_4[\text{Er}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot x\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{NH}_4\text{CoEr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 5.5\text{H}_2\text{O}$  proved to be slightly soluble.

Chemical, thermogravimetric, X-ray and IR spectral studies of the synthesized mixed oxalates were conducted.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. И. В. Тананаев. Труды Всесоюзной конференции по аналитической химии. М.—Л., 1939, 175—1740.
2. Анализ минерального сырья. Под ред. Ю. Н. Книпович и Ю. В. Мурачевского. Л., 1956, 424.
3. В. Ф. Гиллебранд, Г. Э. Лендель и др. Практическое руководство по неорганическому анализу. М., 1960.

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Ш. И. СИДАМОНИДЗЕ, Г. В. ЦИЦИШВИЛИ (академик АН ГССР),  
Д. Н. БАРНАБИШВИЛИ, Д. М. ШАВЛАДЗЕ

АДСОРБЦИЯ ПАРОВ ВОДЫ И БЕНЗОЛА НА СИНТЕТИЧЕСКИХ  
ЦЕОЛИТАХ ТИПА  $\Omega$  И ТМА-ОФФРЕТИТЕ

Исследование адсорбционных свойств синтетических цеолитов типа ТМА-оффретит (О) и  $\Omega$  представляет значительный интерес. Высокая кислотостойкость и термостабильность, достаточно большой размер входных окон и свободных объемов каркаса этих цеолитов определяют перспективность их применения в адсорбционных и каталитических процессах. В отличие от цеолитов типа А, фожазита, морденита и др., их сорбционные свойства мало изучены. Целью настоящей работы являлось частичное восполнение этого пробела.

Образцы  $\Omega$  и О цеолитов были синтезированы согласно [1]. Идентификация структуры кристаллического каркаса проводилась рентгенографически. Адсорбционная способность цеолитов исследовалась по парам воды и бензола при 20° на высоковакуумной микровесовой установке. Образцы цеолитов обрабатывались в вакууме непосредственно в адсорбционной установке при 350° до достижения постоянного веса и остаточного давления  $1 \cdot 10^{-6}$  торр. Система термостатировалась с точностью  $\pm 0,05^\circ$ . Введенные в систему адсорбаты предварительно очищались и дегазировались.

По литературным данным [1—3], входящие в состав  $\Omega$  и О тетраметиламмониевые (ТМА) катионы при термической обработке претерпевают разложение. Разрушение достаточно больших ТМА катионов значительно изменяет сорбционные свойства этих цеолитов. С целью выявления характера этого влияния изучалась адсорбция на образцах, обработанных при 350° и  $10^{-4}$  торр. (5 час.). Полученные данные сопоставлялись с результатами, характеризующими адсорбцию на тех же цеолитах, но предварительно нагретых до температуры 520° в течение 5 часов в струе кислорода и затем откочанных в установке при 350°.

Приведенные на рис. 1 изотермы показывают, что адсорбция паров воды на оффретите, вакуумированном при 350° (без предварительной обработки при 520°), имеет обратимый характер — адсорбционные и десорбционные ветви совпадают во всей области относительных давлений. Предварительная термообработка цеолита О при 520° (в струе кислорода) вызывает существенное изменение картины: резко увеличивается сорбционная способность и в широкой области относительных давлений наблюдается отставание десорбционной ветви от адсорбционной (десорбционные и адсорбционные точки снимались с 10—12-часовым интервалом). В [2] на основе данных термического дифференциального анализа было обнаружено, что до 520° в цеолите типа О ТМА катионы претерпевают практически полное разложение и термообработка в струе кислорода способствует выжиганию органических остатков.

Основываясь на вышесказанном, резкий рост сорбционной способности цеолита О в отношении паров воды можно объяснить повышени-



ем доступности сорбционного пространства цеолита в результате удаления из кристаллической структуры катионов больших размеров (ТМА).

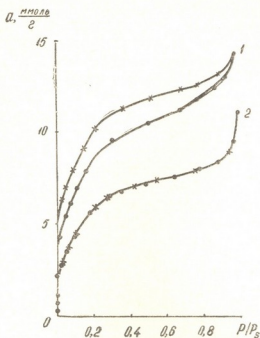


Рис. 1. Изотермы адсорбции (•) и десорбции (x) паров воды при 20° на синтетическом оффретите: 1 — обработанном при 520°, 2—350°

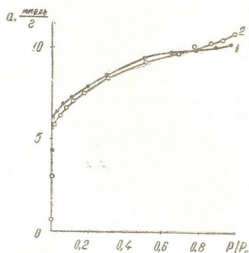


Рис. 2. Изотермы адсорбции паров воды при 20° на синтетическом цеолите Q: 1 — обработанном при 350°, 2 — при 520°

Можно допустить, что ТМА катионы препятствуют проникновению молекул воды не только в гмелинитовые ячейки, но и в большие, параллельные оси С каналы. Известно, что в этих каналах после синтеза цеолита остается некоторое количество нестехиометрического ТМА. В увеличение сорбционной способности цеолита некоторую долю могли внести также те участки кристаллического каркаса, которые освободились в результате разложения больших ТМА катионов.

ИК-спектроскопия дала возможность выявить механизм перехода катионированной формы цеолита О в водородную форму в результате термообработки [4]. Качественно, в результате сопоставления величин температур, соответствующих отщеплению  $\text{NH}_3$  от аммонийных форм цеолитов У и О, было показано, что кислотные центры водородной формы цеолита О по своей силе значительно превосходят кислотные центры цеолита У [2].

Отставание десорбционной ветви от адсорбционной — затруднение установления десорбционного равновесия, по-видимому, обуславливается сильным взаимодействием полярных молекул воды с теми кислотными центрами цеолита, которые образовались вследствие разрушения ТМА катионов; величина десорбции молекул воды с этих центров отстает от адсорбции. Некоторую долю в разность величин адсорбции и десорбции при одинаковом значении относительных давлений, возможно, вносит также взаимодействие, обусловленное гмелинитовыми ячейками (можно принять, что до разрушения ТМА катионов гмелинитовые ячейки были частично блокированы для молекул воды).

Приведенные на рис. 2 экспериментальные данные показывают, что адсорбция паров воды на образцах цеолита  $\Omega$ , обработанных при 350° и 520°, почти одинакова. В случае цеолита  $\Omega$  удалению ТМА катионов не сопутствует увеличение сорбционной способности. Сходные результаты были отмечены в работе [4].

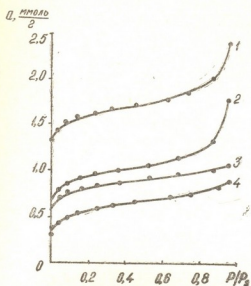


Рис. 3. Изотермы адсорбции паров бензола при 20° на синтетических цеолитах: 1 — оффретит, предварительно обработанный при 520°, 2 — при 350°, 3 —  $\Omega$ , обработанный при 350°, 4 — при 520°

Адсорбция паров бензола на цеолите  $\Omega$  (350°) по величине значительно уступает адсорбции паров воды (рис. 3). Для молекул бензола, имеющих сравнительно большой размер (критический диаметр 5,85 Å), проникновение в большие каналы цеолита (диаметр входных окон  $\sim 6,3$  Å) затруднено — блокирующая способность больших ТМА катионов в случае бензола довольно существенна, попадание молекул бензола в гмелинитовые ячейки вовсе исключено.

Предварительная термическая обработка цеолита типа  $\Omega$  при температуре 520° способствует увеличению сорбционной способности по отношению к парам бензола; разложение ТМА катионов обуславливает увеличение доступности больших каналов цеолита для молекул этого адсорбата.

Несмотря на достаточную величину диаметра входного окна цеолита  $\Omega$  ( $\sim 8$  Å), адсорбция молекул бензола на этом цеолите незначительна. По-видимому, ТМА катионы препятствуют проникновению молекул бензола в большие каналы. Величина адсорбции молекул бензола на цеолите  $\Omega$ , обработанном при 520°, меньше, чем для образца, обработанного при 350° (рис. 3). Несмотря на то что рентгенографические данные указывают на сохранность основной кристаллической структуры цеолита  $\Omega$  при 520°, в кристалле, вероятно, происходят некоторые (рентгенографически не зафиксированные) сдвиги атомов, которые ограничивают адсорбцию молекул бензола в больших каналах.

Рентгенографические характеристики цеолитов были получены в Грузинском политехническом институте им. В. И. Ленина под руководством проф. Г. В. Цинцадзе.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт физической и  
органической химии  
им. П. Г. Меликишвили

Тбилисский государственный университет

(Поступило 17.3.1978)

შ. სიდამონიძე, გ. ციციშვილი (საქ. სსრ მეცნ. აკად. აკადემიკოსი),  
 დ. ბარნაბიშვილი, დ. შავლაძე

წყლისა და ბენზოლის ორთქლის ადსორბცია ტმა-ოფრეტიტზე  
 და Ω ტიპის სინთეზურ ცეოლითებზე

რეზიუმე

მაღალვაკუუმურ ადსორბციულ დანადგარზე კვარცის მიკროსასწორის გამოყენებით შესწავლილია წყლისა და ბენზოლის ორთქლის ადსორბცია ტმა-ოფრეტიტის და Ω ტიპის სინთეზურ ცეოლითებზე. 520° ტემპერატურაზე გახურებულ ტმა-ოფრეტიტზე წყლის ორთქლის ადსორბციის იზოთერმი ხასიათდება მკვეთრად გამოხატული ჰისტერეზისის მარყუჯით. 350° ტემპერატურაზე გახურებულ ტმა-ოფრეტიტზე წყლის ადსორბცია შედარებით მცირეა და შექცევადად მიმდინარეობს. ცეოლითები ბენზოლის შთანქმის სუსტ უნარს ამჟღავნებენ. მაღალ ტემპერატურაზე წინასწარი დამუშავება ტმა-ოფრეტიტზე ზრდის ბენზოლის შთანქმის უნარს, Ω ცეოლითზე კი ამცირებს.

PHYSICAL CHEMISTRY

Sh. I. SIDAMONIDZE, G. V. TSITSISHVILI, D. N. BARNABISHVILI,  
 D. M. SHAVLADZE

ADSORPTION OF WATER VAPOURS AND BENZENE ON Ω-TYPE  
 SYNTHETIC ZEOLITES AND TMA-OFFRETITE

Summary

The title problem has been studied on a high-vacuum adsorption device. Depending on the preliminary treatment of the zeolites, the nature of adsorption was found to change drastically. The dissolution of TMA cations in offretite-type zeolite is attended by a sharp increase of the adsorption volume. In the case of water, this is presumably due to the participation of gmelinite cell of the crystalline structure of the zeolite in the adsorption process.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. R. Aillo, R. M. Barrer. J. Chem. Soc. (A), 1970, 1470-1475.
2. T. E. Whyte, Jr., E. L. Wu, G. T. Kerre, P. B. Venuto. J. Catal, 20, 1971, 88-96.
3. Ш. И. Сидамонидзе, Г. В. Цицишвили, К. М. Марчилашвили. Сообщения АН ГССР, 85, № 2, 1977, 373-376.
4. T. E. Whyte, Jr. P. B. Venuto. J. Catal. 21, 1971, 384-393.



ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

И. И. ГИУАШВИЛИ, Р. Р. ДОГОНАДЗЕ, Т. А. МАРСАГИШВИЛИ,  
 В. К. ХИДУРЕЛИ

ТЕОРИЯ КИНЕТИКИ ЖИДКОФАЗНЫХ РЕАКЦИЙ ЗАМЕЩЕНИЯ  
 ЛИГАНДОВ В ЛИНЕЙНЫХ КОМПЛЕКСАХ

(Представлено академиком Н. А. Ландия 16.3.1978)

При вычислении константы скорости реакции замещения  $AB+C \rightarrow AC+B$  будем исходить из общей квантовой теории кинетики химических реакций в конденсированной среде [1].

I. Для неадиабатических реакций вероятность протекания элементарного акта за единицу времени запишем в виде [1, 2]

$$W_{if} = \frac{\beta}{i\hbar} \exp\{\beta F_i\} \int_{-i\infty}^{i\infty} d\theta f(\theta), \quad \beta \equiv \frac{1}{kT}, \quad (1)$$

где  $F_i$  — свободная энергия системы в начальном состоянии, а функция

$$f(\theta) = Sp \widehat{L} \exp\{-\beta(1-\theta) \widehat{H}_i\} \widehat{L}^+ \exp\{-\beta\theta \widehat{H}_f\}. \quad (2)$$

Здесь  $\widehat{H}_{i(f)}$  — гамильтониан начального (конечного) состояния системы без учета взаимодействия между реагентами (продуктами). Оператор  $\widehat{L}$  в координатном представлении совпадает с электронным резонансным интегралом.

Пренебрегая эффектами обменного взаимодействия между реагирующими частицами и молекулами среды, шпур в формуле (3) можно факторизовать:  $f = f^{(m)} \cdot f^{(p)}$ , где индексы  $m$  и  $p$  относятся к среде и к реагентам. Согласно [1, 2]

$$f^{(m)}(\theta) = \exp\{-\beta(1-\theta) F_{i(\infty)}^{(m)} - \beta\theta F_{f(\infty)}^{(m)} - \beta\theta(1-\theta) E_r^{(m)}\}. \quad (3)$$

Здесь  $E_r^{(m)}(R^*)$  — энергия реорганизации среды в ходе элементарного акта химической реакции в предположении, что координаты реагентов (набор  $R$ ) являются фиксированными, а  $F_{i(\infty)}^{(m)}$  — часть свободной энергии растворителя, связанная с взаимодействием среды с реагентами (продуктами), разведенными на бесконечность.

Перейдем к вычислению  $f^{(p)}(\theta)$ :

$$f_{(0)}^{(p)} = Sp \widehat{L} \exp\{-\beta(1-\theta) \widehat{H}_i^{(p)}\} \widehat{L}^+ \exp\{-\beta\theta \widehat{H}_f^{(p)}\}, \quad (4)$$

где  $H_{i(f)}^{(p)}$  — гамильтониан реагентов (продуктов), растворенных в полярной жидкости. Колебания реагентов обычно характеризуются низкими частотами, поэтому задачу можно рассматривать в классическом приближении. Будем считать для простоты, что обе деформационные частоты реагентов (продуктов) одинаковы и что взаимодействие деформационных и валентных колебаний отсутствует. Пренебрегая реорганизацией внутри фрагментов А, В и С в ходе реакции потенциальные энергии начального и конечного состояний запишем в виде





$$U_i^{(p)} = I_i + I_B^v(R_B) + I_B^\delta(\vartheta_B) + I_i(|\bar{R}_B - \bar{R}_C|), \quad (5a)$$

$$U_j^{(p)} = I_j + I_C^v(R_C) + I_C^\delta(\vartheta_C) + I_j(|\bar{R}_C - \bar{R}_B|), \quad (5б)$$

где  $I_{i(j)}$  с точностью до знака совпадает с энергией диссоциации частицы АВ (АС) в среде; индексы  $v$  и  $\delta$  относятся к валентному и деформационному колебаниям, соответственно, а через  $R_B(R_C)$  и  $\vartheta_B(\vartheta_C)$  обозначены длины связей АВ (АС) и соответствующие углы. Потенциал взаимодействия между реагентами  $I$  предполагается плавной функцией на больших расстояниях, а на расстояниях между частицами В и С меньше некоторого значения  $R_0$  равной бесконечности.

Использование методики, развитой в работах [1, 2], приводит:

$$K_{\text{неад.}} = A_{\text{неад.}} \exp \left\{ - \frac{E_a}{kT} \right\}, \quad (6)$$

где  $K$  — константа скорости реакций, а предэкспоненциальный фактор  $A_{\text{неад.}}$  и энергия активации  $E_a$  определяются соотношениями

$$A_{\text{неад.}} = \frac{(2\pi)^2 |\beta L|^2 R_{C_0}^2 K_B^\delta \sqrt{\sin \vartheta_0 \sin \vartheta_B^* \sin(\vartheta_0 - \vartheta_B^*)}}{\beta h (\beta \theta^* I_C^{\delta'})^{3/2} \sqrt{\theta^* (1 - \theta^*)} \beta K_C^v \sqrt{(1 - \theta^*)} \beta I_B^{\delta''} + \theta^* \beta I_C^{\delta''}} \times \\ \times \frac{1}{\sqrt{\beta \left( E_r^{(m)} + \frac{1}{2\theta^*} \frac{d\vartheta_B^*}{d\theta} I_B^{\delta'} \right)}}, \quad (7)$$

$$E_a = I_i + I_B^\delta(\vartheta_B^*) + \theta^{*2} E_r^{(m)}. \quad (8)$$

Здесь угол  $\vartheta_B^*$ , соответствующий переходной конфигурации реагентов, определяется из решения уравнения

$$\frac{\partial}{\partial \vartheta_B} [1 - \theta) U_B^\delta + \theta U_C^\delta] = 0, \quad (9)$$

а угол наименьшего сближения  $\vartheta_0$  находится из условия

$$R_0^2 = R_{B_0}^2 + R_{C_0}^2 - 2R_{B_0} R_{C_0} \cos \vartheta_0, \quad (10)$$

где  $R_{B_0}$  и  $R_{C_0}$  — равновесные длины связей АВ и АС. Через  $K_B^\delta$ ,  $K_C^v$  обозначены деформационная и валентная силовые постоянные, соответственно, а производные  $I_{B(C)}^{\delta'}$  и  $I_{B(C)}^{\delta''}$  берутся при  $\vartheta_B = \vartheta_B^*$ . В (7) и (8) через  $\theta^*$  обозначен фактор симметрии Бренстеда, который определяется из уравнения

$$\Delta F_r^{(m)} + \Delta I + \Delta I(R_0) = I_B^\delta[\vartheta_B^*(\theta)] - I_C^\delta[\vartheta_0 - \vartheta_B^*(\theta)] - (1 - 2\theta) E_r^{(m)}. \quad (11)$$

II. Для адиабатических реакций достаточно ограничиться рассмотрением нижней адиабатической поверхности потенциальной энергии системы

$$U = \frac{1}{2} (U_i + U_j) - \frac{1}{2} \sqrt{(U_i - U_j)^2 + 4L^2}. \quad (12)$$

Множитель  $A_{\text{ад.}}$  в (6) вычисленный согласно [1], имеет вид

$$A_{\text{ад.}} = \frac{2\pi^2 I_C^2 K_B^\delta R_{C_0}^2}{\beta h [(1 - \theta^*) I_B^{\delta'}]^{3/2}} \times \\ \times \left( \frac{\sin \vartheta_0 \sin \vartheta_B^* \sin(\vartheta_0 - \vartheta_B^*)}{K_C^v \theta^* (1 - \theta^*) [E_r^{(m)} [1 - \theta^*) I_B^{\delta''} + \theta^* I_C^{\delta''}] + (I_B^{\delta'})^2 / 2\theta^{*2}} \right)^{1/2}, \quad (13)$$

где  $L_C$  — максимальное значение обменного резонансного интеграла, когда реакция становится адиабатической [1].

Для расчета энергии активации адиабатических реакций  $E_a$  термы потенциальной энергии  $U_i$  и  $U_f$  запишем в виде

$$U_i = U_i^{(p)} + F_i^{(m)} + \frac{1}{2} \sum_x \hbar \omega_x (q_x - q_{x_{0i}})^2, \quad (14a)$$

$$U_f = U_f^{(p)} + F_f^{(m)} + \frac{1}{2} \sum_x \hbar \omega_x (q_x - q_{x_{0f}})^2, \quad (14b)$$

где  $q_x$  и  $\omega_x$  — нормальные координаты и собственные частоты эффективных осцилляторов среды [1], а  $q_{x_{0i(f)}}$  определяет равновесную поляризацию среды в начальном (конечном) состоянии.

Для определения энергии активации необходимо найти конфигурацию, отвечающую седловой точке поверхности  $U$ :

$$(1 - \lambda) \frac{\partial U_i}{\partial \xi_h} + \lambda \frac{\partial U_f}{\partial \xi_h} = 0. \quad (15)$$

Эти уравнения формально совпадают с соответствующими уравнениями для определения переходной конфигурации неадиабатических реакций. Но если фактор симметрии  $\Theta$  в неадиабатических реакциях определялся из условия  $U_i[\xi(\theta)] = U_f[\xi(\theta)]$ , то для адиабатических реакций параметр  $\lambda$  определяется из условия

$$U_i[\xi(\lambda)] - U_f[\xi(\lambda)] = (2\lambda - 1) V \sqrt{[U_i[\xi(\lambda)] - U_f[\xi(\lambda)]]^2 + 4L^2}. \quad (16)$$

Учитывая формулы (14), нетрудно найти решение уравнений (15) для координат среды:

$$q_x^*(\lambda) = q_{x_{0i}} + \lambda(q_{x_{0f}} - q_{x_{0i}}). \quad (17)$$

Решение уравнений (15) для координат реагирующих частиц, естественно, зависит от вида потенциалов  $U_i^{(p)}$  и  $U_f^{(p)}$ .

Кривая  $\xi^*(\lambda)$  в многомерном пространстве проходит через все экстремальные точки поверхности  $U(\xi)$ , и значения  $\lambda^*$  в этих точках находятся из системы (16). В частности, если терм  $U$  характеризуется двумя минимумами и седлом, решение системы (16) приводит к трем корням:  $\lambda_i$ ,  $\lambda_f$  и  $\lambda_s$ , соответствующим конфигурациям минимума начального состояния, минимума конечного состояния и седла.

Поскольку вышеописанная картина соответствует случаю, когда межмолекулярные координаты фиксированы, то для вычисления энергии активации к величине  $U[\xi(\lambda_s)] - U[\xi(\lambda_i)]$  необходимо добавить энергию, связанную с расталкиванием реагентов и продуктов реакции:

$$E_a = U[\xi(\lambda_s)] - U[\xi(\lambda_i)] + (1 - \lambda_s)I_i + \lambda_s I_f. \quad (18)$$

Наконец, приведем выражение для коэффициента симметрии Бренстеда  $\alpha$ , который определяется как производная от энергии активации по свободной энергии реакции  $\Delta F_0$ :

$$\alpha \equiv \frac{dE_a}{d\Delta F_0} = \lambda_s - \lambda_i. \quad (19)$$

В рамках использованной в данной работе модели система уравнений (15) с учетом формулы (17) сводится к одному уравнению для  $\Phi_B^*$ . При этом параметры  $\lambda$  будут определяться из решения уравнения

$$H_B^{\delta}[\Phi_B^*(\lambda) - H_C^{\delta}[\Phi_0 - \Phi_B^*(\lambda)] - \Delta F_{(\infty)}^{(m)} - \Delta I - \Delta H(R_0) - (1 - 2\theta) E_r^{(m)}] = (20)$$

$$= (2\lambda - 1) \sqrt{\{H_B^{\delta}[\Phi_B^*(\lambda) - H_C^{\delta}[\Phi_0 - \Phi_B^*(\lambda)] - \Delta F_{(\infty)}^{(m)} - \Delta I - \Delta H(R_0) - (1 - 2\theta) E_r^{(m)}\}^2 + 4L^2}$$

В заключение отметим, что все результаты, полученные в адиабатической теории, переходят в соответствующие выражения неадиабатической теории при  $L \rightarrow 0$ .

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт биохимии растений

Тбилисский государственный университет

(Поступило 23.3.1978)

ფიზიკური ქიმია

ი. გიუაშვილი, რ. დოღონაძე, თ. მარსაგიშვილი, ვ. ჯიჟდურელი  
 ხაზოვან კომპლექსებში ლიგანდების ჩანაცვლების რეაქციების  
 ჩანაცვლების რეაქციების კინეტიკის თეორია

რეზიუმე

შემუშავებულია ხაზოვან კომპლექსებში ლიგანდების ჩანაცვლების რეაქციების სიჩქარის ჰედროთი მუდმივას გამოთვლის მეთოდიკა. მიღებულია გამოსახულებანი ექსპონენციალურისწინა მამრავლისა არენიუსის კანონში, აქტივაციის ენერჯისა და ბრენსტედის სიმეტრიის ფაქტორისა როგორც არა-ადიაბატური, ისე ადიაბატური რეაქციებისათვის.

PHYSICAL CHEMISTRY

I. I. GIUASHVILI, R. R. DOGONADZE, T. A. MARSAGISHVILI V. K. KHIDURELI

### THE THEORY OF THE KINETICS OF LIQUID-PHASE LIGAND SUBSTITUTION REACTIONS IN LINEAR COMPLEXES

Summary

Methods have been developed for calculating the specific constant of the ligand substitution reaction rate in linear complexes. Expressions of the preexponential factor within the Arrhenius law have been derived as well as of the activation energy and Bronsted symmetry factor for non-adiabatic and adiabatic reactions.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Р. Р. Догонадзе, А. М. Кузнецов. Кинетика химических реакций в полярных растворителях. Физическая химия. Кинетика, 2. М., 1973.
2. Р. Р. Догонадзе, Т. А. Марсагишвили, Г. М. Чонишвили. Ден. ВИНТИ, 11Б, 773, 1977.

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

М. К. АБУЛАДЗЕ, М. А. НАМОРАДЗЕ, З. Г. ДЗОЦЕНИДЗЕ,  
М. Д. МУСЕРИДЗЕ, А. Н. БАРАТОВ

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ ГЕТЕРОГЕННОЙ РЕКОМБИНАЦИИ  
АТОМОВ ВОДОРОДА НА ПОВЕРХНОСТИ ХЛОРИДОВ  
ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии И. М. Гвердцители 24.1.1978)

Изучение кинетики гетерогенной рекомбинации атомов имеет весьма важное теоретическое и практическое значение. Первостепенное значение приобретают величины констант скорости гибели атомов на твердых поверхностях [1, 2].

Работа посвящена кинетическому изучению процесса гетерогенной рекомбинации атомов водорода на поверхности хлоридов магния, кальция, стронция и бария методом нижнего предела воспламенения водорода [3].

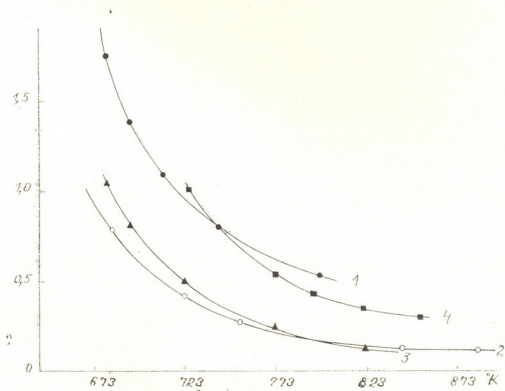


Рис. 1. Температурная зависимость первого предела воспламенения стехиометрической смеси водорода с кислородом для поверхностей: 1— $MgCl_2$ , 2— $CaCl_2$ , 3— $SrCl_2$ , 4— $BaCl_2$

Опыты проведены на статической вакуумной установке. Скорость гетерогенной рекомбинации атомов водорода изучали на стенке цилиндрического кварцевого сосуда, покрытой пленкой солей хлоридов



щелочноземельных металлов. Получены значения первого предела воспламенения стехиометрической смеси водорода с кислородом на этих поверхностях. На рис. 1 представлены температурные зависимости пер-

Таблица 1

MgCl <sub>2</sub>			CaCl <sub>2</sub>			SrCl <sub>2</sub>			BaCl <sub>2</sub>		
T, °K	K <sub>4</sub> C <sup>-1</sup>	γ·10 <sup>4</sup>	T, °K	K <sub>4</sub> C <sup>-1</sup>	γ·10 <sup>4</sup>	T, °K	K <sub>4</sub> C <sup>-1</sup>	γ·10 <sup>4</sup>	T, °K	K <sub>4</sub> C <sup>-1</sup>	γ·10 <sup>4</sup>
673	18,7	3,3	683	9,7	1,6	703	11,2	1,9	713	24,3	4,2
733	22,9	3,9	773	9,5	1,6	763	11,3	1,9	763	25,9	4,3
763	25,9	4,3	853	11,4	1,8	793	11,4	1,9	813	28,8	4,6
793	30,9	5,0	933	13,9	2,1	833	12,7	2,0	853	30,9	4,9

вых пределов воспламенения стехиометрической смеси водорода с кислородом.

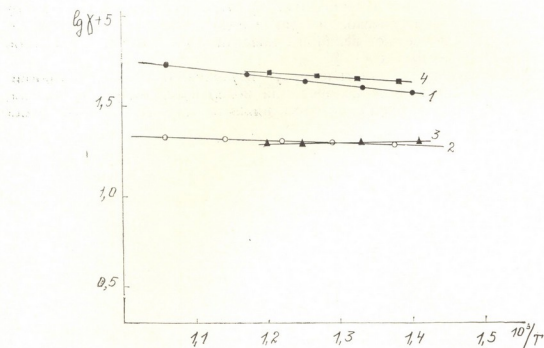


Рис. 2. Температурная зависимость коэффициентов гетерогенной рекомбинации атомов водорода в аррениусовских координатах для поверхностей: 1—MgCl<sub>2</sub>, 2—CaCl<sub>2</sub>, 3—SrCl<sub>2</sub>, 4—BaCl<sub>2</sub>

Определены константы скорости и коэффициенты гетерогенной рекомбинации атомов водорода. Полученные данные представлены в

Таблица 2

Поверхность	γ <sub>н</sub>			
	MgCl <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub>	SrCl <sub>2</sub>	BaCl <sub>2</sub>
Еккал	3,7	1,7	0	1,4
γ <sub>0</sub>	5,1 · 10 <sup>-3</sup>	1,9 · 10 <sup>-3</sup>	1,9 · 10 <sup>-4</sup>	5,3 · 10 <sup>-3</sup>

табл. 1. Как видно из таблицы, константы скорости и коэффициенты гетерогенной рекомбинации слабо зависят от температуры.

Установлено, что для изученных солей температурная зависимость коэффициентов рекомбинации атомов водорода в аррениусовских координатах линейна (рис. 2). В табл. 2 представлены рассчитанные на основе линейной зависимости значения энергии активации и предэкспоненциальных множителей.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 3.2.1978)

ფიზიკური ქიმია

მ. აბულაძე, მ. ნამორაძე, ზ. ძოცენიძე, მ. მუსერიძე, ა. ბარათოვი

წყალბადის ატომების ჰეტეროგენული რეკომბინაციის კინეტიკის შესწავლა ტეტრაჰიდრომეტალთა ქლორიდების ზედაპირებზე

რეზიუმე

შესწავლილია წყალბადის ატომების ჰეტეროგენული რეკომბინაცია ტუტე-მიწა მეტალთა ქლორიდების ზედაპირებზე აალების ქვედა ზღვრის მეთოდით. დადგენილია წყალბადისა და ქანკბადის სტეჰიომეტრული ნარევის აალების ქვედა ზღვრის სიდიდეები. განსაზღვრულია წყალბადის ატომების ჰეტეროგენული რეკომბინაციის სიჩქარის მუდმივები და კოეფიციენტები.

დადგენილია წყალბადის ჰეტეროგენული რეკომბინაციის კოეფიციენტის ტემპერატურული დამოკიდებულება; გამოთვლილია აქტივაციის ენერგიები და ექსპონენტისწინა მამრავლი.

PHYSICAL CHEMISTRY

M. K. ABULADZE, M. A. NAMORADZE, Z. G. DZOTSENIDZE, M. D. MUSERIDZE,  
A. N. BARATOV

## HETEROGENEOUS RECOMBINATION OF HYDROGEN ATOMS ON THE SURFACES OF CHLORIDES OF ALKALI-EARTH METALS

Summary

Heterogeneous recombination of hydrogen atoms on the surfaces of chlorides of alkali-earth metals have been studied.

The constants of action and coefficients of heterogeneous recombination of hydrogen atoms were determined. The temperature dependence of the coefficients of heterogeneous recombination of hydrogen atoms was established.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Сб. Трудов второго Всесоюзного симпозиума по горению и взрыву. Черногловка. 1969, 161—465.
2. А. Н. Баратов, М. Д. Мусеридзе, З. Г. Дзоцендзе. Сб. Трудов ВНИИПО МВД СССР. М., 1974, 204.
3. Н. Н. Семенов. О некоторых проблемах химической кинетики и реакционной способности. М., 1958.

В. В. ШАВГУЛИДZE, Л. Г. ЕНУКИДZE

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ РАСТВОРИТЕЛЯ НА ПРОЦЕСС ВОССТАНОВЛЕНИЯ КАТИОНОВ СВИНЦА В ПРИСУТСТВИИ ТРИБЕНЗИЛАМИНА

(Представлено академиком Р. И. Агладзе 28.2.1978)

Введение трибензиламина (ТрБА) в водный солянокислый раствор, содержащий  $Pb^{2+}$  и  $Cd^{2+}$  приводит в определенных условиях к появлению вслед за разрядом металла горбообразной каталитической волны водорода. В работе [1] нами было сделано предположение, что механизм каталитического выделения водорода в таких системах, по-видимому, обусловлен восстановлением поверхностных протонированных комплексов и регенерацией их по реакции с участием доноров протонов. Для подтверждения этого соображения необходимы адсорбционные данные ТрБА на ртути, с помощью которых можно произвести количественные расчеты для сопоставления теории с экспериментом.

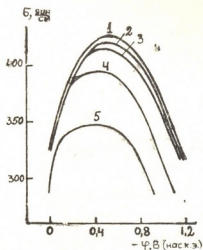


Рис. 1. Электрокапиллярные кривые на ртути в 0,1 N солянокислых водных растворах в присутствии ТрБА: 1—0; 2— $10^{-6}$ ; 3— $5 \cdot 10^{-6}$ ; 4— $10^{-4}$ ; 5— $10^{-3}$  M

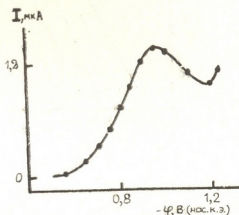


Рис. 2. Каталитические полярографические волны водорода в 0,1 N солянокислых водных растворах в системе  $10^{-3}$  N  $PbCl_2 + 4 \cdot 10^{-3}$  M ТрБА. Сплошная кривая — расчет по уравнениям (1) и (2); точки — экспериментальные значения отмеренные от уровня диффузионного тока волны разряда свинца

Адсорбция ТрБА на ртути в соответствующих растворах была изучена методом электрокапиллярных кривых. Как видно из рис. 1, в растворе 0,1 N  $HCl + 10^{-5}$  M ТрБА снижение пограничного натяжения, являющегося мерой адсорбции поверхностноактивного вещества, не так

значительно и с ростом отрицательного потенциала останется примерно одинаковым в интервале изученных потенциалов. В растворах, более концентрированных относительно ТрБА ( $10^{-4}$ – $10^{-3}$  М), значительно снижается пограничное натяжение ( $\sigma$ ). Согласно рис. 1, адсорбция ТрБА наблюдается во всем исследованном интервале потенциалов (0;–1,2В).

Форма необратимых поверхностных каталитических волн, одной из стадий которых является протонизация адсорбированной молекулы на поверхности электрода, описывается совокупностью уравнений [2]

$$E = E_{1/2} - \frac{RT}{\alpha n_a F} \ln \frac{i^0}{i_{np}^0 - i^0}, \quad (1)$$

$$i = i^0 \cdot \exp\{-a\varphi^2\}. \quad (2)$$

Расчет по уравнениям (1) и (2) проводился для концентрации  $4 \cdot 10^{-5}$  М ТрБА в растворе 0,1 N HCl + 0,001 N PbCl<sub>2</sub>. На рис. 2 точками показаны экспериментальные значения каталитического тока. Видно, что волна имеет характерный для поверхностных каталитических волн спад. При достаточно отрицательных потенциалах (–1,1;– –1,3В) можно считать, что каталитический ток практически достигает своего предельного значения. В этом случае для описания изменения наблюдаемого тока с потенциалом можно применить уравнение (2).

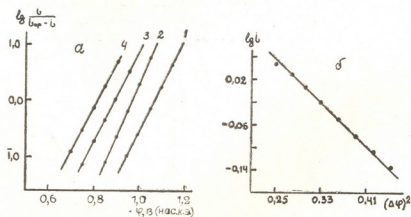


Рис. 3. а—Зависимость  $\lg \frac{i}{i_{np} - i}$  от  $E$  каталитического выделения водорода в системе  $10^{-3}$  N PbCl<sub>2</sub> + 0,1 N HCl в присутствии ТрБА: 1— $10^{-5}$ ; 2— $2 \cdot 10^{-5}$ ; 3— $3 \cdot 10^{-5}$ ; 4— $4 \cdot 10^{-5}$  М; б—зависимость  $\lg i$  от  $\varphi^2$  в растворе 0,1 N HCl +  $10^{-3}$  N PbCl<sub>2</sub> +  $4 \cdot 10^{-5}$  М ТрБА для ниспадающей части каталитической волны

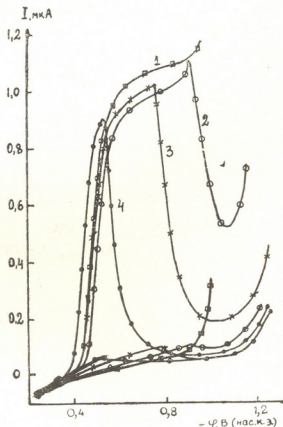
На рис. 3,б приведена зависимость логарифма предельного каталитического тока от квадрата потенциала для ниспадающего участка волны. При построении этого рисунка принималось, что потенциал максимальной адсорбции ТрБА  $E_m = -0,5$ В (рис. 1). Как видно из рис. 3,б, рассчитанные точки удовлетворительно укладываются на прямую, отвечающую значениям  $i_{np}^0 = 1,95$  мкА и  $a = 2,3$  В<sup>-2</sup>. На основе найденных значений  $i_{np}^0$  и  $a$  по уравнению (2) можно найти величины  $i_{np}$  при любом потенциале. Однако, чтобы построить теоретическую



кривую  $i-E$ , необходимо знать также величины  $\alpha n_a$  и  $E_{1/2}$  в уравнении (1). Значение  $\alpha n_a$  определялось по наклону логарифмического графика в координатах  $E - \lg \frac{i}{i_{np} - i}$  (рис. 3, а) в предположении, что  $i_{np} = \text{const}$  и его величина равна максимальному току горбообразной волны. Наклон прямолинейного участка такого графика равен  $bb'/b' - b$ .

Используя найденные значения  $bb'/b' - b = 0,13$  В,  $\varphi_{1/2} = -0,32$  В,  $a = 2,3$  В<sup>-2</sup>,  $b = 0,12$  В,  $\alpha n_a = 0,5$  и  $i_{np}^0 = 1,95$  мкА, легко построить теоретическую кривую, отвечающую поверхностной каталитической волне водорода по уравнениям (1) и (2). На рис. 2 сопоставлены рассчитан-

Рис. 4. Полярограммы восстановления  $2 \cdot 10^{-3}$  N PbCl<sub>2</sub> в этиленгликоле на фоне 0,14 N HCl в присутствии ТрБА: 1—0; 2— $10^{-3}$ ; 3— $5 \cdot 10^{-3}$ ; 4— $4,8 \cdot 10^{-2}$  М



ные и найденные в опыте кривые  $i-E$  каталитического выделения водорода. Хорошее согласие, найденное между теоретической и экспериментальной зависимостями  $i$  от  $E$  (рис. 2), подтверждает поверхностный характер реакции протонизации в наблюдаемом нами каталитическом процессе.

На рис. 4 представлены полярограммы растворов свинца в солянокислых этиленгликолевых растворах в отсутствии (рис. 4, кривая 1) и в присутствии ТрБА. В противоположность водным растворам, в этиленгликолевых введение ТрБА в концентрации  $4 \cdot 10^{-3}$  М вызывает резкие спады силы тока восстановления свинца (рис. 4, кр. 2). С увеличением концентрации ТрБА потенциалы спада силы тока смещаются в сторону менее отрицательных значений (рис. 4, кривые 3 и 4) и одновременно глубина спадов увеличивается. Так, добавка ТрБА в концентрации  $4 \cdot 10^{-2}$  М вызывает снижение силы тока практически до нулевого значения. Как видно из рис. 4, в зависимости от концентрации ТрБА спады наблюдаются при различных зарядах электрода; изменение количества добавки на порядок вызывает сдвиг потенциала

спада тока в сторону менее отрицательных потенциалов примерно на 0,4В. Интересно, что потенциалы резкого, скачкообразного спада тока соответствуют потенциалам перегиба на кривых тока заряжения в присутствии различных количеств ТрБА. Естественно предположить, что при потенциалах спадов тока происходит изменение плоской ориентации молекул на вертикальную; переориентация происходит при тем менее отрицательных потенциалах, чем больше концентрация ТрБА в растворе. При плоской ориентации даже в концентрированных по ТрБА растворах ( $4,8 \cdot 10^{-2} \text{M}$ ) не наблюдается ингибирование процесса разряда свинца.

Следовательно, при плоском расположении на поверхности электрода катионы ТрБА являются как бы продолжением металлической поверхности в сторону раствора [4] и не должны ингибировать электродные реакции [3], что и наблюдается экспериментально.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт неорганической химии  
 и электрохимии

(Поступило 10.3.1978)

ელექტროქიმია

3. შავგულიძე, ლ. ენუკიძე

გამხსნალის ბუნების გავლენა ტრეზიის კათიონების აღდგენის პროცესზე ტრიბენზილამინის თანამობისას

რეზიუმე

დადგენილია, რომ გამხსნელის ბუნება ღრმა გავლენას ახდენს პროცესის მექანიზმზე.

ELECTROCHEMISTRY

V. V. SHAVGULIDZE L. G. ENUKIDZE

INFLUENCE OF THE NATURE OF SOLVENT ON THE PROCESS OF REDUCTION OF LEAD CATIONS IN THE PRESENCE OF TRIBENZYLAMINE

Summary

It is shown that change of the nature of solvents has a considerable effect on the mechanism of the title process.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. В. Шавгулидзе, Л. Г. Енукидзе, Р. В. Ксворели. Сообщения АН ГССР, 88, № 1, 1977, 105.
2. С. Г. Майрановский. Каталитические и кинетические волны в полярографии. М., 1966, 233—247.
3. С. Г. Майрановский. Сб. «Успехи и перспективы полярографического метода». Кишинев, 1972, 106.
4. Б. Б. Дамаскин, Б. Н. Афанасьев. Электрохимия, 13, 1977, 1099.

Е. М. БЕНАШВИЛИ, Т. Н. ЧАРКВИАНИ, Г. Ш. ДЖОРБЕНАДЗЕ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЕССЕРИВАЮЩИХ СВОЙСТВ АНАЛЬЦИМОВЫХ ПЕСЧАНИКОВ

(Представлено академиком Л. Д. Меликадзе 14.3.1978)

Исследование природных адсорбентов в процессах разделения жидких смесей углеводородов с гетероорганическими соединениями, в частности нефтяных дистиллятов, представляет значительный теоретический и практический интерес. В этом отношении недостаточно изучены разделительные свойства таких природных адсорбентов, как клиноптилолитсодержащие туфы, анальцимовые песчаники, морденитсодержащие туфы и другие горные породы, в состав которых в значительном количестве входят кристаллические алюмосиликаты в виде цеолитной фазы.

Неограниченность сырьевой базы, доступность и дешевизна природных адсорбентов намечают реальную перспективу их практического использования в нефтеперерабатывающей промышленности.

В предыдущей работе [1] исследовался процесс адсорбционного выделения сераорганических соединений из керосиновой фракции высокосернистой арланской нефти при помощи морденитсодержащего туфа (МТ) из с. Ратевани Болнисского района ГССР. Было показано, что после предварительной прокалки МТ до 350 и 500—550°C он проявляет значительные обессеривающие свойства и в оптимальных условиях опыта (200°, 0,2 час<sup>-1</sup> объемной скорости, соотношение сырье: адсорбент 1:6) дает возможность получить рафинат в количестве до 60% со степенью обессеривания до 63%. Повышение температуры процесса адсорбционного разделения выше 200—250° нецелесообразно, так как начинают проявляться каталитические свойства адсорбента, что выражается в нежелательных побочных реакциях крекинга, полимеризации и поликонденсации. Вследствие этого несколько повышается содержание непредельных углеводородов и смолистых веществ в очищенных от серы нефтепродуктах. Интенсивность протекания побочных реакций зависит от температуры адсорбционного разделения, природы адсорбента и фракционного и химического состава исходной нефтяной фракции.

В данной работе исследовались разделительные свойства анальцимового песчаника (АП) из месторождения Руа, которое непосредственно примыкает к г. Кутаиси.

Химический состав анальцимсодержащих пород непостоянный. Для использованной нами в качестве адсорбента он в среднем таков (вес. %): SiO<sub>2</sub>—48,74; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—18,9; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—7,85; TiO<sub>2</sub>—0,88; Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O—8,41; п.п.п. — 11,47.

Вышеуказанный АП применялся нами как в природном виде, так и после обработки соляной кислотой, с размерами частиц 2—4 мм, прокаленный при 350 и 500—550°C. Обработка природного АП производилась 2N соляной кислотой при комнатной температуре в тече-

Результаты адсорбционного разделения керосиновой фракции арланской нефти на авальциновом песчанике (АП)  
(соотношение сырья: адсорбент 1:6, температура 200°, объемная скорость 0,2 час<sup>-1</sup>)

№ п/п	Адсорбенты	Неадсорбированная фракция— рафинат				Промежуточная фракция			Слабоадсорбируемая фракция			Адсорбированная фракция		Остаток серы в адсорбенте от общего коли- чества, вес. %	
		Вы- ход, вес. %	$n_D^{20}$	Содер- жание серы, вес. %	Степень обессе- ривания, вес. %	Вы- ход, вес. %	$n_D^{20}$	Содер- жание серы, вес. %	Вы- ход, вес. %	$n_D^{20}$	Содер- жание серы, вес. %	Вы- ход, вес. %	$n_D^{20}$		Содер- жание серы, вес. %
1	АП после прокалки при 350°	53,1	1,4418	0,55	64,5	25,9	1,4514	0,94	5,6	1,4530	1,31	5,7	1,4694	1,89	53,8
2	АП после прокалки при 500—550°	56,5	1,4416	0,49	68,4	25,0	1,4524	0,92	5,0	1,4610	1,45	5,0	1,4670	1,87	56,6
3	АП после обработки соляной кислотой и прокалки при 350°	45,5	1,4386	0,48	69,0	23,5	1,4516	0,83	12,0	1,4592	1,12	8,0	1,4706	1,80	55,4
4	АП после обработки соляной кислотой и прокалки при 500—550°	54,2	1,4408	0,51	67,1	27,1	1,4540	1,07	4,2	1,4603	1,39	4,8	1,4695	1,99	53,5
5	АП после прокалки при 500—550° *	80,7	1,4400	0,48	12,7	6,0	1,4443	0,83	4,8	1,4468	1,07	3,0	1,4500	1,17	4,8
6	АП после прокалки при 500—550° **	47,0	1,4476	0,64	31,9	25,0	1,4541	0,92	18,1	1,4622	1,29	4,1	1,4666	1,89	10,5
7	АП после 10-циклового работы и прокалки при 500—550° ***	50,0	1,4414	0,54	65,2	26,0	1,4565	0,82	5,7	1,4622	1,40	6,9	1,4700	1,90	55,2

\* Повторное разделение неадсорбированной фракции—рафината (№ 1); \*\* повторное разделение промежуточной фракции (№ 1); \*\*\* разделение исходной керосиновой фракции при соотношении сырья к адсорбенту 1:12.



