

524

1989 № 2



ISSN—0132—1447

საქართველოს სსრ  
მეცნიერებათა აკადემიის

**მოაზა**

**СООБЩЕНИЯ**

АКАДЕМИИ НАУК  
ГРУЗИНСКОЙ ССР

**BULLETIN**

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE GEORGIAN SSR

ტომი 133 TOM

№ 3

მარტი 1989 MART

თბილისი • ТБИЛИСИ • TBILISI

524  
1989 №3  
პ. 133  
III

საქართველოს სსრ  
მეცნიერებათა აკადემიის

გზაგადასასრული

142

СООБЩЕНИЯ

АКАДЕМИИ НАУК  
ГРУЗИНСКОЙ ССР

BULLETIN

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE GEORGIAN SSR

ტომი 133 TOM

№ 3

მარტი 1989 MART



ჟურნალი დაარსებულია 1940 წელს  
Журнал основан в 1940 году

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ყოველთვიური სამეცნიერო ჟურნალი „მოამბე“  
ქართულ, რუსულ და ინგლისურ ენებზე

Ежемесячный научный журнал АН Грузинской ССР „Сообщения“  
на грузинском, русском и английском языках

ს ა რ მ დ ა ჭ ც ი ო კ ო ლ მ გ ი ა

მ. ალექსიძე, თ. ანდრონიკაშვილი, თ. ბერიძე (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), თ. გამყრელიძე, ე. გამყრელიძე, გ. გველესიანი, ვ. გომელაური, რ. გორდენჯიანი (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), მ. ზაალიშვილი, ა. თავხელიძე (მთავარი რედაქტორი), გ. კვეციანი, ი. კიკელიძე (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), თ. კობახიძე, ჯ. ლომინაძე, რ. მეტრეველი, დ. მუსხელიშვილი (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), ბ. ნანიანი, მ. ნანიანი, მ. სალუქვაძე (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), ე. სეხნიაშვილი, თ. ურუშაძე, გ. ციციშვილი, გ. ჯორჯიანი, მ. ხინგია

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

М. А. Алексидзе, Т. Г. Андроникашвили, Т. Г. Беридзе (заместитель главного редактора), Т. В. Гамкрелидзе, Э. П. Гамкрелидзе, Г. Г. Гвелесиани, В. И. Гомелаури-Р. Б. Гордзениани (заместитель главного редактора), М. М. Заалишвили, Г. И. Квесицანი, И. Т. Кигурадзе (заместитель главного редактора), Т. И. Копалешвили, Д. Г. Ломинадзе, Р. В. Метревели, Д. Л. Мухелишвили (заместитель главного редактора), Б. Р. Нанеишвили, Т. Н. Онииани, М. Е. Салуквадзе (заместитель главного редактора), Э. А. Сехнишвили, А. Н. Тавхелидзе (главный редактор), Т. Т. Урушадзе, М. В. Хвингия, Г. Ш. Цицишвили, Г. С. Чогошвили

პასუხისმგებელი მდივანი ა. იაკობაშვილი  
Ответственный секретарь А. Б. Якобашвили

რედაქციის მისამართი: 380060, თბილისი, კუტუშოვის ქ. 19, ტელ. 37-22-16.  
საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის სტამბა 380060, კუტუშოვის ქ. 19, ტელ. 37-22-97.

Адрес редакции: 380060, Тбилиси, ул. Кутузова 19, тел. 37-22-16.  
Типография АН ГССР. 380060, Тбилиси, ул. Кутузова 19, тел. 37-22-97.

გადაეცა წარმოებას 25.01.1989. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 23.04.1989. ფორმატი 70×108<sup>1/16</sup>. მაღალი ბეჭდვა. პირბითი ნაბ. თ. 14. პირ. საღ.-გატარება 14.8. სალიტირგო-სავაჭრომცემლო თაბაბი 18.5. ტირაჟი 1100. უე 08702 შეკვ. № 520, ფასი 1 მ. 90 კაბ.

Сдано в набор 25.01.1988. Подписано к печати 23.04.1989. Формат 70×108<sup>1/16</sup>. Печать высокая. Усл. печ. л. 14.8, уч.-изд. л. 14, усл. кр.-отг. 14.8. Тираж 1100. УЭ 08702. Зак. № 520. Цена 1 р. 90 к.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, 1989.  
Сообщения АН ГССР, 1989.

524  
1989  
საქართველოს  
საბჭოთაო  
საზღვრო  
საგარეო  
აფხაზეთის  
საქართველო

შ ი ნ ა ა რ ს ი

მათემატიკა

|  |     |
|--|-----|
| *ა. გორუბაევი. სიერცეთა ბიკომპაქტურ გაფართოებათა შესახებ                         | 467 |
| *გ. სოხაძე. შემთხვევით შემფოთებებიანი არაწრფივი განტოლებების ერთი კლასის შესახებ | 471 |
| *მ. ბალაძე. ზონოიდებისათვის სეკეფალვი — ნადის პრობლემების შესახებ                | 475 |
| *თ. ფირაშვილი. რგოლთა ახალი ჰომოლოგიები და კომპოლოგიები                          | 480 |
| *ი. ჯვარშიევილი. უწყვეტი პარამეტრის ასიმპტოტური მარტინგალის შესახებ              | 483 |
| *რ. ნადირაძე. კობორდიზმების სხვადასხვა თეორიის ელიფსური გვარები                  | 487 |
| *თ. კანდელაკი. $Z_2$ -გრადუირებული $C^*$ -კატეგორიების $K$ -თეორიის შესახებ      | 492 |
| *ნ. ფაჩულია. ფურის მწკრივის ძლიერად შეჭამებადობის წერტილების შესახებ             | 496 |
| *ა. ლაშხი. მოდულების პარმონიული ასახვები და კოლინეაციები                         | 500 |
| *ა. ხარაზიშვილი. საესებით არასრულყოფილი სიმრავლეების ბორესიუსული გადასახვები     | 504 |

მეჩანება

|   |     |
|---|-----|
| *რ. აღამია (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ბ. ძნელაძე. საგუთნე დანადგარების ოპტიმალური დაპროექტების საკითხისათვის                  | 507 |
| *ბ. ბანძელაძე. ავტომობილის დაყვანილი სქემის განზოგადებული უგანზომილებო პარამეტრების განსაზღვრის საკითხისათვის                                     | 511 |
| *ნ. ჯღამაძე. გაზური დინამიკის ორგანზომილებიანი განტოლებებისათვის დიფერენციალურ-სხვაობიანი სქემის კრებადობა (იდეალური გაზისათვის)                  | 516 |
| *გ. ყირმელაშვილი. ჰიდრაერთონარევის ნაყადის დრეკადობის ცვლილების გავლენა ჰიდრაულიური დარტყმის ტალღის გავრცელების სიჩქარეზე მულტიკვითიან მილსადენში | 520 |

დრეკადობის თეორია

|  |     |
|--|-----|
| *ლ. დობოჯგინიძე. ერთი შენიშვნა დრეკადობის ბრტყელ არაწრფე თეორიაში შტამპის ფუძის პროფილის უხელსაყრელესი არჩევის შესახებ | 524 |
|--|-----|

ფიზიკა

|   |     |
|---|-----|
| *ი. პანჩენკო. ლენგმიურის ტალღების მოდულაციური არამდგრადობა აღზნებულ ელექტრონების კონით დაჯახებად პლაზმაში   | 528 |
| *ლ. ბიჩკოვა, გ. გეგიაძე, რ. გულიაევი, ო. დავარაშვილი, ნ. კეკელიძე, ი. კურიცინი, ვ. კრივცუნო, ა. შოტოვი. თხევადი ეპიტაქსისის მეთოდით შექმნილი ინტეგრირებული პეტეროლაზერების $PbSe(PbSnSeTe)PbSe$ გამოყენების შესაძლებლობის შესახებ მაღალი გარჩევის სპექტროსკოპიაში |     |

\* ვარსკვლავით აღნიშნული სათაური ეკუთვნის წერილის რეზიუმეს.

საქ. სსრ კ. მარქსის  
ს.ხ. სახ. რესპუბ.  
გ ბ ლ ი ო თ ე ა

- \*ა. ბიჩინაშვილი, ე. ლაბარტყავა, ი. არველაძე, ნ. არჩვაძე.  
 წმკ-ცწტ გარდაქმნების შესწავლა შეცხოვილ Mn—Cu მასალებში რენტგენული  
 მეთოდით 536
- \*თ. აღდვიშვილი, ა. ალექსანდროვი, ა. გაბეშია, თ. ნაკერიანი.  
 იონოსფეროს ნათების ფოტომეტრიული გაზომვები რაკეტის ბორტიდან ნეი-  
 ტრალური ლითუმისა და ლითუმის პლასმის ინექციის დროს 540
- \*მ. კეკუა. სილიციუმ-გერმანიუმის განზავებული მყარი ხსნარების კრისტალების  
 მიკროსისალის დამოკიდებულება თერმოდამუშავების ტემპერატურასთან 543
- \*მ. ვარდიანიშვილი, ვ. მატევევი, ლ. სლევჩინკო, ვიკ — კუტკოსკის  
 სამგანზომილებიანი ამოცანის ზუსტი ამონახსნი 547

#### გეოფიზიკა

- \*დ. დემეტრაშვილი. ტემპერატურის დღელაღური მსკვლელობის პიდროდინამიკუ-  
 რი პროგნოზის საკითხისათვის 552
- \*თ. აღდვიშვილი, ა. გაბეშია, ა. ჯინჭარაძე, ნ. ყანთელაძე, ა. ლი-  
 ვშიცი, თ. ნავერიანი, ი. რომანოვსკი. სამარხიანი საბორტო სპექ-  
 ტროფოტომეტრის გამოკვლევა და მოკლე აღერა 555

#### ანალიზური ქიმია

- მ. ოკუჯავა (საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), გ. ჭანკვეტაძე,  
 მ. რუხაძე, მ. როგავა. ბენზონალის და კარბამაზებინის ერთდროული  
 რაოდენობრივი განსაზღვრა მაღალეფექტური თხევადი ქრომატოგრაფიის მეთო-  
 დით 559
- \*ს. კრეინგოლდი, გ. ზიკოვა, ე. იუტალი, მ. ბაშარაძე, ნ. ძოწე-  
 ნიძე. ფოსფორშემცველი ლიგანდების ფოტომეტრული განსაზღვრა, დაფუძნე-  
 ბული Mo (VI)-თან მათი კომპლექსების ასკორბინის მქავით აღდგენაზე 564
- \*ი. შათირიშვილი, ვ. ჯაფარიძე. ანიონებისა და არაორგანული კათიონების  
 განსაზღვრა ქართულ ღვინოებში იონური ქრომატოგრაფიის მეთოდით 568