ние 3 часов с последующей промывкой дистиллированной водой и сушкой в термостате. Адсорбционное выделение сераорганических соединений производилось в установке и в условиях, описанных в работе [1]. В качестве исходного сырья служила керосиновая фракция высокосернистой арланской нефти, имеющая следующие свойства: темп. кип. 158—294°,  $n_D^{20}$ —1,4510,  $d_4^{20}$ —0,8091 и содержание общей серы—1,55 вес. %.

Результаты очистки вышеуказанного керосинового дистиллята на АП представлены в таблице. Из данных таблицы видно, что АП проявляет значительную адсорбционную способность к сераорганическим соединениям керосиновой фракции. При выходе рафината 53,1—56,5% степень его обессеривания достигает 64,5—68,4%. Последующие фракции, выделенные в результате разделения, обогащаются серой, и остаток последней в адсорбенте составляет 53,8—56,6% от общего содержания в исходной фракции. Обработка соляной кислотой мало влияет на обессеривающую способность АП, которая заметно повышается после предварительной прокалки адсорбента до 500—550°.

Если сравнить адсорбционную способность к сераорганическим соединениям АП и МТ [1], можно заключить, что АП проявляет несколько повышенную активность, так как, помимо рафината, промежуточные и слабоадсорбированные фракции выделяются с меньшим содержанием общей серы и средний остаток ее в адсорбенте соответственно повышен до 56% вместо 48,5% в случае МТ [1].

С целью выяснения возможности дальнейшего обессеривания керосиновой фракции на АП нами увеличено соотношение сырье: адсорбент до 1:12 и проведена рециркуляция рафината и промежуточной фракции в тех же условиях при соотношении 1:6. Как видно из экспериментальных данных (см. таблицу, № 5), повторное пропускание рафината № 1 в тех же условиях на АП малоэффективно, так как получается рафинат с невысокой степенью очистки (12,7%), содержание серы понижается незначительно (до 0,48%) и остаток серы в адсорбента составляет всего 4,8%.

В пересчете на исходную керосиновую фракцию арланской нефти степень очистки вторичного рафината составляет 69%, т. е. такого же порядка, что и в опытах № 2 и 3. Из этих данных следует, что рециркуляция рафината почти не приводит к его дальнейшей очистке от сераорганических соединений, как и в случае увеличения количества адсорбента до 1:12 (см. таблицу, № 7), причем также не достигается более глубокая очистка исходной керосиновой фракции. Что же касается промежуточной фракции (см. таблицу, № 6), то повторное адсорбционное разделение ее на АП в тех же условиях (соотношение сырья к адсорбенту 1:6) приводит к некоторой дополнительной очистке от сераорганических соединений и получается рафинат в количестве 47% (а в пересчете на исходную фракцию 12,2% со степенью обессеривания 58,7%). Остаток серы в адсорбенте равен соответственно 10,5%.

По-видимому, содержащиеся в исходной керосиновой фракции крупные сераорганические молекулы, возможно, гибридного строения, имеющие большой критический диаметр, не адсорбируются как в первичной пористой структуре цеолита, так и на его вторичной пористой поверхности ввиду наличия стереопрепятствия. Поэтому ни увеличение кратности адсорбента, ни рециркуляция рафинатов и промежуточной фракции не приводят к желаемым результатам — адсорбции указанных сераорганических соединений и к дальнейшей значительной очистке исследуемой керосиновой фракции.

Для выделенных объединенных рафинатов были определены некоторые физико-химические свойства, которые показали, что в рафинатах значительного изменения углеводородного состава не наблюдается. В отличие от МТ [1], на АП в значительной степени происходит удаление кислородсодержащих соединений, в частности кислотное число уменьшается от 1,86 до 0,67, т. е. на 64%, в основном же протекает процесс адсорбции сераорганических соединений, как и в случае МТ.

В результате адсорбционного обессеривания керосиновой фракции на АП в среднем можно получить рафинат в количестве 54,8% со степенью обессеривания 67%, промежуточную фракцию 25,4%, со степенью обессеривания 40,0%. Адсорбированные фракции выделены в количестве 10,6% с содержанием серы 1,32—1,88%. Остаток серы в адсорбенте составляет 55,7% от ее общего содержания в исходной керосиновой фракции.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт физической и  
 и органической химии  
 им. П. Г. Меликишвили

(Поступило 16.3.1978)

ქიმიური ტექნოლოგია

ე. ბენაშვილი, თ. ჩარკვიანი, გ. ჯორბენაძე

ანალციმიანი ქვიშაქანების გასუფურავისადმი თვისებების  
 გამოკვლევა

რეზიუმე

ნაჩვენებია, რომ ანალციმიანი ქვიშაქანები ს. რუა, ქუთაისის რაიონი) 500—550° წინასწარი გახურების შემდეგ იჩენენ მნიშვნელოვან აღსორბციულ აქტივობას გოგირდორგანული ნაერთების მიმართ. მაღალგოგირდიანი ნავთის დისტილატის აღსორბციული გაწმენდის შედეგად ოპტიმალურ პირობებში მიღებულია რაფინატის გამოსავალი 55%, რომლის გაუფურავების ხარისხი 67% აღწევს.

CHEMICAL TECHNOLOGY

E. M. BENASHVILI, T. N. CHARKVIANI, G. Sh. JORBENADZE

## INVESTIGATION OF THE DESULPHURATION PROPERTIES OF ANALCYMIC SANDSTONES

Summary

Analcymic sandstones (village of Rua, Kutaisi district), after preheating at 500°-550°C, were found to exhibit adsorption activity towards organic sulphur compounds.

After adsorption purification of high-sulphuric petroleum distillates in optimum conditions the refined product yield equals 55%, its desulphuration degree approximating 67%.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Е. М. Бенашвили, Т. Н. Чарквиани. Сообщения АН ГССР, 88, № 3, 1977.

Т. Г. УЧАНЕЙШВИЛИ, Е. М. БЕНАШВИЛИ

## АДСОРБЦИОННОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ n-ПАРАФИНОВЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ САМГОРСКОЙ НЕФТИ ПРИ ПОМОЩИ СИНТЕТИЧЕСКИХ ЦЕОЛИТОВ

(Представлено академиком Л. Д. Меликадзе 2.3.1978)

Эффективным способом промышленного производства n-парафиновых углеводородов высокой степени чистоты является их адсорбционное выделение из различных нефтяных фракций с помощью синтетических цеолитов типа А. Цеолиты СаА и MgА обладают уникальным молекулярно-ситовым свойством, которое проявляется в их резко выраженной избирательной адсорбции n-парафинов из сложной смеси с изопарафиновыми, нафтеновыми и ароматическими углеводородами.

Извлекаемые из бензиновых фракций n-парафиновые углеводороды состава  $C_5$ — $C_9$  применяются главным образом как растворители при промышленном получении полиолефинов, в лакокрасочной, пищевой промышленности и др. n-Гексан и n-гептан используются в качестве сырья для получения нефтехимических продуктов и высокооктановых компонентов топлив путем их изомеризации, дегидроциклизации и окисления. n-Парафиновые углеводороды, извлекаемые из керосиногазойлевой фракции, применяются в основном для получения биологически разлагаемых моющих средств, кормовых белков и пластификаторов.

В работе [1] исследовались n-парафиновые углеводороды самгорской нефти при помощи реакции комплексообразования с карбамидом. Показано, что в качестве исходного сырья для производства кормовых дрожжевых белков можно применять n-парафиновые углеводороды фракций 250—300 и 180—300° самгорской нефти.

Значительное расширение промышленной нефтедобычи в Грузии за счет открытия новых месторождений создает необходимость исследования химической природы и углеводородного состава грузинских нефтей с целью их дальнейшей рациональной переработки и использования в различных направлениях народного хозяйства.

Учитывая все возрастающую потребность химической промышленности в n-парафиновых углеводородах и, в частности, в растворителях состава  $C_5$ — $C_{10}$ , принимая во внимание парафино-нафтеновую природу самгорской нефти, мы задались целью выделить n-парафиновые углеводороды из дистиллятных фракций самгорской нефти высокой степени чистоты при помощи синтетического цеолита СаА и изучить некоторые физико-химические свойства полученных депарафинированных фракций.

В связи с вышеизложенным объектом нашего исследования являлись бензиновые фракции, выделенные из самгорской нефтесмеси и скважины № 7, а также керосино-газойлевая фракция с пределами выкипания 200—350° самгорской нефтесмеси.

Адсорбционное выделение *n*-парафинов производилось в установке проточного типа в условиях 250°, объемной скорости 0,2 час<sup>-1</sup> и соотношения сырья к адсорбенту 1:6, которые были подобраны экспериментально. В качестве адсорбента применялся цеолит СаА (ТК-58) из ГОЗ ВНИИНИ с динамической активностью по парам *n*-гептана 59 мг/см<sup>3</sup>. До десорбции *n*-парафиновых углеводородов из слоя адсорбента с применением небольшого вакуума в изотермических условиях выделялись пары сырья и слабоадсорбированных углеводородов. Десорбция проводилась водяным паром при повышении температуры, до 350°.

Таблица 1  
 Результаты разделения нефтяных фракций самгорской нефти на синтетическом цеолите СаА

Физико-химические показатели	Бензиновая фракция из самгорской нефтесмеси			Бензиновая фракция из скважины № 7 самгорской нефти				Фракция 200—350° из самгорской нефтесмеси		
	исходная	депарафинированная	смесь <i>n</i> -парафинов	исходная	депарафинированная	смесь <i>n</i> -парафинов	исходная	депарафинированная	смесь <i>n</i> -парафинов	
Плотность	0,7293	0,7395	0,7091	0,7316	0,7404	0,7164	0,8365	0,8425	0,7730	
Показатель преломления	1,4110	1,4186	1,4007	1,4170	1,4209	1,4048	1,4646	1,4720	1,4324	
Фракционный состав, начало кипения, °С	59	73	—	65	74	—	219	235	—	
10% перегоняется, °С	86	97	—	94	96	—	250	246	—	
50% " "	124	126	—	129	126	—	287	277	—	
90% " "	172	170	—	177	175	—	326	307	—	
Конец кипения, °С	196	188	—	203	205	—	336	308	—	
Групповой углеводородный состав, вес. %										
<i>n</i> -парафиновые*	24,1	—	99,98	28,3	—	99,95	19,7	—	90,15	
изопарафиновые	31,3	41,2	—	33,6	46,9	—	26,2	32,6	—	
нафтеновые	29,2	38,5	—	24,5	34,1	—	31,3	39,0	—	
ароматические**	15,4	20,3	—	13,6	19,0	—	22,8	28,4	—	
Октановое число в чистом виде, М	45,0	58,5	—	43,0	57,5	—	—	—	—	
Октановое число с 0,41 г ТЭС на 1 кг бензина	—	67,5	—	—	66,5	—	—	—	—	
Выход, вес. %, на фракцию	—	70,2	24,1	—	64,7	28,3	—	69,2	21,8	
Выход, вес. %, на нефть	27,3	19,2	6,6	28,2	18,3	8,0	28,4	19,7	5,6	

\* *n*-Парафиновые углеводороды определялись весовым способом.

\*\* ароматические—по ГОСТу 6994—54.

Выделенные *n*-парафиновые углеводороды исследовались методом газо-жидкостной хроматографии на хроматографе «Цвет 1—64» на медной колонке длиной 100 м и внутренним диаметром 0,3 мм, с пламенно-ионизационным детектором. Жидкая фаза — карбовакс, газ-носитель—гелий, давление — 20 атм.

Результаты эксперимента представлены в табл. 1, 2 и на рис. 1.

Как видно из экспериментальных данных, бензиновые фракции самгорской нефти характеризуются высоким содержанием парафиновых углеводородов (55,4 и 61,9%) и в том числе углеводородов нор-



мального строения (24,1 и 28,3%) (см. табл. 1). Показано, что при помощи синтетического цеолита СаА из бензиновых фракций можно выделить n-парафиновые углеводороды состава  $C_5-C_{12}$  высокой сте-

Таблица 2

Индивидуальный состав смесей n-парафиновых углеводородов (вес. %), выделенных при помощи синтетического цеолита СаА

Наименование n-парафиновых углеводородов	Бензиновая фракция из самгорской нефтесмеси	Бензиновая фракция из скважины № 7 самгорской нефти	Фракция 200–350° из самгорской нефтесмеси
$C_5H_{12}$	0,34	0,03	—
$C_6H_{14}$	7,25	8,68	—
$C_7H_{16}$	15,33	7,51	—
$C_8H_{18}$	21,39	12,00	—
$C_9H_{20}$	24,36	21,72	—
$C_{10}H_{22}$	24,02	29,80	—
$C_{11}H_{24}$	7,29	17,56	1,39
$C_{12}H_{26}$	—	2,65	6,99
$C_{13}H_{28}$	—	—	6,12
$C_{14}H_{30}$	—	—	9,51
$C_{15}H_{32}$	—	—	9,99
$C_{16}H_{34}$	—	—	10,28
$C_{17}H_{36}$	—	—	10,63
$C_{18}H_{38}$	—	—	9,44
$C_{19}H_{40}$	—	—	11,26
$C_{20}H_{42}$	—	—	10,07
$C_{21}H_{44}$	—	—	4,47
Суммарное содержание	99,98	99,95	90,15

пени чистоты (99,98 и 99,95%), с выходом на нефть 6,6–8%, при этом октановые числа бензинов повышаются на 13,5 и 14,5 пункта.

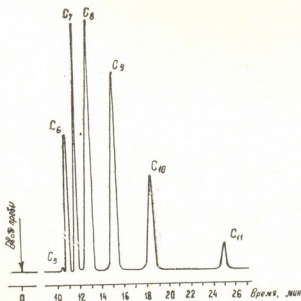


Рис. Хроматограмма смеси n-парафиновых углеводородов, выделенных из бензиновой фракции самгорской нефтесмеси

Низкие значения октановых чисел исходных бензинов можно объяснить как значительным содержанием в них n-парафинов, так и утя-

желенным фракционным составом бензина (к. к. 196—203°), чем и обуславливаются, по-видимому, их низкое октановое число после депарафинирования и невысокая приемистость к ТЭС.

Из фракции 200—350° самгорской нефтесмеси тем же методом выделены n-парафиновые углеводороды состава  $C_{11}$ — $C_{21}$  со степенью чистоты 90,15%, которые могут быть использованы в качестве нефтехимического сырья. В результате депарафинирования температура начала кристаллизации исходной керосино-газойлевой фракции понизилась на 22° (от —5 до —27°С).

На основании полученных экспериментальных данных считаем целесообразным предложить следующую схему переработки низкооктановых бензинов самгорской нефти: 1) адсорбционное выделение n-парафинов из бензиновых фракций как данного, так и более облегченного фракционного состава; при этом полученные n-парафиновые углеводороды высокой степени чистоты можно успешно использовать в качестве растворителей, а также как сырье для нефтехимического синтеза; 2) риформинг депарафинового продукта с октановыми числами 57,5 и 58,5 с целью получения высокооктанового бензина.

Академия наук Грузинской ССР

Институт физической и  
органической химии

им. П. Г. Меликишвили

(Поступило 3.3.1978)

სამეცნიერო ტექნოლოგია

თ. უჩანეიშვილი, ე. ბენაშვილი

ნ-პარაფინული ნახშირწყალბადების აღსკორბციული გამოყოფა  
სამგორის ნავთობიდან სინთეზური ცეოლიტების საშუალებით

რეზიუმე

სამგორის ნავთობის ბენზინის და 200—350° ფრაქციებიდან CaA ცეოლიტის საშუალებით გამოყოფილია  $C_5$ — $C_{12}$  და  $C_{11}$ — $C_{21}$  შედგენილობის ნ-პარაფინული ნახშირწყალბადების ნარევები, რომელთა სისუფთავის ხარისხი 99,98—99,95 და 90,15% აღწევს. დეპარაფინირების შედეგად ბენზინების ოქტანის რიცხვები გაიზარდა 13,5—14,5 ერთეულით, ხოლო დეპარაფინირებული ფრაქციის (200—350°) კრისტალიზაციის დაწყების ტემპერატურა შემცირდა 22°-ით, —27°-მდე.

CHEMICAL TECHNOLOGY

T. G. UCHANEISHVILI, E. M. BENASHVILI

## THE ADSORPTION SEPARATION OF N-PARAFFIN HYDROCARBONS FROM THE SAMGORI PETROLEUM WITH THE USE OF SYNTHETIC ZEOLITES

Summary

Using the CaA zeolite, the mixtures of n-paraffin hydrocarbons with  $C_5$ - $C_{12}$  and  $C_{11}$ - $C_{21}$  content have been separated from the petrol fractions of the Samgori petroleum with the degree of purity approaching 99.95—99.98 and 90.15%. In the deparaffinized petrol fractions the octane numbers increased by 13.5—14.5 points, and the temperature of crystallisation of the fraction 200-350° decreased by 22°C, i. e., to—27°.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

И. Л. Д. Меликадзе и др. Сообщения АН ГССР, 85, № 3, 1977, 629.

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

В. М. ПЕШКОВ, В. Л. МЕНШИКОВ

К ВОПРОСУ О ПОТЕРЯХ ПЛЯЖЕВЫХ НАНОСОВ  
В ПРЕДУСТЬЕВЫХ КАНЬОНАХ ВО ВРЕМЯ ПОЛОВОДЬЯ

(Представлено академиком Ф. Ф. Давитая 15.12.1977)

Возможность поступления грубозернистой части твердого стока рек во время половодья в предустьевые каньоны до сих пор не подтверждена непосредственными наблюдениями в природных условиях. Несмотря на это, ряд авторов допускает, что объем такого рода потерь может составлять половину и более общего стока пляжеобразующих наносов крупных горных рек [1—3].

Для уточнения этого вопроса Институтом географии АН ГССР с 1973 г. ведутся стационарные наблюдения в предустьевой зоне р. Бзыби — одной из крупнейших горных рек Черноморского побережья Грузии. Работы 1973—1974 гг. (совместно с ИГ АН СССР и ТГУ) показали, что большая часть материала, выносимого рекой в половодье, откладывается перед устьем в виде предустьевого бара [4, 5]. Однако получить достаточно ясную физическую картину происходящих при этом процессов в то время не удалось. Не были установлены также условия и объем потерь пляжевых наносов в предустьевые каньоны. Работы 1975—1976 гг. велись поэтому по расширенной программе с применением подводных исследований. Последние включали водолазный промер, систематические обследования дна до глубины 40 м, подводную фотосъемку и эксперименты с индикаторами перемещения наносов. На предустьевом взморье была разбита сеть наблюдательных пунктов (НП), в которых были установлены металлические штыри длиной 3 м, вбитые наполовину в грунт (рис. 1). Плановое положение штырей и высотные отметки их верха фиксировались.

Перед устьем р. Бзыби дно образует пологий, равномерно понижающийся в сторону моря склон (уклоны около 0,05). На глубинах 15—18 м намечается резкий перегиб дна и его уклоны возрастают до 0,15—0,20. В 500 м к СЗ от устья и в 350 м от берега (глубина 12 м) расположена вершина каньона А (рис. 1). Другой каньон (Б) находится против устья, в 230 м от берега (глубина 15 м).

Возможность поступления материала в предустьевые каньоны должна определяться положением последних относительно устья, направлением вытекания речной струи в половодье, а также величиной жидкого и твердого стока рек. В конце марта 1975 г. началу половодья предшествовал СЗС шторм 6 баллов. Река оказалась частично перекрытой правобережной косой, и ее устье приняло южное направление (рис. 2,а). С увеличением расходов воды река прорвала косу уже в первую половину половодья (конец апреля) и начала вытекать в своем естественном направлении на СЗ (рис. 2,б). Максимальная скорость поверхностного течения в пик половодья (26 апреля — 2 мая) составила 3,2 м/сек в месте впадения реки в море. В 100 м эта величина падала почти вдвое, а в 300 м была равной около 1 м/сек. Скорость течения

в поверхностном слое равномерно уменьшалась по обе стороны от оси потока, падая практически до нуля на внешней границе речной и морской воды. Толщина слоя текущей воды над поверхностью предустьевых бара достигала 2—2,5 м, где речной поток распространялся до самого дна, и уменьшалась до 1 м в районе верховьев предустьевых каньонов. На внешней границе галечного бара, где он заканчивается крутым уступом в сторону моря (до 30—40°), мутная речная вода тряла контакт с дном и далее везде существовала резкая граница между речной и морской водой. В пограничном слое отмечались изменение оптических свойств воды и резкий температурный скачок (до 5°).

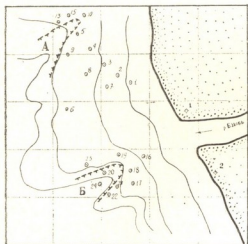


Рис. 1. Картограмма предустьевых взморья р. Бзыби: 1 — положение вершин предустьевых каньонов А и Б; 2 — наблюдательные пункты (НП)

Предустьевый бар в половодье нарастал за счет донного перемещения и отложения грубозернистых наносов в направлении вытекания речной струи. В пик половодья максимальная скорость придонных течений составляла 2 м/сек в устье реки, уменьшаясь до 0,9 м/сек на внешней границе бара. На остальном взморье скорости течений у дна были незначительными (в среднем 10 см/сек). При таких условиях перемещение грубозернистых наносов происходило только до внешнего края бара, где материал обязательно осыпался под углом естественного откоса. В первой половине половодья 1975 г. продвижение предустьевых бара происходило со средней скоростью 8 м в сутки. В конце мая рост бара практически прекратился (рис. 2, в). Его тело при общей площади 0,04 км<sup>2</sup> и объеме 115 тыс. м<sup>3</sup> получило вытянутую в плане форму. Внешняя граница бара проходила на глубине около 6 м и была удалена на 300 м от устья реки. Минимальное расстояние до каньона А составило 200 м. Высота бара над поверхностью окружающего дна в среднем была равна 3—3,5 м. Его поверхность была сложена галькой и валунами, крупность которых уменьшалась в сторону моря. В 200 м от устья галечный материал сменялся песком и гравием, а еще через 50 м — чистым песком. Крутой откос с внешней стороны бара был сложен крупным и средним песком, находящимся в водонасыщенном состоянии. На участках дна вне предустьевых бара объем накопления отложений составил около 100 тыс. м<sup>3</sup>. Мощность этих отложений была равной в среднем 0,3—0,5 м, нигде не превышая 0,8—1,0 м. Содержание в них фракций, участвующих в образовании пляжа (>0,25 мм), не превышало 6% и резко уменьшалось с увеличением глубины.

В половодье 1976 г. жидкий и твердый сток р. Бзыби превысил средние многолетние значения. И в этих условиях перенос гальки и песка в каньоны речной струей отсутствовал. Анализ мутности воды крупнейших рек Западной Грузии в половодье в последние 25 лет



по данным ГМС показал, что плотность последней никогда не превышала плотности морской воды, а в 95% случаев наблюдений была на порядок меньше. Это позволяет предполагать, что речная струя не может быть основным агентом переноса пляжеобразующего материала в каньоны и для остальных рек Грузии. По-видимому, главную роль в



Рис. 2. Предустьевой бар р. Бзыби в разные периоды половодья (а—в) и в меженьный период (г)

таким переносе играет процесс постепенного выдвигания бара к верховьям каньона, накопления материала перед свалом глубин с последующим гравитационным смещением. Отсюда следует важный практический вывод — для исключения или уменьшения потерь обломочного материала в предустьевых каньонах необходимо при регулировании рек устанавливать такое направление нижнего отрезка реки, при котором формирование предустьевого бара происходило бы в стороне от верховий каньона, подветренной по отношению к преобладающим волнениям.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт географии  
им. Вахушти

(Поступило 9.2.1978)

ფიზიკური გეოგრაფია

ვ. პეშკოვი, ვ. მინიშვილი,

წყალდიდობისა და შესართავის კანონებში პლავის ნატანის  
დაპარავის საპრობლემისათვის  
რეზიუმე

1975—1976 წლებში მიმდინარეობდა წყალქვეშა დაკვირვებანი და გაზომვები მდ. ბზივის შესართავის წყალქვეშა რელიეფის დეფორმაციისა. მყარი და თხევადი ნაკადები 1976 წელს იყო ნორმაზე მეტი. დადგინდა, რომ მდინარე წყალდიდობისას არ ახდენდა პლავწარმოქმნელი ნატანის ტრანსპორტირებას შესართავის კანონებში.

V. M. PESHKOV V. L. MENSHIKOV

ON THE BEACH SEDIMENT LOSSES IN SUBMARINE CANYONS  
DURING RIVER FLOODS

## Summary

Diving observations and precise measurements of the relief deformation were carried out during 1975-1976 in front of the river Bzyb mouth (Georgian Black sea coast). The water and sediment discharge during the river floods of 1976 was higher than normal. No beach-forming sediment was found to be delivered by the river stream into the submarine canyon heads during the period investigated.

## საზღვაობრივი — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. А. Сафьянов. Сб. «Комплексные исследования природы океана», вып. 2. М., 1971.
2. О. К. Леонтьев, Г. А. Сафьянов. Каньоны под морем. М., 1973.
3. А. Г. Кикнадзе, В. П. Зенкович. Сб. «Проблемы изучения берегов Грузии». Тбилиси, 1976.
4. Г. А. Орлова, Ш. В. Джаошвили, А. Г. Кикнадзе, Н. Т. Белова, К. Н. Липонава. Сб. «Проблемы изучения берегов Грузии». Тбилиси, 1976.
5. К. Н. Липонава, Г. А. Орлова, И. Г. Папашвили. Сб. «Проблемы изучения берегов Грузии». Тбилиси, 1976.

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

В. Л. МЕНШИКОВ, В. М. ПЕШКОВ

О ВЕЛИЧИНЕ СТОКА ПЛЯЖЕОБРАЗУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА  
р. БЗЫБИ

(Представлено академиком Ф. Ф. Давитая 15.12.1977)

Твердый сток рек является основным источником питания черноморских берегов Грузии. Однако лишь определенная часть этого стока, которая накапливается за половодье в предустьевой зоне, участвует впоследствии в образовании пляжей.

Наиболее достоверным методом оценки этой части является измерение положительных деформаций дна предустьевого взморья в половодье с помощью детальных повторных промеров. По результатам такого рода работ Института географии АН ГССР в 1973 г. среднегодовая величина стока пляжеобразующего материала р. Бзыби определена в 280 тыс. м<sup>3</sup> [1, 2]. В 1975 г. такие измерения были проведены в сочетании с водолажными наблюдениями. При этом было установлено следующее:

1. Все пляжеобразующие фракции этой реки (>0,25 мм) отложились до глубины 5 м в виде четко выраженного в рельефе предустьевого бара.

2. Одновременно с ростом бара происходило общее повышение уровня дна и на прилегающих участках подводного склона за счет отложения материала, не участвующего в формировании пляжа (алевит и частично мелкий песок). Объем такого накопления равен примерно объему самого предустьевого бара.

3. В период половодья существенных волнений не было и пляжеобразующий материал не выносился за пределы бара и не поступал к нему со смежных участков подводного склона. Поэтому было принято, что объем положительных деформаций в пределах бара определяет речной сток пляжеобразующего материала.

Объем предустьевого бара составил в 1975 г. около 1108 тыс. м<sup>3</sup> или 195 тыс. т. из расчета объемной плотности песка  $\gamma=1,8$  г/см<sup>3</sup>. В конце половодья объем бара несколько уменьшился за счет уплотнения отложений. Накопление материала во времени показано на рис. 1.

В 1975 г. кафедрой гидрологии Тбилисского университета измерялся жидкий и твердый сток р. Бзыби в створе, расположенном в 1,5 км от места впадения реки в море. Сравнение этих результатов с объемами накопления материала в предустьевой зоне (рис. 2, 1, таблица) показывает следующее:

1. Последовательное накопление материала в теле предустьевого бара в периоды наблюдений примерно вдвое превышает сток влеко-

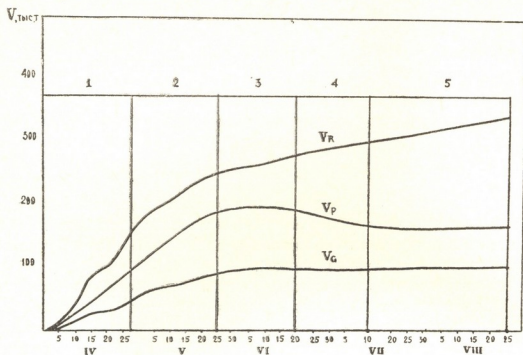


Рис. 1. Сток влекомых ( $V_G$ ) и взвешенных наносов ( $V_R$ ) р. Бзыби, а также накопление материала в теле предустьевого бара ( $V_P$ )

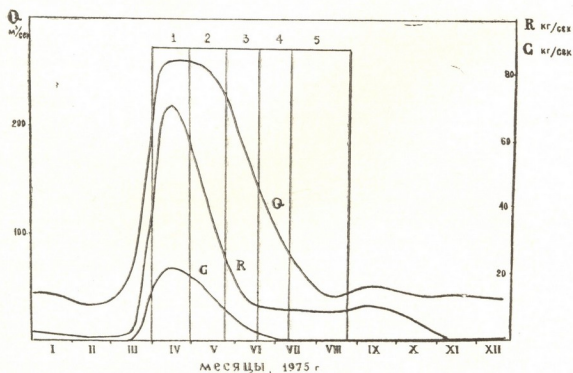


Рис. 2. Среднемесячные расходы воды ( $Q$ ), влекомых и взвешенных ( $G$ ,  $R$ ) наносов р. Бзыби в 1975 г. (по данным ТГУ)

мых наносов. Отсюда следует, что разность между указанными объемами определяет долю пляжеобразующих фракций во взвеси в период выноса влекомых наносов.



2. Рост бара соответствует закономерностям стока влекомых наносов. С прекращением последнего (июль) бар перестает расти, хотя взвешенные наносы продолжают поступать в береговую зону.

Предполагая, что связь стока пляжеобразующих и влекомых наносов устойчива, прием для оценки расхода пляжеобразующих фракций ( $P$ ) зависимость

$$P = 2G. \quad (1)$$

По результатам наблюдений ТГУ с 1972 по 1976 г. связь между расходами влекомых наносов ( $G$  кг/сек) и воды ( $Q$  м<sup>3</sup>/сек) может быть выражена уравнением

$$G = 10^4 \lg Q - 8.56. \quad (2)$$

Предполагая, что зависимость (2) устойчива (результаты наблюдений ТГУ позволяют сделать такое допущение), для расчета суточного стока пляжеобразующих наносов ( $V_p$ , тыс. т) р. Бзыби с учетом (1) можно рекомендовать уравнение

$$V_p = 0,17 \times 10^4 \lg Q - 8.56, \quad (3)$$

где  $Q$  м<sup>3</sup>/сек — средний суточный расход воды (публикуется в ежегодниках ГМС).

Твердый сток р. Бзыби (по данным ТГУ) и накопление пляжеобразующего материала в теле предустьевого бара в половодье 1975 г.

№ п/п	Период измерений	Твердый сток р. Бзыби в створе у пицундского моста, тыс. т (по данным ТГУ)		Последовательное накопление материала в теле предустьевого бара, тыс. т
		Влекомые наносы	Взвешенные наносы	
1	31.3—28.4	47,5	166,7	101,5
2	31.3—25.5	90,3	253,5	187,6
3	31.3—19.6	98,7	281,5	195,0
4	31.3—12.7	99,7	304,3	168,0
6	31.3—12.8	99,7	339,9	162,0
5	Всего с 1.1 по 31.12.1975 г.	101,0	415,0	

Вычисленный на основе вышеуказанной зависимости объем пляжеобразующего стока р. Бзыби составлял с 1951 г. в среднем 80 тыс. м<sup>3</sup> в год. Эта величина значительно отличается от принимаемой ранее (280 тыс. м<sup>3</sup>) при расчетах бюджета береговых наносов [1, 2]. Ранее предполагалось, что твердый сток пляжеобразующих фракций равен общему объему положительных деформаций по всей площади предустьевого взморья. В действительности практически весь пляжеобразующий материал реки откладывается в теле предустьевого бара.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт географии  
им. Вахушти

(Поступило 9.2.1978)

3. მონაცემი, 3. პერიოდი

მდ. ბზიფის კლასიფიკაციის მასალის სიდიდის შესახებ

რეზიუმე

მდ. ბზიფის შესართავის წინა ბარზე დაგროვილი მასალის შეფარდება მყარ და თხევად ჩამონადენთან მსუ მონაცემების მიხედვით შესაძლებლობას იძლევა გამოთვლილ იქნას პლავწარმოქმნილი მასალის დღიური რაოდენობა ( $V_p$ , ათასი ტონა) შემდეგი განტოლებით:

$$V_p = 0,17 \times 10^4 \lg Q - 8,56.$$

PHYSICAL GEOGRAPHY

V. L. MENSHIKOV V. M. PESHKOV

ON THE MEAN DIURNAL SILT LOAD OF THE BEACH-FORMING  
 SEDIMENTS FOR THE BZYB RIVER

Summary

The mean diurnal silt load of the coarse-grained ( $>0.1$  mm) beach-forming sediments has been established for the Bzyb river. The use of the formula  $V_p = 0.17 \cdot 10^4 \lg Q - 8.56$  is recommended for calculations in which  $V_p$  is the sediment weight in thousand tons and  $Q$  is the mean diurnal water silt load in  $m^3/sec$ .

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. А. Орлова, Ш. В. Джаошвили, А. Г. Кикнадзе, Н. Т. Белова, К. Н. Липанова. Сб. «Проблемы изучения берегов Грузии». Тбилиси, 1976.
2. А. Г. Кикнадзе, В. П. Зенкович. Там же.

М. Д. АЛПЕНИДЗЕ

## О НОВЕЙШИХ ИЗМЕНЕНИЯХ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ СУХУМСКОГО РАЙОНА

(Представлено академиком Ф. Ф. Давитая 25.12.1977)

В 1975—1976 гг. при совместных исследованиях, выполненных Институтом географии им. Вахушти АН ГССР и Республиканским берегозащитным управлением на побережье Сухумского мыса и залива, проведена детальная съемка приустьевой полосы по фиксированным реперам теодолитного хода.

Процессы размыва Сухумского берега сохраняют устойчивый характер еще с прошлого столетия [1]. По сопоставлению точной карты (масштаб 1:21000) 1905 г. с результатами наших измерений прослежены отступление и выдвигание береговой линии за период 1905—1976 гг. Расчеты математической основы карт позволили получить точные качественные данные для участка длиной 17 км от устья р. Гумиста до устья р. Маджара. Различия в экспозиции берега определяют значительные изменения динамики берега.

Западное крыло Сухумского мыса (азимут береговой линии  $130^\circ$ ) защищено от воздействия волн юго-восточных ( $6,2\%$ ) румбов. Сильные юго-западные ( $52,7\%$ ) и западные ( $12,5\%$ ) волны определяют здесь наличие потока наносов юго-восточного направления.

В связи с сокращением твердого стока р. Гумиста и изъятиями наносов (более 650 тыс.  $m^3$ ) из приустьевой части для целей строительства общий размыв берега за 70 лет составил здесь 80—125 м.

На закруглении Сухумского мыса к берегу приближен крутой подводный свал [2], по которому на глубине теряется преобладающая часть наносов потока. Остаток материала перемещается по восточному крылу мыса. Поскольку емкость потока здесь значительно понижается, размыв также падает до 15—30 м за 70 лет, а далее наносы аккумулируются в береговой зоне и берег нарастает. В этом обнаруживается полная аналогия с динамикой берегов Пицундского мыса [3].

Следует отметить, что между устьем р. Гумиста и мысом за указанный срок (70 лет) произошло также увеличение глубин, прослеженное по картам до изобаты 50 м.

Против северо-восточного участка мыса затопленные в 1942 г. корабли создали местные условия для интенсивного нарастания берега [4]. В созданной здесь «волновой тени» за 34 года (1942—1976) выросла аккумулятивная полоса шириной 135—140 м, площадью 34900  $m^2$  и объемом 391,0 тыс.  $m^3$ . Среднегодовое накопление пляжа составило 11,5 тыс.  $m^3$  [5]. По мере роста аккумулятивной формы береговая линия принимала плавные очертания. В 1967—1969 гг. в восточной части «наволока» был построен порт для рыбацких и научно-исследовательских судов. Входящий угол берега в настоящее время заполнен, и выдвигание берега к судам значительно замедлилось.

У северо-западного берега Сухумского залива отступление береговой линии до 40-х гг. составило 0,15—0,25 м в год. Нарастание выступа берега против затонувших судов прервало перемещение гальки к вершине бухты, поэтому наносы под действием воли восточных румбов стали перемещаться к «наволоку». С 1942 по 1950 г. ранее устойчивая береговая линия отступила на 65—70 м, что потребовало защиты берега стенкой. В настоящее время этот участок укреплен 26 бунами и снова находится в состоянии относительного равновесия.

Восточнее, к устью р. Беслети, отступление берега заметно уменьшается (0,3—0,4 м в год).

Перед берегозащитной стеной пляж был размыт еще в конце XIX столетия [1], так как сюда проникают волны южных и юго-западных румбов. Выносы р. Беслети растекаются вдоль берега в обе стороны от устья на незначительное расстояние (0,2—0,3 км). Берег здесь устойчив.

Вдоль восточной части залива отступление береговой линии составило 65—70 м. Построенный в 60-х гг. перед стенкой волнолом при наличии волнового нагона создает при сильных западных, юго-западных и южных ветрах условия для развития сильных течений между волноломом и береговой линией (основанием стенки).

В настоящее время участок укреплен наброской из крупных валунов. Возникающее в прибрежной полосе течение переносит материал крупностью до 5 мм. Попадая в заволноломную акваторию, последний аккумулируется в ее восточной части, ограниченной траверсом. Южные волны вызывают менее сильные течения в сторону устья р. Беслети. Они перемещают только песчаные частицы, а гравий остается в заволноломной акватории.

С востока к волнолому примыкает песчаный пляж. Песок поступает сюда благодаря диффузии тонких наносов, выносимых р. Келасури. Размыв берега до постройки волнолома на этом участке составил 80—98 м.

Между устьями рр. Келасури и Маджара размыв берега составил 60—65 м. Замедленное отступление береговой линии объясняется здесь частичной компенсацией дефицита наносов выносами пляжеобразующих материалов (28 тыс. т) р. Келасури. Последние в основном перемещаются к востоку до р. Келасури. Уменьшение ширины пляжа на данном участке (0,8—0,9 м/год) обусловлено сокращением расходов воды р. Келасури, изъятиями наносов и, возможно, влиянием приближенного подводного свала и ложбин (каньонов).

Республиканское берегозащитное управление

г. Сухуми

(Поступило 3.3.1978)

ფიზიკური გეოგრაფია

მ. ალპენიძე

სოხუმის რაიონის სანაპირო ხაზის უახლესი ცვლილებების შესახებ

რეზიუმე

1905 წ. სანაპირო ზონის მსხვილმასშტაბიანი აგეგმვის მასალებისა და გვიანდელი გამოკვლევების (1975—1976 წწ.) შედეგების შედარების საფუძველზე დადგენილია, რომ სოხუმის კონტის ჩრდილო-დასავლეთი ნაწილის





სანაპირო ხაზის უკან დახევამ შეადგინა 80—125 მ. ადგილობრივი ბუნებრივი რეჟიმის ხელოვნურად შეცვლის გამო კონცხის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში ფიქსირებულია სანაპირო ხაზის წინ წაწევა 135—140 მ-ით. სოხუმის უბის ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილში სანაპირო ხაზის უკან დაწევამ 1942—1950 წწ. შეადგინა 65—70 მ, ხოლო მის სამხრეთ-აღმოსავლეთით 70 წლის განმავლობაში 80—98 მ.

## PHYSICAL GEOGRAPHY

M. D. ALPENIDZE

### ON THE RECENT CHANGES OF THE SUKHUMI AREA COAST LINE

#### Summary

By comparing the materials of the comprehensive survey of the coast zone (1905) and recent studies (1975-1976) the author has established that the coast line in the NW part of the Sukhumi cape has retreated 80-125 m over the past 70 years. Artificial changes of the local natural regime in the NE section of the cape have brought about the promotion of the coast line 135-140 m.

In the NW part of the Sukhumi bay the retreat (1942-1950) of the coast line averages 65-70 m, while in the SE wing it has reached 80-98 m over 70 years.

#### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. П. К. Божич. Изв. Центр. гидромет. бюро, вып. 7, 1927.
2. А. Ю. Агарков. Труды Ленинградского гидромет. ин-та, вып. 44, 1971.
3. А. Г. Кикнадзе, В. П. Зенкович. Сб. «Проблемы изучения берегов Грузии». Тбилиси, 1976.
4. В. П. Зенкович. Вопросы географии, сб. IV, 1947.
5. О. И. Виноградов. Бюлл. Московского о-ва испытателей природы, т. 67, 1962.

Е. К. ВАХАНИЯ, Д. Е. ВАХАНИЯ

## О ПОЗДНЕСАРМАТСКОЙ ОРОФАЗЕ В КОЛХИДСКОЙ ВПАДИНЕ

(Представлено академиком А. Л. Цагарели 15.2.1978)

Одним из ярких моментов истории формирования современной структуры Колхидской впадины является мощная на Кавказе поздне-сарматская складчатость [1—4], приравниваемая многими авторами к так называемой аттической фазе альпийской эры дислокации. С ней генетически была связана обширная регрессия, которая еще в начальной стадии — в конце среднего сармата обусловила разделение Закавказского миоценового пролива Понто-Каспийского морского бассейна поперечным Имеретинским воздыманием [4] Грузинской глыбы [5] на Куринский и Колхидский (Рионский) заливы.

Закономерность распределения литофаций и мощностей сарматских отложений и характер соотношения сармата с мэотисом [1, 4, 6—13] не оставляют сомнений в том, что Колхидский залив, на месте которого и сформирована одноименная впадина, в связи с регрессией в позднем сармате, отступив далеко на запад, сильно опреснился и в нем вымерла прежняя (среднесарматская) богатая моллюсковая фауна, за исключением немногих представителей мактр и гидробий. Наряду с общей регрессией, залив распался на мелкие полузамкнутые пресноводно-континентальные водоемы, разделенные пологими и постепенно растущими поднятиями суши. Из них наиболее крупным являлся Центральномегрелийский полуостров западного погружения позднесарматского Имеретинского воздымания. Полуостров, отделяя Гурийский водоем от Центральномегрелийского, охватывал всю территорию современных Рионско-Чаладидской депрессии и смежных с ней Южномегрелийского и Гуриисметбского антиклинорных поднятий. Более мелкие Окумское и Сухумское полуостровные поднятия, вероятно, разделяли Центральномегрелийский, Очамчирский и Гудаутский водоемы. В этих и аналогичных разрозненных водоемах за счет продуктов размыва среднего сармата и более древних образований мезокайнозой отмеченных поднятий, а также обрамляющих Колхидскую впадину районов Грузинской глыбы и быстро воздымающихся складчатых систем Большого и Малого Кавказа сформировался явно регрессивный верхний сармат [3, 4, 7, 8, 11, 12]. Он представлен резко изменчивыми по составу и мощности (от 0 до 600 м) терригенными отложениями (карбонатные глины, суглинки, алевролиты, песчаники, конгломераты, брекчии), охарактеризованными бедной верхнесарматской мактровой фауной и в обилии содержащими растительные остатки, а в Центральномегрелийской депрессии (ср. Пахулани, Джгали, Чхороцку) еще и линзочки и линзовидные прослои лигнита [4].

Таким образом, верхнесарматские отложения, согласно залегая над средним сарматом и замыкая регрессивный этап средне- и поздне-миоценового седиментационного цикла, наряду со всей толщей данного цикла, в позднем сармате были дислоцированы, затем (в конце

сармата) неравномерно размыты (на поднятиях), а позже несогласно перекрыты (в депрессиях) трансгрессивным мэотисом. Сопоставление разрезов и геологическое картирование показали трансгрессивное залегание мэотиса решительно на всех более древних горизонтах от верхнего сармата в наиболее глубоких домэотических синклиналях Гурийской, Центральномегрелийской, Очамчирской и Гудаутской депрессий вплоть до мела [1, 4, 6—11] на северном борту третьей из этих депрессий (Ткварчельский район). При этом мэотическая трансгрессия обычно сопровождается перерывом, а в большинстве районов южного и северного бортов и центральной части Колхидской впадины, в зависимости от активности проявления в этих районах позднесарматской орофазы, еще и угловым и азимутальным несогласием. Так, например, если в Гурийской депрессии мэотис с угловым несогласием (до 20°) залегает на различных горизонтах, включая вулканогенные образования эоцена (с. Гулиани) [9, 10], то вдоль северного крыла Аджимцварской синклинали Очамчирской депрессии, в окрестностях сс. Квезани, Гушь и Арасадзих, он с угловым и явно азимутальным несогласием срезает с ЮВ на СЗ все более древние отложения от среднего сармата вплоть до мела [4, 6, 11].

Несогласное залегание мэотиса ярко отмечается в Гудаутской, Очамчирской и Центральномегрелийской депрессиях: на крыльях Абадатовской, Сашургайской, Накалакевской, Экской, Уртинской и Сатанджойской антиклиналей Южномегрелийского поднятия [1, 4, 8—13]; на южном погружении Окумского структурного мыса (у с. Ренхоцхори), расположенного между Центральномегрелийской и Очамчирской депрессиями [4, 6, 8, 11]; в Квалонской, Сагвамичаойской, Чаладидской и Кулевской погребенных (под четвертичным покровом) антиклиналях Рионско-Чаладидской депрессии, где бурение ряда глубоких скважин показало [4, 12], что и в этом районе центральной, наиболее прогнутой (в плиоцене и антропогене) части Колхидской впадины, фаунистически охарактеризованный мэотис со значительным перерывом и угловым несогласием (до 20°) залегает на различных горизонтах палеогена и верхнего мела.

Еще более яркая картина наблюдается в Главной Мегрелийской синклинали Центральномегрелийской депрессии, где отложения верхнего сармата и плиоцена рассматриваются некоторыми авторами [14] как единая регрессивная серия, тогда как, согласно нашим данным, чхороцкуская свита белых известняковых конгломератов (до 200 м) верхнего мэотиса-понта, окаймляя отмеченную синклиналь и трансгрессивно залегая на подстилающих слоях, на северном крыле этой складки с большим угловым (от 20 до 50°) и азимутальным (до 30°) несогласием срезает более древние отложения от пахуланской свиты среднего-верхнего сармата у с. Джгали вплоть до олигоцена и эоцена в окрестностях сс. Чквалери, Джвари и Чале. Угловое несогласие как здесь, так и в других районах Колхидской впадины увеличивается от осевых частей в сторону крыльев складок и по мере появления под трансгрессивным мэотисом все более и более древних горизонтов, залегающих ниже чокрака. При этом для изучения характера проявления позднесарматской орофазы, наряду с сопровождающими мэотическую трансгрессию перерывом и несогласием, большое значение имеет несогласие непосредственно между верхним сарматом и мэотисом, что из-за отмеченных причин спорадического развития и неудовлетворительной обнаженности верхнего сармата, к сожалению, наблюдается только в единичных разрезах. Из них особого внимания заслуживают

სს. Джгали (Мегрелия) и Хриалети (Гурия), где это несогласие достигает 20°, на других площадях оно гораздо меньше. Такое же приблизительно угловое несогласие можно отметить и между эоэтисом, с одной стороны, и всей чокракско-сарматской толщей, с другой, поскольку внутри этой толщи сколько-нибудь значительных несогласий не фиксируется.