#### ორგანული ქიმია

- \*რ. გიგაური, ა. რობაქიძე, ნ. გურგენიძე, მ. ინჯია. დიალიკალო-  
 გენარსინების სინთეზი და კვლევა 527

#### ფიზიკური ქიმია

- \*ნ. ნადირაძე, თ. ანდრონიკაშვილი (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კო-  
 რესპონდენტი), ვ. ბერიოჟკინი. აირ-მატარებლის ბუნების გავლენა ნახ-  
 შირწყალბადური გაზების განაწილების ხასიათზე სისტემაში აღსორბენტი —  
 მყარი სარჩული 575
- \*გ. ჩანჩანიძე, მ. ხუნდაძე. მეტალური ფერომაგნეტიკების ფაზური გარდაქმნე-  
 ბის ენთალპიის შესწავლა კრიტიკული ტემპერატურის მიდამოებში 579
- \*ე. ბენაშვილი, ნ. ხხირტაძე, კ. კვიციანიშვილი. თხევადი საწვავე-  
 ბიდან მერკაპტანების გამოყოფა ანალიტიკური ქიმიკების გამოყენებით 583

## ელექტრონიკა

- \*ე. შავგულიძე, პ. გოგოლაძე, ჯ. ჯაფარიძე. კაღმუშის პლოგენ-  
 და თიოციანატ-კომპლექსების პოტენციომეტრიული შესწავლა ეთილენ-გენ-  
 გლიკოლში და მეთანოლში 582

## ზარმავრობა

- \*ლ. ქაეთარაძე. 5α-ანდროსტანდიონ-3,17-ის ერთსტადიანი სინთეზის 3β-აცე-  
 ტოქსი-5α-პრეგნ-16-ენ-20-ონის ოქსიმიდან 593

## ბიოლოგია

- \*გ. ბუაჩიძე, ი. ნევეინსკი, ტ. ცვეტკოვა. ურანის, თორიუმისა და კალიუ-  
 მის განსაზღვრა ქანებში 596

## ბიომიკრობიოლოგია

- \*გ. სუპატაშვილი, ტ. ადამია, ნ. მეუნარგია, ე. გურჯია, ნ. ლო-  
 რია. ქიმიური ელემენტების განწილება სიონის წყალსაცავების ფსკერულ  
 ნალექებში 600

## საბადოთა დამუშავება და გამდიდრება

- \*ე. ვარდატრიკიანი. პროდუქტების გრავიტაციული გამდიდრების დენსიმეტ-  
 რული ანალიზის ხერხი 604

## მანქანათმშენობლობა

- \*ი. პიტომაშვილი. ელექტრომაგნიტური ვიბროდამპნების ძირითადი რეზონან-  
 სული რეჟიმების ენერგეტიკული მახასიათებლების განსაზღვრის შესახებ 608

## ნიადაგთმშენობლობა

- \*კ. ხუციშვილი, ბ. გრადუსოვა, ნ. ჩიქოკოვა. ალაზნის ველის დამლაშე-  
 ბული ნიადაგების ლამის ფრაქციის მინერალოგიური შედგენილობის ცვლილება  
 ფოსფორთბაზის და ორგანული მელიორანტების ზეგავლენით 612

## მცენარეთა ფიზიოლოგია

- \*ს. შამციანი, თ. ცერცვაძე, ც. ხახუტაშვილი. ზრდის რეტარდანტების  
 გავლენა ვაზში წყლის შემცველობაზე ყინვაგამძლეობასთან დაკავშირებით 615

## ბინებობა და სილამაზობა

- \*ი. კაპანაძე. ტრიფოლიატის უეკლო ფორმები 618
- \*ე. დავიდეიშვილი, კ. გურგენიძე, ლ. ნოსკინი. 21-ე ტრისომიული ქრო-  
 მოსომის შემცველი იმუნოკომპენტენტური უჯრედების გენომის არასტაბილუ-  
 რობის განმსაზღვრელი შესაძლებელი მექანიზმი 624

### ბიოქიმია

- \*ს. დოლიძე, ბ. ძანტიევი, ა. ჟერდევია. ელექტროქიმიური და სპექტრო-ფოტომეტრული მეთოდების დეტექციის შედარება ბაცილური და სოკოვანი ამილაზის და ბაცილური ტუტე პროტეაზის იმუნოფერმენტულ ანლიზში 627
- \*ნ. თევზაძე, დ. ჯოხაძე (საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი). გიბერელინ-სპეციფიური ცილის გამოყოფა და ნაწილობრივი გასუფთავების ლიობის ეპიკოტილების ბირთვებიდან 631
- \*ლ. ახათიანი, ზ. ლომთათიძე, გ. შათირიშვილი, თ. შიუქაშვილი. დიაცეტილენის რიგის ფეროცენ- და სილიციუმშემცველი სპირტების სინთეზი და ბაქტერიციდული თვისებებ 635
- ნ. გვარლიანი, თ. სადუნიშვილი, მ. მახიაშვილი, ნ. ნუცუბიძე, (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი). მონაკემები ლიობის ფოთლებში ამონიუმის ასიმილაციის შესახებ გლუტამინის გავლით 639

### ექსპერიმენტული მედიცინა

- \*ა. ისაკაძე. ნიფედინით მყურნალობის გავლენა სისხლის მიმოქცევის სისტემაზე ფიზიკური დატვირთვის დროს გულის ქრონიკული იშემიური დაავადებებისას 643
- თ. დუღუშაური (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), რ. გუგუშვილი, რ. ჩიხლაძე, ლ. დონლაძე, გ. ხარაზიშვილი. არადექვატური დატვირთვის როლი ოსტეოქონდროზის განვითარების შექანიზმში 645

### კალიოგოლოგია

- \*რ. რატიანაძე. მდ. ბელაიას (ჩრდილო კავკასია) აუზის კიბეროქული ორსავდულიანების ფაუნა 650

### ენათმეცნიერება

- \*მ. მგელაძე. პარადიგმატიკისა და სინტაგმატიკის როლი სემანტიკური ველის შესწავლაში 655

### ფილოლოგია

- \*ა. სილაგაძე. ქართული ლექსთწყობა ზოგადი მეტრიკული ტიპოლოგიის პრობლემების შესახებ 659

### არქეოლოგია

- \*მ. ნიორაძე, ა. ვეკუა. მღვიმური სადგომი ორთვალა და მისი ფაუნა 663



## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИКА

|  |     |
|--|-----|
| А. А. Борубаев. К теории бикompактных расширений                               | 465 |
| Г. А. Сохадзе. Об одном классе нелинейных уравнений со случайными возмущениями | 469 |
| Э. Д. Баладзе. К проблеме Секефальви—Надя для зонидов                          | 473 |
| Т. И. Пиравшили. Новые гомологии и когомологии колец                           | 477 |
| И. А. Джваршеишвили. Об асимптотическом мартингале непрерывного параметра      | 481 |
| Р. Г. Надирадзе. Эллиптические роды разных теорий кобордизмов                  | 485 |
| Т. К. Кандаляки. О $K$ -теории $Z_2$ -градуированных $C^*$ -категорий          | 489 |
| Н. Л. Пачулия. О точках сильной суммируемости рядов Фурье                      | 493 |
| А. А. Лашхи. Гармонические отображения и коллинеации модулей                   | 497 |
| А. Б. Харацишвили. Борелевские отображения вполне несовершенных множеств       | 501 |

### МЕХАНИКА

|   |     |
|---|-----|
| Р. Ш. Адамия (член-корреспондент АН ГССР), Б. Р. Бандзеладзе. К вопросу оптимального проектирования струговых установок   | 505 |
| Б. Р. Бандзеладзе. К вопросу определения обобщенного безразмерного параметра применительно к приведенной расчетной схеме автомобиля                                       | 509 |
| Н. О. Джгмадзе. Сходимость дифференциально-разностной схемы для двумерных уравнений газовой динамики (для идеального газа)  | 513 |
| Г. И. Кирмелашвили. Влияние изменения упругости потока гидроаэромессы на величину скорости распространения волны гидравлического удара в трубопроводе постоянного сечения | 517 |

### ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

|  |     |
|--|-----|
| Л. Г. Доборджгинидзе. Одно замечание о наиболее выгоднейшем выборе профиля основания штампа в плоской задаче нелинейной теории упругости | 521 |
|--|-----|

### ФИЗИКА

|   |     |
|---|-----|
| И. П. Панченко. Модуляционная неустойчивость ленгмюровских волн, возбуждаемая пучком электронов в столкновительной плазме | 525 |
|---|-----|

- Л. П. Бычкова, Г. Г. Гегиадзе, Р. Г. Гуляев, О. И. Даварашвили, Н. П. Кекелидзе, Ю. А. Курицын, В. М. Крицун, А. П. Шотов. О возможности применения инъекционных гетеролазеров Pb Se/Pb Sn Se Te/Pb Se, созданных методом жидкостной эпитаксии, в спектроскопии высокого разрешения 529
- А. И. Бичинашвили, Э. К. Лабарткава, И. С. Арвеладзе, Н. Н. Арчвадзе. Исследование ГЦК→ГЦТ превращений в спеченных материалах Мп—Са рентгеновским методом 533
- Т. Г. Адейшвили, А. П. Александров, А. А. Габешия, Т. Х. Навериани. Фотометрические измерения свечения ионосферы при искусственной инъекции нейтрального лития и литьевой плазмы с борта ракеты 537
- М. Г. Кекуа. Зависимость микротвердости кристаллов разбавленных твердых растворов кремний-германий от температуры термообработки 541
- М. Д. Вэрдияшвили, В. А. Матвеев, Л. А. Слепченко. Точное решение трехмерной задачи Вика—Кутковского 545

### ГЕОФИЗИКА

- Д. И. Деметрашвили. К вопросу о гидродинамическом прогнозе суточного хода температуры 549
- Т. Г. Адейшвили, А. А. Габешия, А. Х. Джинчарадзе, Н. Г. Кантеладзе, А. И. Лившиц, Т. Х. Навериани, Ю. А. Романовский. Исследование и краткое описание трехканального бортового спектрофотометра 553

### АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- В. М. Окуджава (академик АН ГССР), Б. Г. Чанкветадзе, М. Д. Рухадзе, М. М. Рогава. Одновременное количественное определение бензола и карбамазепина методом высокоэффективной жидкостной хроматографии 557
- С. У. Крейнгольд, Г. В. Зыкова, Е. М. Юталь, М. И. Башарадзе, Н. Е. Дзоценидзе. Фотометрическое определение фосфорсодержащих лигандов, основанное на восстановлении их комплексов с Mo(VI) аскорбиновой кислотой 561
- И. Ш. Шатиришвили, В. Д. Джапаридзе. Определение анионов и неорганических катионов в грузинских винах методом ионной хроматографии 565

### ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Р. Д. Гигаури, А. Н. Робакидзе, Н. Н. Гургенидзе, М. А. Инджия. Синтез и исследование диалкилгалогенарсинов 569

### ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Н. А. Надирадзе, Т. Г. Андроникашвили (член-корреспондент АН ГССР), В. Г. Березкин. Влияние природы газа-носителя на характер распределения углеводородных газов в системе адсорбент-твердый носитель 573

- Г. Д. Чачанидзе, М. Г. Хундадзе. Исследование энтальпии фазовых превращений металлических ферромагнетиков в области критических температур 577
- Е. М. Беиашвили, Н. И. Схиртладзе, К. Е. Квитаишвили. Выделение меркаптанов из жидких топлив с применением анализимовых песчаников 581

### ЭЛЕКТРОХИМИЯ

- В. В. Шавгулидзе, П. Г. Гоголадзе, Дж. И. Джапаридзе. Потенциометрическое исследование галогенидных и тиоцианатных комплексов кадмия в этиленгликоле и метаноле 585

### ФАРМАКОХИМИЯ

- Л. К. Кавтарадзе. Одностадийный синтез 5 $\alpha$  андростандиона-3,17 из оксима 3 $\beta$ -ацетокси-5 $\alpha$ -пренг-16-ен-20-она 589

### ГЕОЛОГИЯ

- Г. И. Буачидзе, И. О. Невинский, Т. Б. Цветкова. Определение урана, тория, калия в образцах горных пород 593

### ГЕОХИМИЯ

- Г. Д. Супаташвили, Т. М. Адамия, Н. В. Меунаргия, Ж. Г. Гурджия, Н. В. Лория. Распределение химических элементов в дождевых осадках Сионского водохранилища 597

### РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ОБОГАЩЕНИЕ

- В. А. Вардпатрикян. Способ денсиметрического анализа продуктов гравитационного обогащения 601

### МАШИНОВЕДЕНИЕ

- И. А. Питимашвили. Об определении энергетических характеристик основных резонансных режимов электромагнитных вибровозбудителей 605

### ПОЧВОВЕДЕНИЕ

- К. А. Худишвили, Б. П. Градусов, Н. П. Чижикова. Изменение минералогического состава илистого вещества засоленных почв Алазанской долины под воздействием фосфогипса и органических мелниорантов 609

## ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

- С. М. Шамцян, Т. А. Церцвадзе, Ц. Е. Хахуташвили. Влияние ретардантов роста на содержание воды в виноградной лозе в связи с морозоустойчивостью 613

## ГЕНЕТИКА И СЕЛЕКЦИЯ

- И. С. Капанадзе. Бесклеточные формы трифолиаты 617
- Е. Ф. Давиденкова, К. К. Гургенидзе, Л. А. Носкин. Возможные механизмы формирования нестабильности генома в иммунокомпетентных клетках с трисомией по 21 хромосоме 621

## БИОХИМИЯ

- С. А. Долидзе, Б. Б. Дзантиев, А. В. Жердєв. Сравнение электрохимического и спектрофотометрического методов детекции в иммуноферментном анализе бациллярной и грибной  $\alpha$  амилазы и бациллярной щелочной протеазы 625
- Н. Н. Тевзадзе, Д. И. Джохадзе (член-корреспондент АН ГССР). Выделение и частичная очистка гиббереллинсвязывающего белка из ядер эпикотилей фасоли 629
- Л. П. Асатиани, З. Ш. Ломтатидзе, Г. Н. Шатиришвили, Т. Г. Шиукашвили. Синтез и бактерицидные свойства ферроцен- и кремнийсодержащих спиртов диацетиленового ряда 633
- Н. З. Гварлиани, Т. А. Садунишвили, М. И. Мазнишвили, Н. И. Нуцубидзе (член-корреспондент АН ГССР). Данные об ассимиляции аммония в листьях фасоли через глутамин 637

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

- А. Л. Исакладзе. Влияние нифедипина на систему кровообращения при физической нагрузке у больных хронической ишемической болезнью сердца 641
- \* О. Н. Гудушаури (академик АН ГССР), Р. М. Гугушвили, Р. Т. Чихладзе, Л. Р. Гонгадзе, Г. Д. Харазишвили. Роль неадекватной нагрузки в механизме развития остеохондроза 647

## ПАЛЕОБИОЛОГИЯ

- Р. В. Ратиани. Кимериджская фауна пластинчатожаберных бассейна р. Белой (Северный Кавказ) 649

## ЯЗЫКОЗНАНИЕ

- М. Ш. Мгеладзе. Роль парадигматики и синтагматики в исследовании семантического поля 653

## ФИЛОЛОГИЯ

А. А. Силагадзе. Грузинское стихосложение в свете проблем общей метрической типологии

657

## АРХЕОЛОГИЯ

М. Г. Ниорадзе, А. К. Векуа. Пещерная стоянка Ортвала и ее фауна

661



## CONTENTS

### MATHEMATICS

|   |     |
|---|-----|
| A. A. Borubayev. On the theory of bicomact extensions                         | 46  |
| G. A. Sokhadze. On one class of nonlinear equations with random perturbations | 471 |
| E. D. Baladze. To the Szökefalvi-Nagy problem for zonoids                     | 475 |
| T. I. Pirashvili. New homology and cohomology of rings                        | 480 |
| I. A. Jvarsheishvili. On the asymptotic martingale of a continuous parameter  | 483 |
| R. G. Nadiradze. Elliptic genus of various theories of cobordisms             | 487 |
| T. K. Kandelaki. On the $K$ -theory of $Z_2$ -graded $C^*$ -categories        | 492 |
| N. L. Pachulia. On the points of strong summability of Fourier series         | 496 |
| A. A. Lashkhi. Harmonic mappings and collinations of modules                  | 500 |
| A. B. Kharazishvili. The Borel mappings of the totally non-perfect sets       | 504 |

### MECHANICS

|   |     |
|---|-----|
| R. Sh. Adamia, B. R. Bandzeladze. The problem of optimal designing of plough installations  | 508 |
| B. R. Bandzeladze. Towards the determination of a combined non-dimensional parameter with reference to a given design scheme of the motor vehicle           | 511 |
| N. O. Jgamadze. The convergence of a differential-difference scheme for two-dimensional gas dynamics equations (for the ideal gas)                          | 516 |
| G. I. Kirmelashvili. The influence of hydraulic flow elasticity of the velocity of hydraulic shock wave distribution in pipelines of constant cross-section | 570 |

### THEORY OF ELASTICITY

|   |     |
|---|-----|
| L. G. Doborjginidze. One note on the most profitable choice of a punch base profile in a plane problem of the non-linear elasticity | 524 |
|---|-----|

### PHYSICS

|  |     |
|--|-----|
| I. P. Panchenko. Modulation instability of Langmuir waves excited by an electron beam in collisional plasma  | 528 |
| L. P. Bychkova, G. G. Gegiadze, R. G. Gulyayev, O. I. Davarashvili, N. P. Kekelidze, I. A. Kuritsyn, V. M. Krivtsun, A. P. Shotov. On the feasibility of applying LPE injection Pb Se (Pb Sn, Se Te) Pb Se heterolasers for high-resolution spectroscopy | 531 |

- A. I. Bichinashvili, E. K. Labartkava, I. S. Arveladze, N. N. Archvadze. The study of FCC→FCT transitions in Mn-Cu coagulated materials by the X-ray method 536
- T. G. Adeishvili, A. P. Aleksandrov, A. A. Gabeshia, T. Kh. Naveriani. Photometric measurements of ionospheric glow during neutral and plasma lithium artificial injection from the rocket board 540
- M. G. Kekua. The microhardness-temperature dependence in dilute solid solutions of silicon-germanium 543
- M. D. Vardiashvili, V. A. Matveev, L. A. Slepchenko. The exact solution of a three-dimensional Wick—Cutkosky problem 547

## GEOPHYSICS

- D. I. Demetrashvili. On the problem of hydrodynamic prediction of the diurnal course of temperature 552
- T. G. Adeishvili, A. A. Gabeshia, A. Kh. Jincharadze, N. G. Kanteladze, A. I. Livshits, T. Kh. Naveriani, Yu. A. Romanovsky. Investigation and short description of a three-channel spectrophotometer 556

## ANALYTICAL CHEMISTRY

- V. M. Okujava, B. G. Chankvetadze, M. D. Rukhadze, M. M. Rogava. Simultaneous quantitative determination of benzonal and carbamazepine by high-performance liquid chromatography 559
- S. U. Kreingold, G. V. Zykova, E. M. Yutal, M. I. Basharadze, N. E. Dzotsenidze. Photometric determination of phosphor-containing ligands based on the reduction of their complex compounds with Mo (VI) by the ascorbic acid 564
- I. Sh. Shatirishvili, V. D. Japaridze. Determination of anions and inorganic cations in Georgian wines by the ion chromatography method 568

## ORGANIC CHEMISTRY

- R. D. Gigauri, A. N. Robakidze, N. I. Gurgeniidze, M. A. Injia. Synthesis and investigation of dialkylhalogenarsines 572

## PHYSICAL CHEMISTRY

- N. A. Nadiradze, T. G. Andronikashvili, V. G. Beryozkin. The influence of the carrier-gas on the character of distribution of hydrocarbon gases in the adsorbent-solid support system 576
- G. D. Chachanidze, M. G. Khundadze. Investigation of the enthalpy of phase transformations of metallic ferromagnetics in critical temperature regions 579
- E. M. Benashvili, N. I. Skhirtladze, K. E. Kvitaishvili. Separation of mercaptans from liquid fuels with the use of analcime sandstones 584

## ELECTROCHEMISTRY

- V. V. Shavgulidze, P. G. Gogoladze, J. I. Japaridze. Potentiometric study of halogenide and thiocyanate complexes, of cadmium in ethylene glycol and methanol 587

## PHARMACEUTICAL CHEMISTRY

- L. K. Kavtaradze. 5 $\alpha$ - androstandion-3,17 monostaged synthesis from 3 $\beta$ -acetoxy-5 $\alpha$ -pregn-16-en-20-one oxime 591

## GEOLOGY

- G. I. Buachidze, I. O. Nevinsky, T. V. Tsvetkova. Estimation of uranium, thorium and potassium in rock samples 596