Изложенное приводит к выводу, что позднесарматская орофаза, перестроившая прежний региональный тектонический план Закавказья, сыграла весьма важную роль в формировании Колхидской впадины и ее структурных элементов. Она, четко отграничив эту впадину от смежных тектонических зон Грузии, впервые основательно затронула складчатостью чокракско-сарматскую толщу и значительно усложнила строение дочокракских складок и разрывов этой впадины. Палеотектонический анализ позволяет полагать, что возникновение в отмеченной толще первых (конседиментационных) складок, имевших тогда, вероятно, пологое строение (с углами падения крыльев до 5—10, а местами до 20°), произошло по существу в позднем сармате, параллельно с седиментацией. Следовательно, верхнесарматские отложения впадины можно рассматривать как синорогенные образования, что, в свою очередь, позволяет допустить продолжительность позднесарматской орофазы не менее 1 миллиона лет. Рассматриваемая орофаза и связанные с ней крупный перерыв и региональное несогласие обусловили расхождение до- и послемезотической складчатости и разделение молассовой серии (за исключением четвертичного покрова) Колхидской впадины на олигоценово-миоценовый и плиоценовый структурные этажи. Тем самым эта орофаза составляет естественный рубеж неотектонической стадии развития территории Грузии [1].

Грузинское отделение ВНИГНИ  
ГПК объединения «Грузнефть»

(Поступило 10.3.1978)

გეოლოგია

მ. ვახანი, დ. ვახანია

გვიანსარმატული დანაოჭების უმსახებ კოლხეთის დაბლობში

რეზიუმე

გვიანსარმატულმა დანაოჭებამ ფრიად მნიშვნელოვანი როლი ითამაშა კოლხეთის მთათაშუეთის და მისი ტექტონიკური ელემენტების აგებულების ჩამოყალიბებაში. ამ დანაოჭებამ და მასთან დაკავშირებულმა ხარვეზმა და უთანხმოებამ კოლხეთის მოლასური სერია (პოსტპლიოცენის გამოკლებით) გაყო ორ სტრუქტურულ სართულად. მათ შორის ქვედა სართული აერთიანებს ოლიგოცენურ და მიოცენურ ნალექებს, მაშინ როცა ზედა სართული მოიცავს პლიოცენურ კომპლექსს.

GEOLOGY

E. K. VAKHANIA, D. E. VAKHANIA

ON THE LATE SARMATIAN FOLDING IN THE KOLKHIDA DEPRESSION

Summary

The Late Sarmatian folding played a very important role in the formation of the Kolkhidan intermontane depression and elements of its tectonic structure. The folding and the accompanying break and unconformity divid-



ed the molassed series (besides the Post-Pliocene) into two structural stages. The lower one unites Oligocene and Miocene deposits, while the upper stage includes only the Pliocene complex.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Геология СССР, т. X, Грузинская ССР, ч. I. М., 1964.
2. Н. Б. Вассоевич. Труды Азерб. геол.-разв. треста, вып. 10. Баку. 1934.
3. Е. Е. Милановский, В. Е. Хаин. Геология Кавказа, вып. 8. М., 1963.
4. Е. К. Вахания. Труды ВНИГНИ, вып. 151. Тбилиси, 1973.
5. А. И. Джанелидзе. Сообщения АН ГССР, т. III, № 1—2, 1942.
6. В. П. Агеев. Труды ВНИГНИ, вып. СХУ. М., 1967.
7. К. Ф. Грузинская. Труды ВНИГНИ, вып. СХУ. М., 1971.
8. Г. Е. Гуджабидзе. Автореферат канд. дисс. Тбилиси, 1967.
9. М. И. Зиракадзе. Труды ВНИГНИ, вып. 188. Тбилиси, 1975.
10. С. И. Ильин. Труды НГРИ, сер. А, вып. 70. Л.—М., 1935.
11. С. И. Ильин, А. Г. Эберзин. Труды НГРИ, сер. А, вып. 9. Л.—М., 1936.
12. А. Г. Лалиев. Труды Геол. ин-та АН ГССР, сер. геол. т. X (XV), 1957.
13. Б. Ф. Мефферт. Труды ГГРУ, вып. 64. Л., 1931.
14. В. С. Алпандзе, Ф. К. Шенгелия. Труды ТГУ, 172, 1976.

Л. Р. ЦИРЕКИДЗЕ

## СТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРАМИНИФЕР В АЛЬБСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЮЖНОГО КРЫЛА РАЧИНСКО- ЛЕЧХУМСКОЙ СИНКЛИНАЛИ

(Представлено академиком А. Л. Цагарели 10.3.1978)

В изученном нами районе отложения альбского яруса широко распространены. Они согласно налегают на аптские отложения и охарактеризованы богатой фауной двустворчатых и головоногих [1]. Их мощность колеблется в пределах 100—160 м. Нижний альб складывается черными и темно-серыми мергелями с прослоями глауконитовых песчаников с фауной ауцеллини и реже белемнитид. В среднем альбе распространены голубовато-серые песчанистые мергели с прослоями глауконитовых песчаников. Эта часть разреза охарактеризована иноцеррами. Верхнеальбские отложения представлены голубовато-серыми тонкослоистыми или сланцеватыми мергелями с прослоями глауконитовых песчаников, которые расчленены на зоны.

Фораминиферы в альбских отложениях данного района многочисленны и разнообразны. Нами они изучены в разрезах окр. сс. Никорцминда, Знаква, Велеви, Схвава, Шкмери и Твиши, где большого развития достигают аномалиниды, нодозарины и особенно планктонные виды. Они группируются в три микрофаунистических комплекса. Первый комплекс с характерным видом *Cibicides ibericus* выделяется в отложениях нижнего альба. Второй комплекс с *Parrella infracretacea* и *Gavelinella bipinvoluta* характеризует отложения среднего альба, а третий комплекс фораминифер с *Gavelinella mirabilis* выделяется в верхнеальбских отложениях.

Слои с *Cibicides ibericus* содержат богатую фауну фораминифер, среди которой чаще всего встречаются *Tritaxia tricarinata* Reuss, *Eggerella ropenoei* Dailey, *Gaudryina dispansa* Chapm., *G. magna* Tsir., *G. dividens* Grab., *Gaudryinella caucasica* Scok., *G. albica* Aleks., *Clavulina gaultina* Mor., *Spiroplectinata lata* Grab., *S. cf. annectens* (Park. et Jones), *Nodosaria loeblichae* Ten Dam, *Tristix articulatum* (Reuss), *Fronclularia loryi* Berth., *F. filocincta* Reuss, *Lenticulina diaderata* (Berth.), *L. subgaultina* Bart., *L. sulcifera* (Reuss), *L. nuda* (Reuss), *L. turgidula* (Reuss), *Darbyella albensis* Buk., *Marginulina jonesi* Reuss, *M. inaequalis* Reuss, *Saracenaria cephalotes* (Reuss), *S. cretacea* Gorb., *Dentalina nana* Reuss, *D. gracilis* d'Ord., *D. cylindroides* Reuss, *Vaginulina strombecki* Peuss, *Gyroidina infracretacea* Mor., *Gyroidinoides bukaiovae* (Ant.), *Gavelinella hostaensis* (Mor.), *G. djaffarovi* (Agal.), *G. propria* (Buk.), *G. tenuis* (Buk.), *G. intermedia* (Berth.), *G. rudis* (Reuss), *Cibicides ibericus* Tsir., *Hedbergella aptica* (Agal.), *infracretacea* (Glaessn.), *H. globigerinellinoides* (Subb.), *H. trocoidea* (Gand.), *Clavi*

*hedbergella globulifera* Gorb. et Kretschm., *Ticinella praeticinensis* Sigal, а также единичные *Parrella infracretacea* Buk., *Hedbergella planispira* Tapp., *Ticinella primula* Luterb.

В целом в нижнем альбе определено более 100 видов фораминифер, из которых большинство впервые появляется в этих отложениях и представляет новую ассоциацию фораминифер, по которым можно провести нижнюю границу этого предъяруса. Многие виды из этого комплекса переходят в вышележащие отложения среднего и верхнего альба, а некоторые виды вместе с формами, перешедшими из нижележащих отложений баррем-апта, заканчивают здесь свое существование.

Наиболее важными являются характерные виды комплекса. По исчезновению или уменьшению количества некоторых из них до единичных экземпляров можно провести верхнюю границу этих слоев. К таким видам относятся *Gaudryina magna* Tsir., *Gaudryinella albica* Aleks., *Fronicularia loryi* Berth., *Darbyella albensis* Buk., *Gavelinella tenuis* (Buk.), *G. hostaensis* (Mor.) *Hedbergella trocoidea* (Gard.) и *Cibicides ibericus* Tsir., встречающийся во всех разрезах.

Слои с *Parrella infracretacea* и *Gavelinella biinvoluta* охарактеризованы также богатой фауной фораминифер. Особенно развиты бентонные известковые фораминиферы; количество планктонных видов заметно возрастает в верхней части этих отложений. Здесь в основном встречаются *Ammodiscus cretacea* (Reuss), *Spiroplectinata annectens* (Park. et Jones), *S. complanata* (Reuss), *Dorothia trochus* (d'Ord.), *D. oxycona* (Reuss), *Nodosaria loeblichae* Ten Dam, *Lenticulina verae* (Said.), *L. macrodisca* (Reuss), *Marginulina jonesi* Reuss, *Saracenaria bononiensis* Berth., *S. sephalotes* (Reuss), *Tristix excavatus* (Reuss), *Planularia bradyana* (Chapm.), *Dentalina schwageri* Buk., *D. subgutifera* Bart., *D. cylindroides* Reuss, *Gyroidina infracretacea* Mor., *Gyroidinoides bukalovae* (Ant.), *Parrella infracretacea* Buk., *Gavelinella intermedia* (Berth.), *G. biumbonata* (Ant.), *G. agalarovae* (Vass.), *G. djaffarovi* (Agal.), *G. biinvoluta* (Mjatl.), *Hedbergella planispira* (Tapp.), *H. infracretacea* (Glaessn.), *Bifarina rectilinea* Tsir., *Pleurostomella obtusa* Berth., а также единичные *Gavelinella tenuis* (Buk.), *Hedbergella trocoidea* (Gard.), *H. amabilis* (Loebl. et Tapp.), *Glavihedbergella globulifera* Gorb. et Kretschm., *Ticinella primula* Luterb.

В количественном отношении в составе среднеальбского комплекса выделяются *Parrella infracretacea* Buk. и *Gavelinella biinvoluta* (Mjatl.). В разрезах сс. Никорцминда, Велеви, Твиши ведущую роль играет *P. infracretacea*, которая также выделяется в отложениях среднего альба Дзиркульского массива [2]. В других разрезах количество *P. infracretacea* уменьшается до единичных экземпляров (разрез по р. Ладжанури) или совсем исчезает (разрезы сс. Знаква, Схвава, Шкмери и Зуби). Здесь ее полностью замещает *Gavelinella biinvoluta*, которая выше этих отложений не встречается.

Характерными видами среднеальбского комплекса являются также *Spiroplectinata annectens* (Park. et Jones), *Lenticulina macrodisca* (Reuss), *Planularia bradyana* (Chapm.), *Saracenaria bononiensis* (Berth.), *Gavelinella*

*djaffarovi* (Agal.), *G. agalarovae* (Vass.), *Hedbergella planispira* (Tapp.), *Bifarina rectilinea* Tsir.

Слои с *Gavelinella mirabilis* характеризуются обилием планктонных фораминифер, которые в количественном отношении сравнялись или в некоторых разрезах превосходили бентонные формы фораминифер. Особенно многочисленны представители хедбергелл: *H. globigerinellinoides* (Subb.), *H. infracretacea* (Glaessn.), *H. amabilis* (Loebl. et Tapp.), *H. portsdwnensis* (Will.-Mitch.), *H. aff. aptica* (Agal.), *H. planispira* (Tapp.), а также *Globigerinelloides eaglefordensis* (Mor.), *Clavuhedbergella subcretacea* Tapp., *Ticinella roberti* (Gand.), *T. breggiensis* (Gand.), *T. praeticinensis* Sigal, *T. primula* Luterb., *T. raunaudi raunaudi* Sigal, *T. raunaudi digitalis* Sigal.

Из бентонных фораминифер широко распространены (*Glomospirella gaultina* (Berth.), *Glomospira charoides* (Park. et Jones), *Quinqueloculina antiqua* (France), *Clavulina gaultina* Mor., *Lenticulina gevini* (Moull.), *Conorotalites conicus* (Carsay), *Gyroidina infracretacea* Mor., *Gavelinella mirabilis* (Buk.), *G. agalarovae* (Vass.), *G. djaffarovi* (Agal.), *Cibicides escarporus* Buk., *Pleurostomella obtusa* Berth., *P. copiosa* Buk.

Почти весь состав верхнеальбской ассоциации фораминифер вымирает в конце альбского времени. Ни один характерный вид из слоев с *Gavelinella mirabilis*, к которым относятся *Clavulina gaultina* Mor., *Quinqueloculina antiqua* (France), *Gavelinella mirabilis* (Buk.), *Hedbergella globigerinellinoides* (Subb.), *H. amabilis* (Loebl. et Tapp.), *H. portsdwnensis* (Will.-Mitch.), *Ticinella primula* Luterb., *Pleurostomella obtusa* Berth, не переходит в сеноманские отложения. Исключением является *Hedbergella amabilis* (Loebl. et Tapp.), единичные экземпляры которой встречаются в низах сеномана.

На границе альбского и сеноманского ярусов происходит резкое изменение комплексов фораминифер. Отложения сеномана знаменуются развитием тальманинелл.

Выделение альбских комплексов фораминифер дало возможность датировать голубые глинистые мергели ущ. р. Цхенисцкали средним альбом, что до этого было затруднено из-за отсутствия других групп ископаемых, а в ущ. р. Ладжанури расчленил толщу серых тонко- и толстослоистых мергелистых известняков и мергелей на средний и верхний альб.

При сопоставлении альбских комплексов фораминифер данного района с Дзирульским массивом [2] оказалось, что в них имеется значительное число общих видов; кроме того, последовательность развития микрофауны одинакова, что придает выделяемым комплексам большую стратиграфическую ценность.

Академия наук Грузинской ССР  
 Геологический институт  
 им. А. И. Джанелидзе

(Поступило 10.3.1978)



ლ. ცირეკიძე

ფორამინიფერების სტრატოგრაფიული გავრცელება რაჭა-ლეჩხუმის  
 სინკლინის სამხრეთი ფრთის ალბურ ნაღებებში

რეზიუმე

შესწავლილი რაიონის ალბურ ნაღებებში გვხვდება ფორამინიფერების მდიდარი ფაუნა, რომელშიც ჩვენ სამი მიკროფაუნისტური კომპლექსი გამოვყავით. პირველი კომპლექსი (*Cibicides ibericus*-იანი) ქვედაალბურისათვისა დამახასიათებელი, მეორე კომპლექსი (*Parrella infracretacea* და *Gavelinella biinvoluta*-იანი) შუა ალბურში გვხვდება, ხოლო მესამე კომპლექსი (*Gavelinella mirabilis*-იანი) ზედა ალბურში აღინიშნება.

შესწავლილი რაიონის და ძირულის მასივის ალბური კომპლექსების შედარებამ დაგვანახა, რომ ისინი შეიცავენ საერთო სახეების დიდ რაოდენობას და ხასიათებიან განვითარების ერთნაირი თანამიმდევრობით.

GEOLOGY

L. R. TSIREKIDZE

## STRATIGRAPHIC DISTRIBUTION OF FORAMINIFERS IN THE ALBIAN OF THE SOUTHERN LIMB OF THE RACHA-LECHKHUMI SYNCLINE

Summary

In the Albian deposits of the investigated region a rich foraminiferal fauna is found in which the author has distinguished three microfaunistic complexes: the first (with *Cibicides ibericus*) characterizes the Lower Albian, the second (with *Parrella infracretacea* and *Gavelinella biinvoluta*) is met in the Middle Albian, while the third (with *Gavelinella mirabilis*) is Upper Albian.

A comparison of the Albian complexes of the investigated region and the Dzirula massif has shown that they contain a fair amount of common species and form a similar succession.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Э. В. Котетишвили. Труды ГИН АН СССР, нов. сер., вып. 53, 1977.
2. Л. Р. Цирекидзе. Сообщения АН СССР, 61, № 1, 1971.



ГЕОЛОГИЯ

Р. В. ПЕРАДЗЕ, М. Л. РОКВА, Г. А. МАГАЛАШВИЛИ

МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ГРУЗИИ  
 (ПО БЕНТОНИТАМ)

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. А. Твалчрелидзе 16.3.1978)

Анализ закономерностей размещения месторождений бентонитов во времени и пространстве устанавливает приуроченность отдельных генетических типов к определенным тектоническим структурам, геологическим формациям, стратиграфическим горизонтам и проявлениям вулканизма. В отношении пространственного размещения месторождений и проявлений бентонитов Грузия представляет собой единую бентонитовую провинцию [1].

Г. А. Твалчрелидзе [2] в истории геологического развития Грузии выделяет четыре тектонических цикла — байкальский, герцинский, киммерийский (раннеальпийский) и альпийский (позднеальпийский). Среди них продуктивной на бентониты является лишь альпийская эпоха. Из продуктивных формаций на бентониты Грузинской минерагенической провинции выделяется группа субплатформенных и геосинклинальных формаций, причем к первым приурочены лишь щелочноземельные бентониты, а ко вторым — как щелочноземельные, так и щелочные их разновидности.

В Западногрузинской минерагенической подпровинции субплатформенные бентонитоносные формации вытянуты вдоль узкой полосы с юго-востока на северо-запад и представлены месторождениями альбского и сеноманского возрастов. Гумбрское и Баноджское месторождения, так же как и многие проявления — Меоре Убани, Чунеши, Кумистави, Цхунжури и др., приурочены к терригенно-карбонатно-глауконитовой формации [3]. Бесиаурское месторождение и некоторые проявления бентонитов в пределах с. Цхунжури связаны с вулканогенно-осадочными и вулканогенными формациями Грузинской глыбы. Бентониты Гумбрского минерагенического района по своим физико-химическим свойствам относятся к щелочноземельным бентонитам. В пределах их развития щелочные бентониты неизвестны.

Щелочноземельная минерагеническая зона выделяется также севернее, где она охватывает южную периферию Южного склона Большого Кавказа и частично северную часть Грузинской глыбы. Бентониты здесь образованы в результате трансформации вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород и приурочены к отложениям байосского и батского ярусов. Так, Орпирское месторождение бентонитов приурочено к листоватым сланцам батского яруса, джварисские каолинит-монтмориллонитовые глины — к батским вулканогенно-осадочным образованиям и т. д.

Группа месторождений Асканского минерагенического района связана с вулканогенными и вулканогенно-осадочными формациями и субформациями Аджаро-Триалетской геосинклинали [4]. В этой зоне щелочные бентониты встречаются совместно с щелочноземельными бенто-

нитями средне-позднеэоценового возраста. Здесь выделена щелочно-земельно-щелочная зона с щелочной подзоной, где щелочноземельные бентониты имеют большее распространение, чем щелочные бентониты.

Восточногрузинская бентонитовая подпровинция объединяет Ахалцихско-Аспиндзский, Хашури-Тедзамский, Болниси-Тетри-Цкарыйский, Давид-Гареджинский и Сагареджинско-Гурджаанский минерагенические районы. Из них наиболее детально изучен Ахалцихско-Аспиндзский минерагенический район. В нем выявлены и опискованы Аральское, Чурчучо-Чихельское, Бенара-Шолаверское, Валейское, Парехское и другие месторождения. В этом же районе развиты щелочноземельные бентониты, приуроченные к трахи-базальт-андезитовой формации. В последней с бентонитами ассоциируют верхнеэоценовые и олигоцен-миоценовые глины, песчаники, породы пестроцветной свиты и другие терригенные образования, развитые в Ахалцихской подзоне. Не исключена возможность существования в Ахалцихе-Аспиндзском минерагеническом районе и щелочных бентонитов, как это имеет место в связи с аналогической формацией Асканского района.

В Хашури-Тедзамском минерагеническом районе бентонитовые глины приурочены к трахи-базальт-андезитовой формации среднего эоцена и представлены щелочноземельным типом. Бентониты образовались путем диагенетического преобразования пелитовых туфов. Район входит в состав Аджаро-Триалетской зоны, которая в среднем эоцене служила ареной интенсивного эффузивного магматизма и накопления мощных продуктов вулканической деятельности. Последние в соответствующих палеогеографических условиях были преобразованы в бентониты, чем и обусловлено их большое площадное распространение в полосе среднеэоценовых отложений Хашури-Тедзамского района. Наряду с большими потенциальными запасами, бентониты характеризуются и высокими технологическими свойствами, что выдвигает эту полосу в качестве высокоперспективной на новые месторождения бентонитов.

В Болниси-Тетрицкарыйском минерагеническом районе также распространены щелочноземельные бентониты, которые приурочены к базальт-андезит-липаритовой и морской молассовой формациям. В Болнисской зоне базальт-андезит-липаритовая формация, перспективная на выявление беложгущихся бентонитов, имеет большое площадное распространение. Это обусловливается прежде всего наличием белых пепловых туфов, белых каолинито-серцитовых, монтмориллонитовых глин и фарфорового камня. Учитывая важное народнохозяйственное значение беложгущихся бентонитов, проведение поисково-разведочных работ в Болнисском районе на это ценное сырье является вполне целесообразным.

В Тетрицкарыйском районе бентонитовые глины приурочены к верхнеэоценовым отложениям морской молассовой формации и имеют широкое распространение. В Давид-Гареджинском районе большой интерес представляют проявления бентонитов, приуроченные к сарматским отложениям. Здесь широко развиты морские молассовые и континентально-морские молассовые формации. Они приурочены к восточному погружению Грузинской глыбы. Молассы, принимающие участие в геологическом строении района Давид-Гареджинской группы проявлений бентонитов, представлены конгломератами, мергелями, известняками, песчаниками нижнего сармата и гипсоносными глинами верхнего сармата. Среди них привлекают внимание верхнесарматские отложения, к которым приурочены проявления щелочноземельных бен-

тонитов. Отложения верхнего сармата имеют широкое распространение, протягиваясь почти непрерывной полосой от горы Натахтари до Эльдарской степи. Классические разрезы верхнесарматских пород наблюдаются в окрестностях Давид-Гареджи, Аландарис-хеви, Байда, Чатма, Млаше-мта и Эльдари; к ним приурочены одноименные месторождения и проявления бентонитовых глин. Наряду с большими потенциальными запасами, бентониты Давид-Гареджинского района характеризуются и хорошими технологическими свойствами, что свидетельствует о перспективности данного района.

В Сагареджинско-Гурджаанском минерагеническом районе все проявления и месторождения бентонитов приурочены к олигоценовым и миоценовым осадкам платформенного чехла восточного погружения Грузинской глыбы. По данным технологических исследований, эти бентониты после их активации могут быть использованы в промышленности.

Таким образом, минерагенический анализ и технологические исследования позволяют высоко оценить потенциальные возможности для расширения сырьевой базы Грузии за счет выявления новых месторождений высококачественных бентонитов.

Кавказский институт минерального сырья

(Поступило 23.3.1978)

ბიომოგია

რ. შარაძე, მ. როჭვა, ბ. მაგალაშვილი

საქართველოს მინერაგენული ღარაინება (ბენტონიტების მიხედვით)

რეზიუმე

საქართველოს მინერაგენული ანალიზის შედეგად დადგინდა ბენტონიტური თიხების საბადოების გავრცელების კანონზომიერება დროსა და სივრცეში, საბადოთა გენეტიკური ტიპების კავშირი გარკვეულ სტრუქტურებთან, ფორმაციებთან, სტრატეგრაფიულ ჰორიზონტებთან, ვულკანიზმთან.

გამოყოფილ იქნა პერსპექტიული რაიონები მაღალხარისხოვანი ბენტონიტური თიხების გამოსავლინებლად.

GEOLOGY

R. V. PERADZE, M. L. ROZVA, G. A. MAGALASHVILI

MINERAGENETIC REGIONATION OF GEORGIAN BENTONITES

Summary

Mineragenetic analyses of Georgia's territory point to the regularities of a wide expansion range of bentonite clays in time and space, the relation of major genetic types of deposits to certain tectonic structures, formations, stratigraphic horizons, and volcanisms; prospective areas high-grade bentonite deposits have been identified.



## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Bentonитовые глины Грузинской ССР. Тбилиси, 1941.
2. Г. А. Твалчредидзе. Эндогенная металлогения Грузии. М., 1961.
3. Р. В. Перадзе. Сообщения АН ГССР, 75, № 2, 1974.
4. Р. Д. Леквинадзе, М. Л. Роква, В. Я. Эдвляшвили. Геол. сб. КИМСа, № 1. М., 1959.

Э. В. КОТЕТИШВИЛИ

ФАУНИСТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФАЦИАЛЬНЫХ ТИПОВ  
НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ГРУЗИИ

(Представлено академиком А. Л. Цагарели 23.3.1978)

Развитие на территории Грузии трех формационных типов отложений — флишевой, субплатформенной и вулканогенной в нижнемеловую эпоху предопределяется структурным планом территории; этот же фактор влияет и на площадное распределение фауны. Следовательно, фаунистическая ассоциация может и должна быть одним из основных признаков при характеристике фациальных типов отложений. Предварительно на основе детального анализа фауны следует выявить, какие семейства и роды (в данном случае аммонитов) являются характерными для каждой геотектонической зоны. Естественно, что роды и семейства, общие для двух смежных и более зон, не будут учитываться. Раннемеловые аммониты Грузии доставляют ценный материал для этих целей. В результате проведенных исследований считаем возможным к основным признакам, характеризующим фациальные типы разрезов и, следовательно, структурно-фациальные зоны, каковыми являются полнота разреза, мощность отложений, характер вулканизма, тектонический режим и физико-географические условия, добавить единство фаунистической ассоциации. На основании анализа всей совокупности основных признаков нами выделяются следующие фациальные типы нижнемеловых отложений Грузии: I — флишевая формация, 1) местийско-тианетский тип, а) шовско-пасанаурский подтип, б) живвальско-гомборский подтип, 2) туапсе-новороссийский тип, а) агенстинский подтип, б) проуский подтип; II — субплатформенная формация, 1) гагрско-джавский тип, а) цханарско-ксанский подтип, б) гагрско-хидикарский подтип, 2) окрибско-дзирульский тип, а) колхидский подтип, б) окрибский подтип, в) дзирульский подтип; III — вулканогенная формация, 1) хведуретский тип (рис. 1). Ниже мы приводим их характеристику лишь по фаунистическим данным.

I. Флишевая формация распространена на Южном склоне Большого Кавказа. Общеизвестно, что в нижнемеловую эпоху здесь существовало два разобщенных бассейна — западный и восточный. Первый расположен на территории Грузии лишь частично — это юго-восточное окончание большого флишевого бассейна, расположенного в Туапсе-Новороссийском районе. Восточный бассейн почти наполовину расположен на территории республики. Наиболее типичное флишевое осадконакопление происходит именно в нем.

Ископаемыми остатками флишевые отложения бедны. Редкие находки единичных аммонитов в разрозненных местонахождениях не дают основания для суждения о характере ассоциаций, характерных для флиша. Можно лишь констатировать факт, что представители родов *Himalayites* и *Spreoniceras* не встречены в Грузии за пределами восточ-

ного флишевого бассейна, а *Berriasella* и *Spiticeras* характеризуют оба бассейна геосинклинали Южного склона Большого Кавказа.

В пределах Западного флишевого бассейна выделены два подтипа — агестинский и псоуский. Отложения первого подтипа в пределах Грузии содержат только микрофауну, но на западном продолжении этой полосы известны *Berriasella*, *Euthymiceras*, *Neocomites*, *Spiticeras*, *Kilianella*, *Crioceratites*, *Speetoniceras*, *Pseudothurmannia*, *Holcodiscus* и др. Псоуский подтип отличается более мелководным характером. Весьма интересна фаунистическая ассоциация этого подтипа — это широко известные в гагрско-джавском и окрибско-дзирульском типах роды и виды аммо-

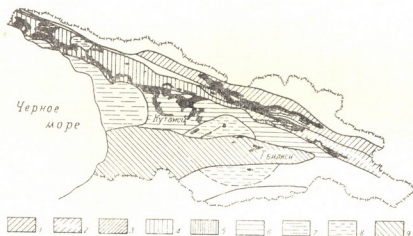


Рис. 1. Схема распространения фациальных типов нижнемеловых отложений Грузии: 1 — шовско-пасаурауский подтип, 2 — живиньско-гомборский подтип, 3 — туапсе-новороссийский тип, 4 — гагрско-хидикарский подтип, 5 — цханарско-ксанский подтип, 6 — окрибский подтип, 7 — колхидский подтип, 8 — дзирульский подтип, 9 — хведуретский подтип

нитов, что свидетельствует о широкой связи западного флишевого бассейна с нижнемеловым морем Грузинской глыбы; исключение составляет род *Berriasella*, который в Грузии встречается в основном в этом подтипе. Среди общих родов следует отметить *Crioceras*, *Neocomites*, *Matheronites*, *Costidiscus*, *Deshayesites*, *Aconeceras*, *Pseudohaploceras*, *Ptychoceras*, *Salfeldiella*, *Phyllopachyceras*, *Thysanolytoceras*, *Chelonicerias*, *Ancyloceras*, *Colombiceras*.

II. Субплатформенная формация распространена в Гагрско-Джавской зоне геосинклинали Южного склона Большого Кавказа, на Грузинской и Артвинско-Болнисской глыбах. В ней четко различаются глубоководные отложения, выделяемые нами в гагрско-джавский фациальный тип, и более мелководные — окрибско-дзирульский тип. В первом выделяются два подтипа — цханарско-ксанский и гагрско-хидикарский. Наиболее характерная черта — наличие особой, присущей только этому типу фаунистической ассоциации, основными элементами которой являются представители семейства *Holcodiscidae* (роды *Holcodiscus*, *Spitidiscus*, *Astieridiscus*), род *Subpulchellia* (сем. *Pulchelliidae*), группа *Colchidites shaoriensis* Djan., род *Pseudothurmannia* (сем.

Hemihoplitidae). К этому типу приурочены все местонахождения берриасских, валанжинских и готеривских аммонитов, известных в пределах Грузии: *Negreliceras*, *Euthymiceras*, *Neocomites*, *Kilianella*, *Thurmanniceras*, *Astieria*, *Olcostephanus*.

К числу общих с окрибско-дзирульским типом родов относятся *Barremites*, *Pseudohaploceras*, *Imerites*, *Paraimerites*, *Deshayesites*, *Cheloniceras*, *Colombiceras*, *Epicheloniceras*, *Cicatrites*, *Tetragonites*, *Desmoceras*, *Nodosohoplites*, *Acanthohoplites*, *Diadochoceras*, *Ptychoceras*.

Таблица распределения основных аммонитовых родов нижнего мела по фациальным типам отложений

Типы фаций	Роды аммонитов, характерные для фациальных типов	Роды аммонитов, общие для смежных фациальных типов	
Местийско-тианетский	b — <i>Himalayites</i> h — <i>Speetoniceras</i>	b — <i>Spiticeras</i> , <i>Berriassella</i>	br — <i>Matheronites</i> <i>Costidiscus</i> a — <i>Deshayesites</i> <i>Aconeceras</i> <i>Pseudohaploceras</i> <i>Ptychoceras</i> <i>Ancylloceras</i> <i>Cheloniceras</i> <i>Colombiceras</i> <i>Salfeldiella</i> <i>Phyllopachyceras</i>
Туапсе-новороссийский	b — <i>Berriassella</i> , <i>Jabronella</i> , <i>Mazenoticeras</i> , <i>Thysanolytoceras</i>		
Гагрско-джавский	b — <i>Negreliceras</i> , <i>Euthymiceras</i> v — <i>Neocomites</i> , <i>Kilianella</i> , <i>Thurmanniceras</i> h — <i>Lyticoceras</i> , <i>Leopoldia</i> br — <i>Holcodiscus</i> , <i>Spitidiscus</i> , <i>Astieridiscus</i> , <i>Subpulchellia</i> , sp. <i>Colchidites shaoriensis</i>	v — <i>Neocomites</i> h — <i>Crioceratites</i> , <i>Pseudothurmannia</i>	br — <i>Emericiceras</i> , <i>Barremites</i> , <i>Heteroceras</i> , <i>Eristavia</i> , <i>Imerites</i> , <i>Paraimerites</i> a — <i>Dufrenoya</i> , <i>Epicheloniceras</i> , <i>Tetragonites</i> , <i>Desmoceras</i> , <i>Nodosohoplites</i> , <i>Acanthohoplites</i> , <i>Diadochoceras</i> al — <i>Beudanticeras</i> , <i>Kossmatella</i> , <i>Oxytropidoce- ras</i> , <i>Mortonice- ras</i>
Окрибско-дзирульский	br — <i>Pulchellia</i> , <i>Heinzia</i> , sp. <i>C. colchicus</i> и <i>C. intermedius</i> al — <i>Leymeriella</i> , <i>Douvilleiceras</i> , <i>Hoplites</i> , <i>Anisoceras</i> , <i>Stoliczkaia</i>		
Хведуретский	al — <i>Anahoplites</i>		

В окрибско-дзирульском фациальном типе выделяются три подтипа — колхидский, окрибский, дзирульский. Первый распространен на закрытой площади Колхидской низменности, второй подтип — в меловом обрамлении Окрибы и на южном крыле Рачинско-Лечхумской синклинали. Дзирульский подтип развит на перифериях кристаллических массивов — Дзирульского и Келасурского и, вероятно, существовал на Храмском массиве.

В окрибско-дзирульском типе в целом отмечены полное отсутствие аммонитовой ассоциации, характерной для гагрско-джавского фациального типа (сем. *Holcodiscidae*, родов *Subpulchellia* Hyatt, *Pseudothurmannia* Spath), отсутствие в нижней части разреза (берриас-нижний баррем) аммонитов, что следует считать закономерным явлением в силу повсеместного развития в этом стратиграфическом диапазоне доломитовых пород, а также зоогенных массивных известняков, по-видимому, рифогенного происхождения.



Окрибокый и дзирульский подтипы более сходны между собой, но отличаются рядом признаков: для окрибского подтипа характерно развитие родов *Pulchellia Uhlig* и *Heinzia Sajn* (сем. *Pulchelliidae* H. Douville) колхидитов группы *Colchidites colchicus* Djan. в барреме, наличие ауцелиновой ассоциации в нижнем альбе и отсутствие аммонитов в этой части разреза (частично); в дзирульском подтипе пульхеллии полностью отсутствуют, среди колхидитов развиты группы *Colchidites intermedius* Djan. и в меньшей степени *C. colchicus* Djan., в нижнем альбе распространены руководящие роды *Leypneriella* и *Douvilleiceras*.

III. Вулканогенная формация распространена в Аджаро-Триалетской складчатой зоне. Она образует совершенно отличный фациальный тип — хведуретский; крайняя редкость аммонитов в вулканогенно-осадочных отложениях этого типа не позволяет судить о характерном комплексе.

Нам кажется, что такая систематизация отложений, основанная на совокупности признаков, выявляющих сходства и различия между ними, и особенно подведение палеонтологической основы (что производится впервые) помогут в дальнейшем еще глубже раскрыть сущность и установить закономерности явлений, имевших место в раннемеловую эпоху на территории Грузии. Из предлагаемой таблицы распределения основных аммонитовых родов по фациальным типам отложений явствует, что значительная разница в родовом составе аммонитов имеется в берриас-барремском и альбском веках, а в апте различия минимальны, поэтому почти все роды аммонитов, общие для трех типов фаций, аптского возраста.

Представляется, что выявление характерных фаунистических комплексов, иначе биофациальная характеристика геотектонических зон различного генезиса, может в дальнейшем служить полезным критерием для дальних корреляций, по крайней мере в пределах Средиземноморского пояса.

Академия наук Грузинской ССР

Геологический институт

им. А. И. Джанелидзе

(Поступило 23.3.1978)

გეოლოგია

ა. კოტეტიშვილი

საქართველოს ქვედაკარტული ნალექების ფაცისური ტიპების  
 ფაუნისტური მახასიათება

რეზიუმე

ქვედაკარტულ ნალექებში ამონიტური გვარების და ოჯახების გავრცელების საფუძველზე დადგენილია ამ კვლევის დამახასიათებელი კომპლექსები საქართველოში ცნობილი გეოტექტონიკური ერთეულებისათვის.

GEOLOGY

E. V. KOTETISHVILI

## THE FAUNISTIC CHARACTERISTICS OF THE FACIES TYPES OF THE LOWER CRETACEOUS OF GEORGIA

Summary

On the basis of the distribution of Lower Cretaceous ammonite genera and families the characteristic faunal complexes of the geotectonic units of Georgia are distinguished.

Э. В. ВАРСИМШВИЛИ

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ЛИТОЛОГИИ НИЖНЕМЕЛОВОГО ФЛИША ЮЖНОГО СКЛОНА БОЛЬШОГО КAVKAZA (МЕЖДУРЕЧЬЯ АРАГВИ—АЛАЗАНИ)

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. И. Схиртладзе 13.3.1978)

Нижнемеловые ( $K_1h^1$ —al) терригенные флишевые отложения Большого Кавказа (междуречья Арагви—Алазани) представлены в основном обломочными породами, хотя в верхней части — в альбе присутствуют также карбонатные, терригенно-карбонатные и вулканогенные образования.

Среди обломочных пород различаются все структурные типы, кроме псефитолитов, — псаммитолиты, алевролиты и пелитолиты.

Псаммитолиты представлены олигомиктовой и смешанной группами пород. При этом плагиоклазово-кварцевые песчаники слагают нижние горизонты флиша, выше следуют аркозово-кварцевые, а слюдистые плагиоклазово-кварцевые разновидности развиты в основном в верхних частях терригенного флиша.

Алевролиты представлены одноименными с песчаниками разновидностями и встречаются редко.

Пелитолиты по составу и характеру строения почти однородны и представлены в основном диоктаэдрической гидрослюдой, в меньшем количестве содержится триоктаэдрический хлорит и в виде примесей кварц и полевой шпат.

Карбонатные породы пользуются небольшим распространением и развиты в верхних горизонтах изученного комплекса, где они встречаются в виде мергелей и зернистых, кластогенных и органогенных разновидностей известняков.

Терригенно-карбонатные породы представлены песчанистыми и глинистыми известняками, которые наблюдаются в небольшом количестве в альбых образованиях.

Вулканогенные породы встречаются лишь в одном разрезе альба (в ущ. р. Турдо) в виде андезит-роговообманковых туфов и туффитов.

Минералогический анализ изученных отложений (кроме вулканогенов) показывает, что тяжелые фракции представлены группами рудных и устойчивых минералов, слюдами и хлоритом. Среди рудных различаются шпирит, магнетит, лимонит, среди устойчивых — циркон, апатит, турмалин, сравнительно реже присутствуют дернит, гранат, титансодержащие минералы и лишь в одном разрезе (ущ. р. Куртанадзеули) силлиманит.

Суммирование данных о количестве и распространении как в вертикальном разрезе, так и по простиранию отмеченных устойчивых аксессуаров изученного комплекса в Шовско-Пасанаурской подзоне выделены следующие ассоциации: в западной части изученного района (снизу вверх): 1) циркон-apatит-турмалиновая, 2) циркон-apatит-турмалин-рутиловая и 3) циркон-apatит-турмалин-гранатовая; в центральной части: 1) циркон-apatит-турмалиновая и 2) циркон-apatит-тур-

малин-гранатовая. Вышеперечисленные ассоциации более или менее сходны, поэтому можно предполагать, что источником питания для изученных отложений служил один и тот же комплекс гранитоидных пород. В восточной же части исследованного района выделены следующие ассоциации: 1) циркон-силлиманитовая, 2) циркон-апатит-турмалин-силлиманитовая и 3) циркон-апатит-силлиманитовая. Появление силлиманита в этих ассоциациях указывает на то, что в источнике питания этого участка участвовали и метаморфические породы.

Установлено также, что породы, участвующие в строении флишевого комплекса, претерпели постседиментационные преобразования — процессы пластической деформации, внутрислойного растворения, регенерации и др. На основании анализа взаимоотношений между вторичными минералами изученных отложений установлен стадийный генетический ряд их выделения. По характеру и степени вторичного изменения [1] исследованные флишевые отложения относятся к зоне глубинного эпигенеза.

Исследованный флишевый комплекс, в основном его нижние горизонты, по характерным структурно-текстурным признакам основных типов пород (косая слоистость, наличие обуглившихся растительных остатков, риппельмарки, быстрая смена гранулометрии по простирацию и др.) относятся к мелководным осадкам. Преобладание в верхних горизонтах тонкозернистых глинистых пород, обогащенных пиритом, быстрая смена их тонкозернистыми карбонатными отложениями — мергелями и известняками, микрофауна открытого моря и другие признаки указывают на сравнительное углубление этой зоны осадконакопления в альбское время.

Исследование вещественного состава пород флишевого комплекса показало, что основными питающими источниками изученных отложений являлись древний кристаллический субстрат, сложенный гранитоидами и метаморфическими породами, осадочный комплекс (юрский) сланцево-песчаникового и карбонатного состава и первичный пирокластический материал, представленный продуктами альб-сеноманского вулканизма.

Исходя из вышесказанного привнос терригенного материала в нижнемеловой флишевый бассейн предполагается с древнего кристаллического субстрата, обнажающегося в виде островов в осевой части Кавказского хребта [2], а также с кордильер [3], возникших в самом флишевом бассейне.

Академия наук Грузинской ССР

Геологический институт

им. А. И. Джанелидзе

(Поступило 17.3.1978)

ლითოლოგია

ე. ვარსიმაშვილი

კავკასიონის სამხრეთი ფერდის ქვედატარტული ფლიშის  
 ლითოლოგიის ზოგიერთი საკითხი  
 (არაგვი-ალაზნის მდინარეთაშუამთი)

რეზიუმე

დეტალური ლითოლოგიური კვლევის საფუძველზე დადგენილია, რომ კავკასიონის სამხრეთი ფერდის (არაგვი-ალაზნის მდინარეთაშუამთი) ქვედატარტული ტერიგენული ფლიშის ძირითადი მკვებავი წყაროებია გრანიტოი-

დებიტა და მეტამორფული ქანებით აგებული ძველი კრისტალური სუბსტრატ-ტი, რომელიც კუნძულების სახით გაშიშვლებული იყო კავკასიონის ქედის ღერძულ ნაწილში და დანალექი კომპლექსი (იურული), აგებული ფიქლებით, ქვიშაქვებით და კარბონატული ქანებით, რომლებიც თვით ფლიშურ აუზში განვითარებულ კორდილიერზე ირეცხებოდა. ფლიშის ზედა ჰორიზონტებში წარმოდგენილია აგრეთვე პირველადი პიროკლასტური მასალა — ალბ-სენომანური ვულკანიზმის პროდუქტები.

LITHOLOGY

E. V. VARSIMASHVILI

THE LITHOLOGY OF THE LOWER CRETACEOUS TERRIGENE  
FLYSCH OF THE SOUTHERN SLOPE OF THE GREATER  
CAUCASUS (IN THE ARAGVI AND ALAZANI INTERFLUVE)

Summary

As a result of a detailed lithological study the consistency (matter composition) of the Lower Cretaceous terrigene flysch was determined for the interfluve of the Aragvi and the Alazani; the probable vaporizing springs of this sedimentation and evacuation of the material have also been ascertained.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. Г. Коссовская. Труды Геол. ин-та АН СССР, вып. 63, 1962.
2. Геология СССР, т. X, Грузинская ССР, ч. I, М., 1964.
3. П. Д. Гамкრелидзе, И. П. Гамкრелидзе. Труды Геол. ин-та АН ГССР, нов. сер., вып. 57, 1977.



СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Г. И. ГВИНЧИДЗЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В НЕОДНОРОДНЫХ  
 ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ  
 КОНСТРУКЦИЯХ С УЧЕТОМ НЕЛИНЕЙНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ  
 ПОЛЗУЧЕСТИ БЕТОНА

(Представлено академиком К. С. Завриевым 10.3.1978)

Определение усилий в железобетонном, неоднородном (комбинированном или сборно-монолитном) предварительно напряженном сечении (рис. 1,а) с учетом нелинейных деформаций ползучести бетона связано с некоторыми особенностями:

1. Вопрос раскрытия внутренней статической неопределенности, представляющий самостоятельный интерес, является промежуточным этапом при решении общей задачи раскрытия внутренней и внешней статической неопределенности с учетом нелинейных длительных де-

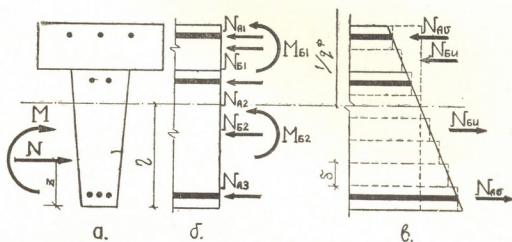


Рис. 1

формаций. Невозможность использования принципа наложения, обусловленная нелинейной зависимостью между напряжением и деформациями ползучести, требует проведения вычислительных операций над суммарным моментом  $M$ , включающим в себя и лишние неизвестные. Это влечет за собой необходимость в получении аналитических решений для усилий и кривизны в сечении.

2. При определении внутренних сил в сечении (схема на рис. 1,б) задача сводится к решению системы нелинейных уравнений статики и совместности деформаций. Порядок нелинейности этих уравнений аналогичен порядку функции нелинейности длительных деформаций. Ре-

шение таких систем, даже при порядке нелинейности, равном 2, в аналитическом виде невозможно. На рис. 1, в дается другая схема действия внутренних сил, по которой все сечение по высоте делится на некоторое количество волокон равной толщины, т. е. внешний момент воспринимается сжатием-растяжением этих волокон. Основываясь на предположении, что сечения в достаточно широком диапазоне нагрузок и в любой момент времени остаются плоскими, можно вычислить относительные деформации каждого из бетонных волокон и арматуры, задавшись кривизной в данном сечении. Если расчеты в стадии ползучести ведутся численными методами, то выражение для относительной деформации бетонного волокна  $U$  на первом во времени шаге вычислений  $h$  при заданной кривизне  $q_1^{\Phi}(\tau_1 + h)$  будет иметь вид

$$\epsilon_{\text{Бн}}(\tau_1 + h) = [\eta - \delta(u - 0,5)] q_1^{\Phi}(\tau_1 + h), \quad u = 1, 2, \dots, \mu. \quad (1)$$

Для арматуры

$$\epsilon_{\text{АВ}}(\tau_1 + h) = (\eta - z_{\text{АВ}}) \cdot q_1^{\Phi}(\tau_1 + h), \quad v = 1, 2, 3, \quad (2)$$

где  $\eta$  — расстояние от нейтральной оси до низа сечения;  $\delta$  — толщина бетонного волокна;  $\mu$  — количество бетонных волокон;  $u$  — номер вычисляемого бетонного волокна;  $z_{\text{АВ}}$  — расстояние от ц. т. арматуры до низа сечения. Выражения (1) и (2) автоматически дают знак деформаций: «+» — растяжение и «-» — сжатие. Однако дальнейшие операции требуют абсолютных величин результатов вычислений по (1) и (2).