## GEOCHEMISTRY

- G. D. Supatashvili, T. M. Adamia, N. V. Meunargia, Zh. G. Gurjia, N. V. Loria. Distribution of chemical elements in bottom sediments of the Sioni reservoir 600

## EXPLOITATION AND CONCENTRATION OF DEPOSITS

- V. A. Vardpatrikyan. A technique of densimetric analysis of gravitational concentration products 604

## MACHINE BUILDING SCIENCE

- I. A. Pitimashvili. On the determination of basic resonance regime energy characteristics of electromagnetic vibration exciters 608

## SOIL SCIENCE

- K. A. Khutsishvili, B. P. Gradusov, N. P. Chizhikova. Changes in mineralogical composition of silt matter of saline soils of the Alazani valley under the influence of phosphogypsum and organic amendments 612

## PLANT PHYSIOLOGY

- S. M. Shamtsyan, T. A. Tseritsvadze, Ts. E. Khakhutashvili. The effect of growth retardants on grapevine water content in relation to frost-resistance 616

## GENETICS AND SELECTION

- I. S. Kapanadze. Thornless forms of the trifoliata orange 619
- E. F. Davidenkova, K. K. Gurgeniidze, L. A. Noskin. Possible mechanisms of unstable genome formation in immunocompetent cells with trisomy-21 624

## BIOCHEMISTRY

- S. A. Dolidze, B. B. Dzantiev, A. V. Zherdev. A comparison of electrochemical and spectrophotometric detection methods in the enzyme immunoassay of bacillar and fungous  $\alpha$ -amylase and bacillar alkaline protease 628
- N. N. Tevadze, D. I. Jokhadze. Isolation and purification of gibberellin-binding protein of kidney bean epicotyls 631
- L. P. Asatiani, Z. Sh. Lomtadidze, G. N. Shatirishvili, T. G. Shiukashvili. Synthesis and bactericidal properties of ferrocene- and silicon-containing alcohols of the diacetylene series 636

- N. Z. Gvarliani, T. A. Sadunishvili, M. I. Maziashvili,  
 N. N. Nutsubidze. The data of ammonia assimilation via glutamine  
 in kidney bean leaves 640

#### EXPERIMENTAL MEDICINE

- A. L. Isakadze. The effect of nifedipin on the circulation system under phy-  
 sical load in patients with chronic ischemic heart disease 643
- O. N. Gudushauri, R. M. Gugushvili, R. T. Chikhladze,  
 L. R. Gongadze, G. D. Kharazishvili. The role of inade-  
 quate loading in the mechanism of osteochondrosis 647

#### PALAEOBIOLOGY

- R. V. Ratiiani. Kimmeridgian lamellibranchs from the Belaya river valley  
 (Northern Caucasus) 651

#### LINGUISTICS

- M. Sh. Mgeladze. The role of paradigmatics and syntagmatics in the study of  
 semantic fields 655

#### PHILOLOGY

- A. A. Silagadze. Georgian versification in terms of general metric typology  
 problems 659

#### ARCHAEOLOGY

- M. G. Nioradze, A. K. Vekua. The dwelling cave Ortvala and its fauna 664





**Теорема 1.** Для пространства  $X$  следующие условия равносильны:

1. Пространство  $X$  имеет бикompактное расширение с первой аксиомой счетности.

2. В пространстве  $X$  имеется измельчающаяся и направленная, относительно звездной вписанности, система  $\Sigma$  конечных открытых покрытий такая, что всякий  $\Sigma$ -предфильтр  $\xi$  имеет счетную базу.

Для доказательства заметим, что условие 2 теоремы 1 равносильно тому, что на  $X$  существует такая предкомпактная равномерность  $U_\Sigma$ , согласующаяся с топологией пространства  $X$ , что каждый минимальный фильтр Коши в  $(X, U_\Sigma)$  имеет счетную базу. Далее можно показать, что пополнение таких и только таких равномерных пространств является бикompактом с первой аксиомой счетности.

**Теорема 2.** Для пространства  $X$  следующие условия равносильны:

1. Пространство  $X$  имеет совершенно нормальное бикompактное расширение.

2. В пространстве  $X$  имеется измельчающаяся и направленная, относительно звездной вписанности, система  $\Sigma$  конечных открытых покрытий, удовлетворяющая условию Линделефа.

Наметим доказательство теоремы 2. Хорошо известно, что для бикompактных пространств свойство совершенной нормальности и условие Линделефа (наследственной финальной компактности) равносильны между собой (см., например, [3]).  $1) \Rightarrow 2)$ . Пусть  $\tilde{X}$  — бикompактное расширение с условием Линделефа пространства  $X$ . Тогда на  $\tilde{X}$  существует единственная равномерность  $\tilde{U}$ , согласующаяся с топологией пространства  $\tilde{X}$ . Пусть  $U$  — равномерность на  $X$ , идущая равномерностью  $\tilde{U}$ . Положим  $\Sigma = \{\alpha : \alpha \in U \text{ и } \alpha \text{ — открытое конечное покрытие}\}$ . Тогда  $\Sigma$  — искомая система покрытий пространства  $X$ .  $2) \Rightarrow 1)$ . Пусть  $\Sigma$  — измельчающаяся и направленная, относительно звездной вписанности, система конечных открытых покрытий (пространства  $X$ ), удовлетворяющая условию Линделефа. Тогда существует единственная предкомпактная равномерность  $U$  на  $X$ , базой которой служит  $\Sigma$ . Пополняя пространство  $X$  по равномерности  $U$ , мы получаем бикompактное расширение с условием Линделефа.

**Теорема 3.** Пусть  $X$  и  $Y$  — произвольные пространства. Для того чтобы  $K(X)$  и  $K(Y)$  были изоморфными как частично упорядоченные множества, необходимо и достаточно, чтобы существовало биективное отображение  $\varphi : \beta X \setminus X \rightarrow \beta Y \setminus Y$ , переводящее в обе стороны каждые  $R$ -непрерывные разбиения.

Наметим доказательство теоремы 3. Прежде всего заметим, что каждое бикompактное расширение  $bX$  пространства  $X$  порождает  $R$ -непрерывное разбиение  $\alpha(bX)$  пространства  $\beta X \setminus X$ , где  $\alpha(bX) = \{h^{-1}p : p \in bX \setminus X\}$ , где  $h : \beta X \rightarrow bX$  — чеховское отображение. Обратно, каждому  $R$ -непрерывному разбиению  $\alpha$  пространства  $X$  соответствует бикompактное расширение  $b_\alpha X$  пространства  $X$ , полученное из стоун-чеховского расширения  $\beta X$  отождествлением точек нароста  $\beta X \setminus X$  по разбиению  $\alpha$ . Причем это соответ-

стве биективно и  $b_1X > b_2X$  тогда и только тогда, когда  $\alpha(b_1X)$  вписано в  $\alpha(b_2X)$ .

Пусть  $f: K(X) \rightarrow K(Y)$  — изоморфизм. Тогда в работе [4] доказано, что существует биективное отображение  $\varphi: \beta X \setminus X \rightarrow \beta Y \setminus Y$ , переводящее бикомпактные подмножества в обе стороны. Покажем, что  $\varphi$  переводит в обе стороны  $R$ -непрерывное разбиение. Пусть  $\alpha$  — произвольное  $R$ -непрерывное разбиение пространства  $X$ , а  $b_2X$  — бикомпактное расширение, соответствующее разбиению  $\alpha$ . Для любого бикомпактного подмножества  $H \in \alpha$  через  $b_HX$  обозначим бикомпактное расширение, получаемое из  $\beta X$  отождествлением точек бикомпакта  $H \subset \beta X \setminus X$ . Тогда ясно, что  $b_\alpha X = \inf\{b_HX : H \in \alpha\}$ . В работе [4] показано, что  $f(b_HX) = b_{\varphi(H)}Y$  для любого бикомпакта  $H \subset \beta X \setminus X$ . Тогда  $bY = f(b_\alpha X) = \inf\{b_{\varphi(H)}Y : H \in \alpha\}$ . Отсюда вытекает, что бикомпактному расширению  $bY = f(b_\alpha X)$  соответствует  $R$ -непрерывное разбиение  $\varphi(\alpha) = \{\varphi(H) : H \in \alpha\}$ . Аналогично, если  $\gamma$  — непрерывное разбиение на  $\beta Y \setminus Y$ , то  $\varphi^{-1}\gamma$  будет  $R$ -непрерывным разбиением на  $\beta X \setminus X$ .

Теперь пусть  $\varphi: \beta X \setminus X \rightarrow \beta Y \setminus Y$  — биективное отображение, переводящее в обе стороны  $R$ -непрерывные разбиения. Пусть  $bX \in K(X)$  — произвольный элемент. Положим  $f(bX) = b_Y Y$ , где  $\gamma = \varphi(\alpha(bX))$  —  $R$ -непрерывное разбиение на  $\beta Y \setminus Y$ , а  $b_Y Y$  — ему соответствующее бикомпактное расширение. Непосредственно проверяется, что  $f: K(X) \rightarrow K(Y)$  — изоморфизм.

Киргизский государственный университет  
им. 50-летия СССР

(Потушило 27.11.1987)

ამთხმობიბა

ა. ბორუბაიევი

სივრცეთა ბიკომპაქტურ გაფართოებათა შესახებ

რეზიუმე

მოცემულია თვლადობის პირველი აქსიომის მქონე ბიკომპაქტებისა და სავსებით ნორმალური ბიკომპაქტების ქვესივრცეთა შინაგანი დახასიათება (თეორემები 1 და 2). განიხილება აგრეთვე საკითხი იმის შესახებ, თუ როდის აქვს ორ სივრცეს ერთი და იგივე რაოდენობის ბიკომპაქტური გაფართოებები (თეორემა 3).

MATHEMATICS

A. A. BORUBAYEV

ON THE THEORY OF BICOMPACT EXTENSIONS

Summary

The paper deals with the internal characteristics of subspaces of the first-countable bicomacts (theorem 1) or subspaces of perfectly normal bicomacts (theorem 2). The problem is discussed as to when the two spaces have an equal number of bicomcompact extensions (theorem 3).

## ЎҚИЎМАКЛАР — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. И Пономарев. III Тирасп. симп. по общей топологии и ее приложениям. Кишинев, 1973, 100.
2. П. С. Александров. УМН, 19, № 6, 1964, 3—46.
3. П. С. Александров, Б. А. Пасынков. Введение в теорию размерности. М., 1973.
4. M. C. Rauburn. Pacific Journal of Math., 44, № 2, 1973, 707-714.