Заданием численного значения  $q_1^{\Phi}(\tau_1 + h)$  начинается итерация. После вычисления  $\epsilon_{\text{Бн}}(\tau_1 + h)$  и  $\epsilon_{\text{АВ}}(\tau_1 + h)$  переходим к определению напряжений в бетонных волокнах и арматуре с учетом ползучести на первом шаге во времени  $h$ . Выражение для напряжения в арматуре имеет вид

$$\sigma_{\text{АВ}}(\tau_1 + h) = (\eta - z_{\text{АВ}}) \cdot q_1^{\Phi}(\tau_1 + h) \cdot E_{\text{АВ}}, \quad v = 1, 2, 3. \quad (3)$$

Для бетонного волокна при наличии нелинейной зависимости между напряжениями и деформациями ползучести необходимо, чтобы выражение

$$\epsilon_{\text{Бн}}(t) = \frac{\sigma_{\text{Бн}}(t)}{E_{\text{Бн}}(t)} - \int_{\tau_1}^t \sigma_{\text{Бн}}(\tau) \cdot n_{\text{Бн}}(\tau) d\tau - \int_{\tau_1}^t F_{\text{Бн}} \left[ \sum_{i=1}^{i=m} \alpha_i \sigma^i(\tau) \right] k_{\text{Бн}}(t, \tau) d\tau \quad u = 1, 2, \dots, \mu \quad (4)$$

было предварительно решено относительно  $\sigma_{\text{Бн}}(t)$ . В выражении (4)

$$n_{\text{Бн}}(\tau) = \frac{\partial}{\partial \tau} \left[ \frac{1}{E_{\text{Бн}}(\tau)} \right]; \quad k_{\text{Бн}}(t, \tau) = \frac{\partial}{\partial \tau} [C_{\text{Бн}}(t, \tau)].$$

Воспользовавшись любым из численных методов и подставив вместо  $\epsilon_{\text{Бн}}(\tau + h)$  ее значение из (1), получим алгебраическое уравнение, отражающее зависимость между напряжениями и деформациями

ползучести на первом во времени шаге вычислений  $h$ . Решение этого уравнения относительно  $\sigma_{\text{Бн}}(\tau_1 + h)$  является функцией порядка нелинейности, коэффициента пропорциональности при функции нелинейности, кривизны, модуля упругости бетона и производной меры ползучести бетона по  $\tau$ :

$$\sigma_{\text{Бн}}(\tau_1 + h) = f[m, \alpha, q_1^\Phi(\tau_1 + h), E_{\text{Бн}}(\tau_1 + h), k_{\text{Бн}}(t, \tau_1 + h)], \quad u = 1, 2, \dots, \mu. \quad (5)$$

Определив напряжения в арматуре и бетонных волокнах на шаге  $h$ , перейдем к определению величины, названной нами условно «нелинейной» приведенной жесткостью сечения. Определение этой величины — необходимое условие итерационного процесса. Выражение это имеет вид

$$[EI]_{\text{н}}^{\text{р}}(\tau_1 + h) = \frac{1}{q_1^\Phi(\tau_1 + h)} \sum_{u=1}^{u=\mu} f[m, \alpha, q_1^\Phi(\tau_1 + h), E_{\text{Бн}}(\tau_1 + h), k_{\text{Бн}}(t, \tau_1 + h)] \times \\ + [\eta - \delta(u - 0,5)] \cdot \delta \cdot b_{\text{Бн}} + \sum_{v=1}^{v=3} (\eta - z_{\text{AV}})^2 \cdot E_{\text{AV}} \cdot F_{\text{AV}}, \quad (6)$$

где  $b_{\text{Бн}}$  — ширина сечения бетонного волокна.

После вычисления  $[EI]_{\text{н}}^{\text{р}}(\tau_1 + h)$  определяется первое уточнение кривизны

$$q_2^\Phi(\tau_1 + h) = [M + N(\eta - z)] \frac{1}{[EI]_{\text{н}}^{\text{р}}(\tau_1 + h)}. \quad (7)$$

С определения  $q_2^\Phi(\tau_1 + h)$  начинается следующий круг итерации. Но перед началом повторных итераций необходимо корректировать положение нейтральной оси, пользуясь условием

$$\sum_{\text{нижн.}} (N_{\text{Б}} + N_{\text{А}}) = \sum_{\text{верх}} (N_{\text{Б}} + N_{\text{А}}). \quad (8)$$

В случае несоблюдения условия (8) пробными расчетами находим новое положение нейтральной оси.

Схема, предложенная на рис. 1, в, дает приближенные величины внутренних усилий, так как моментами в бетонных волокнах пренебрегаем. Это приемлемое допущение, так как увеличением числа волокон в сечении можно существенно повысить точность вычислений. Преимущество предлагаемой схемы в том, что, во-первых, она позволяет оперировать с функциями нелинейности практически любого порядка, так как нет необходимости в решениях систем нелинейных уравнений — все уравнения независимы, и, во-вторых, на всех этапах итерации получаем только численные решения, за исключением раскрытия внешней статической неопределенности. В этом случае необходимость в аналитических решениях возникает начиная с выражения (7). Но это происходит уже тогда, когда основные расчетные трудности, связанные с нелинейностью деформаций ползучести, уже позади.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт строительной механики  
и сейсмостойкости

(Поступило 10.3.1978)

ბ. გვინჩიძე

ძალვით განსაზღვრა არამრთავაროვან რკინაბეტონის წინასწარ დაძაბულ კონსტრუქციებში, ბეტონის ცოცვადობის არაწრფივი დეფორმაციების გათვალისწინებით

რეზიუმე

განივი კვეთი პირობითად იყოფა სასრულო რაოდენობის ჰორიზონტალურ ბოჭკოებად. გარეგან მომენტს აწონასწორებს ამ ბოჭკოების კუმშვა-გაჭიმვის ძალები. მომენტები თვით ამ ბოჭკოებში სიმციროს გამო მხედველობაში არ მიიღება. ასეთ მიდგომისას, თუ სამართლიანად ჩავთვლით ბრტყელი კვეთების ჰიპოთეზას, არაერთგვაროვანი რკინაბეტონის წინასწარ დაძაბულ კონსტრუქციებში ბეტონების ცოცვადობის არაწრფივი დეფორმაციების გათვალისწინებით ძალვათა განსაზღვრა დაიყვანება დამოუკიდებელ არაწრფივ ინტეგრალურ განტოლებათა ამოხსნაზე. ხოლო ჩვეულებრივი მიდგომის დროს ანალოგიური არაწრფივ განტოლებათა სისტემების ამოხსნა ყოველთვის არ ხერხდება.

STRUCTURAL MECHANICS

G. I. GVINCHIDZE

DETERMINATION OF THE FORCES IN NON-HOMOGENEOUS REINFORCED CONCRETE PRESTRESSED STRUCTURES CONSIDERING THE CONCRETE CREEP NONLINEAR DEFORMATIONS

Summary

A transverse section of the title structure is conditionally divided into a finite number of horizontal fibres. The external load momentum is balanced only by compression-expansion in these fibres. Due to their small values, the momenta in the fibres are not taken into consideration.

With such approach, considering the hypothesis of plane sections valid, the problem of the force determination in non-homogeneous, reinforced concrete prestressed structures, with account of concrete creep nonlinear deformations, is reduced to the solution of independent nonlinear integral equations. With the ordinary approach the obtained system of non-linear integral equations is unsolvable under the external momentum given as an analytical expression.



СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Н. П. БУЛИЯ

ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ ИЗГИБА ПОЛОГИХ ОБОЛОЧЕК ДВОЙКОИ КРИВИЗНЫ, ОСЛАБЛЕННЫХ КАКИМ-ЛИБО ОТВЕРСТИЕМ, НЕ ИМЕЮЩИМ УГЛОВЫХ ТОЧЕК

(Представлено академиком К. С. Завриевым 15.2.1978)

Для расчета пологих оболочек двойкой кривизны с большим отверстием нецелесообразно применять известный способ [1]. Если рассмотрим пологую оболочку двойкой кривизны с большим отверстием и применим метод работы [1], т. е. уточненный способ расчета пологих оболочек с отверстием, увидим, что здесь важную роль играют размеры отверстия, так как свойство функции Дирака для распределенных поперечных сил и распределенных моментов, приложенных на контуре отверстия, применяется лишь тогда, когда имеем малое отверстие. А если применим метод работы [2], т. е. приближенный способ расчета пологих оболочек с отверстием, здесь тоже важную роль играют размеры отверстия, так как, если удалим из контура отверстия равномерно распределенные поперечные усилия и заменим его неизвестной равнодействующей сосредоточенной силой в центре окружности, а также равномерно распределенные изгибающие моменты по той же окружности заменим неизвестным равнодействующим сосредоточенным моментом в центре окружности, тогда при большом отверстии «возмущение» на контуре отверстия возрастает.

Рассмотрим прямолинейную в плане пологую оболочку двойкой кривизны, ослабленную каким-либо большим отверстием, не имеющим угловых точек, контур которого представляет пространственную кривую. Контур отверстия обозначим через  $L$ . Допустим, что на оболочке действует сосредоточенная сила  $P$  (точка приложения силы  $P$  не расположена на контуре  $L$ ).

Решим задачу изгиба. Для этого рассмотрим данную пологую оболочку без отверстия (отверстие заполним пространственной поверхностью) как основную, которую назовем «фиктивной» оболочкой.

На контуре отверстия «фиктивной» оболочки возьмем ограниченную последовательность точек  $1, 2, 3, \dots, (k-1)$ , которые назовем узлами. К этим узлам приложим неизвестные поперечные силы  $P_1, P_2, \dots, P_k$  и неизвестные изгибающие моменты  $M_1, M_2, \dots, M_k$ . Граничные условия отверстия записываем не для всего контура  $L$ , а для дискретных точек  $1, 2, 3, \dots, k$

$$\frac{\partial H_j}{\partial s} + Q_j = 0; \quad (1)$$

$$M_j = -D \left( \frac{\partial^2 W_j}{\partial n^2} + \nu \frac{\partial^2 W_j}{\partial s^2} \right) = 0, \quad (j=1, 2, 3, \dots, k),$$

где  $H_1, H_2, \dots, H_k$  — крутящие моменты;  $Q_1, Q_2, \dots, Q_k$  — поперечные силы;  $W_1, W_2, \dots, W_k$  — прогибы;  $n, s$  — нормаль и дуга;  $\nu$  — коэффициент Пуассона;  $D$  — жесткость.

Согласно [3], для «больших» отверстий имеем следующие граничные условия:

$$\begin{aligned}
 & l[l^2 + (2-\nu)m^2] \frac{\partial^3 W_j}{\partial x^3} + l[3m^2 + (2-\nu)(l^2 + 2m^2)] \frac{\partial^3 W_j}{\partial x \partial y^2} + \\
 & + m[3l^2 + (2-\nu)(m^2 + 2l^2)] \frac{\partial^3 W_j}{\partial x^2 \partial y} + m[m^2 + (2-\nu)l^2] \frac{\partial^3 W_j}{\partial y^3} = 0, \\
 & (l^2 + \nu m^2) \frac{\partial^2 W_j}{\partial x^2} + 2ml(1+\nu) \frac{\partial^2 W_j}{\partial x \partial y} + (m^2 + \nu l^2) \frac{\partial^2 W_j}{\partial y^2} = 0, \\
 & (j=1, 2, 3, \dots, k). \tag{2}
 \end{aligned}$$

Обозначим через  $W_0$  общий интеграл дифференциальных уравнений пологих оболочек двойкой кривизны.

Прогиб, вызванный нагрузкой  $P$ , обозначим через  $W_p$ ; прогибы, вызванные силами  $\bar{P}_j$ , обозначим через  $W_{\bar{P}_j}$ ; прогибы, вызванные моментами  $\bar{M}_j$  — через  $W_{\bar{M}_j}$ . В точках контура отверстия  $1, 2, \dots, k$  прогибы будут иметь вид

$$W_j = W_0 + W_{P^*} + W_{\bar{P}_j} + W_{\bar{M}_j}, \quad (j=1, 2, 3, \dots, k), \tag{3}$$

а дифференциальные уравнения тонких пологих оболочек двойкой кривизны — следующий вид:

$$\begin{aligned}
 & \frac{1}{Eh} \nabla^2 \nabla^2 \varphi - \nabla_k^2 W = 0, \\
 & \nabla_k^2 \varphi + D \nabla^2 \nabla^2 W - Z = 0. \tag{4}
 \end{aligned}$$

Здесь  $\nabla^2$  и  $\nabla_k^2$  — дифференциальные операторы второго порядка.

Согласно [4, 5],  $W_{P^*}$ ,  $W_{\bar{P}_j}$  и  $W_{\bar{M}_j}$  вычисляется по формулам

$$\begin{aligned}
 W_{P^*} &= P \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{W(c) \Psi(d) L_1}{L_2 L_3 + L_1 L_4} W_m(x) \Psi_n(y), \\
 W_{\bar{P}_j} &= \bar{P}_j \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{W_j(c_j) \Psi_j(d_j) L_1}{L_2 L_3 + L_1 L_4} W_m(x) \Psi_n(y). \tag{5}
 \end{aligned}$$

Нам остается вычислить общий интеграл  $W_0$ . Согласно теории И. Н. Векуа, система двух уравнений (4) приводится к одному комплексному уравнению [1, 2, 6].

$$\nabla^2 \nabla^2 V - \frac{i \sqrt{12(1-\nu^2)}}{h} \nabla_k^2 V = 0, \tag{6}$$

где

$$V = W_0 + \frac{i \sqrt{12(1-\nu^2)}}{Eh} \varphi, \quad \varphi = \frac{Bh^2(V - \bar{V})}{2i \sqrt{12(1-\nu^2)}}, \quad W_0 = \frac{V + \bar{V}}{2}; \tag{7}$$

или [1, 2, 6]:

$$\frac{\partial^2}{\partial z \partial \bar{z}} \frac{\partial^2 V}{\partial z \partial \bar{z}} - i\varepsilon \nabla_k^2 V = 0, \quad \varepsilon = \frac{\sqrt{3(1-\nu^2)}}{8h}. \tag{8}$$

Согласно [6] имеем

$$V(z, \bar{z}) - i\varepsilon \left[ (k_2 - k_1) \int_0^z (z-t) V(t, \bar{z}) dt + (k_2 - k_1) \int_0^{\bar{z}} (\bar{z}-\tau) V(z, \tau) d\tau + \right.$$

$$+2(k_2+k_1) \int_0^z dt \int_0^{\bar{z}} V(t, \tau) d\tau \Big] = \varphi_1(z) + \varphi_1^*(z) + \int_0^z \varphi_0(t) dt + \int_0^{\bar{z}} \varphi_0(\tau) d\tau. \quad (9)$$

Рассмотрим сперва уравнение частотного вида:

$$V_1(z, \bar{z}) - i\varepsilon(k_2 - k_1) \int_0^z (z-t) V_1(t, \bar{z}) dt = U_0(z, \bar{z}). \quad (10)$$

Доказано, что это уравнение имеет решение, которое выражается формулой [1, 2, 6]

$$V_1(z, \bar{z}) = U_0(z, \bar{z}) + i\varepsilon \int_0^z \Gamma_1(z, \bar{z}, t) U_0(t, \bar{z}) dt, \quad (11)$$

$$\text{где} \quad \Gamma_1(z, \bar{z}, t) = K_1^{(1)}(z, \bar{z}, t) + K_1^{(2)}(z, \bar{z}, t) + \dots \quad (12)$$

Здесь  $K_1^{(1)}, K_1^{(2)}$  — итерированные ядра

$$K_1^{(1)} = K_1 = (k_2 - k_1)(z-t), \quad K_1^{(n)}(z, \bar{z}, t) = \int_t^z K_1(z, \bar{z}, \xi) K_1^{(n-1)}(\xi, \bar{z}, t) d\xi. \quad (13)$$

Аналогично, уравнение

$$V_2(z, \bar{z}) - i\varepsilon(k_2 - k_1) \int_0^{\bar{z}} (\bar{z}-\tau) V_2(z, \tau) d\tau = U_0(z, \bar{z}) \quad (14)$$

также имеет решение

$$V_2(z, \bar{z}) = U_0(z, \bar{z}) + i\varepsilon \int_0^{\bar{z}} \Gamma_2(\bar{z}, z, \tau) U_0(z, \tau) d\tau, \quad (15)$$

$$\text{где} \quad \Gamma_2(\bar{z}, z, \tau) = K_2^{(1)}(\bar{z}, z, \tau) + K_2^{(2)}(\bar{z}, z, \tau) + \dots, \quad (16)$$

причем

$$K_2^{(1)} = K_2 = (k_2 - k_1)(\bar{z}-\tau); \quad K_2^{(n)}(\bar{z}, z, \tau) = \int_\tau^{\bar{z}} K_2(\bar{z}, z, \eta) K_2^{(n-1)}(\eta, z, \tau) d\eta. \quad (17)$$

Ищем теперь решение уравнения (9) в виде

$$V(z, \bar{z}) = V_0(z, \bar{z}) + \int_0^z \Gamma_1(z, \bar{z}, t) V_0(t, \bar{z}) dt + \int_0^{\bar{z}} \Gamma_2(\bar{z}, z, \tau) V_0(z, \tau) d\tau. \quad (18)$$

Подставляя (18) в (9), получаем

$$V_0(z, \bar{z}) = U_0(z, \bar{z}) + \int_0^z dt \int_0^{\bar{z}} K_0(z, \bar{z}, t, \tau) V_0(t, \tau) d\tau. \quad (19)$$

Применяя теперь в уравнении (19) метод последовательных приближений, получаем

$$V_0(z, \bar{z}) = U_0(z, \bar{z}) + \int_0^z dt \int_0^{\bar{z}} \Gamma_0(z, \bar{z}, t, \tau) U_0(t, \tau) d\tau. \quad (20)$$

Подставляя выражение (20) в (18), получаем

$$\begin{aligned}
 V(z, \bar{z}) = U_0(z, \bar{z}) + \int_0^z \Gamma_1(z, \bar{z}, t) U_0(t, \bar{z}) dt + \\
 + \int_0^{\bar{z}} \Gamma_2(\bar{z}, z, \tau) U_0(z, \tau) d\tau + \int_0^z dt \int_0^{\bar{z}} \Gamma(z, \bar{z}, t, \tau) U_0(t, \tau) d\tau.
 \end{aligned} \quad (21)$$

Согласно (21) легко находим  $\bar{V}$ . Учитывая  $V$  и  $\bar{V}$ , из формулы (7) находим общий интеграл  $W_0$ .

Грузинский политехнический институт  
 им. В. И. Ленина

(Поступило 16.3.1978)

საშემდგომო მეცნიერება

ბ. ბულია

ხვრებით შესუსტებული ორმაგი სიმრუდის დამრეცი ბარის ღუნვის ერთი ამოცანის შესახებ, როცა ხვრეტს საკუთხო წერტილები არ ბაჩნის

რეზიუმე

განხილულია დიდი ხვრეტით შესუსტებული დამრეცი გარსის ღუნვის ამოცანა. დამრეცი გარსის წონასწორობის დიფერენციალური განტოლების ზოგადი ინტეგრალი განისაზღვრება ი. ვეკუას მეთოდით.

STRUCTURAL MECHANICS

N. P. BULIA

## ON ONE PROBLEM OF A DOUBLE-CURVE SLOPING SHELL WEAKENED BY AN ORIFICE HAVING NO ANGULAR POINTS

Summary

One problem of the bending of a sloping shell weakened by a big orifice is discussed. The general integral of differential equation of sloping shell balance is determined by the method of I. N. Vekua.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. П. Булия. Сообщения АН ГССР, 88, № 3, 1977.
2. Н. П. Булия. Сообщения АН ГССР, 87, № 1, 1977.
3. Н. П. Булия. Сообщения АН ГССР, 79, № 1, 1975.
4. Н. П. Булия. Сообщения АН ГССР, 88, № 2, 1977.
5. А. М. Какушадзе, Н. И. Наморадзе, П. Н. Кокхреидзе, Ю. С. Эсадзе. Труды ГПИ им. В. И. Ленина, № 2, 95, 1964.
6. И. Н. Веква. Новые методы решения эллиптических уравнений. Л.—М., 1948.





РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ОБОГАЩЕНИЕ

Б. А. ЭИДЕРМАН, З. С. ШАНИДЗЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ КЛИНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗАБОЙНЫХ  
 СКРЕБКОВЫХ КОНВЕЙЕРАХ

(Представлено академиком А. А. Дзидзигури 28.2.1978)

Скребокковые забойные конвейеры являются основным доставочным средством в очистных забоях угольных шахт. Однако конвейеры этого типа обладают рядом существенных недостатков, как например, повышенной энергоемкостью транспортирования, заштыбовкой тягового органа, относительно низкой надежностью и т. д. Поэтому, для выявления причин, вызывающих вышеуказанные недостатки, большое внимание уделяется изучению процесса транспортирования груза тяговым органом. При транспортировке груза серийными скребками I-образного сечения транспортируемый материал прижимается к направляющим и создает клиновое давление.

Наблюдения в лабораторных и шахтных условиях показали, что клиновой горизонтальный распор между тяговыми цепями оказывает существенное влияние на формирование нагрузок в направляющих, так как конструкция соединительного звена, не имеющая подпорной стенки между кулаком и скребком, пропускает сосредоточенный у вершины клина насыпной груз в зону направляющих (рис. 1). Клиновое давление и наличие мелких фракций в направляющих увеличивают сопротивление движения тяговой цепи, препятствуют стабилизации грузопотока и т. п.

Величина клинового давления между цепями, воздействующая на зону направляющих, для серийного скребка может быть подсчитана по формуле

$$P_{кл.с} = K \left[ \gamma t_{ск} \left( f_{ст} \cos \beta \pm \sin \beta \pm c \frac{a}{g} \right) - \tau_0 \left( \frac{1 + f_{\sigma} \operatorname{tg} \alpha_{кл.с}}{\operatorname{tg} \alpha_{кл.с} - f_{\sigma}} + \operatorname{tg} \alpha_{кл.с} \right) \right] \cdot \frac{(\operatorname{tg} \alpha_{кл.с} - f_{\sigma}) c \operatorname{tg} \alpha_{кл.с}}{1 + (f_{\sigma} + f_{ст}) \operatorname{tg} \alpha_{кл.с} - f_{\sigma} \cdot f_{ст}}, \quad (1)$$

где  $K$ —коэффициент, учитывающий воздействие клинового давления на направляющую через зазоры в цепи и через открытую зону соединительного звена;  $\gamma$ —объемный вес насыпного материала;  $t_{ск}$ —шаг скребка;  $f_{ст}$ —коэффициент трения сыпучего тела по стенке или днищу;  $\beta$ —угол наклона конвейера;  $c$ —коэффициент участия транспортируемого груза в колебаниях тягового органа;  $a$ —ускорение (замедление) движения груза, обусловленное переходными режимами работы и колебательными процессами при движении тяговой цепи;  $g$ —ускорение свободного падения;  $\tau_0$ —коэффициент сцепления;  $f_{\sigma}$ —коэффициент внутреннего трения;  $\alpha_{кл.с}$ —угол клина.

Коэффициент, учитывающий воздействие клинового давления (рис. 2)

$$K = \frac{\sigma_{\text{внут.}}}{\sigma_{\text{внеш.}}}, \quad (2)$$

где  $\sigma_{\text{внут.}}$ —внутреннее давление на стенку направляющей;  $\sigma_{\text{внеш.}}$ —внешнее давление на тяговую цепь и стенку направляющей.

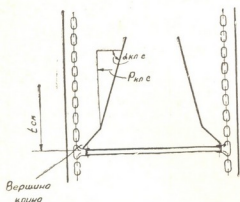


Рис. 1

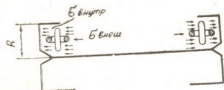


Рис. 2

Внутреннее давление равно

$$\sigma_{\text{внут.}} = \frac{N}{t_{\text{ск}} \cdot h_p}, \quad (3)$$

где  $N$ —усилие;  $h_p$ —высота решетки рабочей ветви.

Усилие  $N$  равно

$$N = \sigma_{\text{внеш.}} \cdot F_{\text{отк.з}}, \quad (4)$$

где  $F_{\text{отк.з.}}$ —площадь открытых зон направляющей.

Подставив в формулу (2) значения  $\sigma_{\text{внут.}}$  и  $N$ , получим

$$K = \frac{F_{\text{отк.з.}}}{t_{\text{ск}} \cdot h_p}. \quad (5)$$

Вследствие движения насыпного груза по конвейеру и постоянного его воздействия на подпорную стенку вершина клина разворачивается, направляя насыпной материал в зону направляющих (рис. 1). Отмеченное явление по заштыбовке направляющих оказывает существенное влияние на работу конвейера. Так, по данным шахты «Красный партизан» п/о «Свердловантрацит» потери добычи вследствие заштыбовки в 1977 г. в отдельных случаях составили 200—3600 т/сутки.

Количество мелких фракций насыпного груза, попадающее в направляющую в зоне соединительного звена, т. е. у вершины клина, может быть определено использованием расчета теоретической скорости истечения по М. М. Протодьяконову. Принимаем

$$P_{\text{кл.с}} \cdot \Delta l \cdot F = \frac{m v_0^2}{2}, \quad (6)$$

где  $F$ —проходное сечение для насыпного груза у вершины клина;  $\Delta l$ —длина проходного сечения;

$$m = \frac{\gamma \cdot F \cdot \Delta l}{g}.$$



Преобразуя выражение (6), получаем теоретическую скорость истечения мелких фракций насыпного груза в зону направляющей:

$$v_0 = \sqrt{\frac{2gP_{кл*с}}{\gamma}}. \quad (7)$$

Однако действительная скорость истечения мелких фракций будет меньше вследствие трения материала о стенки, внутреннего трения и других факторов

$$v = \lambda \cdot v_0, \quad (8)$$

где  $\lambda$  — поправочный коэффициент

$$\text{При } f_{\sigma} = 0,75, \quad \lambda = 0,6 + 0,67,$$

тогда

$$v = \lambda \sqrt{\frac{2gP_{кл*с}}{\gamma}}. \quad (9)$$

При транспортировке груза мелкие фракции (штыб) попадают в направляющие через открытые зоны, находящиеся между кулаком соединительного звена и скребком, а также зазоры тяговой цепи.

Количество штыба, поступающее в зону направляющих, равно

$$Q = 3600 F \cdot \gamma \cdot v. \quad (10)$$

Подставив формулу (9) в выражение (10), получим

$$Q = 3600 F \cdot \lambda \sqrt{2g \cdot \gamma \cdot P_{кл*с}}. \quad (11)$$

На основании анализа рассмотренных процессов был разработан и предложен ряд новых конструкций скребков, в которых насыпной груз отжимается от зоны направляющих.

Перед движущимися новыми скребками клиновые процессы в насыпном грузе проходят несколько по другому. Схема клинового давления показана на рисунке (рис. 3).

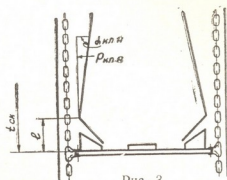


Рис. 3

Как видно из рисунка, в околоскребковой зоне происходит поворот груза от зоны направляющих, вследствие чего он не принимает участие в создании клинового давления и уменьшает попадание штыба.

Клиновое давление, действующее на направляющую, равно

$$P_{кл*н} = K \left[ \gamma(t_{ск} - l) \left( f_{\sigma} \cos \beta \pm \sin \beta \pm c \frac{a}{g} \right) - \tau_0 \left( \frac{1 + f_{\sigma} \operatorname{tg} \alpha_{кл*н}}{\operatorname{tg} \alpha_{кл*н} - f_{\sigma}} + \operatorname{tg} \alpha_{кл*н} \right) \right] \cdot \frac{(\operatorname{tg} \alpha_{кл*н} - f_{\sigma}) c \operatorname{tg} \alpha_{кл*н}}{1 + (f_{\sigma} + f_{\sigma}) \operatorname{tg} \alpha_{кл*н} - f_{\sigma} \cdot f_{\sigma}}, \quad (12)$$

где  $l$ —длина от скребка до поворота груза;  $\alpha_{\text{кл.н}}$ —угел клина при транспортировке груза скребками новой конструкции.

В этом случае количество штыба, попадающее от клинового распора в зону направляющих, равно

$$Q_{\text{н}} = 3600F \cdot \lambda \sqrt{2g \cdot \gamma \cdot P_{\text{кл.н}}} \quad (13)$$

Как показывают экспериментальные исследования, боковое давление и количество штыба при применении скребков новых конструкций резко уменьшается.

Уменьшение величины клинового давления и количества штыба может быть определено из отношения

$$\xi_{\text{р}} = \frac{P_{\text{кл.н}}}{P_{\text{кл.с}}}, \quad \xi_{\text{Q}} = \frac{Q_{\text{н}}}{Q}$$

$\xi_{\text{р}}$  и  $\xi_{\text{Q}}$  соответственно равно 0,08—0,1 и 0,3—0,35.

На основании теоретических и стендовых испытаний можно сделать следующее заключение: 1) предлагаемая методика позволяет рассчитать боковое давление, действующее на направляющую конвейера; 2) применение скребков новой конструкции уменьшает боковое давление и количество штыба, поступающего в направляющие конвейера.

Академия наук Грузинской ССР

Институт горной механики

им. Г. А. Цулукидзе

(Поступило 2.3.1978)

საბაღოთა დამუშავება და გაფორმება

ბ. ეიდერმანი, ზ. შანიძე

სანგრების ხვებია კონსტრუქციებში სოლური პროცესების კვლევა  
 რეზიუმე

გამოკვლეულია სანგრების ხვებია კონსტრუქციებში წვრილმარცვლოვანი მასალის ტრანსპორტირებისას სოლური ეფექტის წარმოქმნის პროცესი.

შექმნილია ახალი კონსტრუქციის ხვებები, რომლებიც საგრძობლად ამცირებენ გვერდით წნევებს კონსტრუქციის მიმართველებში, გამოწვეულს სოლური ეფექტით.

მოცემულია გვერდითი წნევების სიდიდისა და მიმართველებში მოხვედრილი წვრილმარცვლოვანი მასალის რაოდენობის საანგარიშო საინჟინრო ფორმულები.

#### EXPLOITATION OF DEPOSITS AND CONCENTRATION

B. A. EIDERMAN, Z. S. SHANIDZE

#### INVESTIGATION OF WEDGE PROCESSES IN SCRAPER CONVEYERS

##### Summary

The process of the wedge effect during transportation of fine-grained materials in face scraper conveyers has been investigated.

New designs of scrapers that considerably decrease the lateral pressure caused by the wedge effect in the guide of the conveyers are proposed.

The calculation formulae are given for determining the value of lateral pressure and the amount of fine-grained material getting into the guide of the conveyer.



Д. С. ТАВХЕЛИДZE (член-корреспондент АН ГССР), Н. С. ДАВИТАШВИЛИ

### КИНЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЯТИЗВЕННОГО СФЕРИЧЕСКОГО КРИВОШИПНО-ПОЛЗУННОГО МЕХАНИЗМА

Рассмотрим задачу кинематического исследования пятизвенового сферического кривошипно-ползунного механизма  $ABCD$  (рис. 1).

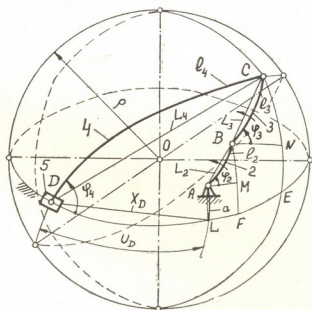


Рис. 1

Размеры звеньев механизма  $l_2, l_3, l_4$ , дезаксиал  $a$  и расстояние  $u_D$  заданы сферическим расстоянием. Заданы также углы поворота  $\varphi_2$  и  $\varphi_3$  кривошипа 2 и 3.

Требуется определить положение звеньев 4 и 5, угловые скорости и ускорения этих же звеньев, а также линейные скорости и ускорения отдельных точек механизма.

Рассмотрев сферические треугольники  $CDE, ABM, BCN$  и сферическое расстояние  $DE$ , напишем

$$\begin{aligned} \sin l_4 \sin \varphi_4 = & \sin l_3 \cos a \sin \varphi_3 (1 - \sin^2 l_2 \sin^2 \varphi_2)^{1/2} + \\ & + \sin l_2 \cos a \sin \varphi_2 (1 - \sin^2 l_3 \sin^2 \varphi_3)^{1/2} + \sin a [(1 - \sin^2 l_2 \sin^2 \varphi_2) (1 - \\ & - \sin^2 l_3 \sin^2 \varphi_3)]^{1/2} - \sin l_2 \sin l_3 \sin a \sin \varphi_2 \sin \varphi_3, \end{aligned} \quad (1)$$

$$\operatorname{tg} u_D = \frac{\operatorname{tg} l_4 \cos \varphi_4 (1 - \operatorname{tg} l_2 \operatorname{tg} l_3 \cos \varphi_2 \cos \varphi_3) - \operatorname{tg} l_2 \cos \varphi_2 - \operatorname{tg} l_3 \cos \varphi_3}{1 - \operatorname{tg} l_2 \operatorname{tg} l_3 \cos \varphi_2 \cos \varphi_3 + \operatorname{tg} l_4 \cos \varphi_4 (\operatorname{tg} l_2 \cos \varphi_2 + \operatorname{tg} l_3 \cos \varphi_3)}$$

Решением системы уравнений (1) определяются соответственно угол  $\varphi_4$  и сферическое расстояние  $u_D$ .

Угловая скорость звеньев 4 и 5 [1]

$$\omega_4 = i_{42} \omega_2 + i_{43} \omega_3, \quad \omega_5 = i_{(52)\varphi_2} \omega_2 + i_{(53)\varphi_3} \omega_3, \quad (2)$$

где  $\omega_2$  и  $\omega_3$ —заданные угловые скорости ведущих звеньев 2 и 3;  $i_{42}$ ,  $i_{43}$ ,  $i_{(52)\varphi_2}$  и  $i_{(53)\varphi_3}$ —аналоги угловых скоростей, для нахождения которых про дифференцируем систему уравнений (1) по обобщенным координатам  $\varphi_2$  и  $\varphi_3$ . После некоторых преобразований получим

$$i_{42} = \frac{n_1}{n_2}, \quad i_{43} = \frac{n_3}{n_2}, \quad (3)$$

$$i_{(52)\varphi_2} = \frac{n_4 n_5 - n_6 n_7}{n_4^2 + n_5^2}, \quad i_{(53)\varphi_3} = \frac{n_5 n_8 - n_7 n_9}{n_4^2 + n_5^2}, \quad (4)$$

где

$$\begin{aligned} n_1 &= \sin l_3 \cos a \left[ i_{32} \cos \varphi_3 (1 - \sin^2 l_2 \sin^2 \varphi_2)^{1/3} - \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{2} \sin^2 l_2 \sin 2\varphi_2 \sin \varphi_3 (1 - \sin^2 l_2 \sin^2 \varphi_2)^{-1/2} \right] + \\ &\quad + \sin l_2 \cos a \left[ \cos \varphi_2 (1 - \sin^2 l_3 \sin^2 \varphi_3)^{1/2} - \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{2} i_{32} \sin^2 l_3 \sin \varphi_2 \sin 2\varphi_3 (1 - \sin^2 l_3 \sin^2 \varphi_3)^{-1/2} \right] - \\ &\quad - \frac{1}{2} \sin a [(1 - \sin^2 l_2 \sin^2 \varphi_2) (1 - \sin^2 l_3 \sin^2 \varphi_3)]^{-1/2} \cdot [\sin^2 l_2 \sin 2\varphi_2 (1 - \\ &\quad - \sin^2 l_3 \sin^2 \varphi_3 + i_{32} \sin^2 l_3 \sin 2\varphi_3 (1 - \sin^2 l_2 \sin^2 \varphi_2)] - \\ &\quad - \sin l_2 \sin l_3 \sin a (\cos \varphi_2 \sin \varphi_3 + i_{32} \sin \varphi_2 \cos \varphi_3), \\ n_2 &= \sin l_4 \cos \varphi_4, \\ n_3 &= \sin l_3 \cos a \left[ \cos \varphi_3 (1 - \sin^2 l_2 \sin^2 \varphi_2)^{1/2} - \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{2} i_{23} \sin^2 l_2 \sin 2\varphi_2 \sin \varphi_3 (1 - \sin^2 l_2 \sin^2 \varphi_2)^{-1/2} \right] + \\ &\quad + \sin l_2 \cos a \left[ i_{23} \cos \varphi_2 (1 - \sin^2 l_3 \sin^2 \varphi_3)^{1/2} - \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{2} \sin^2 l_3 \sin \varphi_2 \sin 2\varphi_3 (1 - \sin^2 l_3 \sin^2 \varphi_3)^{-1/2} \right] - \\ &\quad - \frac{1}{2} \sin a [(1 - \sin^2 l_2 \sin^2 \varphi_2) (1 - \sin^2 l_3 \sin^2 \varphi_3)]^{-1/2} \cdot \\ &\quad \cdot [i_{23} \sin^2 l_2 \sin 2\varphi_2 (1 - \sin^2 l_3 \sin^2 \varphi_3) + \sin^2 l_3 \sin 2\varphi_3 (1 - \sin^2 l_2 \sin^2 \varphi_2)] - \\ &\quad - \sin l_2 \sin l_3 \sin a (i_{23} \cos \varphi_2 \sin \varphi_3 + \sin \varphi_2 \cos \varphi_3), \\ n_4 &= \operatorname{tg} l_2 \operatorname{tg} l_3 \operatorname{tg} l_4 \cos \varphi_4 (\sin \varphi_2 \sin \varphi_3 + i_{32} \cos \varphi_2 \sin \varphi_3) - \\ &\quad - i_{42} \operatorname{tg} l_4 \sin \varphi_4 (1 - \operatorname{tg} l_2 \operatorname{tg} l_3 \cos \varphi_2 \cos \varphi_3) + \operatorname{tg} l_2 \sin \varphi_2 + i_{32} \operatorname{tg} l_3 \sin \varphi_3, \\ n_5 &= 1 - \operatorname{tg} l_2 \operatorname{tg} l_3 \cos \varphi_2 \cos \varphi_3 + \operatorname{tg} l_4 \cos \varphi_4 (\operatorname{tg} l_2 \cos \varphi_2 + \operatorname{tg} l_3 \cos \varphi_3), \\ n_6 &= \operatorname{tg} l_2 \operatorname{tg} l_3 (\sin \varphi_2 \cos \varphi_3 + i_{32} \cos \varphi_2 \sin \varphi_3) - i_{42} \operatorname{tg} l_4 \sin \varphi_4 (\operatorname{tg} l_2 \cos \varphi_2 + \\ &\quad + \operatorname{tg} l_3 \cos \varphi_3) - \operatorname{tg} l_4 \cos \varphi_4 (\operatorname{tg} l_2 \sin \varphi_2 + i_{32} \operatorname{tg} l_3 \sin \varphi_3), \\ n_7 &= \operatorname{tg} l_4 \cos \varphi_4 (1 - \operatorname{tg} l_2 \operatorname{tg} l_3 \cos \varphi_2 \cos \varphi_3) - \operatorname{tg} l_2 \cos \varphi_2 - \operatorname{tg} l_3 \cos \varphi_3, \end{aligned}$$



$$n_8 = \operatorname{tg} l_2 \operatorname{tg} l_3 \operatorname{tg} l_4 \operatorname{tg} l_4 \cos \varphi_4 (i_{23} \sin \varphi_2 \cos \varphi_3 + \cos \varphi_2 \sin \varphi_3) - \\ - i_{43} \operatorname{tg} l_4 \sin \varphi_4 (1 - \operatorname{tg} l_2 \operatorname{tg} l_3 \cos \varphi_2 \cos \varphi_3) + i_{23} \operatorname{tg} l_2 \sin \varphi_2 + \operatorname{tg} l_3 \sin \varphi_3, \\ n_9 = \operatorname{tg} l_2 \operatorname{tg} l_3 (i_{23} \sin \varphi_2 \cos \varphi_3 + \cos \varphi_2 \sin \varphi_3) - i_{43} \operatorname{tg} l_4 \sin \varphi_4 (\operatorname{tg} l_2 \cos \varphi_2 + \\ + \operatorname{tg} l_3 \cos \varphi_3) - \operatorname{tg} l_4 \cos \varphi_4 (i_{23} \operatorname{tg} l_2 \sin \varphi_2 - \operatorname{tg} l_3 \cos \varphi_3).$$

В свою очередь,

$$i_{23} = \frac{\omega_2}{\omega_3}, \quad i_{32} = \frac{\omega_3}{\omega_2}. \quad (5)$$

Истинная скорость точки  $D$  звена 5

$$V_D = \rho \omega_5 = \rho (i_{(52)\varphi_2} \omega_2 + i_{(53)\varphi_3} \omega_3). \quad (6)$$

Угловые ускорения звеньев 4 и 5 [1]

$$\varepsilon_4 = \omega_2^2 i'_{42} + i_{42} \varepsilon_2 + \omega_3^2 i'_{43} + i_{43} \varepsilon_3, \quad (7)$$

$$\varepsilon_5 = \omega_2^2 i'_{(52)\varphi_2} + i_{(52)\varphi_2} \varepsilon_2 + \omega_3^2 i'_{(53)\varphi_3} + i_{(53)\varphi_3} \varepsilon_3, \quad (8)$$

где  $\varepsilon_2$  и  $\varepsilon_3$  — заданные угловые ускорения ведущих звеньев 2 и 3;  $i'_{42}$ ,  $i'_{43}$ ,  $i'_{(52)\varphi_2}$  и  $i'_{(53)\varphi_3}$  — аналоги угловых ускорений, для нахождения которых дифференцируем два раза систему уравнений (1) по обобщенным координатам  $\varphi_2$  и  $\varphi_3$ .

Нормальное и тангенциальное ускорения точки  $D$

$$c_D^n = \rho (\omega_2^2 i_{(52)\varphi_2} + \omega_3^2 i_{(53)\varphi_3}) \quad \text{и} \quad a_D^t = \rho (i'_{(52)\varphi_2} + i'_{(53)\varphi_3}). \quad (9)$$

Истинное ускорение точки

$$a_D = (\omega_2^2 + \omega_3^2) \sqrt{(a_D^n)^2 + (a_D^t)^2} + \rho (\varepsilon_2 i_{(52)\varphi_2} + \varepsilon_3 i_{(53)\varphi_3}). \quad (10)$$

Если сферические расстояния  $l_i$  выразить радиусом сферы  $\rho$  и соответствующими хордами  $L_i$ , тогда при  $\rho \rightarrow \infty$ , как частный случай, получим известные выражения [2] для кинематического исследования пятизвенного плоского кривошипно-ползунного механизма.

Если допустим, что  $l_2 = 0$ , тогда из рассмотренного пятизвенника получим сферический и далее плоский четырехзвенные кривошипно-ползунные механизмы и известные выражения [3, 4] для их кинематического исследования.

Таким образом, решена задача кинематического исследования пятизвенного сферического кривошипно-ползунного механизма.

Полученные выражения носят общий характер и могут быть использованы для решения задач кинематического исследования как для сферического, так и для плоского пятизвенного и четырехзвенного кривошипно-ползунных механизмов.

დ. თავხელიძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი),  
 ნ. დავითაშვილი

ჩუთრგოლა სფერული მრუდმხარა-ცოცია მექანიზმის  
 კინემატიკური კვლევა

რეზიუმე

განხილულია ხუთრგოლა სფერული მრუდმხარა-ცოცია მექანიზმის კინემატიკური კვლევის ამოცანის გადაწყვეტა, რომლისთვისაც მიღებული გამოსახულებები ზოგადი ხასიათისაა და შეიძლება გამოყენებულ იქნეს როგორც სფერული, ისე ბრტყელი ხუთრგოლა და ოთხრგოლა მრუდმხარა-ცოცია მექანიზმების კინემატიკური კვლევისათვის.

MACHINE BUILDING SCIENCE

D. S. TAVKHELIDZE, N. S. DAVITASHVILI

A KINEMATIC STUDY OF FIVE-LINK CRANK AND SLIDER  
 SPHERICAL MECHANISMS

Summary

The problem of kinematic investigation of five-link crank and slider spherical mechanisms is considered. The results obtained enable an overall kinematic investigation of the above mechanism, for the findings are of general character and can be used in solving the problems of kinematic investigation of both five- and four-link spherical and crank and slider plane mechanisms.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Д. С. Тавхелидзе, Н. С. Давиташвили. Теоретические основы проектирования плоских и сферических пятизвенных стержневых механизмов. Тбилиси, 1975.
2. Д. С. Тавхелидзе, Н. С. Давиташвили, Л. В. Прангишвили. Сообщения АН ГССР, 87, № 1, 1977.
3. Д. С. Тавхелидзе, Н. В. Демуришвили, Н. С. Давиташвили. Сообщения АН ГССР, 77, № 2, 1975.
4. И. И. Артоболевский. Теория механизмов. М., 1965.



М. И. ГОГОБЕРИДЗЕ, Н. Г. ДУЛАРИДЗЕ, Р. Г. КАКАУРИДЗЕ,  
Ю. Н. МИКАШВИЛИ, Д. Ц. МИРЦХУЛАВА

## ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ АВАРИИ И ИНЦИДЕНТОВ ПЛОТИН

(Представлено членом-корреспондентом Академии Ш. Г. Напетваридзе 23.1.1978)

В настоящее время период эксплуатации плотин делится на три участка (приработка — «приспособление» плотин к условиям эксплуатации, основной участок — «нормальная» работа плотин, «старение»), однако пределы этих участков пока не установлены [1, 2].

Настоящая работа преследует цель на основе статистической обработки материалов об авариях и инцидентах (повреждениях) на плотинах (всего обработано свыше 450 случаев) выделить основные факторы, влияющие на надежность и долговечность плотин, и установить границы трех вышеотмеченных участков периода их эксплуатации. В результате были выделены такие основные факторы, как осадки сооружения, осадки и потери устойчивости основания, фильтрация в теле плотины, фильтрация через основания и вдоль сопрягающих устоев, наполнение и опорожнение водохранилища, колебание уровня воды в водохранилище и влияние ветровых волн, усадочные и температурные трещины в теле плотины, действие попеременного замораживания и оттаивания, агрессивность среды и недостаточная плотность материала, кавитация и истирание, недостаточность водосбросов, нарушение технологии при возведении плотин, ошибка в проекте, стихийные бедствия (землетрясения, наводнения и т. п.), локальные землетрясения от заполнения водохранилища.

Анализ зависимостей рис. 1 позволяет отметить следующее:

а) Максимальная интенсивность аварий и инцидентов на плотинах независимо от типа сооружений, периода строительства, условий эксплуатации и т. п. наблюдается в ближайшие годы — через 4—5 лет после наполнения водохранилища, т. е. влияние вышерассмотренных факторов на надежность плотин в этот период особенно велико.

После 4—5 лет, когда плотина «приспособляется» к условиям эксплуатации, начинается «нормальная» работа сооружений (хотя отдельные случаи, когда аварии и инциденты возникают и после 5 лет эксплуатации не исключены, но их доля значительно меньше), продолжительность которой составляет в среднем 50—60 лет. После этого периода начинается «старение» («изнашивание») плотин, т. е. постепенное и медленное разрушение материала самой плотины или ее основания.

б) Аварии и инциденты от нарушений технологии возведения плотин наблюдаются в течение первых 2—3 лет, такие факторы, как усадочные и температурные трещинообразования, осадки сооружений, осадки и потери устойчивости оснований интенсивно влияют на надежность плотин в течение первых 3—4 лет от начала их эксплуатации. Ошибки в проекте, фильтрация в теле, через основание и вдоль сопрягающих устоев сооружений, кавитация и истирание, колебание уров-

ня воды в водохранилище и волновые воздействия доминируют в течение первых 4—5 лет, недостаточная прочность материалов, воздействие

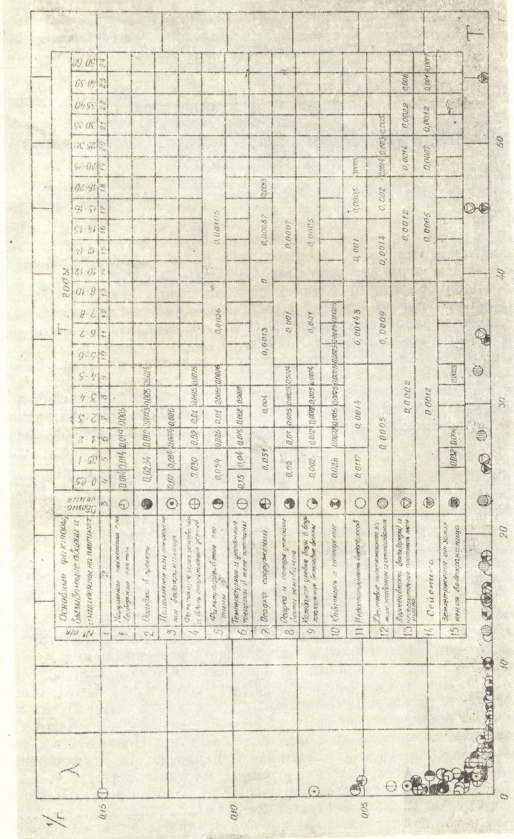


Рис. 1. Графики интенсивности аварий и инцидентов на плотинах

попеременного замораживания и оттаивания и агрессивность воды (среды) начинают сказываться на надежности долговечности плотин через 50—60 лет от начала их эксплуатации.

На основе статистического анализа аварий и инцидентов, имевших место на 220 плотинах, были построены кривые ( $\lambda$ -характеристики), которые дают возможность судить о надежности отдельных типов плотин (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что наименьшей интенсивностью отказов характеризуются арочные и арочно-гравитационные плотины, для которых  $\lambda = 0,0016 \frac{1}{\text{год}}$  при доверительной вероятности  $\gamma = 0,999$ , при этом нижняя и верхняя доверительные границы составляют соответственно  $\lambda_n = 0,00054 \frac{1}{\text{год}}$  и  $\lambda_v = 0,0036 \frac{1}{\text{год}}$ .

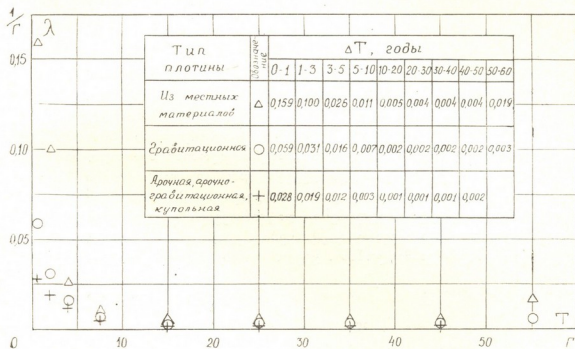


Рис. 2. Графики интенсивности аварий и инцидентов на арочных, арочно-гравитационных, гравитационных и плотинах из местных материалов

Для гравитационных бетонных плотин  $\lambda = 0,0030 \frac{1}{\text{год}}$   $\lambda_n = 0,0014 \frac{1}{\text{год}}$  и  $\lambda_v = 0,0056 \frac{1}{\text{год}}$ , а плотины из местных материалов, по сравнению с другими типами плотин, имеют максимальную интенсивность отказов, в частности  $\lambda = 0,0056 \frac{1}{\text{год}}$ . Наибольшие значения имеют также нижняя и верхняя доверительные границы  $\lambda_n = 0,0029 \frac{1}{\text{год}}$  и  $\lambda_v = 0,0095 \frac{1}{\text{год}}$  при той же доверительной вероятности  $\gamma = 0,999$ .

Полученные выше соотношения уровней надежности отдельных типов плотин достаточно хорошо согласуются с данными Международного комитета по большим плотинам [1].

Осредненные интенсивности аварий и инцидентов для всех рассмотренных типов плотин  $\left(\lambda = 0,0034 \frac{1}{\text{год}}\right)$  дает величину вероятности безотказной работы сооружений в течение 50 лет эксплуатации, равную 0,84.

Грузинский научно-исследовательский институт  
 энергетики и гидротехнических сооружений

(Поступило 2.2.1978)

ჰიდროტექნიკა

ა. ლოღიჯარიძე, ნ. დულარიძე, რ. კაკაურიძე, ი. მიქაშვილი.  
 დ. მირცხულავა

კაშხლავის ავარიებისა და ინციდენტების ინტენსივობის  
 ცვალებადობის დინამიკა

რეზიუმე

ავარიების და ინციდენტების მაქსიმალური ინტენსივობა შეიმჩნევა წყალსაცავის შევსების შემდეგ პირველი 4—5 წლის განმავლობაში, დამოუკიდებლად ნაგებობის ტიპისა, მშენებლობის ხანგრძლივობისა და ექსპლუატაციის პირობებისა.

ნაგებობის „ნორმალური“ მუშაობის ხანგრძლივობაა 50—60 წელი, რომლის შემდეგ იწყება კაშხლების „ხანდაზმულობის“ პერიოდი. კაშხლების მშენებლობის ტექნოლოგიის დარღვევით გამოწვეული ავარიები და ინციდენტები შეიძლება ექსპლუატაციის პირველი 2—3 წლის განმავლობაში. პროექტში დაშვებული შეცდომები, დატვირთვების ცვალებადობის რეჟიმი, ფილტრაცია და სხვა ამგვარი ფაქტორები მკლავდება ექსპლუატაციის პირველი 4—5 წლის განმავლობაში. ყველა ტიპის კაშხლებისათვის უმტყუნებლობის მაქსიმალური ინტენსივობა  $\lambda = 0,0034 \frac{1}{\text{წელი}}$ , რაც იძლევა ნაგებობის შეუფერხებელი მუშაობის ალბათობას, ტოლს 0,84.

HYDRAULIC ENGINEERING

M. I. GOGOBERIDZE, N. G. DULARIDZE, R. G. KAKAURIDZE,  
 I. N. MIKASHVILI, D. Ts. MIRTSKHULAVA

## THE INTENSITY VARIATION DYNAMICS OF DAMAGES AND INCIDENTS DAMS

### Summary

By means of statistic analysis of the damages and incidents recorded on different-type dams of the world the major factors affecting their safety and longterm operation have been established.

The intensity variation dynamics of damages and incidents resulting from these factors are presented as well as characteristic sections of the dynamics.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. М. И. Гогоберидзе, Р. Г. Какауридзе, Ю. Н. Микашвили, Д. Ц. Мирцхулава. Сообщения АН ГССР, 86, № 3, 1977.
2. Проектирование и строительство больших плотин. Повреждение плотин в процессе эксплуатации. Под общей редакцией А. А. Борового. М., 1977.





Т. А. ЧУЧУЛАШВИЛИ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИФИКАЦИИ КОНВЕКТИВНОЙ ТЕПЛОТДАЧИ К ГАЗОВЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯМ МЕТОДОМ ДВУХРАЗМЕРНОЙ ИСКУССТВЕННОЙ ШЕРОХОВАТОСТИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии В. И. Гомелаури 23.3.1978)

Опыты проводились на установке, описанной в [1]. Изменения были внесены в конструкцию рабочего участка. Центральная нержавеющая труба кольцевого канала с наружным диаметром 0,0125 м была заменена нержавеющей трубой с наружным диаметром 0,008 м и толщиной стенки 0,0006 м. Таким образом, эквивалентный диаметр кольцевого канала  $d_3$  составлял 0,01 м. Длина рабочего участка равнялась 0,42 м. Соответствующие изменения были внесены в размеры медных тоководов и скользящей термопары.

Были исследованы гладкотрубный канал и канал с шероховатой внутренней трубой с восьмью различной геометрией искусственной шероховатости. Искусственная шероховатость на наружной поверхности внутренней трубы кольцевого канала создавалась намоткой медной проволоки. Наматывание осуществлялось на токарном станке. Отношение высот элементов шероховатости  $h$  к эквивалентному диаметру  $d_3$  менялось в пределах  $\frac{h}{d_3} = 0,02 \div 0,052$ . Отношение расстояния между элементами шероховатости  $s$  к их высоте менялось в пределах  $\frac{s}{h} = 13,3 \div 23,3$ . В опытах теплоносителями служили сухой воздух и газообразный гелий.

Результаты опытов по теплоотдаче приведены на рис. 1 и 2. Нижняя прямая на этих рисунках соответствует критериальному уравнению М. А. Михеева [2] для гладких каналов, рассчитанных для  $P_r = 0,7$ , а верхние прямые проведены по критериальному уравнению для шероховатых каналов [3].

На рис. 1 приведены результаты опытов, в которых эффект шероховатости полностью проявлялся с самого начала исследуемого диапазона критерия Рейнольдса. Как видно из рис. 1, расхождение между экспериментальными данными и расчетами по уравнению [3] увеличивается с увеличением параметра шероховатости  $s/h$ , и наибольшее расхождение, не превышающее 10%, достигается при наибольшем исследуемом значении параметра  $s/h$ , равном 23,3. При значениях этого параметра, более близких к оптимальному [3], вышеуказанное расхож-

дение уменьшается и экспериментальные данные практически совпадают с зависимостью [3].

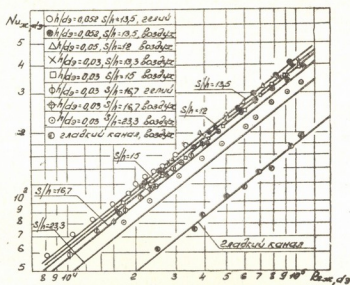


Рис. 1. Результаты опытов по теплоотдаче

На рис. 2 приведены результаты опытов, проведенных в областях частичного и полного проявления эффекта шероховатости. Исследуемая шероховатость создавалась намоткой проволоки диаметром 0,0002 м двумя различными относительными шагами  $s/h=12,5$  и  $s/h=22,5$ . Результаты экспериментов показывают, что в обоих случаях степень интенсификации теплоотдачи достигает максимального для данных условий значения при одном и том же значении критерия

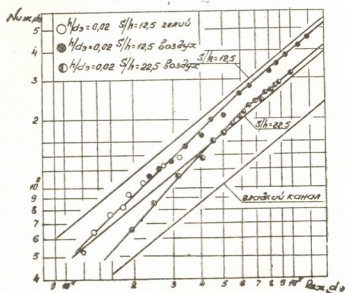


Рис. 2. Результаты опытов по теплоотдаче

Рейнольдса, равным  $60 \cdot 10^3$ . При этом степень интенсификации теплоотдачи по сравнению с гладким каналом при  $s/h=12,5$  на 24% больше, чем при  $s/h=22,5$ . Меньшая степень интенсификации теплоотдачи в последнем случае обусловлена неоптимальностью параметра  $s/h=22,5$ , по сравнению с параметром  $s/h=12,5$ .

В соответствии с отмеченной выше тенденцией опытные точки при  $s/h=22,5$  располагаются выше расчетной зависимости [3]. Однако при  $s/h=12,5$  экспериментальные точки располагаются ниже расчетной прямой и наблюдаемое расхождение с увеличением критерия Рейнольдса не обнаруживает тенденции к уменьшению. В связи с этим отметим, что в ряде работ, в частности, в работе [4], установлено, что понижение степени интенсификации теплоотдачи при уменьшении высот элементов шероховатости ниже определенного значения уже нельзя компенсировать увеличением критерия Рейнольдса и расхождение между максимально возможной в данных условиях степенью интенсификации теплоотдачи и достигнутой степенью интенсификации, равное нескольким процентам, постоянно сохраняется. Надо полагать, что в подобных случаях эффект шероховатости практически проявился в полной мере.

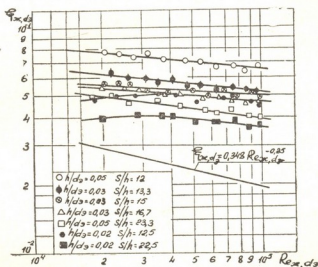


Рис. 3. Гидравлическое сопротивление шероховатых каналов при изотермическом течении

На рис. 3 приведены результаты экспериментов по измерению коэффициентов гидравлического сопротивления кольцевых каналов с шероховатой центральной трубой, проведенных в изотермических условиях при течении в них сухого воздуха. Измерения производились на участке длиной 0,175 м. Начальный участок длиной 0,235 м служил участком гидродинамической стабилизации.

Академия наук Грузинской ССР  
Отделение прикладной механики  
и процессов управления

(Поступило 24.3.1978)

თბოტექნიკა

თ. ზუზულაშვილი

ორგანოზომილეზიანი ხალოვნური ხაოიანოზის მეთოდით აირების  
თბოტექნიკის ინტენსიფიკაციის გამოკვლევა

რეზიუმე

ექსპერიმენტულად გამოკვლეულია თბოტექნიკის ინტენსიფიკაციის პროცესი რგოლურ ხაოიან არხებში მშრალი ჰერის და აირებრივი ჰელიუმის

ტურბულენტური დინების დროს. შესწავლილია ორგანზომილებიანი ზაოიანობის გეომეტრიული მახასიათებლების ( $s/h$  და  $h/d_s$ ) გავლენა თბოგაცემის ინტენსივობაზე.

HEAT ENGINEERING

T. A. CHUCHULASHVILI

INVESTIGATION OF THE INTENSIFICATION OF CONVECTION  
HEAT TRANSFER TO GAS COOLANTS BY THE METHOD OF  
TWO-DIMENSIONAL ARTIFICIAL ROUGHNESS

Summary

The influence of the artificial roughness geometric parameters  $s/h$  and  $h/d_s$  on the intensification of convection heat transfer for turbulent annular gas flow has been experimentally investigated.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. И. Гомелаури, А. Н. Микашавидзе, В. А. Джамарджашвили, Т. Ш. Маграквелидзе, Т. А. Чучулашвили. Сообщения АН ГССР, 79, № 1, 1975.
2. М. А. Михеев. Основы теплоотдачи. М.—Л., 1956.
3. В. И. Гомелаури. Труды Ин-та физики АН ГССР, т. IX, 1963.
4. N. Seriff, P. Gunley. Int. J. Heat and Mass Transfer 9, no 12, 1966.



АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ВЫЧИСЛИТ. ТЕХНИКА

Д. К. СУРГУЛАДЗЕ, З. К. ШАВИШВИЛИ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОГРАНИЧЕНИЙ ПРИ ОПТИМАЛЬНОМ  
СХЕМОТЕХНИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ УСИЛИТЕЛЕЙ  
СЧИТЫВАНИЯ

(Представлено членом-корреспондентом Академии В. К. Чичинадзе 9.3.1978)

В процедуре проектирования магнитных запоминающих устройств (ЗУ) схемотехнический расчет интегральных усилителей считывания (УС) представляет собой один из наиболее сложных этапов.

При известной схемной конфигурации УС оптимизацию ее внутренних параметров по таким важнейшим критериям, как минимизация потребляемой мощности или достижение максимального быстродействия, необходимо производить с учетом выполнения условий работоспособности схемы, т. е. ее способности надежно выделять слабые сигналы магнитных ячеек ЗУ. Это накладывает дополнительные ограничения на целевую функцию.

В настоящей работе поставлена задача определения и количественной оценки универсальных ограничений, отражающих работоспособность УС, выраженных через основные характеристики схемы.

Нами было показано [1], что при аппроксимации входного сигнала УС в виде экспоненциального импульса

$$e_c(t) = at^2 \exp[-bt], \quad (1)$$

где коэффициенты  $a$  и  $b$  выражаются через физические параметры магнитных элементов хранения информации, нормированный по усилению выходной сигнал линейного усилителя (ЛУ) УС, независимо от его схемной конфигурации, определяется выражением

$$A = \mathcal{Z}_c(t) [K_0 e_{c_{\max}}]^{-1} = 1,86 F(\omega_{гв}, t_m, t), \quad (2)$$

где  $\mathcal{Z}_c(t)$  — выходной сигнал ЛУ;  $e_{c_{\max}}$  — амплитуда входного сигнала УС;  $\omega_{гв}$  — высшая граничная частота ЛУ;  $t_m$  — длительность нарастания входного сигнала УС;  $K_0$  — коэффициент усиления ЛУ на средних частотах.

Функция  $F(\omega_{гв}, t_m, t)$  определяется следующими выражениями: для  $m = 0,5$   $\omega_{гв} t_m < 1$

$$F(\omega_{гв}, t_m, t) = \frac{m \exp[-mbt]}{m-1} \times \\ \times \left\{ \frac{2}{(1-m)^2} - \exp[-bt(1-m)] \left[ \frac{2}{(1-m)^2} + \frac{2bt}{1-m} + b^2 t^2 \right] \right\}; \quad (3)$$

для  $m > 1$

$$F(\omega_{\text{гв}}, t_m, t) = \frac{m \exp[-bt]}{m-1} \left\{ b^2 t^2 - \frac{2bt}{m-1} + \right. \\ \left. + \frac{2}{(m-1)^2} [1 - \exp[-(m-1) \cdot b t]] \right\}. \quad (4)$$

В результате машинного анализа выражения (2), для рассматриваемого класса схем, получены обобщенные таблицы, количественно отражающие следующие функциональные зависимости:

$$A_m = f(\omega_{\text{гв}}, t_m); \quad \Delta t_m = f(\omega_{\text{гв}}, t_m); \quad \delta_{A_m} = f(\omega_{\text{гв}}, t_m, \delta_{\omega_{\text{гв}}}), \quad (5)$$

где  $A_m$  — нормированная по усилению амплитуда выходного сигнала ЛУ;  $\Delta t_m$  — сдвиг во времени максимума выходного сигнала ЛУ относительно максимума входного сигнала УС;  $\delta_{A_m}$  — максимальная относительная неустойчивость нормированной амплитуды выходного сигнала ЛУ;  $\delta_{\omega_{\text{гв}}}$  — максимальная относительная неустойчивость  $\omega_{\text{гв}}$ .

При заданной разности амплитуд минимального входного сигнала и максимальной помехи на входе УС

$$\Delta e_{\text{min}} = e_{e_{\text{min}}} - e_{n_{\text{max}}} \quad (6)$$

соответствующую разность напряжений на выходе ЛУ можно представить в следующем виде:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{min}} = \mathcal{E}_{e_{\text{min}}} - \mathcal{E}_{n_{\text{max}}} = AK_0 [\Delta e_{\text{min}} (1 - \delta_{A_m} - \delta_k) - 2\Delta e_{\text{стр}}], \quad (7)$$

где  $\delta_k = \Delta K_0 / K_0$  — максимальная относительная неустойчивость коэффициента усиления ЛУ;  $\Delta e_{\text{стр}}$  — приведенная к входу суммарная величина разбаланса выходных каскадов ЛУ (с учетом наводки от стробирующего импульса) в момент стробирования.

Для надежной амплитудной селекции полезного сигнала в амплитудном дискриминаторе УС необходим некоторый запас устойчивости к помехам. Коэффициент запаса устойчивости УС

$$\eta = \frac{\Delta \mathcal{E}_{\text{min}} - 2E_{\text{пор}} \delta_{\text{пор}}}{\Delta \mathcal{E}_{\text{min}}}, \quad (8)$$

где  $E_{\text{пор}}$  — величина порога амплитудного дискриминатора;  $\delta_{\text{пор}} = \Delta E_{\text{пор}} / E_{\text{пор}}$  — максимальная неустойчивость порога амплитудного дискриминатора, является мерой работоспособности всего тракта считывания информации ЗУ. (В ЗУ большого объема выбирают  $\eta \geq 0,8$ ).

Исходя из условия обеспечения равных вероятностей при определении в амплитудном дискриминаторе наличия или отсутствия сигнала, пороговое напряжение должно удовлетворять равенству

$$E_{\text{пор}} = 0,5 (\mathcal{E}_{e_{\text{min}}} + \mathcal{E}_{n_{\text{max}}}). \quad (9)$$

С учетом выражений (7) — (9) величина коэффициента усиления ЛУ (до входа амплитудного дискриминатора), обеспечивающая заданное  $\eta$ , должна удовлетворять следующим неравенствам:

$$K_0 \geq \frac{2E_{\text{пор}} \delta_{\text{пор}}}{A[\Delta e_{\text{min}} - (\delta_k + \delta_{A_m})(\Delta e_{c_{\text{min}}} + 2e_{n_{\text{max}}}) - 2\Delta e_{\text{стр}}](1 - \eta)},$$

$$K_0 < \frac{E_{\text{пор}}(1 + \delta_{\text{пор}})}{e_{n_{\text{max}}}(1 + \delta_k + \delta_{A_m}) + \Delta e_{\text{стр}}}. \quad (10)$$

Приведенная выше методика определения ограничений была успешно опробована при оптимальном расчете (по мощностным критериям) различных схемных конфигураций УС с применением метода  $\Psi$ -преобразований [2].

В каждом итерационном цикле поиска экстремума целевой функции определялись реальный коэффициент усиления и высшая граничная частота ЛУ. Далее, с помощью (5) определялись значения необходимых параметров ( $A_m, \Delta t_m, \delta_{A_m}$ ) и проверялось условие (10) работоспособности схемы УС.

(Поступило 10.3.1978)

ავტომატური მართვა და გამოთვლითი ტექნიკა

დ. სურგულაძე, ზ. შავიშვილი

შეზღუდვების განსაზღვრა წაკითხვის გამამკლიერებლის  
ოპტიმალური სქემატექნიკური დაგეგმარების დროს

რ ე ზ ი უ მ ე

განხილულია შეზღუდვების განსაზღვრის საკითხი მაგნიტური დამხსომე-ბელი მოწყობილობების წაკითხვის გამამკლიერებლის ოპტიმალური მანქანუ-რი დაგეგმარების დროს. მიღებულია მუშაობისუნარიანობის განმსაზღვრელი უნივერსალური თანაფარდობები გამოსახული შეზღუდვებით, რომლებიც ედება ამ კლასის სქემების ძირითად პარამეტრებს.

AUTOMATIC CONTROL AND COMPUTER ENGINEERING

D. K. SURGULADZE, Z. K. SHAVISHVILI

ON THE DETERMINATION OF RESTRICTIONS IN OPTIMAL DESIGN  
OF SENSE AMPLIFIERS

Summary

The problem of determining restrictions in optimal computer-aided design of sense amplifiers for magnetic memories is discussed. Universal relations expressing working capacity conditions were obtained in terms of restrictions superimposed on the basic parameters of this class of circuits.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Д. К. Сургуладзе. Труды ИЭАТ АН СССР т. VIII, 1970, 199—208.
2. V. K. Chichinadze. Automatica, 5, 1969, 347-355.



АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ВЫЧИСЛИТ. ТЕХНИКА

В. В. МДЗИНАРИШВИЛИ, Г. У. ТАВАДЗЕ

ОГРАНИЧЕНИЯ, НАЛАГАЕМЫЕ НА СТРАТЕГИЮ УПРАВЛЕНИЯ  
 В НЕЛИНЕЙНЫХ СТОХАСТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

(Представлено членом-корреспондентом Академии К. М. Барамидзе 9.3.1978)

Нелинейная стохастическая система управления задана стохастическим дифференциальным уравнением

$$dx(t) = f[x(t), u(x, t)]dt + q[x(t), u(x, t)]d\chi, \quad (1)$$

$$x(0) = x_0,$$

где  $x(t)$  — переменная состояния системы;  $u(x, t)$  — стратегия управления;  $f$  и  $q$  — непрерывные функции, являющиеся нелинейными преобразованиями  $x$  и  $u$  без элементов памяти;  $\chi$  — винеровский процесс с интенсивностью  $n$ .

Плотность вероятности переменной состояния  $x(t)$  в момент времени  $t$  удовлетворяет уравнению Фоккера—Планка—Колмогорова

$$\frac{\partial P(x, t)}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} [f(x, u)P(x, t)] + \frac{1}{2} \frac{\partial^2}{\partial x^2} [q^2(x, u)nP(x, t)],$$

$$P(x, 0) = \delta(x - x_0). \quad (2)$$

Проблема решения уравнения (2) возникает в теории оптимального управления стохастической системой (1) методом, изложенным в [1]. Поскольку нас будет интересовать лишь корректная по Адамару постановка задачи отыскания решения уравнения (2), то будем говорить, что задача корректно поставлена, если ее решение существует, единственно и непрерывно зависит от начальных данных.

Известно [2], что вопрос о единственности решения уравнения (2) зависит от параметров соответствующего стохастического дифференциального уравнения, а в управляемых стохастических системах также будет зависеть и от стратегии управления. При определенных значениях параметров стохастической системы управления (1) уравнение (2) имеет единственное решение и нет необходимости рассматривать граничные условия. Однако в этом случае на множество значений оптимальной стратегии управления накладываются ограничения, согласующиеся с требованием единственности решения уравнения (2).

Целью настоящей работы является изложение этих требований и вытекающих из них ограничений, налагаемых на стратегию управления.

Рассмотрим уравнение, обратное уравнению (2)

$$\frac{\partial P^*(x, t)}{\partial t} = f(x, u) \frac{\partial P^*(x, t)}{\partial x} + \frac{1}{2} q^2(x, u)n \frac{\partial^2 P^*(x, t)}{\partial x^2},$$

$$P^*(x, 0) = P^*(x), \quad (3)$$

где  $t = T - s$ ,  $0 \leq s \leq T$  на пространстве функций  $C[r]$ , непрерывных на сегменте  $r \in [r_1, r_2]$ , причем  $-\infty < r_1 \leq x < r_2 \leq \infty$ .



Произведем классификацию границ  $r_i (i=1, 2)$  уравнения (3). Введем

определение  $K(x) \triangleq \exp \left[ - \int_{x_0}^x \frac{f(\lambda, u(\lambda, t))}{1 - q^2(\lambda, u(\lambda, t))} d\lambda \right]$ , в котором  $x_0 \in (r_1, r_2)$ .

Обозначим:

$$H_1 = \int_{r_1}^{x_0} K(x) dx, \quad H_2 = \int_{r_1}^{x_0} [q^2(x, u(x, t)) n]^{-1} \int_{r_1}^y K(x) K^{-1}(y) dx dy,$$

$$H_3 = \int_{r_1}^{x_0} [q^2(x, u(x, t)) n]^{-1} K(x) dx.$$

Тогда [2] граница  $r_1$  в зависимости от значений постоянных  $H_1, H_2, H_3$  называется

- 1) регулярной границей, если  $H_1 < +\infty, H_2 < +\infty, H_3 < +\infty$ ;
- 2) границей выхода, если  $H_1 < +\infty, H_2 < +\infty, H_3 = +\infty$ ;
- 3) границей входа, если  $H_1 < +\infty, H_2 = +\infty$ ;
- 4) естественной границей, если  $H_1 = +\infty$ .

Для обеих границ  $r_1$  и  $r_2$  общая классификация границ процесса  $x(t)$  может быть изучена на пространстве  $L(r_1, r_2)$  функций, интегрируемых на  $(r_1, r_2)$ . Действительно, граница  $r_i (i=1, 2)$  называется

- 1) регулярной границей, если

$$K(x) \in L(x_0, r_i), \quad 2 [q^2(x, u(x, t)) n]^{-1} K^{-1}(x) \in L(x_0, r_i);$$

- 2) границей выхода, если

$$2 [q^2(x, u(x, t)) n]^{-1} K^{-1}(x) \notin L(x_0, r_i),$$

$$2K(x) \int_{x_0}^x [q^2(\lambda, u(\lambda, t)) n]^{-1} K^{-1}(\lambda) d\lambda \in L(x_0, r_i);$$

- 3) границей входа, если она не является регулярной и

$$2 [q^2(x, u(x, t)) n]^{-1} K^{-1}(x) \in L(x_0, r_i),$$

$$2 [q^2(x, u(x, t)) n]^{-1} K^{-1}(x) \int_{x_0}^x K(\lambda) d\lambda \in L(x_0, r_i);$$

- 4) естественной границей — во всех остальных случаях.

Для существования единственного решения уравнений (2) и (3) необходимо и достаточно, чтобы границы  $r_i (i=1, 2)$  были недостижимыми процессом  $x(t)$  за конечное время. Согласно приведенной выше классификации границ, недостаточными являются граница входа и естественная граница, а граница выхода и регулярная граница — достижимы. Таким образом, для процессов с недостижимыми границами существует единственное решение уравнения и вопрос о граничных усло-

виях не возникает. Следует однако отметить, что при этом необходимо учесть ограничения, налагаемые на стратегию управления, которые должны быть согласованы с требованием недостижимости границ.

Так как для единственного решения уравнения (2) справедливо предельное соотношение

$$\lim_{x \rightarrow r_i} \left\{ \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial x} [q^2(x, u(x, t)) nP] - f(x, u(x, t)) P \right\} = 0, \quad (4)$$

то из приведенных четырех условий, определяющих характер границ, следует, что требование выполнения равенства

$$\lim_{x \rightarrow r_i} [q^2(x, u(x, t)) n] = 0 \quad (5)$$

является необходимым условием недостижимости границ  $r_i (i=1, 2)$ .

До сих пор предполагалось, что коэффициенты сноса  $f(x, u(x, t))$  и диффузии  $q^2(x, u(x, t))$  явно не зависят от времени и, следовательно, процесс  $x(t)$  является стационарным (однородным) марковским процессом. Пусть теперь коэффициенты сноса и диффузии зависят от времени, т. е. имеем  $f(x, u(x, t), t)$  и  $q^2(x, u(x, t), t)n(t)$ .

В данном случае следует исходить из того, что для этих коэффициентов допустимо конечное разбиение  $0 = t_0 < t_1 < t_2 < \dots < t_{k-1} < t_k = T$  временного интервала управления  $[t_0, T]$  на подынтервалы  $l_j = (t_j, t_{j+1})$   $j = 0, 1, 2, \dots, k-1$ , такие, что коэффициенты сноса и диффузии можно считать постоянными на каждом подынтервале  $t \in l_j$ ,  $j=0, 1, 2, \dots, k-1$ . В этом случае уравнение (2) должно решаться для каждого подынтервала  $l_j$  в отдельности при соответствующих значениях параметров  $f(x, u(x, l_j), l_j)$  и  $q^2(x, u(x, l_j), l_j)n(l_j)$ . Следовательно, будем иметь решение уравнения (2), которое на каждом подынтервале времени представится как

$$P = P^{\Delta}(x, l_j) \quad (6)$$

с начальными условиями

$$P^j(x, 0) = P^{j-1}(x, l_j).$$

При  $j=0$  начальное условие то же, что и для уравнения (2).

Подобное разбиение временного интервала управления  $[t_0, t_k]$  на подынтервалы необходимо по той причине, что использование классификации границ возможно только в том случае, когда коэффициенты сноса и диффузии не зависят от времени.

НИИ автоматизации производственных  
процессов в промышленности  
г. Гори

(Поступило 10.3.1978)

3. მძინარიშვილი, ბ. თავაძე

 შეზღუდვები მართვის სტრატეგიაზე არაწრფივ სტოქასტურ  
 სისტემებში

რეზიუმე

 მოცემულია შეზღუდვები ფოკერ — პლანკ — კოლმოგოროვის განტო-  
 ლების კორექტურული ამოხსნისათვის.

## AUTOMATIC CONTROL AND COMPUTER ENGINEERING

V. V. MDZINARISHVILI, G. U. TAVADZE

 RESTRICTIONS IMPOSED ON THE CONTROL STRATEGY IN  
 NONLINEAR STOCHASTIC SYSTEMS

## Summary

A classification of the boundaries of controlled Markov processes is presented. The problem of uniqueness of the solution of a direct diffusion equation is considered from the viewpoint of a correct posing of the problem according to Hadamard. From the conditions of non-attainability of boundaries by the Markov process requirements are obtained the meeting of which ensures the uniqueness of the solution of a straight diffusion equation.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. B. V. Mdzinarishvili. Сообщения АН СССР, 87, № 2, 1977.
2. И. И. Гихман, А. В. Скороход. Стохастические дифференциальные уравнения. Киев, 1968.

Н. Д. ОГРАПИШВИЛИ

## ПРОЦЕССЫ СМЕНЫ ДУБА И БУКА ГРАБОМ В ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСАХ ГРУЗИИ

(Представлено академиком В. З. Гулиашвили 1.3.1978)

Межвидовые взаимоотношения между древесными породами смешанных фитоценозов и смена одних видов другими имеют теоретическое и практическое значение.

В этом процессе большую, но не решающую роль играют экологические особенности конкурирующих древесных видов. Однако окончательный исход этих взаимоотношений зависит от особенностей условий внешней среды и отношения к ним каждой из конкурирующих пород.

Смена дуба конкурирующими породами (липой, осиной) в условиях Средней России хорошо охарактеризована Г. Ф. Морозовой.

Нами изучались межвидовые взаимоотношения между дубом грузинским (*Quercus iberica*) и грабом кавказским (*Carpinus caucasica*) в смешанных фитоценозах на склонах Цивгомборского хребта в пределах высот 500—1000 м н. у. м., где дубово-грабовые фитоценозы являются господствующими. Разница в экологических особенностях между этими видами заключается в следующем: дуб — порода полусветолюбивая, но всходы его страдают от заморозков и высоких температур; граб — порода теневыносливая, но всходы его переносят без повреждения заморозки и высокие температуры.

Изучение взаимоотношений этих пород показало, что в сомкнутых фитоценозах, ввиду недостаточной освещенности, дуб почти не восстанавливается и всходы его на третьем году жизни гибнут от недостатка света; граб, наоборот, восстанавливается свободно, его подрост выдерживает отенение материнского полога до 20 лет; смена дуба грабом может произойти и лишь большая долговечность дуба способна частично спасти его от смены.

При катастрофах (рубки, пожары, энтомофитовредители), когда смешанный дубово-грабовый фитоценоз сильно изрежен или полностью уничтожен, дуб выпадает из состава фитоценоза, так как всходы его погибают от заморозков и высоких температур, возникающих на местах катастроф, и граб возобновляется свободно, всходы его не страдают от заморозков и высоких температур и к тому же он хорошо возобновляется и вегетативно. В результате наблюдается смена дуба грабом. Такого рода возникшие после смены фитоценозы с господством граба вторичного происхождения на Цивгомборском хребте и



занимают значительные площади. Смена ценного дуба малоценным грабом для хозяйства нежелательна, и человек может предотвратить ее путем рубок ухода.

Межвидовая борьба между буком (*Fagus orietalis*) и грабом (*Carpinus caucasica*) в смешанных буково-грабовых фитоценозах изучалась на южных склонах Кавказского хребта в урочище Псху и на склонах Цивгомборского хребта в пределах высот 1000—1500—1700 м н. у. м., где распространены леса с господством бука. Обе эти конкурирующие древесные породы теневыносливы, но всходы бука страдают от заморозков и высоких температур, а всходы граба переносят без повреждений воздействие как заморозков, так и высоких температур. Смена бука грабом наблюдается лишь при сильном изреживании или после полной вырубki букового фитоценоза, однако она носит временный характер.

Наши наблюдения показали, что в такого рода возникших после рубок грабовых древостоях вторичного происхождения бук, ввиду отсутствия заморозков и высоких температур, свободно возобновляется; являясь более теневыносливым, он хорошо растет и вновь занимает свое господствующее место. Временная смена ценной породы бука малоценной — грабом нежелательна для хозяйства и ее надо предотвращать путем проведения в этих фитоценозах рубок ухода.

Тбилисский институт леса

(Поступило 10.3.1978)

მეცნიერება

ბ. ოგრაპიშვილი

მუხის და წიფლის ცვლა რცხილით საქართველოს  
ფართოფოტოლოვან ტყეებში

რ ე ზ ი უ მ ე

მუხნარ — რცხილნარებში სინათლის ნაკლებობის გამო მუხის (*Quercus iberica*) განახლება ცუდად მიმდინარეობს და მას ცვლის ჩრდილის ამტანი რცხილა (*Carpinus caucasica*). მხოლოდ ხანგრძლივი სიცოცხლის უნარმა შეიძლება იხსნას მუხა რცხილით მთლიანი შეცვლისაგან.

მუხნარებისა და წიფლნარების ძლიერი გამეჩხერების ანდა სრული მოჭრის შემთხვევაში ადგილი აქვს ძვირფასი ჯიშების მუხის და წიფლის (*Fagus orientalis*) ცვლას იაფფასიანი რცხილით. წარმოიქმნება რცხილის მეორადი ტყეები, რაც მეურნეობისათვის არასასურველია. ჯიშთა ცვლის თავიდან აცილება შეიძლება მოვლითი ჭრების საშუალებით.

N. D. OGRAPISHVILI

REPLACEMENT OF OAK AND BEECH BY HORNBEAM IN GEORGIA'S  
BROAD-LEAVED FORESTS

Summary

Owing to the lack of light in oak and beech stands the renovation of the oak (*Quercus iberica*) occurs poorly, and it is replaced by the shade-loving hornbeam (*Carpinus caucasica*). Only the longevity of the oak may save it from a complete replacement by the hornbeam. In the case of a story thinning or total felling of oak and beech stands these valuable species are replaced by the cheap hornbeam. Secondary stands of hornbeam come into being, which is economically undesirable. The change of species can be precluded by intermediate cutting.



БОТАНИКА

З. И. АДЗИНБА

КРАТКИЙ АНАЛИЗ ЭНДЕМИЧНОЙ ФЛОРЫ АБХАЗИИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии А. А. Колаковским 28.2.1978)

Оригинальность и самобытность флоры известняков Северной Колхиды неоднократно отмечались [1—3] и нашли отражение в ее ботанико-географическом районировании [2]. Здесь на известняках Гагрского и Бзыбского массивов сконцентрировано ядро известняковой флоры Северной Колхиды.

Действительно, из 319 колхидских эндемиков, произрастающих в Абхазии, более 25% являются собственно абхазскими и с незначительными иррадиациями, а из этого числа 86% встречаются только в известняковых районах и лишь 2,5% в неизвестняковых. Но имеется 17 видов — 18%, произрастающих как на известняках, так и на неизвестняковых породах. Большая часть эндемиков — около 80%, свойственна литофильным (скально-лесным, альпийским скальным, осыпным и щебнистым) экотопам.

Для анализа приводятся список эндемиков Абхазии и таблица их распределения по экотопам:

- |   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| Acer sosnovskiyi Doluch                     | *C. kolakovskiyi Charadze           |
| *Aquilegia gegica Jabr-Kolak <sup>1</sup> . | *C. pirabilis Albov                 |
| Albiododoxa elegans (Albov)                 | *C. panjutinii Kolak.               |
| Woronow                                     | *C. paradoxa Kolak.                 |
| Aleca abchasica Iljin                       | *C. schistosa Kolak.                |
| *Alchemilla abchasica Bus.                  | Cephalaria sosnovskiyi Kolak.       |
| A. capillacea Juz.                          | Cerastium ponticum Albov            |
| A. minusculiflora Bus.                      | *Chrysosplenium albovianum Kutath.  |
| *Allium candolleianum Albov                 | Chymysdia agasyloides Albov         |
| *Alopecurus longifolius Kolak.              | Cirsium abchasicum (Petr.) Grossh.  |
| Anthemis zyghia Woronow                     | C. fominii Petr.                    |
| Arabis sachokiana (N. Busch) N. Busch       | *Corydalis vittae Kolak.            |
| Betonica abchasica (Bornm.) Chinth.         | Corylus colchica Albov              |
| Bupleurum abchasicum Mand.                  | Crocus autranii Albov               |
| B. rischavii Albov                          | *Cryptothaenia flahaultii (Woronow) |
| Callothlaspi abchasicum F. K. Meyer         | Koso.-Pol.                          |
| *Campanula bzybica Jabr.-Kolak.             | Cyclamen abchasicum (Medw.) Kolak.  |
| C. calcarea (Albov) Charadze                | Daphne woronowii Kolak.             |
| *C. dzychrica Kolak.                        | Delphinium pyramidatum Albov        |
| *C. hieracioides Kolak.                     | *Dianthus abchasicus Gvinian.       |
| *C. jadvigae Kolak.                         | Dioscorea caucasica Lipsky          |

(<sup>1</sup> Звездочкой отмечены узококальные эндеми.)

- Euphorbia eugeniae* Prokh.  
 \**E. panjutinii* Grossh.  
*Galanthus valentinae* Panjut.  
 \**Genista abchasica* Sachok.  
 \**G. kolakovskiyi* Sachok.  
 \**Gentiana bzybica* (Doluch.) Kolak.  
*G. kolakovskiyi* Doluch.  
*G. paradoxa* Albov  
 \**G. rhodocalyx* Kolak.  
 \**G. vittae* Kolak.  
*Heracleum aconitifolium* Woronow  
*H. calcareum* Albov  
 \**H. mandenovii* Sadz.  
*Jurinea pumila* Albov  
*J. venusta* Iljin  
*Kemulariella abchasica* (Kem-Nath.)  
 Tamamsch.  
*K. tugana* (Albov) Tamamsch.  
*Minuartia abchasica* Schischk.  
*M. rhodocalyx* (Albov) Woronow  
*M. subuniflora* (Albov) Woronow  
 \**Omphalodes kusnetsovii* Kolak.  
 \**Onobrychis grossheimii* Kolak.  
 \**Paederotella teberdensis* Kem.-Nath.  
*Pimpinella idae* Takht.  
*Potentilla camillae* Kolak.  
*Psephelus abchasicus* (Albov) Sosn.  
*P. barbeyi* (Albov) Sosn.  
 \**P. kolakovskiyi* Sosn.  
*Pyrethrum marionii* Albov  
 \**Ranunculus acchasicus* Freyn  
 \**R. grossheimii* Kolak.  
*R. helenae* Albov  
*Satureja bzybica* Woronow  
*Saxifraga abchasica* Oett.  
 \**Scutellaria helenae* Albov  
*Sedum abchasicum* Kolak.  
*Senecio correvonianus* Albov  
*S. similiflorus* Kolak.  
*Silene alexeji* Kolak.  
*S. panjutinii* Kolak.  
*Symphyandra antiqua* Kolak.  
*Woronowia speciosa* (Albov) Juz.  
 \**Ziziphora woronowii* Maleev

Количество видов	Основные экотопы				
	Всего	% без общих видов	известия- ковых	неизвест- няковых	общих
Альпийские: скаль- ные, щебнистые, осы- пные	43	45	36	1	6
Скально-лесные	36	40	35	—	1
Альпийские луговые	10	10	4	—	6
Высокотравные	5	4	—	1	4
Лесные	1	1	1	—	—
Всего	83 (кроме того, 12 общих)		76	2	17

Из списка и таблицы видно, что значительное число видов являются узлокальными и почти все эндемики свойственны литофильным стадиям. Кроме того, в составе эндемичной флоры Абхазии отмечены представители монотипных и олиготипных родов, которые имеют широко разорванные ареалы в пределах Колхиды и Кавказа (*Albovidoxa*, *Chymysdia*, *Kemulariella*, *Paederotella*, *Woronowia*), восточной части Европейско-Кавказской подобласти (*Callothlaspi*), всей Средиземногорной области и даже за ее пределами (*Cryptothaenia*). Эти факты, несомненно, говорят о древности и автохтонности развития северо-колхидской и, в частности, абхазской флоры.

Таким образом, оригинальность абхазской эндемичной флоры очевидна и она представляет собой уникальный флористический комплекс как в пределах Колхиды, так и всего Кавказа.



Целый ряд абхазских эндемиков являются ценными для народного хозяйства растениями, частично применяемыми в практике (*Dioscorea caucasica*). Этот древний по происхождению и единственный в СССР генофонд должен подлежать строгой охране.

Академия наук Грузинской ССР  
 Сухумский ботанический сад

(Поступило 3.3.1978)

ბოტანიკა

ზ. აძინბა

აფხაზეთის ენდემური ფლორის მოკლე ანალიზი

რეზიუმე

დასავლეთ აფხაზეთის კირქვიანებისათვის აღინიშნება 80-ზე მეტი ენდემური სახეობა, რომლის ნახევარი ვიწრო გავრცელებიან. თითქმის ყველა აფხაზეთი ენდემი შერწყმულია კირქვიან ლიტოფილებთან. ზოგიერთი ოლიგოტიპური და მონოტიპური სახეობების წარმომადგენელი მოწმობს აფხაზეთისა და კავკასიისათვის ენდემების ავტონომურ უძველეს წარმოშობას. მათი გენოფონდი საჭიროებს მკაცრ დაცვას.

BOTANY

Z. I. ADZINBA

## A SHORT ANALYSIS OF ABKHAZIAN ENDEMIC FLORA

Summary

For limestone soils of western Abkhazia more than 80 endemic species have been recorded, half of them being of limited distribution. Almost all endemic species of Abkhazia are typical of lithophilous stations.

The presence of some oligotype and monotype species, endemic for the Caucasus and Abkhazia proves that endemic flora of Abkhazia is autochthonous and ancient, necessitating their strict protection.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. М. Альбов. Землеведение, № 1, 1896.
2. А. А. Колаковский. Труды Сухум. бот. сада, вып. XI, 1958.
3. А. А. Колаковский. Растительный мир Колхиды. М., 1961.

რ. შვახაძე

## მდ. მულხურას ხეობის ფიჭვნარების დინამიკა

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. კეცხოველმა 1.3.1978)

ფიჭვნარი (*Pinus sosnovskiyi Nakai*) მდ. ენგურის აუზის აღმოსავლეთ ნაწილში მთის ტყეების ერთ-ერთი მთავარი ფორმაციაა. მის წილად მოდის მთელი ტყის ფართობის 18% [1]. ფიჭვნარი ტყეების უმთავრესი მასივები თავმოყრილია ენგურის ხეობის ზემო წელზე (იფარის სატყეო), მნიშვნელოვანი რაოდენობით ფიჭვნარები შემორჩენილია მდ. მულხურას ხეობაშიც.