Г. А. СОХАДЗЕ

ОБ ОДНОМ КЛАССЕ НЕЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ СО СЛУЧАЙНЫМИ ВОЗМУЩЕНИЯМИ

(Представлено академиком Б. В. Хведелидзе 7.12.1987)

Многие прикладные задачи описываются дифференциальными (вообще говоря нелинейными) уравнениями, со случайными возмущениями. Распределение решения такого уравнения является мерой в бесконечномерном пространстве функций и изучение свойств этой меры заслуживает интерес. В случае аддитивного, гауссовского шума задача об абсолютной непрерывности распределения относительно более простой меры изучалась в работах [1, 2]. Здесь рассматривается более общая ситуация как самого уравнения, так и возмущения. Работа основана на результатах [3].

Пусть  $H_+ \subset H \subset H_-$  — оснащенное гильбертово пространство с квазиядерными вложениями. Рассмотрим уравнение

$$Au + B(u + \xi, \xi) = 0 \tag{1}$$

и предположим выполненными условия 1)–3).

Условие 1).  $\xi$  — случайный элемент на вероятностном пространстве  $\{\Omega, F, P\}$  со значениями в  $H_-$ . Его распределение обозначим через  $\mu_\xi$ . Пусть  $\mu_\xi$  обладает логарифмической производной ([3]) вдоль каждого постоянного направления пространства  $H_+$  вида

$$\rho_{\mu_\xi}(h, x) = (\lambda(x), h)_H,$$

где  $\lambda(x) : H_- \rightarrow H_-$  — непрерывная функция,  $h \in H_+$ , а  $(x, y)_H$  — скалярное произведение в  $H$ .

Условие 2).  $A$  — линейный, может быть неограниченный, оператор, с плотной в  $H$  областью определения  $D(A)$ , имеющий ограниченный обратный  $A^{-1}$ .  $D(A)$  превращаем в гильбертово пространство  $X$ , определяя скалярное произведение по формуле

$$(x, y)_X = (Ax, Ay)_{H_-}.$$

Обозначим  $X_0 = A^{-1}H$ .

Условие 3).  $B(u, v)$  — гладкое, класса  $C^1$ , нелинейное отображение в  $H_-$ , сужение которого  $B(u, v)|_X$  оставляет инвариантным пространство  $X$ . Кроме того,  $I + A^{-1}B'_u(u, v)$  глобально обратимо для каждого  $v$ .

В перечисленных условиях (1) можно записать в виде

$$\xi = v + A^{-1}B(v, \xi), \quad v = u + \xi, \tag{2}$$

которое разрешимо относительно  $\xi$ . Решение мы запишем в виде

$$\xi = v + C(v). \tag{3}$$



Через  $\mu_v$  обозначим меру, соответствующую элементу  $v$  в  $H_-$ . (3) дает преобразование  $\mu_\xi$  в  $\mu_v$  и к нему может быть применен результат работы [3].

**Теорема 1.** В перечисленных выше условиях 1)–3), если существует  $C'(v)$  и оператор  $I + tC'(v)$  обратим при  $t \in [0, 1]$  то меры  $\mu_v$  и  $\mu_\xi$  эквивалентны и плотность Радона–Никодима имеет вид

$$\frac{d\mu_v}{d\mu_\xi}(x) = \tilde{\det}(I + C'(x)) \exp \int_0^1 \beta(t, C, x) dt,$$

а в том случае, когда дополнительно  $B(u, v)|_{D(A)}: X \rightarrow X_0$

$$\frac{d\mu_v}{d\mu_\xi}(x) = \det(I + C'(x)) \exp \left( \int_0^1 \lambda(Ax + tAC(x)) dt, C(x) \right)_H$$

(обозначения согласованы с работой [3]).

Если  $B(u, v) \equiv B(u)$  не зависит от аргумента  $v$  и  $\xi$  является гауссовским элементом, то получается случай работ [1, 2].

Пусть  $Q$  — открытая, ограниченная область в  $R^n$ ,  $L_2(Q)$  — пространство квадратично интегрируемых функций на  $Q$ ,  $W_2^2(Q)$  — соболевское пространство и  $L$  — эллиптический оператор  $D(L) = W_2^2(Q)$ . Рассмотрим дифференциальное уравнение эллиптического типа

$$Lu + f(x, u(x) + \xi(x)), \xi(x) = 0, \quad (4)$$

где  $\xi(x)$  — случайное поле, распределение которого  $\mu_\xi$  сосредоточен в  $W_2^{-2}(Q)$ . Предположим существование логарифмической производной вида  $\lambda(x, u)$ .

Для уравнения (4) поставим задачу Дирихле

$$\frac{\partial^m u}{\partial n^m} \Big|_{\partial Q} = 0, \quad m=0, 1, \dots, n-1 \quad (5)$$

и предположим существование решения задачи (4)–(5), в частности, для оператора  $L$  предполагается существование функции Грина  $G(x, y)$ . Обозначим через  $\mu_v$  меру, соответствующую полю  $u(x) + \xi(x)$ .

Из (4) и (5) напомним

$$u(x) + \int_Q G(x, y) f(y, u(y) + \xi(y), \xi(y)) dy = 0. \quad (6)$$

Решение (6) запишем в виде

$$\xi(x) = v(x) + \Phi(x, v(x)), \quad v(x) = u(x) + \xi(x). \quad (7)$$

**Теорема 2.** Пусть для задачи Дирихле (4)–(5) выполнены вышеперечисленные условия. Пусть уравнение (6) имеет решение (7), где  $\Phi(x, u)$  — дифференцируемая по  $u$  функция, а оператор  $I + t\Phi'_u(\cdot, u)$  обратим для всех  $t \in [0, 1]$ . Тогда  $\mu_v \sim \mu_\xi$  и

$$\frac{d\mu_v}{d\mu_\xi}(z) = \tilde{\det}(I + \Phi'_z(t, z)) \exp \int_0^1 \beta(t, \Phi, z) dt,$$



а если при  $u \in W_2^2(Q)$ ,  $\Phi \in W_4^2(Q)$  то

$$\frac{d\mu_\nu}{d\mu_\xi}(z) = \det(I + \Phi'_z(t, z)) \exp \int_Q \int_0^1 \lambda(x, Lz + tL\Phi) \Phi_z(x, z) dt dx .$$

Кутаисский политехнический институт

(Поступило 10.12.1987)

მათემატიკა

ბ. სოხადზე

შემთხვევითი არაწრფივი განტოლებების ერთი კლასის შესახებ

რეზიუმე

განხილულია (1) არაწრფივი განტოლება ჰილბერტის სივრცეში. გარკვეულ პირობებში მტკიცდება  $\xi$  და  $\xi + u$  შემთხვევითი ელემენტების განაწილებათა ზომების ეკვივალენტურობა. ცხადი სახითაა ამოწერილი რადონ-ნიკოდიმის წარმოებულის. განხილულია აგრეთვე ელიფსური ტიპის დიფერენციალური განტოლება შემთხვევითი შეშფოთებით.

MATHEMATICS

G. A. SOKHADZE

## ON ONE CLASS OF NONLINEAR EQUATIONS WITH RANDOM PERTURBATIONS

Summary

A nonlinear equation (1) in the Hilbert space is considered. Under some conditions the equivalence of distributions of random elements  $\xi$  and  $\xi + u$  is proved. The Radon-Nikodim derivative is given. The elliptic differential equation with random perturbations is also considered.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. А. Сохадзе. Сб. докл. конф. мол. учен. по мат. и мех. Тбилиси, 1976, 121—124.
2. Г. А. Сохадзе. Труды мол. ученых г. Кутаиси, т. II. 1984, 213—216.
3. Ю. Л. Далецкий, Г. А. Сохадзе. Препринт 87. 53. Ин-та матем. АН УССР, 1987.



Э. Д. БАЛАДЗЕ

## К ПРОБЛЕМЕ СЕКЕФАЛЬВИ—НАДЯ ДЛЯ ЗОНОИДОВ

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 10.12.1987)

В заметке [1] дано решение проблемы Секефальви—Надя для зоноэдров, т. е. выпуклых многогранников, представляющихся в виде векторной суммы отрезков. Здесь устанавливаются результаты, позволяющие осуществить подход к решению этой проблемы для зоноидов.

Понятие зоноида введено в работе В. А. Залгаллера и Ю. Г. Решетняка [2]. Определение этих выпуклых тел может быть изложено следующим образом. Пусть  $K$ —произвольная спрямляемая линия в  $\mathbb{R}^n$  и  $\bar{x}(s)$ ,  $0 \leq s \leq l$ , — ее векторное описание; параметр  $s$  обозначает длину дуги на линии  $K$ . Пусть  $\mu(s)$ ,  $0 \leq s \leq l$ ,—произвольная измеримая функция, удовлетворяющая условию  $|\mu(s)| \leq \frac{1}{2}$ . Положим

$$\bar{z}(\mu) = \int_0^l \mu(s) \bar{x}'(s) ds.$$

Множество  $Z$  всех точек  $\bar{z}(\mu)$ , получаемых для всевозможных функций  $\mu(s)$  указанного вида, представляет собой выпуклое тело в  $\mathbb{R}^n$ , которое называется зоноидом с определяющей кривой  $K$ .

Как доказано в [2], выпуклое тело  $Z \subset \mathbb{R}^n$  в том и только в том случае представляет собой зоноид, если оно является пределом зоноэдров; предел берется в смысле хаусдорфовой метрики  $d$ , т. е.  $d(M_1, M_2)$  есть точная нижняя грань таких  $\varepsilon > 0$ , что  $M_1 \subset U_\varepsilon(M_2)$  и  $M_2 \subset U_\varepsilon(M_1)$ , где через  $U_\varepsilon(M)$  обозначается  $\varepsilon$ -окрестность тела  $M$ .

Пусть  $M \subset \mathbb{R}^n$ —компактное выпуклое тело,  $T(M)$ —семейство всех его транслятов и  $\text{dim } T(M)$ —размерность Хелли [3] этого семейства. Проблема Секефальви—Надя состоит в том, чтобы дать геометрическое описание тел, для которых  $\text{dim } T(M)$  имеет заданное значение  $r$  ( $1 \leq r \leq n$ ). Для зоноэдров решение этой проблемы [1] можно сформулировать следующим образом: зоноэдр  $M$  в том и только в том случае удовлетворяет условию  $\text{dim } T(M) \leq r$ , если  $M$  представляется в виде прямой векторной суммы выпуклых множеств (зоноэдров), каждое из которых имеет размерность  $\leq r$ .

Естественно предположить (поскольку положение вещей сохраняется и для произвольных зоноидов, т. е. что справедливо следующее предположение:



Гипотеза. Зонаид  $Z$  в том и только в том случае удовлетворяет условию  $\lim T(Z) \leq r$ , если  $Z$  представляется в виде прямой векторной суммы выпуклых множеств (зонаидов), каждое из которых имеет размерность  $\leq r$ .