მდ. მულხურას ხეობა ენგურის მარჯვენა მხარეს მდებარეობს. ხეობის სიგრძე სოფ. ებეშიდან (მულახის საზოგადოების უმაღლესი სოფელი, რომელთანაც თავს იყრის მულხურას მდგენელები, 1650 მ ზ. დ.) შესართავამდე (შეერთვის მდ. ენგურს ლატალის საზოგადოების ტერიტორიაზე, 1200 მ ზ. დ.) 26 კმ უდრის [2]. ხეობა საკმაოდ განიერია; მისი მორფოლოგია შექმნილია ძველი ყინვართ, რომელიც მეოთხეული პერიოდის ბოლოს ჩამოდიოდა 1460 მ სიმაღლემდე [2]. ხეობის ჰავა ენგურის აუზის დასავლური ნაწილის (აგრეთვე კოლხეთის სხვა რეგიონების) ჰავასთან შედარებით მნიშვნელოვნად მშრალი და კონტინენტურია (მაგ., მესტიაში ნალექების წლიური რაოდენობაა 918 მმ, ავგისტოს და იანვრის საშუალო ტემპერატურაა შესაბამისად 16,8° და -7,6°, ტემპერატურის წლიური ამპლიტუდა 24,4° [3]).

ფიჭვის პოზიციების სიმძლავრე მულხურას ხეობაში ჰავის აღნიშნულმა თავისებურებამ, აგრეთვე ხელსაყრელმა ოროგრაფიამ (სამხრეთის ექსპოზიციის დიდი დაქანების ფერდობების სიჭარბე) განაპირობებს. ეკოტოპის ხასიათთან დაკავშირებით უნდა ვიფიქროთ, რომ ყინვარისაგან განთავისუფლების დროიდან დაწყებული, როცა ერთ-ერთ პიონერ ხეს ფიჭვი წარმოადგენდა [4], ხეობის მარჯვენა მხარის კალთებზე ფიჭვნარს ტყის მცენარეულობაში დომინირებული მდგომარეობა ჰქონდა მთელი ჰოლოცენის მანძილზე.

ფიჭვნარი ტყეების პოზიციების შესუსტება მულხურას ხეობაში ადამიანთან, მის სამეურნეო საქმიანობასთანა დაკავშირებული. აღნიშნული ხეობა ენგურის აუზში ერთ-ერთი ყველაზე ძველი და მჭიდრო დასახლებით გამოირჩევა (მულახის, მესტიის, ლენჯერის საზოგადოებათა სოფლები). ადგილობრივი მოსახლეობის მთავარ საქმიანობას ოდითგანვე მიწათმოქმედება და მესაქონლეობა წარმოადგენდა, ე. ი. მეურნეობის ის დარგები, რომელთა განვითარება ყველგან და განსაკუთრებით მთიან ქვეყანაში პირდაპირ თუ არაპირდაპირ ტყესთანა დაკავშირებული (ტყის ამოძირკვა და გადაწვა სახნავი მიწის ახალი ნაკეთების მისაღებად, სათიბებისა და საძოვრების გასაფართოებლად). უკანასკნელ საუკუნეებში მულხურას ხეობის ფიჭვნარების დეგრადაცია — უკანდახვევის პროცესის გაძლიერება (ტყეების მეტისმეტი გამეჩხერება, ბუნებრივი განახლების გაუარესება, ცვლა სხვა ფორმაციის ტყეე-

ბით და უტყეო მცენარეულობით) ტყეების უსისტემო ჰრასთანა დაკავშირებული. ამჟამად ხეობაში ფიჭვნარები შემორჩენილია საკმაოდ ვიწრო წყვეტილი ზოლის სახით უპირატესად ზ. დ. 1800—2100 მ ფარგლებში. ფიჭვნარის ზონის დანარჩენი ვრცელი ტერიტორია, — პოტენციურად ფიჭვნარის ადგილსამყოფელი (ქვემოთ — ხეობის ფსკერამდე, ზ. დ. 1600—1400 მ-მდე; ზემოთ — ტყის თანამედროვე საზღვარს ზევით, ზ. დ. 2450—2500 მ-მდე) უჭირავთ ზაფხულმწვანე ტყეების ნაშთებს (ქართული და მალაღმთის გიშის მუხნარები), ტყისშემდგომ ბუჩქნარებს (ღვიანი, თხილანი, იელიანი, კოწახურიანი, ნაირბუჩქნარი), მარცვლოვან და მარცვლოვან-ნაირბალახოვან მდელოებს და კლდე-ნაშალიანის ქსეროფიტულ კომპლექსებს.

ფიჭვნარი ტყეებისა და პოტენციურად ფიჭვნარის ადგილსამყოფელებში განვითარებული მცენარეული დაჯგუფებების შედარებით შესწავლის საფუძველზე შესაძლებლობა გვეძლევა დავიდგინოთ ხეობის ფიჭვნარი ტყეების უახლოესი წარსულისა და თანამედროვე სუქცესიის ძირითადი მიმართულებანი. ქვემოთ მოტანილია მათი მოკლე დახასიათება და ფიჭვნარების დაცვა-აღდგენის პრაქტიკული რეკომენდაციები (ფიჭვნარის ცვლის ტიპები პირობით იმ მცენარეულობის სახელით აღვნიშნეთ, რომელიც ყალიბდება ტყის უტყეო მცენარეულობით ცვლის დასასრულს).

**1. ფიჭვნარის ცვლის ღვიანი ტიპი.** ეს ტიპი ამჟამად ხეობაში იშვიათადაა გამოსახული, რამდენადაც ფიჭვნარ-ღვიანი (*Pinetum juniperosum*) ასოციაციის დაჯგუფებანი ბევრი აღარაა შემორჩენილი. ფიჭვნარის ამ ძირეულ ასოციაციას წარსულში ხეობაში საკმაოდ ფართო გავრცელება უნდა ჰქონოდა. აღნიშნულ ასოციაციასთან გენეზისურად (სუქცესიურად) დაკავშირებულია ღვიათა (*Juniperus oblonga* M. B., *J. depressa* Stev., *J. sabina* L.) ბუჩქნარები, რომლებიც ფრაგმენტებისა და მომცრო ნაკვეთების სახით მრავლად გვხვდება სამხრეთის ექსპოზიციის დიდი დაქანების მშრალ, თხელნიადგიან, კლდოვან ფერდობებზე და თხემებზე. ფიჭვნარ-ღვიანში ფიჭვი საერთოდ კარგი ბუნებრივი განახლებით ხასიათდება; ხეობაში შემორჩენილ ამ ასოციაციის რიგ ნაკვეთებში (მულახის მიდამოები) ფიჭვის მოზარდი 1 ჰა-ზე 200—300 ძირს აღწევს. ფიჭვის უკანდახევა (დეკუმბაცია) უკანასკნელ საუკუნეებში განაპირობა უსისტემო ჩეხვამ და ტყის საძოვრად გამოყენებამ (რაც დღესაც გრძელდება). თუ აღნიშნული ზემოქმედება შეწყდება, დემუტაციის პროცესი (საპირისპირო ცვლა: ტყის აღდგენა) საკმაოდ ინტენსიურად განხორციელდება ბუნებრივადაც, განახლების ხელშემწყობი სპეციალური ღონისძიებების გატარების გარეშე.

**2. ფიჭვნარის ცვლის იელიანი ტიპი.** ცვლის ეს ტიპი ხეობაში შედარებით ფართოდაა გამოსახული. იგი წარმოდგენილია მცენარეულობის გენეზისური (სუქცესიური) რიგებით: ა) ფიჭვნარ-იელიანი—იელიანი; ბ) ფიჭვნარ-იელიანი—არყნარ-იელიანი—იელიანი. პირველი რიგის სუქცესია მიმდინარეობს სამხრეთის ექსპოზიციის ფერდობებზე, სადაც ფიჭვნარ-იელიანი (*Pinetum azaleosum*) ასოციაციის ფიჭვნარები, ძირითადად მომცრო კორომების სახით, საკმაოდ ფართოდაა გავრცელებული. სუქცესიის მეორე რიგი შედარებით მეზოფილურ ადგილსამყოფელებშია გამოსახული, დასავლეთისა და აღმოსავლეთის ექსპოზიციის ფერდობებზე. ხეობის ფიჭვნარ-იელიან დაჯგუფებებში ფიჭვი ძალზე სუსტად (მოზარდი 1 ჰა-ზე 100 ძირზე ნაკლებია), ან პრაქტიკულად თითქმის აღარ განახლდება. ეს მდგომარეობა პირველ ყოვლისა იელის



(*Rhododendron luteum* Sweet.) ქვეტყის ძლიერი განვითარების შედეგია (ესისტემო ჰრებით ხევნარის მეტისმეტ გამეჩხერებასთან დაკავშირებით). საპირისპირო ცვლა (დემუტაციის პროცესი) ბუნებრივად პრაქტიკულად გამორიცხულია. ამისათვის საჭიროა ფიჭვის განახლების ხელშემწყობი ღონისძიებების გატარება, როგორცაა იელის ბუჩქნარის (გამეჩხერებულ ფიჭვნარ კორომებში — ქვეტყის) ზოლებად ამოძირკვა, ნიადაგის გაფხვიერება და ფიჭვის ხელოვნური მოთესვა.

3. **ფიჭვნარის ცვლის თხილიანი ტიპი.** ეს ტიპი წარმოდგენილია მცენარეულობის გენეზისური (სუქცესიური) რიგებით: ა) ფიჭვნარ-თხილიანი → თხილიანი; ბ) მუხნარ-ფიჭვნარ-თხილიანი → მუხნარ-თხილიანი → თხილიანი. ხეობაში ფართოდაა გავრცელებული აღნიშნული სუქცესიების ცალკეული ფაზების მცენარეულობა, დაწყებული სუსტადგანახლებადი ფიჭვნარ-თხილიანით (*Pinetum corylosum*) და დამთავრებული თხილის (*Corylus avellana* L.) ბუჩქნარებითა და ნაირბუჩქნარებით თხილის მონაწილეობით. ტყისშემდგომ თხილიანებში დემუტაციის პროცესი ბუნებრივად, ადამიანის ჩარევის გარეშე შეუძლებელია. ამისათვის საჭიროა თხილის ბუჩქნარის ზოლებად ამოძირკვა ან გაჩეხვა (მეორე შემთხვევაში ძირკვები სათანადო არბორიციდებით უნდა დამუშავდეს) და ამ ზოლებზე ფიჭვის კულტურების გაშენება. სუქცესიის შუალედ ფაზებში (0,2—0,4 სიხშირის ფიჭვნარები მძლავრადგანვითარებული თხილის ქვეტყით) ფიჭვნარის შემდგომი დეგრადირების პროცესის შესაწყვეტად და აღდგენისათვის საჭიროა ქვეტყის ხელოვნური შესუსტება (ზოლებად გაჩეხვა, ძირკვების არბორიციდებით დამუშავება), ნიადაგის სათანადოდ გაფხვიერება და ფიჭვის მოთესვა.

4. **ფიჭვნარის ცვლის მდელის ტიპი.** ეს ტიპი წარმოდგენილია მცენარეულობის რამდენიმე გენეზისური (სუქცესიური) რიგით, რომელთა შორის უმთავრესია: ა) ფიჭვნარი მარცვლოვან-ნაირბალახიანი — მარცვლოვან-ნაირბალახიანი მდელი; ბ) ფიჭვნარ-თივაქასრიანი — მარცვლოვანი მდელი. პირველი რიგის სუქცესია ხეობაში გამოსახულია რბილი რელიეფის პირობებში (ფერდობები 20—25<sup>0</sup>-მდე დაქანებით), უბირატესად ტყის ზემო საზღვარზე. მარცვლოვან-ნაირბალახოვან ფიჭვნარებზე (*Pinetum graminoso-mixtoherbosum*) ადამიანის ზემოქმედება მეტად ძლიერია (ესისტემო ჰრა, საქონლის ძოვება). ამის შედეგია, რომ ტყის განახლება პრაქტიკულად შეწყვეტილია, თუმცა თხილის აღმოცენების პირობები ფიჭვისათვის ძირითადად ხელსაყრელია. აღნიშნული რიგის სუქცესიასთან უშუალოდ დაკავშირებულია ტყის ზემო საზღვრის თანდათანობითი დაწევა (ლაგვზალიერი, ფუშყვერის სათავეები და სხვ.), რაც ინტენსიურად წარიმართა უკანასკნელ საუკუნეებში და გრძელდება დღესაც. სუქცესიის მეორე რიგი ძირითადად გამოსახულია სამხრეთის ექსპოზიციის დიდი დაქანების (30<sup>0</sup>-ზე მეტი) მშრალ, თხელნიადაგიან ფერდობებზე. თავისი არსით ეს სუქცესიაც ანთროპოგენურია. რელიეფის თავისებურებასთან (დიდი დაქანება) და მოუწესრიგებელ ძოვებასთან დაკავშირებით, ფიჭვნარ-თივაქასრიანის (*Pinetum poosum*) ანთროპოგენური დიგრესია უმეტეს შემთხვევაში მარცვლოვანი მდელის სტადიაზე ხანგრძლივად არ ჩერდება: კორდი იშლება, ნიადაგი ირეცხება, თანდათანობით ფორმირდება მეჩხერი ქსეროფიტული კომპლექსები.

ტყისშემდგომი მდელი, ჩამოყალიბებული აღნიშნული სუქცესიების პროცესში, დღეს მეცხოველეობის ერთ-ერთ ძირითად საკვებ ბაზას წარმო-



ადგენს (სათიბ-საძოვრები სამხრეთის ექსპოზიციის ფერდობებზე, ზ. დ. 2400—2500 მ სიმაღლემდე). რბილი რელიეფის პირობებში (15—20<sup>0</sup>-მდე დაქანების ფერდობები) მიზანშეწონილია ამ მდელოების შენარჩუნება (პროდუქტიულობის მკვეთრი ამაღლებისათვის საჭიროა მათი ზედაპირული და ძირეული გაუმჯობესება). უფრო მაღალი დაქანების ფერდობებზე კი, სადაც გააქტიურებულია ეროზიული პროცესები, საჭიროა ფიჭვნარის დაცეითი ზომების შექმნა (ტყის კულტურების გაშენება) თბილისის სატყეო ინსტიტუტში დამუშავებული მეთოდით [6]).

5. **ფიჭვნარის ცვლის მკვლარსაფრიანი ტიპი.** გამოსახულია დიდი დაქანების კლდოვან ფერდობებზე. ფიჭვნარს (მშრალი, ტიპიურ ცოცხალ საფარს მოკლებული, *Pinetum nudum*) ანთროპოგენურ დიგრესიას თან ასლავს ნიადაგური საფარის სრული დაშლა-ჩამორეცხვა, დედაქანების გაშიშვლება. არახელსაყრელი ეკოტოპის გამო (ძლიერი სიმშრალე) ფიჭვნარის აღდგენა ამ ადგილებში (მათ შორის ხელოვნური გზით) პრაქტიკულად შეუძლებელია.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
ბოტანიკის ინსტიტუტი

(შემოვიდა 10.3.1978)

БОТАНИКА

Р. К. КВАЧАКИДЗЕ

## ДИНАМИКА СОСНЯКОВ УЩЕЛЬЯ р. МУЛХУРА

Резюме

На основании изучения сосновых лесов и производных от них растительных сообществ установлены основные направления смен сосняков в ущелье р. Мулхура (бассейн р. Ингури). Даны практические рекомендации по предотвращению дальнейшей антропогенной депрессии лесов и восстановлению сосняков на ныне безлесных склонах.

BOTANY

R. K. KVACHAKIDZE

## DYNAMICS OF THE PINERIES OF THE MULKHURA RIVER RAVINE

Summary

The main trends of the change of the Mulkhura river (the Enguri basin) ravine pineries have been determined on the ground of a study of pineries and their derivative vegetation associations. Practical recommendations are made for the prevention of a further digression of forests and for the restoration of pineries on the now woodless slopes.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. მესტიის სატყეო მეურნეობის ორგანიზაციისა და ტყის მეურნეობის განვითარების პროექტი, 1975.
2. ლ. შარუაშვილი. საქართველოს ფიზიკური გეოგრაფია. თბილისი, 1964.
3. მ. კორძაია. საქართველოს ჰავა. თბილისი, 1961.
4. В. З. Гулисашвили. Генезис сосновых и березовых лесов Кавказа. Академику В. И. Сукачеву к 75-летию со дня рождения. М.—Л., 1956.
5. გ. ხარაიშვილი. ტყე და ეროზია. გაზეთი „კომუნისტი“, 19 აგვისტო, 1970.

Г. С. КИКАВА

## ПИХТАРНИКИ С ПОДЛЕСКОМ КАВКАЗСКОГО РОДОДЕНДРОНА

(Представлено академиком Н. Н. Кецохели 20.3.1978)

В 1976—1977 гг. из верхней Сванетии нами были описаны пихтарники с участием кавказского рододендрона (*Rhododendron caucasicum* Pall.): *Abietum-caucasicum rhododendrosium*, *Abietum-caucasicum rhododendroso-arectostaphylosium*, *Abietum-caucasicum rhododendroso-myrtillosum*.

До настоящего времени в литературе не были известны группировки лихтовых лесов с участием кавказского рододендрона, если не считать некоторые данные, касающиеся взаимоотношения кавказского рододендрона и хвойных лесов. Например, Е. Н. Синская [1] указывает, что кавказский рододендрон под полог пихты не проникает, за исключением немногочисленных группировок, состоящих из низкорослого бука и корявой пихты, так как условия жизни в пихтарниках, вероятно, для него неблагоприятны.

А. Г. Долуханов [2] отмечает, что кавказский рододендрон не только в пихтарниках, но даже в буковых криволесьях не образует типичных группировок. Поведение кавказского рододендрона в буковых лесах иное, чем в березняках, где он получает достаточно света и действительно намечается выраженный ряд инкубационных группировок. Но это, по мнению автора, не мешает признать *Subalpino-Fagetum rhododendronsum* ассоциацией.

Из других источников [3] известно, что нижняя граница распространения рододендронного березняка на высоте 1600 м н. у. м. не является для кавказского рододендрона климатическим пределом, так что этот кустарник спорадически распространяется ниже, в зоне темнохвойных лесов. Но ниже 1600 м н. у. м., по нашим наблюдениям, он никаких группировок не образует, а его «блуждающие» индивиды можно встретить и на высоте 1400—1500 м н. у. м.

С. Я. Соколов [4] для Абхазии выделяет типы леса — пихтарников, букняков, березняков и даже дубняков с подлеском из кавказского рододендрона. Однако автор отмечает только факт существования этих типов леса и не дает экологической, фитоценологической и типологической характеристики, что особенно важно при описании редких и тем более новых типов леса.

По В. А. Ссорину [5], в Верхней Сванетии темнохвойные леса распространены преимущественно на влажных склонах на высоте от 900—1000 до 1900—2000 м н. у. м. Иногда верхняя граница доходит до „მთაბჯი“, 90, № 2, 1978

до 2100—2200 м н. у. м. На высоте 1900—2200 м н. у. м. рододендроновые березняки и букняки находят оптимальные условия распространения. Известно, что близкостоящий к кавказскому рододендрону *Rh. ponticum* и другие виды рода из Северной Америки и Сибири образуют типичный подлесок в хвойных лесах.

Таким образом, у верхнего предела распространения пихтарников, где проходит нижняя граница рододендронников, ценотический контакт этих двух формаций и образование более или менее типичных и стабильных группировок в ранге ассоциаций не вызывают сомнения.

Темнохвойно-пихтовые и елово-пихтовые леса Западного Закавказья представляют собой древний верхнетретичный тип растительности [6]. Кавказский рододендрон — типичный реликт третичного периода. Если считать, что *Rhododendron caucasicum* автохтонного происхождения, родоначальной формой которого является понтийский рододендрон или близкостоящая к нему переходная форма, можно предполагать, что формирование нового вида (кавказского рододендрона) началось именно в темнохвойных лесах.

Согласно данным ряда авторов [1], консоциации понтийского рододендрона и лавровишни исторически сформировались под пологом бука и потом перешли в пихтовые и еловые леса. Некоторые кустарники (*Vaccinium myrtillus* и др.) в настоящее время проявляют тенденцию проникновения под полог пихты [1]. Подобно этим кустарникам, возможно, и кавказский рододендрон, как весьма агрессивный эдификатор, начинает внедряться в хвойные формации. Не является ли существование рододендрово-черничникового пихтарника логичным результатом этого процесса?

По флористическому составу *Abieta-rhododendrosa* — весьма своеобразное сообщество, так как основное ядро флороценотического комплекса состоит из кавказско-колхидских и голарктических элементов: *Rhododendron caucasicum*, *Vaccinium arctostaphylos*, *Abies nordmanniana*, *Vaccinium myrtillus*, *Picea orientalis*, *Paris incompleta*, *Polygonatum glaberrimum*, *Poa iberica*, *Lycopodium selago*, *Goodiera repens*, *Listera cordata*, *Circaea lutetiana*, *Oxalis acetosella*, *Ramischia secunda*, *Vaccinium vitis idaea* и др.

Южный склон Главного Кавказского хребта представляет собой «центр происхождения» и «центр распространения» кавказского рододендрона [1]. Мы считаем, что Верхняя Сванетия является и «микроцентром типологического разнообразия» рододендронников, так как здесь, кроме редких и с фитоценологической точки зрения интересных ассоциаций, представлены почти все группировки этой формации, которые встречаются во всем ареале его распространения.

Типичные ассоциации *Abieta rhododendrosa* описаны в бассейне р. Мулхура, в окрестностях с. Мужали, на высоте 1900—2100 м н. у. м. и в бассейне р. Долра (с. Бечо), на высоте 1950 м н. у. м. на основе 15 геоботанических описаний.

Ассоциация *Abietum rhododendrosom*. Высота н. у. м. 2050 м. Экспозиция склона NW. Крутизна 20—25°. Общее покрытие растительности 0,8—0,9. Полнота древесного яруса 0,4—0,5 (иногда 0,6). Покрытие рододендрона 0,7—0,8. При увеличении полноты древесного яруса обилие кавказского рододендрона уменьшается. При полноте древесного яруса 0,7—0,8 покрытие рододендрона падает до 0,4—0,5.

Ассоциация *Abietum rhododendroso-myrtillosum*. Высота н. у. м. 2150 м. Экспозиция склона N. Крутизна 25°. Общее покрытие растительности 0,7—0,8. Полнота древесного яруса 0,5—0,6. Покрытие кустарниковой синузии 0,6—0,7.

Ассоциация *Abietum rhododendroso-arctostaphylosom*. Высота н. у. м. 1900 м. Экспозиция склона NW. Крутизна 15—20°. Общее покрытие растительности 0,7—0,8. Полнота древесного яруса 0,4—0,5. Покрытие кустарников 0,5—0,6. В кустарниковом ярусе встречается *Vaccinium myrtillus*.

Флористический состав вышеуказанных ассоциаций выглядит так: *Abies nordmanniana* Sp3-Cop1; *Pinus sosnovskyi* -Un-Sol; *Populus tremula*-Sol, *Picea orientalis* -Sol-Sp., *Betula litwinowii* -Sol., *Sorbus caucasigena*-Sol., *Rhododendron caucasicum* Cop<sub>1</sub>-Cop<sub>3</sub>, *Vaccinium myrtillus*-Sp<sub>3</sub>-Cop<sub>1</sub>, *V. arctostaphylos* -Sp<sub>2</sub>-Sp<sub>3</sub>, *Vaccinium vitis idaea* -Sol-Sp<sub>1</sub>, *Daphne mezereum*-Sol, *Lonicera caucasica* -Sol.

Травяной покров образуют мезофильные, теневыносливые виды, характерные для хвойных лесов и рододендронников: *Asperula odorata*, *Oxalis acetosella*, *Prenanthes purpurea*, *Pirola media*, *Ramischia secunda*, *Goodiera repens*, *Viola odorata*, *Calamagrostis arundinacea*, *Festuca gigantea*, *Carex divulsa*, *Geranium robertianum*, *Solydago virga aurea*, *Brunella vulgaris*, *Linnaea borealis*, *Circaea lutetiana*, *Sanicula europea*, *Mycelis muralis*, *Paris incomplecta*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Lycopodium selago*, *Dryopteris filix mas*, *D. oreades*, *Poa iberica*, *Polygonatum glaberrimum*, *Impatiens noli tangere*, *Lisimachia verticillata*, *Myosotis silvatica*, *Platanthera chlorantha*, *Galium cruciatum*, *Campanula lactiflora* и др.

Особенно характерно участие мхов и лишайников: *Pleurozium schreberi*, *Hedwigia ciliata*, *Hylocomium splendens*, *Rhytidia-delphus. triquetrus*, *Eurinchium striatum*, *Dicranum scoparium*, *Ewernia furfuracea*, *Hypogymnia physodes*, *H. tubulosa*, *Usnaea* sp., *Evernia divaricata*, *Peltigera aptosa*, *Alectoria implexa*, *Parmelia sulcata*, *Cetraria pinastri*.

Встречаются и некоторые виды шляпочных грибов: *Lactarius mitisimus*, *Russula* sp., *Lecinum aurantiacum*, *Muscena* sp. и др.

Таким образом, пихтовые леса с кавказским рододендроном представляют большой интерес как оригинальные сообщества с фитоценологической и генетической точки зрения и изучение их в дальнейшем имеет огромное значение для выяснения некоторых спорных вопросов происхождения высокогорной флоры и растительности.



ბ. ძიკავა

## სოჭნარები ღებას ქვეტყით

რეზიუმე

აღწერილია სოჭნარის სამი ახალი ასოციაცია ზემო სვანეთიდან: სოჭნარ-დეკიანი, სოჭნარ-დეკიან-სელშევიანი და სოჭნარ-დეკიან-კავკასიურმოცვიანი.

მოცემულია აღნიშნულ დაჯგუფებათა გეობოტანიკური ანალიზი და განხილულია მათი როლი ფიტოცენოლოგიური და გენეზისური თვალსაზრისით როგორც იშვიათი, მაგრამ მეტად საინტერესო ასოციაციებისა.

BOTANY

G. S. KIKAVA

## FIR GROVES WITH CAUCASIAN RHODODENDRON UNDERGROWTH

Summary

The paper describes new associations of fir groves of Upper Svaneti (southern slopes of the Greater Caucasus) with the Caucasian rhododendron (*Rhododendron caucasicum* Pall.) undergrowth:

1. *Abietum-caucasicum rhododendrosum* (*Abies nordmanniana*)
2. *Abietum-caucasicum rhododendroso-myrtillosum* (*Vaccinium myrtillus*)
3. *Abietum-caucasicum rhododendroso-arctostaphylosum* (*Vaccinium arctostaphylos*).

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Е. Н. Синская. Бот. ж. СССР, т. 18, № 5, 1933.
2. А. Г. Долуханов. Труды Тбилисского бот. ин-та, т. 5, 1938.
3. А. И. Лесков. Бот. ж. СССР, т. 17, № 2, 1932.
4. С. Я. Соколов. Абхазия. Геоботанический и лесоводственный очерк. М.—Л., 1936.
5. В. А. Ссорин. Бот. ж. СССР, т. 36, № 5, 1951.
6. В. П. Малеев. Материалы по истории флоры и растительности СССР, I. М.—Л., 1941.

## ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Р. С. РИЖИНАШВИЛИ, Г. А. МАРСАГИШВИЛИ, В. М. МОСИДЗЕ,  
К. Ш. НАДАРЕИШВИЛИ

### СТИМУЛИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ НА ИМПРИНТИНГ У ЦЫПЛЯТ, ОБЛУЧЕННЫХ В ЭМБРИОГЕНЕЗЕ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. Н. Ониани 29.3.1978)

К настоящему времени накопилось большое количество фактов о стимулирующем действии ионизирующего излучения на биологические объекты [1]. Много работ посвящено и нейрорадиобиологическим аспектам при облучении эмбрионов на разных стадиях развития после оплодотворения [2—4]. Достоверно установлено, что облучение эмбрионов животных вызывает нарушения развития головного мозга, которые проявляются в постнатальном периоде в виде различных расстройств высшей нервной деятельности [5—8]. Степень функциональных нарушений зависит от срока нанесения лучевой травмы, дозы и характера облучения.

Показано также, что у антенатально облученных животных (крысы, кролики, собаки) в плодный период происходит более раннее созревание и ускоренное развитие зрительного анализатора [6, 9]. Наряду с этим, у облученных животных отмечается более раннее возникновение ориентировочной реакции и у них, по сравнению с интактными животными, быстрее вырабатываются условные рефлексы [6].

Что же касается вопроса о том, какое влияние оказывает ионизирующая радиация на особую форму памяти — запечатывание (импринтинг), наблюдаемую у цыплят на раннем этапе онтогенеза, то этот вопрос не изучен. Имеются лишь сведения о том, что птицы (куры, голубы), по сравнению с млекопитающими, в 2—5 раз менее радиочувствительны.

Поэтому мы задались целью изучить влияние разных доз ионизирующего излучения на импринтинг у цыплят, облученных на разных этапах эмбрионального развития.

В настоящей работе представлен экспериментальный материал, касающийся облучения эмбрионов лишь на 20-й день инкубации.

Куриные яйца сбора одного дня и приблизительно одного веса разделялись методом случайных выборок на две группы. Всего в контрольной группе было 95 яиц, а в подопытной — 53. Подопытная группа яиц облучалась суммарной дозой 300 Р.

Инкубация контрольных и подопытных яиц проводилась в термостате при температуре 37—38°C. На 20-й день инкубации обе выборки яиц переносились в лучевой блок и одна из них подвергалась рентгеновскому облучению на спаренной установке РУТ-11 при следующих условиях: напряжение — 200 кВ, сила тока — 15 мА, фильтр — 0,5 мм Си, фокусное расстояние — 20 см, мощность дозы — 49,7 Р/мин. Контрольная группа яиц находилась в тех же условиях, но не подвергалась облучению. За несколько часов перед вылуплением

яйца закладывались в отдельные картонные коробки с той целью, чтобы после вылупления у цыплят не происходило взаимного запечатлевания.

Импринтирование цыплят породы белый леггорн производилось в сенситивном периоде (14—17-й час после вылупления) в аппарате Гесса [10].

Импринт-объектом служил красный шар диаметром 18 см, который вращался по манежу аппарата радиусом 60 см. В качестве тест-объекта применялась синяя четырехугольная коробка. Показателем степени импринтирования служила реакция следования, которая оценивалась по «закону усилия» Гесса [10, 11]. Количественная обработка и анализ данных проводились методами вариационной статистики.

В результате проведенных исследований установлено, что облучение куриных зародышей дозой 300 Р на 20-й день эмбриогенеза не вызывает у цыплят никаких врожденных уродств.

Следует отметить, что цыплята опытной группы к моменту импринтирования (14—17-й час после вылупления) несколько более прочно держались на ногах, поэтому требовалось исключение ускорения физического развития в результате облучения. Наблюдения показали, что у облученных на 20-й день эмбриогенеза цыплят локомоторный аппарат выглядит несколько более развитым, чем в контроле. Однако эти незначительные различия в развитии локомоторного аппарата облученных и необлученных цыплят одного возраста никак не могли быть причиной того разительного быстрого возникновения реакции следования за импринт-объектом, которая в наших опытах служила критерием срока запечатлевания. В этом мы убедились при сравнении сроков запечатлевания облученных цыплят 11—13-часового возраста с контрольными цыплятами 14—17-часового возраста. Несмотря на то что у облученных цыплят 11—13-часового возраста локомоторный аппарат заметно отставал в развитии от локомоторного аппарата 14—17-часовых цыплят, все же облученные цыплята значительно превосходили в скорости запечатлевания контрольных цыплят. Эти данные указывают на то, что скорость запечатлевания не зависит от степени зрелости локомоторного аппарата. Для проявления реакции следования у контрольных цыплят требовалось от 3 до 25 мин.

Исследования показали, что 14—17-часовые цыплята, облученные на 20-й день эмбриогенеза дозой 300 Р, после показа импринт-объекта быстрее начинали следовать за ним. Сроки запечатлевания облученных цыплят составляли в среднем  $59,87 \pm 7,97$  сек. Максимальный отмеченный нами срок запечатлевания после облучения не превышал 130 сек, а минимальный — 5—6 сек. 99,9% доверительный интервал для данной группы цыплят составлял 33,6—86,2 сек.

Таким образом, при предъявлении движущегося импринт-объекта облученным цыплятам они через 5—130 сек подбегали к нему, вступали в контакт и издавали тоны «довольства» и неотступно следовали за ним. Хорошая реакция следования за красным шаром у облученных цыплят наблюдалась и в последующие дни после импринтирования. Аналогичный анализ результатов определения сроков запечатлевания в контрольной группе цыплят показал, что время в среднем равнялось  $973,02 \pm 44,76$  сек. 99,9% доверительный интервал для контрольной группы составлял 645,68—940,38 сек.

Сравнение приведенных выше данных показало, что после облучения куриных эмбрионов на 20-й день эмбрионального развития у цыплят запечатлевание происходит более чем в 10 раз быстрее.

Итак, согласно исследованиям, облучение куриных эмбрионов на 20-й день инкубации оказывает стимулирующее влияние на запечатлевание у цыплят после вылупления.

Возникает вопрос, почему мозг облученного в эмбриогенезе цыпленка запоминает быстрее? Надо полагать, что в результате рентгеновского облучения куриных эмбрионов, в конце эмбрионального развития, значительно повышается чувствительность мозга, которая и обуславливает более быстрое запечатлевание.

Механизмы, лежащие в основе стимулирующего влияния ионизирующей радиации на запечатлевание, а также действие разных доз облучения будут предметом наших дальнейших исследований.

В заключение надо отметить, что импринтинг является хорошим тестом для раннего выявления нейрорадиоэмбриологического эффекта.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт физиологии  
им. И. С. Бериташвили

(Поступило 31.3.1978)

აღმნიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

რ. რიჟინაშვილი, ბ. მარსაგიშვილი, ვ. მოსიძე, კ. ნადარეიშვილი

მაიონიზირებადი რადიაციის მასტიმულირებადი გავლენა  
იმპრინტინგის დასახელებული ფიზიოლოგიის იმპრინტინგზე

რ ე ზ ი უ მ ე

ნაჩვენებია, რომ მაიონიზირებელი რადიაციით (300 რენტგენი) დასხივება ემბრიონგენეზის მე-20 დღეზე, დაახლოებით, 10-ჯერ აჩქარებს შთაბეჭდვას (იმპრინტინგი) წიწილებში. აგრეთვე დადგენილია, რომ იმპრინტინგი არის კარგი ტესტი აღრეული ნეირორადიოემბრიოლოგიური ეფექტის გამოსავლენად.

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

R. S. RIZHINASHVILI, G. A. MARSAGISHVILI, V. M. MOSIDZE,  
K. Sh. NADAREISHVILI

THE STIMULATING INFLUENCE OF IONIZING RADIATION ON THE  
IMPRINTING OF CHICKEN IN IRRADIATED EMBRYOGENESIS

Summary

The influence of ionizing radiation on early memory-imprinting was studied in chicken irradiated on the 20th day of embryonal development.

Irradiation of the embryo by doses 300 R was found to have a stimulating effect on the rate of imprinting in chicken. Under such conditions the rate of imprinting is 10 times faster than in control subjects.

It is shown that imprinting can serve as a test for early detection of the neuroradioembryological effect.



## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. М. Кузин. Стимулирующее действие ионизирующего излучения на биологические процессы. М., 1977.
2. L. B. Russell. J. Exptl. Zool., 114, № 3, 1950, 545.
3. S. P. Hicks. Proc. Exptl. Biol. Med., 75, № 2, 1950, 485.
4. И. А. Пионтковский, Р. И. Кругликов. ДАН СССР, 130, 4, 1960, 898.
5. А. В. Лебединский, З. Н. Нахильницкая. Влияние ионизирующих излучений на первую систему. М., 1960.
6. И. А. Пионтковский. Функция и структура мозга животного, облученного ионизирующей радиацией в антенатальном периоде. М., 1964.
7. Ю. Г. Григорьев. Лучевые поражения и компенсация нарушенных функций. М., 1963.
8. О. Н. Воеводина. Отдаленные результаты воздействия лучей рентгена на высшую нервную деятельность собак. Л., 1967.
9. М. С. Мыслободский. Сб. «Исследования нейрорадиоэмбриологического эффекта». М., 1966, 175.
10. E. H. Hess. Imprinting, Science, 130, 1959, 133.
11. А. Г. Понугаева. Импринтинг (залечатлевание). Л., 1973.

А. И. ЧИЧУА, Д. Г. МИКЕЛАДЗЕ

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ГАНГЛИОЗИДОВ С ИОНАМИ КАЛЬЦИЯ МЕТОДОМ РАДИОАКТИВНОЙ ИНДИКАЦИИ

(Представлено академиком П. А. Кометиани 27.12.1977)

Ганглиозиды головного мозга представляют собой группу гликолипидов, имеющих в своем составе N-ацетилнейроновую кислоту. Эти соединения в нервной ткани локализованы на поверхности плазматических мембран [1].

В последние годы получены данные, свидетельствующие о рецепторной роли ганглиозидов в отношении биогенных аминов [2]. Большое внимание уделяется также взаимодействию ионов кальция с ганглиозидами [3, 4]. Имеются указания на то, что ганглиозиды в качестве рецептора участвуют в обмене внутриклеточного кальция [5].

В предыдущих наших работах [6] с целью выяснения комплексобразования ганглиозидов с ионами кальция применялся метод кондуктометрии, с помощью которого были установлены стехиометрия процесса и изменение этой величины при действии некоторых нейромедиаторов на кальций-ганглиозидный комплекс.

В настоящей работе для более точной характеристики процесса комплексобразования ганглиозидов с ионами кальция использован метод радиоактивной индикации с  $\text{Ca}^{45}\text{Cl}_2$ . Для доказательства локализации связывания ионов кальция с ганглиозидами применен водорастворимый карбодимид, с помощью которого установлено, что связывание осуществляется — $\text{C}=\text{O}$ -группой силовой кислоты.

Препараты ганглиозидов получали из головного мозга крупного рогатого скота по методу Фольча [7] в модификации Сузукки [8].

Радиоактивность определяли в жидкостносцинтилляционном счетчике.

Очищенный препарат ганглиозида инкубировали с  $\text{Ca}^{45}\text{Cl}_2$  в течение 5 минут при комнатной температуре. Инкубационная смесь содержала 300 мкл ганглиозидного препарата + 10 мкл  $\text{Ca}^{45}\text{Cl}_2$  + 30 мкл  $\text{H}_2\text{O}$  (концентрация в инкубационной среде  $\text{Ca}^{45}\text{Cl}_2$  2,72 мМ, ганглиозида 0,8 пМ).

Инкубационную смесь вносили в колонку G-50, элюцию проводили дистиллированной водой. Собирали пробы по 0,35 мл, в них определяли концентрацию препарата и радиоактивность ионов кальция. Вычисляли стехиометрию процесса комплексобразования между ионами кальция и ганглиозидом, после чего строили соответствующие графики, представленные на рис. 1.

Для выяснения характера действия нейротрансмиттеров на комплексобразование  $\text{Ca}^{2+}$  с ганглиозидом в инкубационную среду добавляли серотонин и ацетилхолин в следующих отношениях: 300  $\mu\text{л}$  ганглиозидного препарата + 10  $\mu\text{л}$   $\text{Ca}^{45}\text{Cl}_2$  + 30  $\mu\text{л}$  серотонина; 300  $\mu\text{л}$  ганглиозидного препарата + 10  $\mu\text{л}$   $\text{Ca}^{45}\text{Cl}_2$  + 30  $\mu\text{л}$  ацетилхолина.

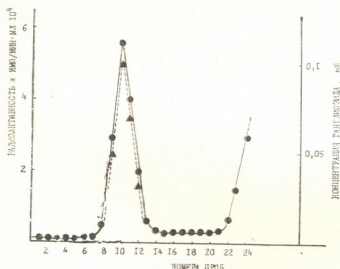


Рис. 1. Хроматографирование ганглиозидного препарата на сефадексе G-50 после его инкубации с  $\text{Ca}^{45}\text{Cl}_2$ : ● — радиоактивность, ▲ — концентрация

Концентрация в инкубационной среде  $\text{Ca}^{45}\text{Cl}_2$  2,72 мМ, серотонина и ацетилхолина 13,6 мМ, ганглиозида 0,8 мМ. Хроматографирование проводили на колонке G-50 в аналогичных условиях. На рис. 2 представлены графики, характеризующие действие серотонина и ацетилхолина на кальций-ганглиозидный комплекс.

Активные карбоксильные группы ганглиозидного препарата блокировали водорастворимым карбодимидом  $\text{C}_8\text{H}_{17}\text{N}_2$ .

К водному 0,5 мМ раствору ганглиозидного препарата (4 мл) добавляли 2 мл 10 мМ раствора карбодимида, смесь отстаивали в течение 30 минут при 25°C. После завершения реакции для удаления избыточного количества карбодимида из реакционной среды проводили гель-фильтрацию ганглиозидного раствора на сефадексе G-50.

Элюат, содержащий основную фракцию — димидную производную ганглиозида, концентрировали на ротационном испарителе до необходимой концентрации препарата и инкубировали с  $\text{Ca}^{45}\text{Cl}_2$ . Инкубацию, хроматографирование и регистрацию радиоактивностей исследуемых проб осуществляли в аналогичных условиях. На рис. 3 для сравнения представлены хроматограмма чистого ганглиозидного препарата после инкубации его с  $\text{Ca}^{45}\text{Cl}_2$  и хроматограмма обработанного димидом ганглиозида после инкубации его с  $\text{Ca}^{45}\text{Cl}_2$ .

Из данных рис. 1 выясняется, что при хроматографировании инкубационной среды на сефадексе G-50 фракция, содержащая радиоактивную метку  $\text{Ca}^{45}$ , элюируется в виде одного пика со свободным объемом колонки (8-13 пробы). Совпадение на хроматограмме пиков радиоактивности и оптической плотности свидетельствует о том, что радиоактивная метка  $\text{Ca}^{45}$  включается в ганглиозидный препарат.

В пробах элюата 9, 10, 11 (рис. 1) определяли концентрацию ганглиозида и кальция. Сравнение молярных соотношений взаимодействующих соединений ганглиозидов и ионов кальция в этих же пробах дает стехиометрию процесса комплексобразования, которая составляет величину  $\text{M:L} = 1:1,6$ , что хорошо согласуется с данными, полученными методом кондуктометрии [6].

Важно отметить, что повторная хроматография проб, содержащих кальций-ганглиозидный комплекс (пробы 9, 10, 11), на той же сефадексовой колонке приводила к полному отщеплению связанного кальция. Этот факт указывает на лабильный характер металл-лигандной связи между ионами кальция и молекулами ганглиозида.

Добавление в инкубационную среду серотонина, а также ацетилхолина вызывало значительное уменьшение величин радиоактивности (рис. 2). При этом менялась стехиометрия процесса комплексобразования, которая составляла величину  $M:L=1:1,9$  в присутствии серотонина и  $M:L=1:2,4$  в присутствии ацетилхолина. Интересно отметить, что действие нейротрансмиттеров на кальций-ганглиозидный комплекс осуществляется только при условии, когда концентрация серотонина и ацетилхолина в инкубационной среде выше концентрации  $Ca^{45}Cl_2$ .

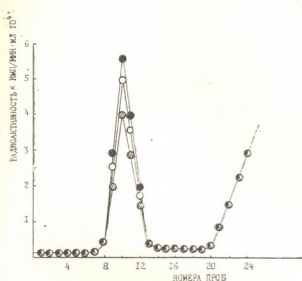


Рис. 2. Хроматографирование ганглиозидного препарата на сефадексе G-50: ● — радиоактивность после инкубации с  $Ca^{45}Cl_2$ , ○ — радиоактивность после инкубации с  $Ca^{45}Cl_2$  и серотонином, ⊠ — радиоактивность после инкубации с  $Ca^{45}Cl_2$  и ацетилхолином

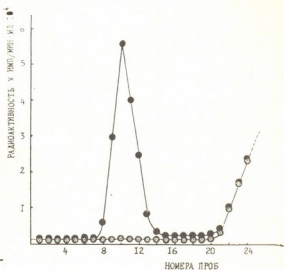


Рис. 3. Хроматографирование ганглиозидного препарата, обработанного карбодимидом на сефадексе G-50: ● — радиоактивность после инкубации чистого ганглиозида с  $Ca^{45}Cl_2$ , ⊠ — радиоактивность ганглиозида, обработанного карбодимидом после инкубации его с  $Ca^{45}Cl_2$

Обработанный водорастворимым карбодимидом ганглиозидный препарат после его инкубации с  $Ca^{45}Cl_2$  при хроматографировании на сефадексовой колонке появляется в свободном объеме без связанного  $Ca^{45}$  (пробы 8-12, рис. 3).

Подобное явление, т. е. отсутствие эффекта связывания  $Ca^{2+}$  с ганглиозидным препаратом после его обработки карбодимидом, объясняется блокированием —  $COO^-$ -активных групп ганглиозида, которые непосредственно участвуют в иммобилизации ионов кальция.

Резюмируя вышесказанное, можно заключить, что стехиометрия процесса комплексобразования между ионами кальция и ганглиозидами составляет величину  $M:L=1:1,6$ ; действие нейротрансмиттеров ацетилхолина и серотонина на кальций-ганглиозидный комплекс вызывает частичное высвобождение связанного кальция, меняя стехиометрию процесса до величины  $M:L=1:1,9$  в случае серотонина и  $M:L=1:2,4$  в случае ацетилхолина. Связывание ионов кальция ганглиозидной



макромолекулой осуществляется —  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \quad \quad \text{O} \end{array}$  — ионногенными группами сиаловых кислот, входящих в состав молекулы этого сложного вещества — лиганда.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт физиологии  
 им. И. С. Бериташвили

(Поступило 27.1.1978)

ბიოქიმია

ბ. ჩიჩუა, დ. მიკელაძე

კალციუმის იონებთან განვლილი რეაქციების კომპლექსფორმირების  
 გამოკვლევა რადიოაქტიური ინდიკატორის მეთოდით

რეზიუმე

განვლილი რეაქციების პრეპარატი მიიღება საქონლის თავის ტვინიდან ფოლჩის მეთოდით. რადიოაქტიური ინდიკატორის მეთოდით დადგენილია კომპლექსფორმირების პროცესის სტექიომეტრია  $\text{Ca}^{2+}$  და განვლილი რეაქციების შორის, რომელიც შეადგენდა  $M:4=1:1,6$ . აცეტილქოლინის და სეროტონინის მოქმედება განვლილი რეაქციების კომპლექსზე იწვევდა კალციუმის იონების ნაწილობრივ გამონთავისუფლებას.

BIOCHEMISTRY

A. I. CHICHUA, D. G. MIKELADZE

## STUDY OF THE PROCESS OF COMPLEX-FORMATION BETWEEN GANGLIOSIDES AND CALCIUM IONS

Summary

Gangliosides have been obtained by the method of Folch et al. from the bovine brain.

The process of complex-formation between gangliosides and 45 Cations was found to be stoichon etric ( $M:L=1:1.6$ ). Addition of neurotransmitters (5-HT, ACh) in the incubation medium resulted in a partial release of 45 Ca ions from the complex.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. H. D. Klenk, R. W. Chopin. Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 66, 1970, 57-64.
2. E. G. Lapetina, E. F. Soto, E. De-Robertis. Biochem. Biophys. Acta, 135, 1967, 33-43.
3. J. P. Behn, J. M. Lehn. FEBS Letters, 22, 1972, 178-180.
4. J. P. Behn, J. M. Lehn. FEBS Letters, 31, 1973, 297-300.
5. A. L. Lehninger. Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 60, 1968, 1069-1073.
6. А. И. Чичуа. Изв. АН ГССР, сер. биол., 3, № 4, 1977, 310-314.
7. L. Folch, J. Lees, M. Sloane, G. H. Stanley. J. Biol. Chem. 226, 1957, 497-510.
8. K. O. Suzuki. J. Neurochem. 12, 1965, 629-638.