Для подтверждения этой гипотезы нужно выяснить, как ведет себя при предельном переходе (в пространстве выпуклых тел), во-первых, разложение в прямую векторную сумму и, во-вторых, инвариант Болтянского  $\text{mdM}$  [4], являющийся основным аппаратным средством исследования проблемы Секефальви—Надя. Настоящая заметка посвящена решению первого из этих вопросов.

**Теорема 1.** Если выпуклое тело  $M \subset \mathbb{R}^n$  неразложимо, т. е. не представляется в виде прямой векторной суммы выпуклых множеств меньшей размерности, то любое достаточно близкое к нему выпуклое тело также неразложимо.

**Доказательство.** Пусть  $M$  — неразложимое выпуклое тело. Допустим, что утверждение теоремы не справедливо. Тогда для любого натурального  $k$  существует разложимое выпуклое тело

$M_k$ , удовлетворяющее условию  $d(M, M_k) < \frac{1}{k}$ , и потому  $\lim_{k \rightarrow \infty} M_k = M$ .

В силу разложимости тела  $M_k$  существует такие числа  $p_k$  и  $q_k$ , что  $M_k$  разлагается в прямую сумму  $V_k + W_k$ , где выпуклые множества  $V_k$  и  $W_k$  имеют соответственно размерности  $p_k$  и  $q_k$  ( $p_k > 0$ ,  $q_k > 0$ ,  $p_k + q_k = n$ ). Переходя, если нужно, к подпоследовательности, можно предполагать, что числа  $p_k$  и  $q_k$  постоянны:  $p_k = p$ ,  $q_k = q$  для всех  $k$  ( $p > 0$ ,  $q > 0$ ,  $p + q = n$ ).

Несущие плоскости выпуклых множеств  $V_k$  и  $W_k$  обозначим соответственно через  $L_k$  и  $H_k$ . Мы можем считать (применив к  $M$ ,  $M_k$  параллельные переносы—с сохранением соотношения  $\lim_{k \rightarrow \infty} M_k = M$ ), что каждое

из выпуклых множеств  $V_k$ ,  $W_k$  содержит нулевую точку  $O$  векторного пространства  $\mathbb{R}^n$  и, следовательно, каждая из плоскостей  $L_k$ ,  $H_k$  проходит через  $O$ , т. е. является подпространством пространства  $\mathbb{R}^n$ .

Так как многообразие всех  $p$ -мерных (а также многообразие всех  $q$ -мерных) подпространств пространства  $\mathbb{R}^n$  компактно, то мы можем предполагать (переходя, если нужно к подпоследовательности), что подпространства  $L_k$  сходятся к некоторому подпространству  $L$ , а подпространства  $H_k$ —к подпространству  $H$ .

Легко видеть, что подпространства  $L$  и  $H$  имеют единственную общую точку  $O$ , т. е.  $\mathbb{R}^n$  распадается в прямую сумму этих подпространств.

В самом деле, так как  $M_k$  содержится в  $\frac{1}{k}$ -окрестности тела  $M$ , т. е. все тела  $M_k$  расположены в ограниченной части пространства, причем  $M_k \subset L_k + H_k$ , то предельное тело  $M$  расположено в  $L + H$ . Поэтому  $L + H$  есть прямая сумма (поскольку  $M$ —тело, т. е. оно содержит внутренние точки).

Обозначим через  $\pi_1$  проектирование пространства  $\mathbb{R}^n$  на подпространство  $L$  параллельно подпространству  $H$ , а через  $\pi_2$  проектирование на  $H$  параллельно  $L$ . Тогда  $d(V_k, \pi_1(V_k)) \rightarrow 0$  при  $k \rightarrow \infty$  и, аналогично,  $d(W_k, \pi_2(W_k)) \rightarrow 0$ . Следовательно,

$$d(V_k + W_k, \pi_1(V_k) + \pi_2(W_k)) \rightarrow 0.$$



Из этого легко вытекает, что последовательность выпуклых тел  $\pi_1(V_k) + \pi_2(W_k)$  сходится (так же как и последовательность тел  $M_k = V_k + W_k$ ) к телу  $M$ .

Заметим теперь, что в силу локальной компактности пространства выпуклых тел (см. добавление 1 в [5]) мы можем, переходя, если нужно, к подпоследовательности, предполагая, что выпуклые множества  $\pi_1(V_k)$ , расположенные в подпространстве  $L$ , сходятся к некоторому выпуклому множеству  $V \subset L$ , т. е.  $\lim_{k \rightarrow \infty} \pi_1(V_k) = V$ . Аналогично, можно считать, что

$\lim_{k \rightarrow \infty} \pi_2(W_k) = W$ , где  $W$  — некоторое выпуклое множество подпространства

$H$ . Следовательно, последовательность тел  $\pi_1(V_k) + \pi_2(W_k)$  сходится в  $R^n$  к выпуклому телу  $V + W$ . Так как эта последовательность сходится также к телу  $M$ , то  $M = V + W$ . Однако это противоречит неразложимости тела  $M$ .

Полученное противоречие и доказывает (для неразложимого тела  $M \subset R^n$ , существование такого  $\varepsilon > 0$ , что всякое выпуклое тело  $M'$ , удовлетворяющее условию  $d(M, M') < \varepsilon$ , неразложимо.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 10.12.1987)

მათემატიკა

ბ. ბალაძე

ზონოიდებისათვის სეკეფალვი — ნადის პრობლემის შესახებ

რეზიუმე

გამოკვლეულია (ამოზნეკილი ტანთა სივრცეში) პირდაპირი ჯამის ქცევა ზღვარზე გადასვლისას.

თეორემა. თუ ამოზნეკილ ტანი  $M \subset R^n$  არ იშლება, ე. ი. არ წარმოიდგინება ნაკლები განზომილების მქონე ამოზნეკილ სიმრავლეთა პირდაპირი ვექტორული ჯამის სახით, მაშინ მასთან საკმაოდ ახლო ნებისმიერი ამოზნეკილი ტანი აგრეთვე არ იშლება.

MATHEMATICS

E. D. BALADZE

TO THE SZÖKEFALVI—NAGY PROBLEM FOR ZONONDS

Summary

The paper deals with determining the behaviour in the case of the limit passage of the decomposition to a direct sum (in a space of convex bodies).

Theorem. If a convex body  $M \subset R^n$  is indecomposable, i. e. it cannot be represented as a direct vector sum of convex sets of a lesser dimension, then any convex body which is sufficiently near to it is also indecomposable.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Э. Д. Баладзе. ДАН СССР, т. 291, № 2, 1986.
2. В. А. Залгаллер, Ю. Г. Решетняк. Вестник Ленингр. ун-та, № 2, 1954.
3. П. С. Солтан. ДАН СССР, т. 205, №3, 1972.
4. В. Г. Болтянский. ДАН СССР, т. 226, № 2, 1976.
5. И. М. Яглом, В. Г. Болтянский. Выпуклые фигуры. М.—Л., 1951.





УДК 512.66

МАТЕМАТИКА

Т. И. ПИРАШВИЛИ

## НОВЫЕ ГОМОЛОГИИ И КОГОМОЛОГИИ КОЛЕЦ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Х. Н. Инасаридзе 7.12.1987)

Обсуждаются стабильные свойства новых когомологий колец, которые были введены в [1]. Определяются гомологии колец и построено преобразование из  $K$ -теории в наши гомологии.

Определение 1 ([1]). Пусть  $\mathbf{P}(R)$ —категория конечнопорожденных проективных модулей над ассоциативным кольцом  $R$ , а  $\mathbf{F}$ —категория всех функторов из  $\mathbf{P}(R)$  в  $R\text{-mod}$ . Пусть  $I: \mathbf{P}(R) \rightarrow R\text{-mod}$ —функтор вложения, а  $T \in \mathbf{F}$ . Когомологии кольца  $R$  с коэффициентами в  $T$  определяются равенством

$$H^*(R, T) = \text{Ext}_R^*(I, T).$$

Когда  $T = M \otimes_R -$ , где  $M$ — $R$ - $R$ -бимодуль, то для простоты  $H^*(R, M \otimes_R -)$  обозначается через  $H^*(R, M)$ .

В [1] было доказано, что имеет место изоморфизм

$$H^*(R, T) = H^*(\mathbf{P}(R), \text{Hom}_R(I, T)),$$

где справа стоят когомологии Бауэса—Виршинга [2] категории  $\mathbf{P}(R)$  с коэффициентами в бифункторе  $\text{Hom}_R(I, T)$ , который задается соответствием

$$(X, Y) \rightarrow \text{Hom}_R(X, TY); X, Y \in \mathbf{P}(R).$$

Там же доказано, что

$$H^i(R, M) = \text{Shukla}^i(R, M)$$

при  $i \leq 2$ , или для произвольного  $i$ , если  $R$  является алгеброй над  $\mathbf{Q}$ , где  $\text{Shukla}^*$ —когомологии из [3]. Причем этот изоморфизм в размерностях  $\geq 3$  не сохраняется. Например из результатов [1, 3] следует, что

$$H^3(\mathbb{Z}, M) = {}_2M, H^4(\mathbb{Z}, M) = M/2M, \text{Shukla}^n(\mathbb{Z}, M) = 0, n \geq 1.$$

Оказывается, что когомологии  $H^*(\mathbb{Z}, M)$  тесно связаны со стабильными когомологиями пространств Эйленберга—Маклейна. Эта связь особенно прозрачна для простых полей.

Теорема 1. Пусть  $l$ —простое число,  $A^*(l)$ —алгебра Стиррода  $\text{mod } l$ . Тогда существует спектральная последовательность вида

$$E_{st}^{2,q} = H^p(\mathbb{Z}_l, T) \otimes A^q(l) \Rightarrow R_{st}^{p+q} T(\mathbb{Z}_l),$$

где  $R_{st}^*$ —правые стабильные производные функторы Дольда—Пуппе [4] от функтора  $T$ .

Следствие. Существует спектральная последовательность вида

$$E_2^{pq} = H^p(Z_1, Z_1) \otimes A^q(I) \Rightarrow \begin{cases} 0, & p+q \neq 0 \\ Z_1, & p+q=0. \end{cases}$$

Автор думает, что справедлива следующая

ГИПОТЕЗА. Пусть  $n \geq 1$ ,  $\mathbf{P}(n)$ —полная подкатегория в  $\mathbf{F}$ , состоящая из функторов, степень которых по Эйленбергу и Маклейну [5] не превосходит  $n$ . Пусть  $T \in \mathbf{P}(n)$ . Тогда для каждого  $i \geq 0$  существует такое число  $m \geq n$ , что естественные гомоморфизмы

$$\text{Ext}_{\mathbf{P}(m)}^i(I, T) \rightarrow \text{Ext}_{\mathbf{P}(m+1)}^i(I, T) \rightarrow \dots \rightarrow H^i(R, T)$$

являются изоморфизмами.

В связи с гипотезой 1 отметим, что справедлива следующая

Теорема 2. Пусть аддитивная группа кольца  $R$  не имеет кручения, а  $T$ —аддитивный функтор. Если  $m \leq 3$ , то гомоморфизм

$$\text{Ext}_{\mathbf{P}(m)}^i(I, T) \rightarrow \text{Ext}_R^i(I, T) = H^i(R, T)$$

является изоморфизмом при  $i \leq 2m$ .

Стабилизация имеет место не только относительно фильтрации по степеням, но и по рангу.

Теорема 3. Пусть  $r$  и  $n$ —натуральные числа  $S(n)$ —число неубывающих сюръективных отображений из  $\{0, 1, \dots, 2n+2\}$  в  $\{0, 1, \dots, n+1\}$ . Пусть  $\mathbf{P}(R, r)$  полная подкатегория в  $\mathbf{P}(R)$ , объектами которой служат  $0, R, R^2, \dots, R^r$ , а  $\mathbf{F}(r)$  категория всех функторов из  $\mathbf{P}(R, r)$  в  $R$ -mod. Пусть

$$T : \mathbf{P}(R) \rightarrow R\text{-mod}$$

аддитивный функтор. Тогда гомоморфизм ограничения

$$H^n(R, T) = \text{Ext}_{\mathbf{P}}^n(I, T) \rightarrow \text{Ext}_{\mathbf{F}(r)}^n(I, T)$$

является изоморфизмом при

$$r \geq S(n).$$

Пусть  $\mathbf{C}$ —категория, а  $D: \mathbf{C}^{\text{op}} \times \mathbf{C} \rightarrow \text{Ab}$ —бифунктор (или конатуральная система, т. е. контравариантный функтор на категории  $\{\mathbf{F}(\mathbf{C})$  [2]). По аналогии с [2] определим гомологии категории  $\mathbf{C}$  с коэффициентами в  $D$ , как гомологии цепного комплекса

$$F_*(\mathbf{C}, D) = (\oplus_{A \in |\mathbf{C}|} D(A, A) \leftarrow \oplus_{A \rightarrow B} D(B, A) \leftarrow \oplus_{A \rightarrow B \rightarrow C} D(C, A) \leftarrow \dots),$$

где дифференциалы определяются по Хохшильду (см. [2]).

Пусть категория  $\mathbf{C}$  аддитивна. Гомологии категории  $\mathbf{C}$  с коэффициентами в бифункторе  $\text{Hom}$  обозначим через  $H_*(\mathbf{C}, \mathbf{C})$ . Пусть  $f: A \rightarrow A$ —эндоморфизм в  $\mathbf{C}$ . Класс элемента  $f \in F_0(\mathbf{C}, \text{Hom})$  в  $H_0(\mathbf{C}, \mathbf{C})$  обозначим через  $\text{tr}f$ . Пусть  $A \xrightarrow{f} B \xrightarrow{g} A$  морфизмы в  $\mathbf{C}$ . Можно показать, что имеет

место равенство  $tr(fg) = tr(gf)$ . Пусть  $A \in |C|$ . Определим ранг объекта  $A$  по формуле

$$rk(A) = tr(1_A).$$

Легко проверяется, что

$$rk(A \oplus B) = rk(A) + rk(B).$$

Поэтому соответствие  $A \rightarrow rk A$  корректно определяет гомоморфизм

$$rk : K_0 C \rightarrow H_0(C, C).$$

Пусть  $S$  — подкатегория в  $C$ , состоящая из изоморфизмов, а  $S^{-1}S$  — групповое пополнение Квиллена [6]. Определим функтор  $p : S^{-1}S \rightarrow C$  и морфизм конатуральных систем  $\xi : Z \rightarrow \text{Hom}(-, -)$  *op* полагаая

$$p(A, B) = B, \quad p(X, \varphi, \psi) = \psi i_2 = \xi_{(X, \varphi, \psi)}(1),$$

где  $(X, \varphi, \psi) : (A, B) \rightarrow (A', B')$  — морфизм в  $S^{-1}S$ , т. е.  $\varphi : X \oplus A \approx A'$ ,  $\psi : X \oplus B \approx B'$ , а  $i_1 : B \rightarrow X \oplus B$  — каноническое вложение. Пусть

$$D_i^* : K_i C \rightarrow H_i(C, C) —$$

композиция

$$K_i C = \pi_i(S^{-1}S) \xrightarrow{h} H_i(S^{-1}S, Z) \xrightarrow{\xi_*} \\ \xrightarrow{\xi_*} H_i(S^{-1}S, \text{Hom}(-, -) \text{ op}) \xrightarrow{p^*} H_i(C, C),$$

где  $h$  — гомоморфизм Гуревича.

Определение 2. Пусть  $R$  — кольца, а  $T \in |F|$ . Гомологии кольца  $R$  с коэффициентами в  $T$  определим по формуле

$$H_*(R, T) = H_*(P(R), \text{Hom}_R(I, T)).$$

Для гомологии колец справедливы двойственные утверждения из [1], а также аналоги теорем 1—3 (взамен *Ext* на *Tor*). В частности, определено преобразование из наших гомологий в гомологии Хохшпльда

$$\alpha : H_n(R, M) \rightarrow \text{Hoch}_n(R, M),$$

которое является изоморфизмом при  $n=0,1$ , а если  $R$  является алгеброй над  $\mathbb{Q}$ , то изоморфизм имеет место для каждого  $n$ .

Предложение 1. а) Композиция

$$K_0 R \xrightarrow{rk} H_0(R, R) \xrightarrow{\alpha} \text{Hoch}_0(R, R) \\ K_n R \xrightarrow{D^*} H_n(R, R) \xrightarrow{\alpha} \text{Hoch}_n(R, R)$$

совпадает, соответственно с рангом Столлинга-Хаттори [7] и следом Денниса [8]

б) Преобразование

$$K_n^s(R, M) \rightarrow \text{Hoch}_n(R, M)$$

из [8] можно поднять до естественного преобразование

$$\theta_n : K_n^s(R, M) \rightarrow H_n(R, M),$$

где  $K_n^s$  — стабильная  $K$ -теория Вальдхаузена [8].

г) Композиция

$$\pi_i^s \rightarrow K_i(Z) \xrightarrow{D^*} H_i(Z, Z)$$

равняется нулю, где  $\pi_n^s$  — стабильные гомотопические группы сфер.

Известно, что  $\theta_n$  является изоморфизмом в размерностях 0, 1 [8], а для случая  $R = \mathbb{Z}$  и в размерностях 2, 3 [9]. В [10] доказано, что  $\theta_n$  — изоморфизм с точностью до кручения. Поэтому весьма интересен ответ на следующий вопрос:

Для каких  $n$  является преобразование  $\theta_n: K_n^s(-, -) \rightarrow H_n(-, -)$  изоморфизмом?

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

(Поступило 11.12.1987)

მათემატიკა

თ. შირაშვილი

რგოლთა ახალი ჰომოლოგიები და კოჰომოლოგიები

რეზიუმე

დამტკიცებულია სტაბილური თვისებები [1]-ში განსახილველი რგოლების კოჰომოლოგიებისათვის, განმარტებულია რგოლების ჰომოლოგიები და აგებულია გარდაქმნა  $K$ -თეორიიდან ჩვენს ჰომოლოგიებში.

MATHEMATICS

T. I. PIRASHVILI

## NEW HOMOMOLOGY AND COHOMOLOGY OF RINGS

Summary

Stable properties of new cohomologies of rings introduced in [1] are proved. Homology groups are also defined, and the transformation from  $K$ -theory to this homology is constructed.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. М. А. Джибладзе, Т. И. Пирашвили. Сообщения АН ГССР, 123, № 3, 1986, 481-484.
2. H. J. Baues, G. Wirsching. J. Pure Appl. Alg. 38, 1985, 187-211.
3. U. Shukla. Ann. Sc. Ec. Norm. Sup. 78, 1961, 163-209.
4. A. Dold, D. Puppe, Ann. Inst. Fourier 11, 1961, 201-312.
5. S. Eilenberg, S. Mac Lane. Ann. Math. 60. 1954, 49-139.
6. D. Grayson. Lect. Notes Math. 551, 1976, 217-240.
7. H. Bass. Inven. Math. 35, 1976, 155-196.
8. C. Kassel. Bull. Soc. Math. France, 110, 1982, 281-416.
9. C. Kassel. C. R. Acad. Sc. Paris, t. 290, 1980, 1041-1044.
10. T. G. Goodwillie. Ann. Math. 121, 1985, 383-407



И. А. ДЖВАРШЕИШВИЛИ

ОБ АССИМПТОТИЧЕСКОМ МАРТИНГАЛЕ НЕПРЕРЫВНОГО ПАРАМЕТРА

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 15.12.1987)

Пусть  $(\Omega, \mathbf{F}, (\mathbf{F}_t)_{t \geq 0}, P)$  — полное вероятностное пространство с потоком непрерывных справа  $\sigma$ -алгебр  $(\mathbf{F}_t)_{t \geq 0}$ . Пусть  $v(\lambda)$  — монотонно убывающая и непрерывная на  $]0, +\infty[$  функция такая, что 1)  $\lim_{\lambda \rightarrow 0} v(\lambda) = +\infty$  и  $\lim_{\lambda \rightarrow +\infty} v(\lambda) = 0$ , 2) для любого  $\alpha > 0$  имеем  $\sup_{\lambda > 0} v(\alpha\lambda)/v(\lambda) = C_\alpha < +\infty$ . На самом деле в условии 2) достаточно потребовать существования  $\alpha \in ]0, 1[$  [1, 2]. Скажем, что случайная величина  $X \in D_v$ , если  $\lim_{\lambda \rightarrow +\infty} P(|X| > \lambda)/v(\lambda) = 0$  (см. [3, 4]). Функционал  $\|X\|_v = \inf \{v : \sup_{\lambda > 0} P(|X| > \lambda v)/v(\lambda) \leq v\}$  порождает

метрику в пространстве  $D_v$ , относительно которой  $D_v$  становится полным пространством (см. [3]). Обозначим через  $T$  множество простых моментов остановок (м. о.), т. е. принимающих конечное число значений из  $[0, +\infty[$ . Скажем, что последовательность м. о.  $\tau_1 \leq \tau_2 \leq \dots (\tau_1 \geq \tau_2 \geq \dots)$  предвещает (вспоминает)  $\tau$ , если  $\lim_{n \rightarrow \infty} \tau_n = \tau$  и  $\tau_n < \tau$ , исключая  $\tau = 0$  ( $\tau_n > \tau$ , исключая  $\tau = +\infty$ ).