Н. Н. НУЦУБИДZE, Н. Д. АБАШИДZE

## ДЕЙСТВИЕ ОКИСИ АЗОТА НА НИТРАТРЕДУКТАЗУ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ

(Представлено академиком С. В. Дурмишидзе 1.3.1978)

Среди основных компонентов загрязнения атмосферного воздуха важное место занимают окислы азота. Влияние окислов азота на растения и животный мир до последнего времени изучалось лишь в аспекте предельно допустимых доз [1, 2].

Показано, что различные виды растений с разной интенсивностью поглощают и обезвреживают окислы азота [3]. Это свойство растений можно применить в целях очистки атмосферы от загрязнений. Усвоение окислов азота из воздуха, по-видимому, сможет также сыграть определенную роль в азотном балансе растения.

Разные виды растений способны поглощать и превращать окислы азота с дальнейшим включением азота в аминокислоты и другие азотсодержащие соединения органов растений [3, 4].

Исследованиям по усвоению и метаболизированию окислов азота предшествовала большая работа по выявлению способности различных видов растений поглощать, обезвреживать и метаболизировать алифатические, ароматические и полициклические углеводороды, газообразный аммиак [5].

Оксид азота окисляется кислородом воздуха до двуокиси. Поэтому растения, помещенные в среду окиси азота, испытывают более тяжелую нагрузку, так как, кроме токсичных газов, на растения оказывает действие тепловой эффект, который имеет место при взаимодействии окиси азота с кислородом. Окисляясь мгновенно, растение в основном поглощает вновь образованную двуокись азота.

Двуокись азота индуцирует нитратредуктазу листьев растений при малых экспозициях [6].

В настоящей работе исследовано действие окиси азота на ферментную систему нитратредуктазы растений, характеризующихся преобладанием в них углеводного и белкового обменов, а также обменом вторичных соединений соответственно (кукуруза, соя и сосна эльдарская).

Опыты по поглощению окиси азота проводились в специальных камерах, как на целых растениях, так и на свежесрезанных ветках.

Оксид азота применялась в концентрациях 0,25 и 0,5%, при которых растения сохраняли нормальный физиологический вид и функцию. Экспозиция опытов соответствовала 5, 15 и 30 минутам. Нитратредуктазная активность определялась по Мульдеру [7].

Проведенные исследования показали, что в среде 0,25%-ной  $NO$  активность нитратредуктазы равномерно увеличивается, по сравнению

с контролем, как в корнях, так и в листьях кукурузы. Наибольшей активностью в этом случае выделяются корни после 30-минутной экспозиции (табл. 1).

Таблица 1

Влияние окиси азота на ферментную систему нитратредуктазы кукурузы сорта Аджаметис тетри (активность НР в  $\mu\text{M NO}_2^-$  на 1 г материала)

Органы растений	Контроль — без NO	В среде 0,25 %-ной NO			В среде 0,5 %-ной NO		
		5 мин	15 мин	30 мин	5 мин	15 мин	30 мин
Листья	1,26	1,92	3,6	12,84	6,02	12,38	8,0
Корни	0,9	1,34	1,24	15,28	2,48	3,4	12,72

При увеличении концентрации NO до 0,5% активность нитратредуктазы меняется. Так, при 5- и 15-минутных экспозициях активность фермента увеличивается равномерно как в корнях, так и в листьях кукурузы. При 30-минутной экспозиции в листьях кукурузы нитратредуктазная активность уменьшается, по сравнению с 15-минутной, тогда как в корнях она возрастает в несколько раз. Это можно объяснить насыщением фермента субстратом в листьях подопытного растения.

В листьях и корнях сои сорта Универсальная-1 наблюдается следующая картина (табл. 2). По сравнению с контролем, в опытных вариантах активность нитратредуктазы увеличивается равномерно. Даже после 5-минутной выдержки растения в среде 0,25%-ной NO актив-

Таблица 2

Влияние окиси азота на ферментную систему нитратредуктазы сои сорта Универсальная-1 (активность НР в  $\mu\text{M NO}_2^-$  на 1 г материала)

Органы растений	Контроль — без NO	В среде 0,25 %-ной NO			В среде 0,5 %-ной NO		
		5 мин	15 мин	30 мин	5 мин	15 мин	30 мин
Листья	3,21	14,36	14,64	23,28	13,28	5,0	28,56
Корни	1,75	3,84	4,64	9,4	5,56	7,14	12,47

ность нитратредуктазы в листьях сои повышается в 5 раз. Степень индукции нитратредуктазы корней при тех же условиях ниже. На активность нитратредуктазы определенное влияние оказывают увеличение концентрации NO и продолжительность экспозиции. Повышение экспозиции окиси азота до 0,5% вызывает в листьях и корнях сои значительное увеличение активности фермента. В этих условиях уровень нитратредуктазы даже при 5-минутной экспозиции увеличивается в листьях сои в 4 раза, по сравнению с контролем. В корнях сои активность фермента возрастает равномерно, а при 30-минутной экспозиции в 10 раз превышает контроль. Нарастание нитратредуктазной активности в корнях сои носит восходящий характер.

Опыты, проведенные на хвое свежесрезанных веток сосны, показали, что увеличение нитратредуктазной активности происходит сразу после 5-минутной экспозиции в среде 0,25%-ной NO (табл. 3). Активность фермента повышается равномерно в хвое сосны как в случае 0,25%-ной NO, так и в случае 0,5%-ной NO. Наибольшим уровнем нитратредуктазы отличается хвоя в среде 0,5%-ной NO при 30-минутной экспозиции.

Таблица 3  
Влияние окиси азота на ферментную систему нитратредуктазы сосны эльдарской (активность НР в  $\mu$  M NO<sub>2</sub><sup>-</sup> на 1 г материала)

Органы растений	Контроль — без NO	В среде 0,25 %-ной NO			В среде 0,5 %-ной NO		
		5 мин	15 мин	30 мин	5 мин	15 мин	30 мин
Х в о я	0,28	0,48	0,62	4,0	1,0	7,04	10,1

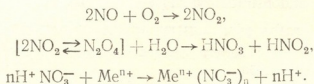
Таким образом, проведенными нами экспериментами установлено, что в среде как 0,25%-ной, так и 0,5%-ной NO активность нитратредуктазы равномерно увеличивается в каждом из данных растений, по сравнению с контролем. Наибольшей скоростью восстановления нитратов выделяются листья сои после 30-минутной экспозиции при обеих концентрациях.

Из вышеописанного следует, что даже при кратковременных экспозициях растения способны поглощать окись азота листьями и индуцировать нитратредуктазу. При увеличении экспозиции растения интенсивно поглощают окись азота не только листьями, но и корнями.

По полученным данным, индукция нитратредуктазы начинается после кратковременной экспозиции растений в среде окиси азота, что указывает на ее включение в нитратредуцирующую цепь.

Окись азота, претерпевая ряд преобразований в клетках листьев и корней, а также в хвое, превращается в нитраты, которые и индуцируют нитратредуктазную ферментную систему.

Окись азота подвергается следующим превращениям при поглощении ее листьями и корнями растений [3]:



Дальнейшие превращения нитратов приводят к их восстановлению до аммиака, который вступает в реакции прямого амнирования.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт биохимии растений

(Поступило 3.3.1978)



## 6. ნუტშუბიძე, ნ. აბაშიძე

აზოტის უანგის მოქმედება სხვადასხვა სახეობის მცენარის  
ნიტრატრედუქტაზაზე

## რეზიუმე

შესწავლილია აზოტის უანგის, (აზოტის ორჟანგის) გავლენა სხვადასხვა მეტაბოლური გზის მქონე მცენარეების — სოიის, სიმინდის, ელდარის ფიჭვის ფოთლებისა და ფესვების ნიტრატრედუქტაზაზე.

გამოცდილ იქნა 0,25—0,5% კონცენტრაციის NO არის გავლენა განსხვავებული ექსპოზიციის პირობებში. მცირე ექსპოზიციის პირობებშიც აზოტის უანგი შთანთქმება მცენარის ორგანოების მიერ და სათანადო გარდაქმნების შემდეგ გამოიყენება როგორც ნიტრატრედუქტაზის სუბსტრატი.

აზოტის უანგის კონცენტრაციის და ექსპოზიციის ზრდა კორელაციურად ზრდის ნიტრატრედუქტაზის აქტივობას საცდელი მცენარეების ფესვებსა და ფოთლებში.

აზოტის უანგის შთანთქმის და ნიტრატრედუქტაზის ინდუქციის მაღალი უნარით გამოირჩევა სოიის ნაზარდები.

BIOCHEMISTRY

N. N. NUTSUBIDZE, N. D. ABASHIDZE

NITROGEN OXIDE EFFECT ON NITRATE REDUCTASE FROM  
DIFFERENT PLANT SPECIES

## Summary

The effect of nitrogen oxide (nitrogen dioxide) on nitrate reductase from leaves and roots of plants with different metabolic pathways has been studied (soy bean, maize, *Pinus eldarica*).

Different concentrations (0.25-0.5%) of NO medium were examined under several exposure conditions. Nitrogen oxide is absorbed by various organs of plants even in short-term exposures, and is used as substrate of nitrate reductase after appropriate transformations.

The increase of concentration and exposure of nitrogen oxide, correlatively increased the activity of nitrate reductase in roots and leaves of the experimental plants.

Soy-bean seedlings are distinguished by their high degree of nitrogen oxide absorption and nitrate reductase induction.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. П. Красновский. Дымоустойчивость растений и дымоустойчивые ассортименты. Горький, 1950.
2. Г. М. Илькун. Газоустойчивость растений. Киев, 1971.
3. С. В. Дурмишидзе, Н. Н. Нуцубидзе. ДАН СССР, 227, 1, 1976, 232.
4. С. В. Дурмишидзе, Н. Н. Нуцубидзе, Н. Д. Абашидзе. Изв. АН ГССР, сер. биол., 2, 5, 1976, 410.
5. С. В. Дурмишидзе. Метаболизм некоторых загрязнителей атмосферного воздуха в растениях. Тбилиси, 1977.
6. A. J. Leevert. Acta Bot. Neer., 23, 3, 1974, 345.
7. E. L. Mulder. H. Boxma, Van Veer W. Plant Soil., 10, 1959, 335.

Р. В. ГОГИЯ, Н. Н. НУЦУБИДЗЕ

## РЕГУЛЯЦИЯ АКТИВНОСТИ НИТРАТРЕДУКТАЗЫ СОИ НИТРАТОМ В НАЧАЛЕ ВЕГЕТАЦИИ

(Представлено академиком С. В. Дурмишидзе 1.3.1978)

Среди зернобобовых культур соя занимает важное место. Наряду с использованием почвенного азота, она способна фиксировать атмосферный азот.

В настоящее время нет единого мнения об условиях, при которых возможно успешное сочетание минеральной подкормки и симбиотической фиксации молекулярного азота в бобовых.

Ряд авторов, учитывая, что до начала азотфиксации зернобобовые используют семядолей и доступный почвенный азот, приходят к выводу о необходимости применения небольших доз «стартового азота» для обеспечения в дальнейшем более интенсивной азотфиксации [1—6].

Из зернобобовых соя считается наиболее требовательной к азоту [7—10].

Цель проведенной работы — установление оптимальной дозы подачи минерального азота для сои, выяснение роли различных доз нитратной подкормки в регуляции нитратредуктазы, усвоении и распределении в органах растений меченого нитратного азота, определение оптимального рН среды питания и нижней границы нитратной подкормки.

Объектом исследования послужили производственные сорта сои: Адреула-6 и Универсальная-1.

В опытах применялись двухнедельные водные культуры, которые выращивались при естественном освещении на питательной среде Кюпа без нитрата.

В качестве минерального азота использовались  $\text{NaNO}_3$  и  $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ , продолжительность экспозиции — 6 часов.

Варианты опыта составляли по различным дозам азота (контроль—среда без азота):

1/10 дозы азота — $\text{NaNO}_3$	— 0,1214 г/л,
	$\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ — 0,1214 г/л,
1/5 дозы азота — $\text{NaNO}_3$	— 0,2428 г/л,
	$\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ — 0,2428 г/л,
1 доза азота — $\text{NaNO}_3$	— 1,214 г/л,
	$\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ — 1,214 г/л,
2 дозы азота — $\text{NaNO}_3$	— 2,428 г/л,
	$\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ — 2,428 г/л.

Активность нитратредуктазы определялась по Мульдеру [11], содержание общего азота — по Кьельдалю [12], обогащение  $^{15}\text{N}$  — масс-спектроскопически по общепринятому методу [13, 14].

Таблица 1

Влияние различных доз нитратной подкормки на нитратредуктазную активность и включение азота в проростки сои сорта Адреула-6

Дозы нитратного азота	органы растения	Активность НР, $\gamma\text{NO}_2^-/\text{час}/\text{г}$ мат.	Общий азот, мг/г мат.	Обогащение $^{15}\text{N}$ , %
Контроль	Корень	3,8	16,8	0,43
	Стебель	0,8	9,8	0,38
	Лист	34,8	14,7	0,41
1/10 дозы азота	Корень	4,3	19,6	1,46
	Стебель	0,9	11,3	1,16
	Лист	36,8	17,5	1,4
1/5 дозы азота	Корень	4,9	25,2	1,99
	Стебель	1,1	13,3	1,27
	Лист	39,7	21,7	1,79
1 доза азота	Корень	6,2	31,5	2,22
	Стебель	1,4	16,1	2,13
	Лист	43,4	25,2	2,18
2 дозы азота	Корень	11,0	39,5	2,74
	Стебель	1,8	18,2	2,24
	Лист	50,0	32,2	2,56

Таблица 2

Влияние различных доз нитратной подкормки на нитратредуктазную активность и включение азота в проростки сои сорта Универсальная-1

Дозы нитратного азота	Органы растения	Активность НР, $\gamma\text{NO}_2^-/\text{час}/\text{г}$ мат.	Общий азот, мг/г мат.	Обогащение $^{15}\text{N}$ , %
Контроль	Корень	3,5	15,4	0,42
	Стебель	0,8	9,1	0,36
	Лист	32,2	13,3	0,41
1/10 дозы азота	Корень	3,8	18,2	1,69
	Стебель	0,9	10,5	1,24
	Лист	33,4	16,1	1,42
1/5 дозы азота	Корень	4,2	23,1	1,95
	Стебель	1,0	11,9	1,76
	Лист	35,3	20,3	1,85
1 доза азота	Корень	5,1	28,7	2,38
	Стебель	1,2	14,0	2,1
	Лист	38,5	23,8	2,23
2 дозы азота	Корень	6,5	34,7	2,78
	Стебель	1,4	16,8	2,2
	Лист	44,8	30,1	2,4

Исследование показало, что активность нитратредуктазы корней и листьев растений сои зависит от рН среды питания. Установлено, что



оптимальной концентрацией водородов среды питания для Адреула-6 является рН 6,8, а для Универсальной-1 — рН 7,0.

В дальнейшем всегда применялись оптимальные рН среды для каждого сорта.

При изучении нижней границы нитратной подкормки было обнаружено, что она находится в одинаковых пределах для обоих сортов — около 0,003 г/л.

При исследовании влияния различных доз нитратной подкормки (табл. 1 и 2) нитратредуктазная активность корней, листьев и стеблей растений у обоих сортов сои возрастает по мере увеличения доз нитратного азота.

С нарастанием активности нитратредуктазы параллельно увеличивается содержание общего азота, также коррелятивно увеличивается и включение меченого азота в органы растений.

Высокой нитратредуктазной активностью характеризуются листья, за ними следуют корни растений. В стеблях активность нитратредуктазы низкая.

Можно отметить, что индукция нитратредуктазы и включение  $^{15}\text{N}$  и органы растения у сорта Адреула-6 идут чуть интенсивнее.

Усвоение азота в двухнедельных проростках сои показало, что это растение активно ассимилирует минеральный азот на первых фазах вегетации, индуцируя нитратредуктазу всех органов растений.

Нитратредуктазная активность и включение меченого азота коррелируют с дозами источника азота, нарастая с увеличением последнего.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт биохимии растений

(Поступило 3.3.1978)

ბიოქიმიკა

რ. გოგია, ნ. ნუცუბიძე

სოიის ნაზარდებში ნიტრატრედუქტაზას აქტივობის რეგულაცია  
ნიტრატის მემბოზით ვებეტაციის დასაწყისში

რ ე ზ ი უ მ ე

სოიის ორი ჯიშის — „ადრეულა-6“ და „უნივერსალური-1“ ნაზარდებში ვებეტაციის საწყის ფაზაში შესწავლილ იქნა ნიტრატრედუქტაზას აქტივობის რეგულაცია ნიტრატული აზოტის სხვადასხვა კონცენტრაციით მიწოდების პირობებში. დადგინდა იქნა ორივე ჯიშისათვის საკვები არის ოპტიმალური pH და ნიტრატული კვების ქვედა ზღვარი.

„ადრეულა-6“ ოპტიმალური pH ტოლია 6,7, ხოლო „უნივერსალური-1“ — 7,0. ნიტრატული კვების ქვედა ზღვარი ორივე ჯიშისათვის 0,003 გ/ლ ტოლია.

ნიტრატრედუქტაზული აქტივობა, საერთო აზოტი და ნიშანდებული აზოტის ჩართვა მცენარის ორგანოებში კორელატურად იზრდება აზოტის დოზის გადიდებამთან ერთად.



R. V. GOGIA, N. N. NUTSUBIDZE

## REGULATION OF NITRATE REDUCTASE ACTIVITY IN SOYBEAN SEEDLINGS VIA NITRATE AT THE ONSET OF VEGETATION

## Summary

In two species of soybean seedlings—"Adreula-6" and "Universaluri-1"—in the initial phase of vegetation the regulation of nitrate reductase activity with various concentrations of nitrate nitrogen feeding has been studied. The optimal pH of nutrient medium and the lower limit of nitrate nutrition for both species has been established.

The optimal pH for "Adreula-6" was equal to 6.7 and for "Universaluri-1" to 7.0. The lower limit for nitrate nutrition was 0.003 g/l.

Nitrate reductase activity, total nitrogen, and uptake of labelled nitrogen by plant organs correlatively increased with the increase of nitrogen doses.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. И. Лопухина. Доклады ВАСХНИЛа, 2, 1964.
2. В. К. Михновский, А. К. Ярцева, А. В. Морозова. Сб. «Баланс азота в дерново-подзольных почвах». М., 1966.
3. М. В. Федоров, И. В. Козлов. Микробиология, 23, 5, 1954.
4. Л. Н. Флимонова, Г. С. Посыпанов. Изв. ТСХА, 2, 1970.
5. М. М. Гукова, В. В. Яценко. Изв. ТСХА, 3, 1973.
6. В. Л. Кретович. Обмен азота в растениях. М., 1972.
7. П. А. Дмитриенко, П. И. Витриховский. Агрэхимия, 2, 1966.
8. Л. М. Доросинский, Л. М. Афанасьева, Г. В. Рубинштейн. Агрэхимия, 8, 1973.
9. H. W. Johnson, J. L. Gartner, E. E. Hertwing. Crop and Soil., 13, №1, 1960.
10. A. J. Ohlrogge. Advances in Agronomy., 12, № 7, 1960, 229.
11. E. G. Mulder, H. Vohma. W. Van Veen. Plant and Soil., 10, 1959.
12. А. Н. Белозерский, И. Н. Проскуряков. Практическое руководство по биохимии растений. М., 1951.
13. Дж. Бернард. Современная масс-спектропия. М., 1957.
14. Н. Н. Нуцубидзе. Ассимиляция азота виноградной лозой. Тбилиси, 1974.

МИКРОБИОЛОГИЯ И ВИРУСОЛОГИЯ

М. Г. КАКАБАДЗЕ, Г. П. ЕНУКИДЗЕ, К. Г. НИКОЛАИШВИЛИ,  
 И. З. СОЛОШЕНКО

МАТЕРИАЛЫ К ИЗУЧЕНИЮ ЗАРАЖЕННОСТИ БЕЛОК  
 ЛЕПТОСПИРОЗОМ В ГРУЗИИ И АЗЕРБАЙДЖАНЕ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. Н. Ониани 24.2.1978)

Сведений о зараженности белок лептоспирозом чрезвычайно мало. Антитела к возбудителям серогрупп *Grippotyphosa*, *Hebdomadis*, *Canicola* были обнаружены у единичных особей при обследовании белок в Приморском Крае [1], Центральной Якутии [2], Северной Осетии [3] и Грузии [4].

К исконным представителям местной фауны Грузинской ССР—закавказской белке *Sciurus apomajus* Gmel. с 1940—1950 гг. присоединились еще два новых подвида обыкновенной белки—алтайская *Sciurus vulgaris altaicus* Serebr. и белка-телеутка *Sciurus vulgaris exalbidus* Pall., завезенные из Алтая. Места обитания закавказской и акклиматизированных подвидов белок в Грузии совпадают и охватывают как хвойные, так и широколиственные насаждения [5].

Результаты серологического исследования белок

Подвид белки	Кол-во исследованных сыворонок	Из них с антителами	Антитела к серогруппам лептоспир							
			<i>Javanica</i>	<i>Canicola</i>	<i>Pyrogenes</i>	<i>Autumnalis</i>	<i>Australis</i>	<i>Grippotyphosa</i>	<i>Bataviae</i>	<i>Tarassovi</i>
Кавказская	57	6	—	—	2	1	2	—	1	—
Телеутка	73	8	1	5	—	—	1	1	—	—
Алтайская	11	3	2	—	—	—	—	—	—	1
Всего	141	17	3	5	2	1	3	1	1	1

Акклиматизированные по Грузии белки были добыты в прибрежных лесах Пицунды, а также в Боржомском ущелье и Цихиджвари (телеутка), закавказская белка — в окрестных лесах с. Джара Азербайджанской ССР.

На лептоспироз серологически исследована 141 белка. Положительные реакции в титрах 1/25—1/50 получены в 17 случаях. Подавляющее большинство сероположительных зверьков было обнаружено в Боржомском ущелье и Азербайджанской ССР. Антитела регистриро-



M. G. KAKABADZE, G. P. ENUKIDZE, K. G. NIKOLAISHVILI, I. Z. SOLOSHENKO

DATA TOWARDS THE STUDY OF SQUIRREL INFESTATION WITH  
LEPTOSPIROSIS IN GEORGIA AND AZERBAIJAN

## Summary

Squirrels, acclimatized in the Georgian SSR: Altai (*S. v. altaicus* Seibr.) and teleutka (*S. v. exalbidus* Pall.), as well as the local species of Transcaucasian squirrel (*S. anomalus* Gmell.) (141 animals in all) were investigated serologically for leptospirosis.

Antibodies were registered in representatives of local fauna as well as in acclimatized species. The following antibodies for serogroups of leptospiro were found: *Javanica*, *Canicola*, *Pyrogenes*, *Autumnalis*, *Australis*, *Gripotyphosa*, *Bataviae*, *Tarassovi*.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Б. В. Высоцкий, Ф. С. Малых, А. П. Кузнецова. ЖМЭИ, № 8, 1958, 49—51.
2. Е. В. Карасева, Э. Н. Коренберг. Десятое совещание по паразитологическим проблемам и природноочаговым болезням, вып. I. М.—Л., 1959, 123—124.
3. М. Х. Агузарова, В. В. Ананьин, А. П. Тонконоженко, Е. И. Гурбанова. Матер. докл. науч. конфер. по лептоспирозам зон Северного Кавказа и Поволжья. Краснодар, 1969.
4. М. Г. Какабадзе, Г. П. Енукидзе, К. Г. Николайшвили. Тез. докл. VI Всесоюз. науч. конфер. по лептоспирозу (22—24 октября 1975 г., Баку), М., 1976.
5. Г. П. Енукидзе. Матер. конфер. «Фауна и ее охрана в республиках Закавказья». Ереван, 1975.



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ

Д. Ш. БЕНИАШВИЛИ

ЭЛЕКТРОННОМИКРОСКОПИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НЕЙРИНОМ

(Представлено академиком И. Я. Татишвили 4.3.1978)

Злокачественные нейриномы относятся к незрелым нейроэктодермальным опухолям, развивающимся из шванновских клеток. Несмотря на большое количество работ, посвященных клинко-морфологической картине этих новообразований, ультраструктурные особенности их изучены недостаточно [1—5].

Исследование проводилось на белых беспородных крысах, золотистых хомяках, кроликах и обезьянах макака мулатта, которым внутривенно вводился нейротропный резорбтивный канцероген—метилнитрозомочевина в дозе 10 мг/кг. У подопытных животных индуцировались нейрогенные опухоли разной локализации и гистологического строения. В данной работе описаны электронномикроскопические особенности злокачественных нейрином. Кусочки опухоли сразу после декапитации животных фиксировались в 2,5% глутаральдегиде на фосфорном буфере (рН 7,4), дофиксировались 2% раствором четырехокиси осмия, после обезвоживания в спиртах восходящей концентрации заключались в смесь аральдита и полимеризовались в желатиновых капсулах при температуре 56° в течение 1—2 суток. Ультратон-

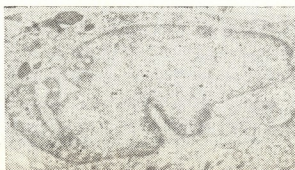


Рис. 1. Глубокие инвагинации ядерной мембраны клеток злокачественной нейриномы ( $\times 8000$ )

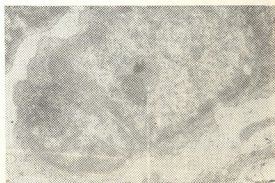


Рис. 2. Двухядерные клетки злокачественных нейрином ( $\times 3000$ )

кие срезы изготовлялись при помощи стеклянного ножа на ультратоме фирмы «Reichert», контрастировались лимоннокислым свинцом. Срезы изучались с помощью японского электронного микроскопа IEM-100 В. Фотографирование проводилось при электронномикроскопических увеличениях 4 000—60 000 с последующим фотоувеличением. Параллельно осуществлялись обычные гистологические исследования препаратов.

При гистологическом исследовании опухолей с злокачественности свидетельствуют участки, богатые клетками, частые митозы, инфильтративный рост и в отдельных случаях метастазы в разных органах. При электронномикроскопическом исследовании выявляется сходство ультраструктурной организации всех злокачественных нейроном, клет-



Рис. 3. Два ядрышка в ядре злокачественной нейрономы ( $\times 18\ 000$ )

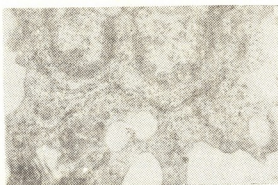


Рис. 4. Скудный гранулярный эндоплазматический ретикулум и обилие свободных рибосом, ассоциированных в виде розеток в цитоплазме злокачественных нейроном ( $\times 35\ 000$ )

ки которых с весьма полиморфной ультраструктурой. Ядра опухолевых клеток значительно варьируют по форме и размерам, овальные, удлинённые, а иногда неправильной формы, местами с инвагинациями ядерной мембраны. Некоторые клетки содержат два ядра. Ядерный

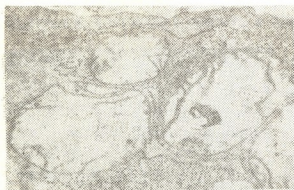


Рис. 5. Просветление матрикса митохондрий, набухание, вакуолизация и неравномерное расположение корогких крист ( $\times 30\ 000$ )



Рис. 6. Осмиофильные включения в митохондриях ( $\times 35\ 000$ )

хроматин в виде небольших скоплений и глыбок равномерно распределен по всей нуклеоплазме с некоторым преобладанием у ядерной оболочки. В нуклеоплазме некоторых клеток определяются более или менее обширные поля, лишенные хроматина. Ядрышко, обычно одиночное, иногда 2—3, умеренно крупное, выглядит как более плотная область нуклеоплазмы и состоит из многочисленных нуклеонем, представленных в виде нитей и гранул. Перинуклеарное пространство опре-

деляется отчетливо, в отдельных участках значительно расширено. Ядерно-цитоплазматическое отношение высокое. Плазматические мембраны соседних клеток извитые, иногда слабо контурируются. Базальные пластины отсутствуют. Наблюдаются очаговые слияния плазматических мембран с образованием десмосом. Хорошо дифференцированные клетки злокачественных нейрином полностью ограничены хорошо развитой базальной мембраной и содержат большое число внутрицитоплазматических филаментов. В некоторых участках опухоли имеются обширные межклеточные пространства между соседними клетками или их комплексами, заполненные многочисленными микроворсинками. Гранулярный эндоплазматический ретикулум развит умеренно или даже слабо и представлен в виде немногочисленных канальцев и цистерн, число и форма которых значительно варьируют. В некоторых участках гранулярный эндоплазматический ретикулум представлен скоплениями беспорядочно упакованных, часто неравномерно расширенных или идущих параллельно канальцев. Цитоплазма клеток злокачественных нейрином содержит большое число свободных рибосом, располагающихся преимущественно в виде розеткообразных скоплений. Элементы агранулярного эндоплазматического ретикулума представлены единичными пузырьками. Число митохондрий в цитоплазме клеток уменьшено, они разбросаны беспорядочно или образуют небольшие скопления. Преобладают овальные округлые митохондрии с просветленным матриксом и неравномерным расположением коротких крист. Иногда отмечаются расплавление внутренней мембраны, набухание, вакуолизация их с уменьшением количеств крист, образованием «пустых» митохондрий, встречаются осмиофильные включения. Аппарат Гольджи гиперплазирован и состоит из нескольких мембрано-вакуолярных комплексов, располагающихся перинуклеарно. В некоторых клетках преобладает мембранный компонент. Изредка в отдельных клетках обнаруживаются лизосомы и включения жира.

Изучение особенностей ультраструктуры индуцированных у подопытных животных злокачественных нейрином показало, что они находятся в определенной четко проявляющейся зависимости от степени зрелости новообразований. Полученные нами данные свидетельствуют о том, что нейрогенным опухолям свойственна тонкая структура, характерная для их нормального прототипа—шванновской клетки.

Онкологический научный центр  
МЗ ГССР

(Поступило 9.3.1978)

მასპერიმენტული მიკროსკოპია

ჯ. ბანიშვილი

ავთვისებანი ნეირინომების ელექტრონული მიკროსკოპული  
დახასიათება

რეზიუმე

შესწავლილია ინდუცირებული ავთვისებანი ნეირინომების ელექტრონული მიკროსკოპული თავისებურებანი ცხოველებში. დადგენილია, რომ ისინი იმყოფებიან გარკვეულ კავშირში სიმსივნეების სიმწიფის ხარისხთან. მიღებული მონაცემები მოწმობენ, რომ ნეიროგენულ სიმსივნეებს ახასიათებთ ისეთივე ულტრასტრუქტურა, როგორც მათ ნორმალურ პროტოტიპს — შვანის უჯრედებს.

D. Sh. BENIASHVILI

ELECTRON MICROSCOPIC CHARACTERISTICS OF MALIGNANT  
NEURINOMAS

## Summary

The ultrastructure of induced malignant neurinomas depends on the maturity of the swelling characteristic. Neurogenous tumours are characterized by fine structure, which is typical of Schwann cells—their normal prototypes.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Е. А. Дикштейн, Д. Ш. Бениашвили. Архив патологии, 10, 1970, 50—56.
2. G. Georgsson, W. Wessel, C. Thomas. Z. Krebsforsch. 72, 1. 1969, 12-23.
3. A. Hirano, J. Hasson, H. Zimmerman. Lab. Invest., 27, 6. 1972, 555.
4. H. Cravioto, J. Weiss, H. Goebel, J. Ransohoff. Acta Neuropathol. 23, 4. 1973. 265-280.
5. A. Mariano, M. Thaddaus, M. Max. Cancer, 38, 5, 1976, 1977-1982.



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

И. Д. ДОЛИДЗЕ, Г. И. КВЕСИТАДЗЕ, А. Г. ГИОРГАДЗЕ

**О СДВИГАХ В ПРОТЕОЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ  
ТРАВМАТИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ**

(Представлено академиком О. Н. Гудушаури 14.2.1978)

Одной из причин развития необратимого состояния при травматической болезни, возникшей после различных по видам и тяжестим травм, шока и кровопотери, считают функциональные и структурные изменения в тонкой кишке [1—4], в возникновении которых существенная роль придается протеолитическим ферментам органов пищеварения [5, 6]. Указывается на повышение протеолитической активности крови при шоке [7, 8]. Тем не менее вопрос о патогенетической роли протеиназ при травматической болезни далек от разрешения. Нет динамических исследований с единым методическим подходом к активности протеиназ ткани тонкой кишки и артериальной крови при травматической болезни и в восстановительном периоде. Изучению этих вопросов и посвящена настоящая работа.

Исследование проведено на 16 ненаркотизированных собаках весом 11—20 кг в двух сериях опытов: а) в начальном периоде травматической болезни (5—10-минутная травматизация кишечника при выведении его из брюшной полости и вправлении с осложнением одночасовой гипотензией и с лечением — медленным внутривенным введением оксibuтирата натрия в комплексе с полиглюкином, кровью, гидрокортизоном и АТФ); б) при шоке (25—40-минутная травматизация кишечника при укреплении индикаторных электродов в стенке кишечника и вправлении наружу выведенного кишечника с осложнением одночасовой гипотензией и с лечением — внутриартериальным нагнетанием крови в комплексе с норадреналином, поливитаминами и глюкозой в сочетании с внутривенным введением жидкости И. Р. Петрова). Гипотензию на уровне 40 мм рт. ст. вызывали кровопусканием из бедренной артерии, одночасовую стабилизацию которой осуществляли методом Уинггерса [9]. Для предотвращения свертывания крови животным вводили гепарин («Рихтер», 400 ед/кг). Взятие ткани тонкой кишки в определенных периодах сопровождалось выведением соответствующей части кишечника из брюшной полости и ее вправлением. Этапные заборы биомассы проводили в периодах: исходное состояние до кровопотери, 30-минутная гипотензия, 60-минутная гипотензия и через 60 минут после проведенного лечения на участках тонкой кишки проксимальнее от илеоцекального угла. Вмешательства в брюшной полости производили в стерильных условиях. После последнего этапа исследования восстанавливали целостность кишечника и брюшной стенки. Животных для дальнейших наблюдений переводили в виварий. Раствор для определения протеолитической активности (ПА) получали следующим образом: к 1,5 г биомассы добавляли 3,0 мл 0,025 М боратного буфера рН 8,0; гомогенизировали с кварцевым песком и выдерживали 30 мин при 30°C; гомогенат, как и арте-

риальную кровь центрифугировали при 4500 об/мин и  $+4^{\circ}\text{C}$  25 мин. ПА определяли в супернатанте по модифицированному методу Ансона [10]. За единицу ПА принимали активность фермента, которая в течение 1 мин при  $30^{\circ}\text{C}$  переводит казеин или гемоглобин в неосаждаемые трихлоруксусной кислотой продукты, содержащие 1 мкмоль тирозина. Результаты обрабатывали статистически [11].

В экспериментах I и II серий до кровопотери ПА ткани тонкой кишки в среднем соответственно равнялась 0,20 и 0,23 мкмоль тирозина/мл за 1 мин, что было принято за 100%. 15% различие между ними статистически достоверно ( $P_{I-II} < 0,05$ ), что свидетельствует о существенном влиянии длительности травмы на ПА.

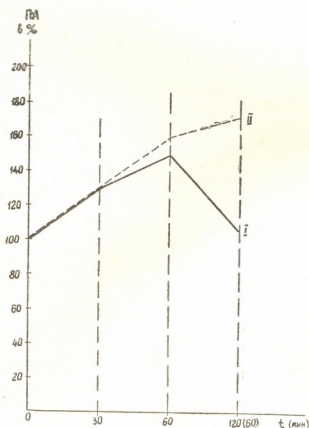


Рис. 1. Динамика изменений ПА ткани тонкой кишки при травматической болезни и в ее восстановительном периоде: О — время исходного показателя; 30—60 мин — время после установления гипотензии (40 мм рт. ст.); 120 (60) мин — время наблюдения (время после лечения); I и II — серии экспериментов

Длительная гипотензия, усугубляющая патологический процесс, статистически достоверно повышает ПА тонкой кишки (рис. 1). На 60-й мин ПА в I и II сериях увеличивается на 50 и 60%, а до 30 мин отмечается одинаковое повышение ПА.

Разное лечение вызывает противоположные изменения ПА. В то время как у животных I серии ПА снижена на 45%, во II серии она увеличена на 10%, по сравнению с величиной, имеющейся в конце патологического процесса. Медленное внутривенное введение оксибутирата натрия в комплексе с полиглюкином, кровью, гидрокортизоном и АТФ лочки нормализует ПА кишки.

Исследования артериальной крови не выявили существенных изменений ПА как в динамике патологического процесса, так и после лечения. Следы ПА, отмеченные в экспериментах II серии в восстановительном периоде, по-видимому, указывают на неэффективность лечения и усугубление патологического процесса.



ПА повышалась на фоне резкого ацидоза, прогрессирующего дефицита ионов натрия и хлора кишечной ткани, развившихся вследствие нарушения регионарного кровообращения и микроциркуляции. Повышенная ПА, по всей вероятности, являлась причиной денатурационных изменений рибонуклеопротеидов, что гистохимически выражалось в усилении базофилии, сдвиге изоэлектрической точки рибонуклеопротеидов в кислую сторону, увеличении интенсивности реакции на «суммарные» белки и тиоловые группы в цитоплазме эпителия крипт и ворсинок [12—15].

Таким образом, при исследовании ПА в тонкой кишке и артериальной крови при травматической болезни установлена большая информативность определения ПА в ткани, по сравнению с кровью, так как изменения в крови вообще не наблюдались. При этом ПА ткани тонкой кишки при различной по тяжести травматической болезни увеличивалась по мере углубления патологического процесса. Лечение можно резко снизить ПА ткани тонкой кишки, что отмечалось в случае применения оксибутирата натрия в комплексе с полиглюкином, кровью, гидрокортизоном и АТФ.

Институт травматологии и ортопедии  
МЗ ГССР

(Поступило 24.2.1978)

ქვეყნიერების მედიცინა

ი. დოლიძე, გ. კვესიტაძე, ა. გიორგაძე

ტრავმული დაავადების დროს პროტეოლიტიკური აქტივობის  
ცვლილებების შესახებ

რ ე ზ ი უ მ ე

ტრავმული დაავადების სხვადასხვა სიმძიმით მიმდინარეობის დროს უნარკოზო და ჰეპარინიზებულ ძაღლებზე ჩატარებულმა გამოკვლევებმა დაგვიანება წვრილი ნაწლავის ქსოვილში პროტეოლიტიკური აქტივობის კანონზომიერი და პროგრესული მატება, მაშინ როცა სისხლში ეს არ აღინიშნებოდა. ნატრიუმის ოქსიბუტირატის პოლიგლუკინთან, სისხლთან, ჰიდროკორტიზონთან და ატფ-თან ერთად ვენაში შეყვანა პროტეოლიტიკურ აქტივობას მკვეთრად ამცირებდა.

EXPERIMENTAL MEDICINE

I. D. DOLIDZE, G. I. KVESITADZE, A. G. GIORGADZE

ON THE SHIFTS OF PROTEOLYTIC ACTIVITY IN TRAUMATIC DISEASE

Summary

The studies involved 16 nonanesthetized and heparinized dogs, using the same methodological approach in the dynamics of the traumatic disease and in the recovery period.

The results of the investigation demonstrate that during the pathological processes natural and progressive rises of PA are in evidence in the small intestine tissue, the blood remaining unaffected. Injection of natrium oxybutyrate with polyglucine, blood, hydrocortisone and ATP significantly decreases the proteolytic activity.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. F. N. Gurd. Amer. J. Surg., 110, № 3, 1965, 333-336.
2. R. C. Lillechei. Surgery, 42, № 6, 1957, 1043-1054.
3. K. Messmer. Anaesthesist, 17, № 12, 1968, 386-391.
4. E. E. Smith, J. W. Crowell, C. J. Moran, R. A. Smith. Surg. Gyn. Obst., 125, № 1, 1967, 45-48.
5. J. Vouyou, L. J. Hampson, F. N. Gurd. Ann. Surg., 160, № 4, 1964, 650-668.
6. J. Fine. Amer. J. Gastroent., 29, № 6, 1958, 596-601.
7. Т. В. Казуева, Э. Е. Коврижных, Ю. Н. Цибин. Вест. хир., № 2, 1971, 106, 40-42.
8. А. В. Сувернев, А. С. Коган. Сб. «Механизмы повреждения, резистентности, адаптации и компенсации», II. Ташкент, 1976, 427.
9. C. J. Wiggers. Physiology of Shock, New York, 1950.
10. И. С. Петрова, Л. С. Зуева. Прикл. биох. и микробиол., 4, вып. 3, 1968, 286-293.
11. Л. С. Каминский. Статистическая обработка лабораторных и клинических данных. Применение статистики в научной и практической работе врача. Л., 1964.
12. Г. С. Бакрадзе и И. Д. Долидзе. Сб. «Механизмы регулирования жизнедеятельности организма в условиях патологии». Баку, 1970, 351-352.
13. И. Д. Долидзе. Автореферат канд. дисс. М., 1972.
14. И. Д. Долидзе, В. А. Долидзе, Р. И. Колелишвили, В. Г. Маевский, И. Л. Махатадзе. Пат. физиол., № 2, 1972, 77-80.
15. И. Д. Долидзе, А. В. Хучуа, Г. И. Квеситадзе, А. Г. Гиоргадзе. Сб. «Механизмы повреждения, резистентности, адаптации и компенсации», II. Ташкент, 1976, 365.



А. К. ВЕКУА, М. Г. НИОРАДЗЕ, Н. С. МАМАЦАШВИЛИ,  
Н. В. ДЕКАНОСИДЗЕ

## ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСТАТКИ ПЕЩЕРЫ САКАЖИА

(Представлено академиком Л. К. Габуния 30.1.1978)

В Западной Грузии, недалеко от г. Кутаиси при пересечении ургонских известняков р. Цхалцитела образует довольно извилистый каньон глубиной до 100—150 м, в котором открывается несколько карстовых пещер. В одной из них в начале XX в. были обнаружены следы деятельности первобытного человека в виде остатков кремневого инвентаря и кухонных отходов костей позвоночных животных. Последующие исследования пещеры подтвердили наличие здесь культурных слоев верхнепалеолитического времени и позволили собрать довольно богатый археологический материал [1]. Впоследствии упомянутая пещера получила название «Сакажиа» и вошла в научную литературу как классический памятник позднелепестчатой эпохи. Однако недавние раскопки, проведенные экспедицией Центра археологических исследований, руководимой археологом М. Г. Ниорадзе, выявили неизвестные до сих пор культурные слои, содержащие в большом количестве кремневый инвентарь мустьерского времени и костные остатки животных, преимущественно млекопитающих [2, 3].

В пещере в поперечном и продольном разрезах хорошо прослеживаются отличающиеся друг от друга по структуре шесть слоев, состоящие в основном из коричневых и желтоватых суглинков и суглинков с примесью гравия и известкового щебня. Среди слоев два стерильные, а четыре содержат остатки производства и орудия труда, а также палеонтологический и палинологический материал.

Среди орудий ведущее место занимают остроконечники, большей частью изготовленные из пластинчатых отщипов типа леваллуа, содержащих все четыре основные формы ударных площадок: гладкие, двуграничные, фасетированные прямые и фасетированные выпуклые. Наряду с остроконечниками, встречаются скребла, скребки, ножи, проколки, резцы и др.

По технике обработки материал из раннепалеолитического слоя Сакажиа относится к позднему леваллуа-мустье и аналогичен материалам из мустьерских слоев пещер Западной Грузии — Цуцхвати, Тетрациминда I, Джручула, Цона и др. [4—7].

Остатки ископаемых животных, собранные в нижнепалеолитических слоях Сакажиа, представлены в основном кухонными отбросами. Череп, челюсти и трубчатые кости расколоты на мелкие куски, и лишь зубы и отдельные фаланги попадают в неповрежденном виде. Кости сильно минерализованы и окрашены в светло-коричневый цвет. На некоторых образцах заметны поверхностные натечки кальцита. Большая часть этого материала настолько фрагментарна, что не поддается определению. Всего в культурных слоях, датируемых нижним палеолитом, собрано более 3000 костей конечностей и зубов, но определимых

насчитывается лишь 512 номеров. Нам удалось установить присутствие в мустьерских слоях пещеры Сакажиа следующих форм млекопитающих: речной бобр (*Castor fiber* L.), лисица (*Vulpes vulpes* L.), пещерный медведь (*Ursus spelaeus* Rosenm.), куница-белодушка (*Martes foina* Erxl.), носорог (*Rhinoceros* sp.), кабан (*Sus scrofa* L.), благородный олень (*Cervus elaphus* L.), лось (*Alces* sp.), козуля (*Capreolus capreolus* L.), западнокавказский тур (*Capra caucasica* Güld.) и первобытный зубр (*Bison prisus* Woj.). При этом около 77% ископаемых остатков принадлежит пещерному медведю. На втором месте по числу остатков стоит зубр (8%), затем следует западнокавказский тур (7%) и благородный олень (6%). Остальные животные представлены единичными находками.

Примечательно, что гораздо богаче и разнообразнее палеонтологический материал из верхнепалеолитических слоев Сакажиа. Здесь было собрано более полутора десятка тысяч костей животных, принадлежащих в основном к млекопитающим. Кроме уже перечисленных форм (за исключением носорога), согласно сведениям Е. И. Беляевой [8], В. И. Громовой [9] и Н. К. Верещагина [10], в позднем палеолите Сакажиа встречаются остатки волка (*Canis lupus* L.), бурого медведя (*Ursus arctos* L.), барсука (*Meles meles* L.), рыси (*Lynx lynx* L.), пещерного льва (*Panthera spelaea* Goldf.), дикобраз (*Hystrix* sp.), лошади (*Equus caballus* L.), плейстоценового осла (*Equus hydruntinus* Reg.) и серны (*Rupicapra rupicapra* L.).

Недостаточность сведений о мустьерской фауне, естественно, затрудняет ее сравнение с позднепалеолитическим комплексом, но реальность существующих различий в распределении количества костных остатков между отдельными видами животных не вызывает сомнений. Если в нижнепалеолитических слоях среди кухонных отбросов доминируют остатки пещерного медведя, то в верхнепалеолитических слоях первое место по числу остатков занимает первобытный зубр [10], а пещерный медведь — одно из последних. Это и понятно, так как, судя по данным исследования палеолита Центральной Европы и Кавказа, человек мустьерского времени охотился преимущественно на пещерных медведей, которые в то время были широко распространены, представляя, по-видимому, относительно доступную добычу для мустьерцев. С начала же позднего палеолита резко стали сокращаться численность и ареал этого зверя и люди позднекаменного века были вынуждены переключиться на питание главным образом копытными (зубры, туры, олени).

Бросается в глаза большое сходство раннепалеолитических фаун млекопитающих Сакажиа и Цуцхвати [11]. Общность этих фаун проявляется не только в господствующем положении в них пещерного медведя в одинаковом составе копытных (кабан, благородный олень, лось, западнокавказский тур, первобытный зубр), но и в почти одинаковом соотношении количества ископаемых остатков разных форм.

Нижнепалеолитический фаунистический комплекс пещеры Сакажиа характеризуется животными, населявшими леса, прибрежные пойменные заросли и заболоченные участки водоемов. В этой фауне доминируют обитатели лесных стаций при почти полном отсутствии представителей открытых пространств. Это не значит, однако, что их вовсе не было в плейстоценовой Колхиде. Остатки млекопитающих, обитателей степных и лесостепных ландшафтов, нередко попадают в мустьерских слоях Западной Грузии (Двойной грот, Верхняя и Бронзовая пе-

щеры Цущхვატი и др.), но они почти всегда единичны, что подтверждает мнение о весьма ограниченном распространении ареала обитания этих животных в плейстоцене рассматриваемой территории.

В пещере Сакажиа нами проведены и палинологические исследования. Всего из мустьерского разреза для палинологического анализа было взято шесть образцов. Следует отметить, что, по сравнению с другими пещерными отложениями Колхиды, разрез пещеры Сакажиа отличается бедностью спор и пылцы. Поэтому для получения нужных результатов (вычисление процентов для построения палинологической диаграммы) на каждый образец пришлось брать почти по 1 кг навески.

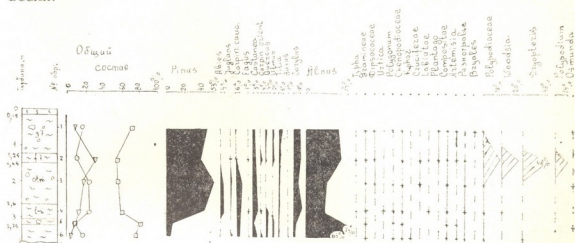


Рис. 1. Спорово-пыльцевая диаграмма отложений Сакажиа

В спорово-пыльцевых спектрах каждого слоя древесные (сосна, лихтя, граб, каштан, бук, дуб) и кустарниковые (самшит, лещина, ольха) породы преобладают над травянистыми и споровыми растениями (рис. 1). При этом таксономический состав растений относительно бедный. Тем не менее в комплексах представлены почти все основные таксоны, образующие нынешний лесной покров предгорной Колхиды. Эти данные, как и данные по ранее исследованным нами пещерам [6, 12], убеждают в большом сходстве мустьерских флористических комплексов с современной растительностью Колхиды, а следовательно, и в некоторой стабильности условий их развития во времени от мустьерской эпохи до наших дней.

Пещера Сакажиа примечательна и тем, что здесь в культурных слоях нижнепалеолитического времени обнаружены остатки ископаемого человека. Всего таких находок три: из горизонта 3<sup>d</sup> (глубина 4,5 м) извлечен фрагмент верхней челюсти древнего человека с слабо-стертыми С, Р<sup>1</sup>, Р<sup>2</sup> и М<sup>1</sup>, а из горизонта 3<sup>b</sup> (глубина 3,15 м) — два изолированных зуба.

Как фрагмент верхней челюсти, так и коренные зубы носят черты, свойственные палеоантропам (высокий свод неба, наличие хорошо выраженной предносовой ямки, отсутствие клыковой ямки, альвеолярный прогнатизм, массивность коренных зубов, высокая степень слияния корней, явственный тавродонтизм и др.), на основании которых сакажиец сближается с неандертальцами [13].

Академия наук Грузинской ССР

Институт палеобиологии

(Поступило 10.2.1979)



ა. ვეკუა, მ. ნიორადე, ნ. მამაცაშვილი, ნ. დეკანოზიძე

საკაჟიას მღვიმის პალეონტოლოგიური ნაშთები

რეზიუმე

საკაჟიას მღვიმის ნალექების პალეონტოლოგიური მონაცემებით მუსტიეს ხანის ფლორისტული კომპლექსები დიდ მსგავსებას იჩენენ კოლხეთის თანამედროვე მცენარეულ საფართან, რაც მათი განვითარების პირობების სტაბილურობას მოწმობს.

A. K. VEKUA, M. G. NIORADZE, N. S. MAMATSASHVILI,  
 N. V. DEKANOSIDZE

PALAEONTOLOGICAL REMAINS OF THE SAKAZHIA CAVE

Summary

Excavations in the Sakazhia cave (western Georgia) have revealed cultural beds containing flint artifacts and the remains of vertebrate fauna typical of the Mousterian. The food remnants point to the presence of the cave bear, wolf, fox, mustelid, Caucasian mountain goat, red deer, rhinoceros, etc.

Palynological studies of the deposits of the Sakazhia cave convince the investigators that there is considerable resemblance between the Mousterian floristic complexes and present-day Kolkhetian vegetation, this being indicative of the stability of the conditions of their evolution in time from the Mousterian to the present time.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. ვ. ნიორადე. ქვის ხანის ადამიანი საქაჟიას გამოქვაბულში. თბილისი, 1953.
2. М. Г. Ниорадзе. Сообщения АН ГССР, 75, № 3, 1974.
3. М. Г. Ниорадзе. Сообщения АН ГССР, 84, № 1, 1976.
4. Н. З. Бердзенишвили. Материалы археологии Грузии и Кавказа. Тбилиси, 1974.
5. Д. М. Тушабрамишвили. Пещеры Грузии, № 1. Тбилиси, 1963.
6. А. К. Векуа, Н. С. Мамацашвили, Д. М. Тушабрамишвили. Сообщения АН ГССР, 70, № 3, 1973.
7. А. Н. Каландадзе. Автореферат докт. дисс. Тбилиси, 1969.
8. Е. И. Беляева. Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода, № 6—7, 1940.
9. В. И. Громова. Изв. АН СССР, сер. биол., № 5, 1948.
10. Н. К. Верещагин. Млекопитающие Кавказа. М.—Л., 1959.
11. Л. К. Габуния, Д. М. Тушабрамишвили, А. К. Векуа. Бюлл. Комиссия по изучению четвертичного периода, № 47, 1977.
12. Н. С. Мамацашвили. Палинология плейстоцена и плиоцена. М., 1973.
13. Л. К. Габуния, М. Г. Ниорадзе, А. К. Векуа. Вопросы антропологии, № 2, 1978.





ბ. ჯორბენაძე

ფორმანტა შედგენილობისათვის ქართულში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა შ. ძიძიგურმა 28.2.1978)

1. ფორმანტა შედგენილობის კვლევა იმთავითვე გულისხმობს ფორმანტა ოდინდელი სტატუსის გათვალისწინებასაც:

2. ხმოვან-თანხმოვნით შედგენილ ფორმანტა (-ად, -ედ, -ოდ... -ან, -ენ... სა-, ნა-, მა... სი...) დაშლის შესაძლებლობის შესახებ კარგა ხანია სავსებით პოზიტიური აზრი არსებობს (არნ. ჩიქოვაძე, ვ. თოფურია). შესაძლებელია, ზოგჯერ გაჭირდეს იმ ფუნქციური კვალიფიკაციის გაზიარება, რომელიც სპეციალურ ლიტერატურაში ამა თუ იმ გამოყოფილ ელემენტს ეძლევა, მაგრამ საკუთრივ ფორმოზორივი ანალიზი, ფორმოზორივი სეგმენტაცია უმეტესწილ ეჭვს არ იწვევს.

3. ქართულში მართლაც წარმოჩნდება რამდენიმე ისეთი ფაქტი, რომლებიც შესაძლებელს ხდიან ხმოვან-თანხმოვნით (ასევე: თანხმოვან-ხმოვნით) შედგენილ ფორმანტა რთულ სტრუქტურაზე საუბარს:

ა) ფორმანტა წმინდა ფორმოზორივი შეპირისპირება:

- ა (ხატ-ვა) — -ლ (კოჭ-ლი)
- ავ (ხატ-ავ-ს) — -ალ (მო-წით-ალ-ო)
- ალ (მო-წით-ალ-ო) — -ელ (წით-ელ-ი)
- ამ (ა-ბ-ამ-ს) — -ილ (თბ-ილ-ი)...

პირველ შემთხვევაში ხმოვანია (ა) რამდენიმე ფორმანტისათვის საერთო, მეორე შემთხვევაში — თანხმოვანი (ლ). დამოუკიდებელი არსებობს -ა ფორმანტიც და -ლ ფორმანტიც. ბუნებრივია ვივარაუდოთ, რომ -ალ (ასევე: -ავ, -ამ, -ელ, ილ...) რთული შედგენილობისაა: -ა-ლ.

ბ) ანალოგიურ საბუთს იძლევა ფორმათა წმინდა ფორმოზორივი შეპირისპირება:

- უ-ძლ-ავ-ს — ს-ძლ-ევ-ს — ძლ-ივ-(ს).

დამატებით, აქ წარმოჩენილი ფუნქციური სხვაობაც გამოგვადგება საბუთად: -ა, -ე და -ი ფუნქციურად უპირისპირებს ერთმანეთს -ავ, -ევ და -ივ ფორმანტებით შედგენილ ფორმებს. ბუნებრივია, რომ ჩვენებული -ა, -ე, -ი ელემენტებისათვის დამოუკიდებელი ენობრივი სტატუსის მქონებლობა ვივარაუდოთ.

გ) რთულ ფორმანტა შემადგენელი აბსოლუტურად ყველა ელემენტო დამოუკიდებლადაც გამოიყენება ფორმანტის სტატუსით:

- გვაქვს, მაგალითად, -ელ: ცხ-ელ-ი,
- მაგრამ იმავდროულად გვაქვს -ე ფორმანტიც: სი-ცხ-ე
- და -ლ ფორმანტიც: ცე-ცხ-ლ-ი.

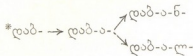
გვაქვს ს- პრეფიქსი: ს-რბ-ოდ-ა და გვაქვს ა- პრეფიქსი: ა-რბ-ენ-ინ-ებ-ს, იმავდროულად მოგვეპოვება სა- რთული პრეფიქსიც: სა-რბ-ენ-ი.

ანალოგიისათვის: ხომ აშკარად რთული შედგენილობისაა -ოვ-ან ფორმანტი (ცეცხლ-ოვ-ან-ი), ცალ-ცალკე გვხვდება -ოვ ფორმანტიც (ქს-ოვ-ს) და -ან ფორმანტიც (მ-ჩივ-ან-ი). მიუხედავად ამისა, გარკვეული ფუნქციისათვის -ოვ-ან დაუშლელია, ერთიანი ფორმანტია. ასეთივე გზა ივარაუდება ხმოვან-თანხმოვანით შედგენილი (-აღლ, -ელ... -ად, -ელ...) ფორმანტებისათვის.

დ) ხმოვანი და თანხმოვანი ფორმანტები, რომლებიც, როგორც წესი, შერწყმულიად გვხვდებიან, ზოგიერთ შემთხვევაში ერთმანეთს შეენაცვლებიან ხოლმე:

კოჭ-ა	თოვ-ა	თესა
კოჭ-ლ-ი	თოვ-ლ-ი	თეს-ლ-ი.

მამასადამე, -ა და -ლ ფორმანტებს დამაპირისპირებელი სტატუსიც აღმოაჩნდათ. თუ ასეა, ერთმანეთისაგან დამოუკიდებელივ სხვადასხვა ფუნქციის ჩვენების უნარი ჰქონიათ. აქედან გამომდინარე, შეიძლება ვივარაუდოთ: იქ, სადაც -ა და -ლ შეერთებულადაა (-აღლ) წარმოდგენილი, ისტორიულად მათ თავთავისი ფუნქცია შეჰქონდათ. ამ ფუნქციათა ნიველირება და -ა-ლ ტიპის შედგენილ ფორმანტთა ერთ ფორმანტად შერწყმა-გაგება გვიანდელი ფაქტია. ცნობილია: „დაბა“ ფორმა წარმოშობით რთული შედგენილობისაა: დაბ-ა, გვაქვს შესაძლებლობა აღვადგინოთ დაბ-ან ფორმა. იმავე ფუძეს უკავშირდება მ-დაბ-აღლ-ი ფორმაც. თუ ასეა, ფუძის წარმოქმნის დინამიკა ამ შემთხვევაში ასე წარმოგვიდგება:



განსაკუთრებით საინტერესოა ის შემთხვევები, როცა რომელიმე ხმოვანი და თანხმოვანი ფორმანტები ერთსა და იმავე ფუძესთან ცალ-ცალკეც გვხვდება და ერთადაც. მაგალითად, გვაქვს: ორ-ი, დასაშვებია მისი კნინობითი ფორმა ორ-ა, ასევე დასაშვებია ფორმა ორ-ნ-ი. იმავდროულად დამოწმებულია ამ ფორმანტთა კომბინირებით მიღებული ფორმაც: ორ-ა-ნ-ი („თვენი ესხნეს ორ-ა-ნ-ი-ლა...“ „ეფესისტყაოსანი“). აქ -ან აშკარად რთული შედგენილობისაა, -ა და -ნ ფორმანტებს თავთავისი ფუნქცია შენარჩუნებული აქვთ. სხვა შემთხვევაში ამ ფორმანტთაგან რომელიმეს ფუნქციის მოშლა ორი დამოუკიდებელი ფორმანტის ერთ დაუშლელ ფორმანტად შერწყმას გამოიწვევს. ამ თვალსაზრისით ღირსსაცნობია შემდეგი მონაცემი:

ა-რჩ-ევ-ს → ა-რჩ-ევ-ა → ა-რჩ-ევ-ა-ნ-ი → ა-რჩევ-ან-ი.

ა-რჩ-ევ-ა მასდარია, ა-რჩ-ევ-ა-ნ-ი არის იმავე მასდარის მრავლობითის ფორმა (გმობ-ან-ი, ტანჯ-ვ-ან-ი ტიპისა), მაგრამ ა-რჩ-ევ-ან-ი ფორმაში გაუჩინარდა მრავლობითობის გაგება, -ნ ფორმანტის ფუნქცია მოიშალა და იგი წინამავალ -ა ფორმანტს შეერწყა, ახალი ღირებულების მქონე -ან ფორმანტი მივიღეთ: იგი არც მასდარის ნიშანია და არც მრავლობითისა, ახალი ფუძის მაწარმოებლის სტატუსი აქვს მოპოვებული. არჩევან-ი უკვე სახელია, რომელსაც თავისი მრავლობითი მოვპოვება: არჩევან-ებ-ი. საინტერესოა ისიც, რომ -ან ელემენტი ამ ფუძეში იკუმშება ისევე, როგორც ანალოგიური სტრუქტურის მქონე სახელისთვისაა ქართულში დამახასიათებელი, შდრ.: აკვან-ი → აკვენ-ებ-ი. ბატკან-ი → ბატკენ-ებ-ი და ა. შ.



ე) შედგენილი ფორმანტების დაშლის შესაძლებლობას იძლევა ქართულში დამოწმებული ერთი თავისებური მოვლენაც, რომელსაც პირობითად პრეფიქს-სუფიქსთა სიმეტრიას ვუწოდებთ. იგულისხმება ერთი შედგენილობის მქონეებელი პრეფიქსების და სუფიქსების არსებობა:

- ა- (ა-კეთ-ებ-ს) — -ა (კეთ-ებ-ა)
- ე- (და-მ-ე-ხატ-ა) — -ე (და-ე-ხატ-ე)
- ი- (და-ი-ჭირ-ა) — -ი (ჭრ-ი-ს)
- სა- (სა-ხარ-ებ-ა) — -ას (მო-ყვ-ას-ი)
- ლა- (ლა-რტყ-ი) — -ალ (მო-წით-ალ-ო)
- მა- (მა-სწავლ-ებ-ელ-ი) — -ამ (ა-ბ-ამ-ს)
- ნა- (ნა-ტეხ-ი) — -ან (მ-ჩივ-ან-ი)
- სი- (სი-ხარ-ულ-ი) — -ის (კაც-ის) და ა. შ.

რა თქმა უნდა, -ალ სრულიადაც არ არის ლა- პრეფიქსის შებრუნებულ სახეობა, ისევე როგორც -ამ, -ან, -ას სუფიქსები მა-, ნა-, სა- პრეფიქსებისა. ძნელი დასაჯერებელია ამგვარი სარკისებრი არეკვლის ფაქტი ენაში. საქმის ვითარება სულ სხვაგვარია და ადვილად აიხსნება, თუკი -ალ, -ამ, -ან... ლა-, მა-, ნა- ფორმანტების რთულ შედგენილობას დავუშვებთ.

დასადგენია, რამ გამოიწვია ზმოვან-თანხმოვნის ნაირგვარი განლაგება თავიიდურა და ბოლოკიდურა პოზიციებში.

როგორც ჩანს, ზმოვანი ფორმანტი ისწრაფვის მიერთოს უშუალოდ ფუძეს, რაც ამა თუ იმ რთული შედგენილობის ფორმანტის ნაირგვარ განლაგებას იწვევს თავიიდურა და ბოლოკიდურა პოზიციებში, შდრ.:

#### ნა-ლექწ-ი ლაწ-ან-ი.

ორივე შემთხვევაში ფორმანტისეული -ა უშუალოდ ფუძის მეზობლობაში აღმოჩნდა.

4. ზემოთ მოცემული ანალიზის დროს მხედველობაში არ მიიღება ნაც-ვალსახელური (მაგალითად, მოთხრობითი ბრუნვის -მა) თუ სხვა ამგვარი წარმოშობის ფორმანტები, რომელთაც ფორმანტის სტატუსი გვიან მოიპოვეს.

5. ამრიგად, გამოიყო რამდენიმე ნიშანი იმის დასასაბუთებლად, რომ ზმოვან-თანხმოვნით (ასევე: თანხმოვან-ხმოვნით) შედგენილი ფორმანტები რთული სტრუქტურისაა, იშლება ურთიერთდამოუკიდებელ ზმოვან და თანხმოვან ფორმანტებად. ეს ნიშნები ცალ-ცალკე შესაძლოა არცერთი საკმარისი არ იყოს, ან ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლივ სხვაგვარი კვალიფიკაციის საშუალებას იძლეოდნენ, მაგრამ ერთად წარმოდგენილი, ვფიქრობთ, მარტო-ოდენ ზემოხსენებული დასკვნის გამოტანის შესაძლებლობას გვაძლევენ.

ამ თვალსაზრისით, სხვაგვარად დადგებოდა შემდეგი მიმართებების საკითხი:

- უ-ძლ-ავ-ს — ს-ძლ-ევ-ს
- მო-წით-ალ-ო — წით-ელ-ი
- წვ-ან-ან — ა-წვ-ენ-ენ
- ს-თნ-ავ-ს — ა-თნ-ევ-ს
- ს-თრ-ავ-ს — ა-თრ-ევ-ს და ა. შ.

ფორმანტა გახმოვანებას აქ არსებითად ფუნქციური დაპირისპირების გამოხატვა აკისრია, მაგრამ ნაირგვარი გახმოვანება (-ავ: -ევ, -ალ: -ელ) ფონე-

ტიკურად კი არ არის შეპირობებული, არამედ ოდინდელი მორფოლოგიური სტატუსის რელიქტია.

6. ცნობილია, რომ ენაში მოქმედებენ ფორმობრივი და სემანტიკური ყალიბები, რომლებიც ქმნიან ამა თუ იმ ენის ლინგვისტურ იერ-სახეს. მაგრამ ეს ყალიბები ენას მზამზარეულად არ ეძლევა, ენა თვით გამოიმუშავებს მათ. თვით ქმნის მათ. აქ იგულისხმება როგორც ამ ყალიბების შედგენილობა, ისე შემადგენელი ელემენტების შინაგანი ორგანიზაცია, შინაგანი ურთიერთობა, ურთიერთშეპირობებულობა.

ენობრივი ყალიბების ლინგვისტური იერ-სახე მუდმივ მოცემულობა არ არის, იგი შეიძლება იცვალოს და იცვლება კიდევც, ეს არ უშლის ენას ზღვს შეინარჩუნოს თავდაპირველი თავისთავადობა. ენობრივ ელემენტთა შორის დამოკიდებულებათა ცვლა არ ნიშნავს იმას, რომ ენაში საერთოდ იცვლება მიმართებათა სტატუსი: დამოუკიდებელი სტატუსის მქონე -ა და -ლ, რა თქმა უნდა, სულ სხვაგვარ დამოკიდებულებას აყარებენ ერთმანეთთან, ვინემ შერწყმული -აღ ფორმანტის შემადგენელი -ა და -ლ ელემენტები, მაგრამ მათი მიმართება -ე-ლ თუ -ელ მონაცემებთან ენაში მაინც შენარჩუნებულია...

7. ენის ფორმობრივი თუ ფუნქციური ყალიბების წარმოქმნის მექანიზმის შესწავლა ენათმეცნიერების ერთ-ერთი ძირითადი პრობლემაა.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(შემოვიდა 2.3.1978)

ЯЗЫКОВЕДЕНИЕ

Б. А. ДЖОРБЕНАДЗЕ

## К СТРУКТУРЕ ФОРМАНТОВ В ГРУЗИНСКОМ ЯЗЫКЕ

Резюме

На основании формального и функционального анализа сделан вывод об исконно сложной структуре в грузинском языке двухфонемных формантов, со временем слившихся в одно нерасчленяемое целое.

L. NGUIST.CS

B. A. JORBENADZE

## THE STRUCTURE OF AFFIXES IN GEORGIAN

Summary

An attempt is made to establish the compound structure of indivisible affixes in modern Georgian.





ლ. ხაშთანი

პირის და ჩვენებით ნაცვალსახელთა ხმარების თავისებურებანი  
მეცნიერებისა და ტექნიკის ენაში

(კ. ლ. ვოლფის „თეორიული ქიმიის“ მასალაზე)

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა შ. ძიძიურმა 24.3.1978)

ნაცვალსახელი არის ისეთი სიტყვა, რომელიც ფართოდ გამოიყენება კომუნიკაციის პროცესში. ნაცვალსახელის, როგორც მეტყველების ნაწილის, თავისებურება ისაა, რომ ის არ ასახელებს საგანს ან საგნის რაიმე ნიშანს, არამედ მიუთითებს მათზე. ამიტომ ამბობენ, რომ ნაცვალსახელი ერთგვარ მაგივრობას, ანუ ნაცვლობას ეწევა სახელებისას (არსებითისა, ზედსართავისა).

ჩვენი გამოკვლევის მიზანია პირის და ჩვენებით ნაცვალსახელთა ხმარების თავისებურებათა დადგენა მეცნიერებისა და ტექნიკის ენაში და მათი გავრცელების სიხშირის აღწერა ტექსტებში. საანალიზოდ შევარჩიეთ კ. ლ. ვოლფის „თეორიული ქიმიის“ [1] ორი თავი 154 გვერდის რაოდენობით. აღმოჩნდა, რომ აღნიშნულ ტექსტში სულ გვხვდება 55 ნაცვალსახელი, რომლებიც ხმარების სიხშირის მიხედვით განლაგდება შემდეგნაირად:

1. ჩვენებითი (Demonstrativpronomen) — 690 = 26,7%
2. პირისა (Personalpronomen) — 508 = 19,7%
3. განუსაზღვრელობითი (Indefinitpronomen) — 477 = 18,4%
4. მიმართებითი (Relativpronomen) — 390 = 15,1%
5. კუთვნილებითი (Possesivpronomen) — 249 = 9,6%
6. უკუქცევითი (Reflexivpronomen) — 223 = 8,6%
7. უარყოფითი (Negativpronomen) — 37 = 1,4%
8. კითხვითი (Interrogativpronomen) — 12 = 0,5%

როგორც ჩანს, ჩვენებითი და პირის ნაცვალსახელები გავრცელების მეტი მაჩვენებლებით ხასიათდება, ვიდრე სხვა სახის ნაცვალსახელები. ყველაზე მეტი სიხშირით გამოირჩევა ჩვენებითი ნაცვალსახელები. მათი სიხშირის განაწილება ასეთია:

1. dieser -e, -es, -e — 378 = 54,7%
2. der, die, das, die — 121 = 17,5%
3. solcher -e, -es, -e — 78 = 11,3%
4. derjenige, diejenige, dasjenige, diejenigen — 48 = 6,95%
5. selbst — 40 = 5,8%
6. es — 11 = 1,6%
7. derselbe, dieselbe, dasselbe, dieselben — 10 = 1,4%
8. jener, jene, jenes, jene — 4 = 0,6%

ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, რომ მეცნიერულ ტექსტებში ყველაზე უფრო გავრცელებულია ნაცვალსახელები *dieser* (-e, -es, -e), *der* (*die*, *das*, *die*), *solcher* (-e, -es, -e); ეს ნაცვალსახელები იხმარება აქ როგორც განსაზღვრება, ქვემდებარე ან დამატება. უფრო ჭარბობს ჩვენებით ნაცვალსახელთა განსაზღვრების ფუნქციით ხმარების შემთხვევები. მათი გავრცელების სისწორე ტექსტებში ასეთია:

<i>dieser</i> , -e, -es, -e	<i>der</i> , <i>die</i> , <i>das</i> , <i>die</i>	<i>solcher</i> , -e, -es, -e	სულ
279	75	60	414=72,1%

ამგვარად, ნაცვალსახელი *dieser* (-e, -es, e) უფრო ხშირად გვხვდება მეცნიერულ ტექსტებში განსაზღვრების ფუნქციით, ვიდრე სხვა სახის ნაცვალსახელები; უფრო მეტად კი—მრავლობითი რიცხვისა (*diese*—101-ჯერ, *die*—36-ჯერ, *solche*—30-ჯერ), მდებარეობითი (*diese*—118-ჯერ, *solche*—17-ჯერ, *die*—15-ჯერ) და მამრობითი სქესის (*dieser*—40-ჯერ, *der*—18-ჯერ) ფორმები. ეს ნაცვალსახელი ხშირად იხმარება საკვლევ ტექსტში როგორც წინამავალი გამონათქვამის დამაკავშირებელი სიტყვა „ზემოხსენებულის“ მნიშვნელობით. მაგალითად: „Die gesamte durch die Elektronenmasse  $m_0$  verkörperte *Energie* vom Betrag  $m_0 c^2$  sei elektrostatische *Energie* der in der Kugel zusammengeballten Ladungsmenge; zur Berechnung *dieser Energie* soll das Coulombsche Gesetz als innerhalb des Elektrons gültig angesehen werden“ ([1], გვ. 54).

ჩვენებითი ნაცვალსახელები, როგორც არსებით სახელთა „შემნაცვლებელი“ სიტყვები, საკმაო რაოდენობითაა გავრცელებული მეცნიერულ ტექსტებში (160)=27,9%. ნაცვალსახელი *das*, რომელიც ხშირად გვხვდება საკვლევ ტექსტში ქვემდებარის ფუნქციით (35-ჯერ), დგას რთული წინადადების დასაწყისში და ზანაზოვადებს წინამავალი გამონათქვამის არსს: „Weiter treten an vielen Kristallen unter dem Einfluss von Druck—und Temperaturänderungen elektrische Poläritäten zutage; das weist wiederum darauf hin, dass innerhalb der (nichtleitenden) Kristalle verschiebbare elektrische Ladungsträger vorhanden sind“ ([1], გვ. 46).

თავისებურ სინტაქსურ კონსტრუქციას ქმნის ნაცვალსახელი *diese* (*pl*), რომელიც იხმარება წინდებულებიან ბრუნვით შესიტყვებებში ორი წინადადების მიჯნაზე. მაგალითად: „Der von den einzelnen Koordinationszentren *Z* her gesehenen Symmetrie überlagern sich andere Symmetrieformen. Von diesen kommt der Anordnung von 6 Atomgruppen in regelmässigen ebenen Sechseck in der Chemie des Kohlenstoffes eine besondere Bedeutung zu“ ([1], გვ. 17).

ზემოხსენებულ ტექსტში ნაცვალსახელი *diese* გვხვდება ირიბი დამატების ფუნქციით. იგი ორ წინადადებას აკავშირებს ერთმანეთთან და თავისი ფუნქციით უახლოვდება კავშირს. ამ უკანასკნელისაგან განსხვავებით ნაცვალსახელი *diese* არ კარგავს თავის ლექსიკურ მნიშვნელობას, ე. ი. განმარტავს წინამავალი წინადადების შინაარსს. წინადადებები, რომლებიც „გადამბულია“ ამ საკავშირებელი სიტყვით, აზრობრივად ექვემდებარება ერთმანეთს და ეს დამოკიდებულება შეიძლება იყოს მიზეზ-შედეგობრივი, მიზნის და ა. შ. მაგალითად: „Durch geeignete Erweiterung dieses Verfahrens konnte

schliesslich Chadwick auch noch die Grösse der Kernladung  $Z$  bestimmen. Er fand die Tabelle 18 zusammengestellten Ergebnisse. *Aus diesen folgt unmittelbar, worauf wir oben bereits mittelbar geschlossen hatten, dass die Ordnungszahl gleich der Zahl der positiven Elementarladungen des Kerns ist* ([1], გვ. 103).

ამ წინადადებათა ურთიერთკავშირი იმაში ვლინდება, რომ მეორე განმარტავს პირველს, რასაც ვალწევთ მეორე წინადადებაში ჩვენებითი ნაცვალსახელის diese-ს ხმარებით. როგორც ჩანს, ენობრივი გამოხატვის ეს ფორმები თავისებურ ფუნქციას ასრულებს ენის სისტემაში. საჭიროა მათი საფუძვლიანი შესწავლა მეთოდური თვალსაზრისით. უცხოური ენის სწავლების გაუმჯობესებისათვის განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ამ ფორმებს, შესწავლილ იქნეს მათი თავისებურებანი და შეიქმნას სათანადო საფარჯიშოების სისტემა: მხედველობაში უნდა მივიღოთ ისიც, რომ ამ ფორმათა ხმარებასთან დაკავშირებულია პუნქტუაციის განსაზღვრული წესებიც, რომელთა შესწავლას დიდი მნიშვნელობა აქვს მეტყველებისა და წერის კულტურის განვითარებისათვის უცხოური ენის შესწავლის პროცესში.

პირის ნაცვალსახელები უფრო ნაკლები რაოდენობითაა გავრცელებული მეცნიერულ ტექსტებში (508) = 19,7%, ვიდრე ჩვენებითი. ყველაზე მეტი სიხშირით გამოირჩევა მხოლოდითი და მრავლობითი რიცხვის მესამე პირისა — er, sie 227), es (100) და მრავლობითი რიცხვის პირველი პირის ნაცვალსახელი — wir (178); მესამე პირის ნაცვალსახელის რიცხობრივი სიჭარბე შეიძლება იხსნას იმით, რომ ეს ნაცვალსახელი ერთგვარ მაგივრობას ანუ ნაცვლობას ეწევა სახელებისა და მეცნიერულ ტექსტებში ზოგადმაჩვენებლის ფუნქცია აქვს. ამ ფუნქციის განვითარებას ხელს უწყობს ის, რომ ასეთი ნაცვალსახელი თავისი ფუნქციის მიხედვით ნაკლებად არის „პირისა“ და უფრო მეტად ემსგავსება ჩვენებით ნაცვალსახელს. ამ უკანასკნელისაგან იგი განსხვავდება მხოლოდ იმით, რომ პირის ნაცვალსახელი მეცნიერულ ტექსტებში გვევლინება საგანთა „შემნაცვლებელ“ სიტყვად, მაშინ როდესაც ჩვენებითი ნაცვალსახელი იხმარება როგორც განსაზღვრება, ქვემდებარე ან დამატება. მაგალითად: „Gestalt ist stets unversehrt, denn wo immer sie ist, ist sie ganz oder nicht“ ([1], გვ. 9).

მრავლობითი რიცხვის პირველი პირის ნაცვალსახელთა (wir) ხმარება ნიშანდობლივია მეცნიერული ენისათვის. ეს ნაცვალსახელი არ აღნიშნავს მეცნიერულ ტექსტებში რომელიმე კონკრეტულ პირს. გრამატიკულ პირს აქ აქვს განუსაზღვრელი და განზოგადებული მნიშვნელობა. მაგალითად „Wir werden diese Vermutung später bestätigen können“ ([1], გვ. 68).

Wir ნაცვალსახელის ხმარების ასეთი თავისებურება გამოწვეულია მეცნიერული ენის სპეციფიკით, სადაც პირის კატეგორია იჩმალება ფორმათა განუსაზღვრელობითა და განზოგადებულობით. აქ ნაკლებად ჩანს ავტორის ენა, ყურადღება მიპყრობილია თხრობის შინაარსსა და ლოგიკურ თანმიმდევრობაზე და არა სუბიექტზე. ამიტომ იშვიათად გვხვდება პირველი პირი — ich (3-ჯერ) და თითქმის არ იხმარება მეორე პირი — du, ihr.

ამრიგად, მეცნიერების კონკრეტული დარგის ენას აქვს ენობრივი საშუალებათა შერჩევისა და ხმარების სპეციფიკა. მეცნიერულ ტექსტებში ყველაზე უფრო გავრცელებულია ჩვენებითი ნაცვალსახელები, რომლებიც იხმარება როგორც წინამავალი ტექსტის დამაკავშირებელი სიტყვა „შემოსხენებლის“



მნიშვნელობითა და წინადადებაში ასრულებს განსაზღვრების ფუნქციას. ჩვენებითი ნაცვალსახელები, როგორც არსებით სახელთა „შემნაცვლებელი“ სიტყვები, გვხვდება რთულ წინადადებაში ქვემდებარის ფუნქციით; ნაცვალსახელი *diese* (pl) კი იხმარება როგორც დამატება წინდებულიან-ბრუნვით შესიტყვებებში ორი წინადადების მიჯნაზე და თავისი ფუნქციით უახლოვდება კავშირს. პირის ნაცვალსახელებიდან ყველაზე მეტი სიხშირით გამოირჩევა მხოლოდითი და მრავლობითი რიცხვის მესამე პირისა (*er, sie, es, sie*) და მრავლობითი რიცხვის პირველი პირის (*wir*) ნაცვალსახელები, რომლებსაც აქვს მეტწიერულ ტექსტებში ზოგადმაჩვენებლის ფუნქცია.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(შემოვიდა 24.3.1978)

ЯЗЫКОЗНАНИЕ

Л. Д. ХАВТАСИ

ОСОБЕННОСТИ УПОТРЕБЛЕНИЯ ЛИЧНЫХ И УКАЗАТЕЛЬНЫХ  
МЕСТОИМЕНИЙ В ЯЗЫКЕ НАУКИ И ТЕХНИКИ  
(НА МАТЕРИАЛЕ «ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ХИМИИ» К. Л. ВОЛЬФА)  
Резюме

В статье рассматривается малоизученный вопрос немецкой лексики—особенности употребления личных и указательных местоимений в языке науки и техники.

В научных текстах наиболее широко распространены указательные местоимения, играющие роль определения, а также слова, отсылающие к предшествующему тексту и употребляемые в значении «вышеназванный». Указательные местоимения встречаются в сложных предложениях в роли подлежащего, а местоимение *diese* (pl) употребляется как дополнение на границе двух предложений и по своему значению приближается к союзу. В научных текстах личные местоимения (*er, sie, es, sie, wir*) имеют функцию общей указательности.

LINGUISTICS

L. D. KHAVTASI

THE SPECIFICITIES OF THE USE OF PERSONAL AND  
DEMONSTRATIVE PRONOUNS IN SCIENTIFIC AND TECHNICAL  
LANGUAGE (ACCORDING TO K. L. WOLF'S *THEORETISCHE  
CHEMIE*)

Summary

The paper deals with the specificities of the use of Personal and Demonstrative Pronouns in the language of science and technology—a little-studied problem of German lexicology.

In scientific texts Demonstrative Pronouns, in the role of attributes, are most widespread, as well as words referring the reader to the preceding text and meaning “the above-mentioned”. Demonstrative Pronouns occur in complex sentences in the role of the subject, whereas the pronoun *diese* (pl) is used as an object at the boundary of two sentences, in its meaning coming close to a conjunction. In scientific texts Personal Pronouns (*er, sie, es, sie, wir*) are used as general indicators.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. K. L. Wolf. *Theoretische Chemie*. Leipzig, 1954.



## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

1. В журнале «Сообщения АН ГССР» публикуются статьи академиков, членов-корреспондентов, научных работников системы Академии и других ученых, содержащие еще не опубликованные новые значительные результаты исследований. Печатаются статьи лишь из тех областей науки, номенклатурный список которых утвержден Президиумом АН ГССР.

2. В «Сообщениях» не могут публиковаться полемические статьи, а также статьи обзорного или описательного характера по систематике животных, растений и т. п., если в них не представлены особенно интересные научные результаты.

3. Статьи академиков и членов-корреспондентов АН ГССР принимаются непосредственно в редакции «Сообщений», статьи же других авторов представляются академиком или членом-корреспондентом АН ГССР. Как правило, академик или член-корреспондент может представить для опубликования в «Сообщениях» не более 12 статей разных авторов (только по своей специальности) в течение года, т. е. по одной статье в каждый номер, собственные статьи—без ограничения, а с соавторами—не более трех. В исключительных случаях, когда академик или член-корреспондент требует представления более 12 статей, вопрос решает главный редактор. Статьи, поступившие без представления, передаются редакцией академику или члену-корреспонденту для представления. Один и тот же автор (за исключением академиков и членов-корреспондентов) может опубликовать в «Сообщениях» не более трех статей (независимо от того, с соавторами она или нет) в течение года.

4. Статья должна быть представлена автором в двух экземплярах, в готовом для печати виде, на грузинском или на русском языке, по желанию автора. К ней должны быть приложены резюме—к грузинскому тексту на русском языке, а к русскому на грузинском, а также краткое резюме на английском языке. Объем статьи, включая иллюстрации, резюме и список цитированной литературы, приводимой в конце статьи, не должен превышать четырех страниц журнала (8000 типографских знаков), или шести стандартных страниц машинописного текста, отпечатанного через два интервала (статья 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. Подрисовочные подписи, сделанные на языке основного текста, должны быть представлены на отдельном

листе. Не следует приклеивать фото и чертежи к листам оригинала. На полях оригинала автор отмечает карандашом, в каком месте должна быть помещена та или иная иллюстрация. Не должны представляться таблицы, которые не могут уместиться на одной странице журнала. Формулы должны быть четко вписаны чернилами в оба экземпляра текста; под греческими буквами проводится одна черта красным карандашом, под прописными — две черты черным карандашом снизу, над строчными — также две черты черным карандашом сверху. Карандашом должны быть обведены полукругом индексы и показатели степени. Резюме представляются на отдельных листах. В статье не должно быть исправлений и дополнений карандашом или чернилами.

9. Список цитированной литературы должен быть отпечатан на отдельном листе в следующем порядке. Вначале пишутся инициалы, а затем — фамилия автора. Если цитирована журнальная работа, указываются сокращенное название журнала, том, номер, год издания, а если цитирована книга, — полное название книги, место и год издания. Если автор считает необходимым, он может в конце указать и соответствующие страницы. Список цитированной литературы приводится не по алфавиту, а в порядке цитирования в статье. При ссылке на литературу в тексте или в сносках номер цитируемой работы помещается в квадратные скобки. Не допускается вносить в список цитированной литературы работы, не упомянутые в тексте. Не допускается также цитирование неопубликованных работ. В конце статьи, после списка цитированной литературы, автор должен подписаться и указать место работы, занимаемую должность, точный домашний адрес и номер телефона.

10. Краткое содержание всех опубликованных в «Сообщениях» статей печатается в реферативных журналах. Поэтому автор обязан представить вместе со статьей ее реферат на русском языке (в двух экземплярах).

11. Автору направляется корректура статьи в сверстном виде на строго ограниченный срок (не более двух дней). В случае невозвращения корректуры к сроку редакция вправе приостановить печатание статьи или печатать ее без визы автора.

12. Автору выдается бесплатно 25 оттисков статьи.

(Утверждено Президиумом Академии наук Грузинской ССР 10.10.1968; внесены изменения 6.2.1969).

Адрес редакции: Тбилиси 60, ул. Кугузова, 19, телефоны 37-22-16, 37-93-42.

Почтовый индекс 380060

Условия подписки: на год — 12 руб.

## ა ბ ტ ო რ ტ ა ს ა ყ უ რ ა დ 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 გამოუქვეყნებულ შედეგებს. წერილები ქვეყნდება მხოლოდ იმ სამეცნიერო დარგებიდან, რომელთა ნომენკლატურული სია დამტკიცებულია აკადემიის პრეზიდიუმის მიერ.

2. „მოამბეში“ არ შეიძლება გამოქვეყნდეს პოლემიკური წერილი, აგრეთვე მიმოხილვით 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, აკადემიკოსს ან წევრ-კორესპონდენტს „მოამბეში“ დასაბუქდალ წელიწადში შეუძლია წარმოადგინოს სხვა ავტორთა არა უმეტეს 12 წერილისა (მხოლოდ თავისი სპეციალობის მიხედვით), ე. ი. თითოეულ ნომერში თითო წერილი. საკუთარი წერილი — რამდენიც სურს, ხოლო თანაავტორებთან ერთად — არა უმეტეს სამი წერილისა. გამოჩაყლის შემთხვევაში როცა აკადემიკოსი ან წევრ-კორესპონდენტი მოითხოვს 12-ზე მეტი წერილის წარდგენას, საკითხს წყვეტს მთავარი რედაქტორი. წარდგინების გარეშე შემოსულ წერილს „მოამბის“ რედაქცია წარმოსადგენად გადასცემს აკადემიკოსს ან წევრ-კორესპონდენტს. ერთსა და იმავე ავტორს (გარდა აკადემიკოსისა და წევრ-კორესპონდენტისა) წელიწადში შეუძლია „მოამბეში“ გამოაქვეყნოს არა უმეტეს სამი წერილისა (სულ ერთთა, თანაავტორებთან იქნება იგი, თუ ცალკე).

4. წერილი წარმოდგენილი უნდა იყოს ორ ცალად, დასაბუქდალ სავესებით შუა სახით, ავტორის სურვილისამებრ ქართულ ან რუსულ ენაზე. ქართულ ტექსტს თან უნდა ახლდეს რუსული და მოკლე ინგლისური რეზიუმე, ხოლო რუსულ ტექსტს — ქართული და მოკლე ინგლისური რეზიუმე. წერილის მოცულობა ილუსტრაციებითურთ, რეზიუმეებითა და დამოწმებული ლიტერატურის ნუსხითურთ, რომელიც მას ბოლოში ერთვის, არ უნდა აღემატებოდეს ჟურნალის 4 გვერდს (8000 სასტამბო ნიშანი), ანუ საწერ მანქანაზე ორი ინტერვალით გადაწერილ 6 სტანდარტულ გვერდს (ფორმულებიანი წერილი კი 5 გვერდს). არ შეიძლება წერილები ნაწილებად დაყოფა სხვადასხვა ნომერში გამოსაქვეყნებლად. ავტორისაგან რედაქცია ღებულობს თვეში მხოლოდ ერთ წერილს.

5. აკადემიკოსთა ან აკადემიის წევრ-კორესპონდენტთა წარდგინება რედაქციის სახელზე დაწერილი უნდა იყოს ცალკე ფურცელზე წარდგინების თარიღის აღნიშვნით. მასში აუცილებლად უნდა აღინიშნოს, თუ რა არის ახალი წერილი, რა მეცნიერული ღირებულება აქვს მას და რამდენად უმასულებს ამ წყევებს 1 მუხლის მოთხოვნას.

6. წერილი არ უნდა იყოს გადატირთული შესავლით, მიმოხილვით, ცხრილებით, ილუსტრაციებითა და დამოწმებული ლიტერატურით. მასში მთავარი ადგილი უნდა ჰქონდეს დამოუხილვი საკუთარი გამოკვლევების შედეგებს. თუ წერილში გზადგება, ქვეთავების მიხედვით გადმოცემულია დასკვნები, მაშინ საჭირო არაა მათი განემორბება 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 აღნიშნოს იმ დაწვეთებულებს სრული სახელწოდება და ადგილმდებარეობა, სადაც შესრულებულია შრომა.

8. ილუსტრაციები და ნახაზები წარმოდგენილ უნდა იქნეს თითო ცალად კონვერტით. ამასთან, ნახაზები შესრულებული უნდა იყოს კალკაზე შავი ტუშით. წარწერები ნახაზებს უნდა გაუკეთდეს კალიგრაფიულად და ისეთი ზომისა, რომ შემცირების შემთხვევაშიც კარგად იკითხებოდეს. ილუსტრაციების ქვემო წარწერების ტექსტი წერილის ძირითადი ტექსტის ენაზე წარმოდგენილ უნდა იქნეს ცალკე ფურცელზე. არ შეიძლება ფოტოებისა და

ხაზების დაწებება დედნის გვერდებზე. ავტორმა დედნის კიდზე ფანქრით უნდა აღვიღოს 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 გაეყვას ხაზი წითელი ფანქრით, მთავრულ ასოებს — ქვემოთ ორ-ორი პატარა ხაზი შავი ფანქრით, ხოლო არამთავრულ ასოებს — ზემოთ ორ-ორი პატარა ხაზი შავი ფანქრით. ფანქრითვე უნდა შემოიფარგლოს ნახევარწრით ნიშნაგებიც (ინდექსები და ხარისხის მაჩვენებლები). რეზიუმეები წარმოდგენილ უნდა იქნეს ცალ-ცალკე ფურცლებზე. წერილში არ უნდა იყოს ჩასწორებები და ჩამატებები ფანქრით ან მელნით.

9. დამოწმებული ლიტერატურა უნდა დაიბეჭდოს ცალკე ფურცელზე. საჭიროა დაცულ იქნეს ასეთი თანმიმდევრობა: ავტორის ინიციალები, გვარი. თუ დამოწმებულია საერთაშორისო 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 ნაჩვენებია უნდა იყოს შესაბამისი ნომერი დამოწმებული შრომისა. არ შეიძლება დამოწმებული ლიტერატურის ნუსხაში შევიტანოთ ისეთი შრომა, რომელიც ტექსტში მითითებული არ არის. ასევე არ შეიძლება გამოუქვეყნებელი შრომის დამოწმება. დამოწმებული ლიტერატურის ბოლოს ავტორმა უნდა მოაწეროს ხელი, აღნიშნოს სად შეშაობს 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 წააკეთხად ეძლევა თავისი წერილის გვერდებად შეკრული კორექტურა მკაცრად განსაზღვრული ვადით (არა უმეტეს ორი დღისა). თუ დადგენილი ვადისათვის კორექტურა არ იქნა დაბრუნებული, რედაქციას უფლება აქვს შეაჩეროს წერილის დაბეჭდვა ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.

12. ავტორს უფასოდ ეძლევა თავისი წერილის 25 ამონაბეჭდი.

(დამტკიცებულია საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის პრეზიდიუმის მიერ 10.10.1968; შეტანილია ცვლილებები 6.2.1969)

რედაქციის მისამართი: თბილისი 60, კუტუზოვის ქ. № 19; ტელ. 37-22-16, 37-93-42.

საფოსტო ინდექსი 380060

ხ ე ლ მ ო წ ე რ ი ს პ ი რ ო ბ ე ბ ი: ერთი წლით 12 მან.



б. 49/120

ԳՅՆՈ 1 ՅՅԵ.  
ЦЕНА 1 РУБ.

ИНДЕКС 76181