Стохастический процесс (с. п.) называется убывающим (возрастающим)  $D_v$ -амартом в м. о.  $\tau$ , если  $X_t \in D_v$  для любого  $t \in [0, +\infty[$  и для каждой убывающей (возрастающей) последовательности  $\tau_n \in T, n = 1, 2, \dots$ , сходящей к  $\tau$ ,  $X_{\tau_n}$  сходится в метрике пространства  $D_v$ . С. п.  $(X_t, \mathbf{F}_t)_{t \geq 0}$  называется убывающим (возрастающим)  $D_v$ -амартом, если  $(X_t, \mathbf{F}_t)_{t \geq 0}$  убывающий (возрастающий)  $D_v$ -амарт в каждом  $\tau \in T$ .

Если  $(X_t, \mathbf{F}_t)_{t \geq 0}$  и убывающий и возрастающий  $D_v$ -амарт, то будем говорить, что  $(X_t, \mathbf{F}_t)_{t \geq 0}$  есть  $D_v$ -амарт. Пусть с. п.  $(X_t, \mathbf{F}_t)_{t \geq 0}$  таков, что  $X_t \in D_v$ . Введем следующие классы (срав. [5]):

- 1)  $(X_t, \mathbf{F}_t)_{t \geq 0}$  есть класс  $BD_v$ , если  $\sup_{\tau \in T} \|X_\tau\|_v < +\infty$ .
- 2)  $(X_t, \mathbf{F}_t)_{t \geq 0}$  есть локально класс  $BD_v$ , или  $BLD_v$ , если для каждого  $M > 0 \sup_{\tau \in T, \tau < M} \|X_\tau\|_v < +\infty$ .
- 3)  $(X_t, \mathbf{F}_t)_{t \geq 0}$  есть  $D_v O$  если  $\sup_{t > 0} \|X_t\|_v < +\infty$ ;
- 4)  $(X_t, \mathbf{F}_t)_{t \geq 0}$  есть локально  $LD_v O$  если для каждого  $M > 0 \sup_{t < M} \|X_t\|_v < +\infty$ ;
- 5)  $(X_t, \mathbf{F}_t)_{t \geq 0}$  есть класс  $AD_v$  если для каждой неубывающей последовательности  $\tau_n \in T, n = 1, 2, \dots, \sup_{n > 1} \|X_{\tau_n}\|_v < +\infty$ ;



б)  $(X_t, F_t)_{t \geq 0}$  есть класса  $ALD_v$ , если для всех равномерно ограниченных неубывающих последовательностей  $\tau_n \in T$ ,  $\sup_{n \geq 1} \|X_{\tau_n}\|_v < +\infty$ .

Предложение 1. Справедливы включения а)  $BD_v \subset BLD_v$ ,  $AD_v \subset ALD_v$ ,  $D_v O \subset LD_v O$ . б)  $BD_v \subset AD_v$ ,  $BLD_v \subset ALD_v$ ,  $BLD_v \subset LD_v O$ , в) если  $(X_t, F_t)_{t \geq 0}$  — убывающий  $D_v$ -амарт и есть класса  $AD_v$ , тогда  $(X_t, F_t)_{t \geq 0}$  будет класса  $BD_v$ , а если  $(X_t, F_t)_{t \geq 0}$  — класса  $ALD_v$ , то  $(X_t, F_t)_{t \geq 0}$  будет класса  $BLD_v$ .

Теорема 1. Пусть  $(X_t, F_t)_{t \geq 0}$  — с. п. и  $X_t \in D_v$  для любого  $t \in S$ , где  $S$  — счетное всюду плотное множество на  $[0, +\infty[$ , содержащее 0,  $T(S)$  множество простых моментов остановок со значениями из  $S$ .

а) Пусть  $\tau$  — ограниченный, предсказуемый м. о., который объявляется последовательностью из  $T(S)$ . Предположим, что для любой последовательности  $\tau_n \in T(S)$ , объявляющей  $\tau$ ,  $X_{\tau_n}$  сходится в метрике  $D_v$  и  $\sup_{n \geq 1} \|X_{\tau_n}\|_v < +\infty$ . Тогда почти наверное существует  $\lim_{t \uparrow \tau, t \in S} X_t$

а)<sup>1</sup> Пусть  $\tau$  — ограниченный момент остановки. Предположим, что для каждой последовательности  $\tau_n \in T(S)$ , вспоминаяющей  $\tau$ , последовательность  $X_{\tau_n}$  сходится в метрике пространства  $D_v$ . Тогда почти наверное существует  $\lim_{t \uparrow \tau, t \in S} X_t$

б) Предположим, что для каждой равномерно-ограниченной неубывающей последовательности  $\tau_n \in T(S)$ ,  $X_{\tau_n}$  сходится в метрике пространства  $D_v$  и  $\sup_{n \geq 1} \|X_{\tau_n}\|_v < +\infty$ , то почти наверное  $X_{t-} = \lim_{s \uparrow t, s \in S} X_s$  для всех  $t \in ]0, +\infty[$

б)<sup>1</sup> Пусть для каждой невозрастающей последовательности  $\tau_n \in T(S)$  последовательность  $X_{\tau_n}$  сходится в метрике  $D_v$ . Тогда почти наверное  $X_{t+} = \lim_{s \downarrow t, s \in S} X_s$  для всех  $t \in ]0, +\infty[$

Следующая теорема является обобщением теоремы 7.3 из [5] а также теорем 4.1 и 4.2 из [6].

Теорема 2. Если  $(X_t, F_t)_{t \geq 0}$  — сепарабельный неубывающий  $D_v$ -амарт класса  $AD_v$ , тогда почти все траектории непрерывны слева. Если  $(X_t, F_t)_{t \geq 0}$  — сепарабельный невозрастающий  $D_v$ -амарт, тогда почти все траектории непрерывны справа.

Теорема 3. Пусть  $(X_t, F_t)_{t \geq 0}$  — неубывающий  $D_v$ -амарт класса  $ALD_v$ . Пусть также для каждого  $t > 0$  и каждой неубывающей последовательности  $\tau_n \in T$ ,  $\lim_{n \rightarrow \infty} \tau_n = t$  имеем  $\lim_{n \rightarrow \infty} \|X_{\tau_n} - X_t\|_v = 0$ . Тогда  $(X_t)_{t \geq 0}$  имеет модификацию (опр. см. в [7], с. 76), каждая траектория которой непрерывна слева. 2) Пусть  $(X_t, F_t)_{t \geq 0}$  — невозрастающий  $D_v$ -амарт, и для каждого  $t \geq 0$  и каждой невозрастающей последовательности  $\tau_n \in T$ , сходящейся к  $t$ , имеем  $\lim_{n \rightarrow \infty} \|X_{\tau_n} - X_t\|_v = 0$ . Тогда  $X_t$  имеет модификацию, которая непрерывна справа.

ი. ჯვარშიშვილი

უწყვეტი პარამეტრის ასიმპტოტიური მარტინგალის შესახებ

რეზიუმე

შემოღებულია ახალი ასიმპტოტიური მარტინგალის ცნება. შესწავლილია მარტინგალის ტრაექტორიების ზოგიერთი თვისება.

MATHEMATICS

I. A. JVARSHISHVILI

ON THE ASYMPTOTIC MARTINGALE OF A CONTINUOUS  
PARAMETER

Summary

The paper introduces the definition of a new asymptotic martingale and studies some of its properties.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. И. А. Джваршеишвили. Сообщения АН ГССР, 119, № 1, 1985, 21—23.
2. И. А. Джваршейшвили. Труды ГПИ, № 3, 285, 1985.
3. И. А. Джваршейшвили. Изв. АН Арм. ССР, 20, № 4, 1985, 269.
4. И. А. Джваршеишвили. XX школа-коллоквиум по теор. вер. и мат. статистике. Тезисы докладов. Тбилиси, 1986, 11.
5. G. A. Edgar, L. Sucheston. J. Multivariate Anal. 6, 1976, 572.
6. Дж. Дуб. Вероятностные процессы. М., 1956.
7. П. Мейер. Вероятность и потенциалы. М., 1973, 324.



Р. Г. НАДИРАДЗЕ

ЭЛЛИПТИЧЕСКИЕ РОДЫ РАЗНЫХ ТЕОРИЙ КОБОРДИЗМОВ

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 10.12.1987)

В работе Витен [1] был поставлен вопрос о мультипликативном роде  $\Phi: \Omega_{SO}^* \rightarrow \Lambda$ , где  $\Lambda$  — коммутативное,  $Q$  — алгебра. Эти задачи были изучены Ландвебером, Стонгом, Ошанином [2, 3]. Для этой цели рассматривалась формальная группа Эйлера  $f(u, v) = \frac{v \sqrt{R(v)} + v \sqrt{R(u)}}{1 - \varepsilon u^2 v^2}$ , где  $R(u) = 1 - 2\delta u + \varepsilon u^2$ ,  $\delta = \Phi(CP(2))$ ,  $\varepsilon = \Phi(H_{3,2})$ ,  $CP^2$  — проективное пространство,  $H_{3,2}$  — многообразие Милнора [4]. Логарифм этой формальной группы равен эллиптическому интегралу  $g(u) = \int_0^u \frac{du}{\sqrt{R(u)}}$ .

Используя методы работ [5, 6], можно доказать

Лемма 1.  $\Phi(\Theta_1)(x, y) = \frac{2x + 2y + 8\delta xy + 2\varepsilon(xy^2 + x^2y)}{(1 - \varepsilon xy)^2}$ ,

$$\Phi(\Theta_2)(x, y) = \frac{(x - y)^2}{(1 - \varepsilon x y)^2},$$

$$\Phi(H)(x, y) = \frac{1}{(1 - \varepsilon xy)^2},$$

где

$$\Theta_1(x, y) = 2x + 2y + \sum_{i+j \geq 2} \alpha_{ij} x^i y^j,$$

$$\Theta_2(x, y) = (x - y)^2 + \sum_{i+j \geq 2} \beta_{ij} x^i y^j,$$

$$H(x, y) = 1 - \sum_{i+j \geq 1} [S(n, m)] x^i y^j \quad [5, 6].$$

Из леммы 1 вытекает

Следствие 1.

$$\Phi(\alpha_{n,n}) = 8n\delta\varepsilon^{n-1}, \quad \Phi(\alpha_{n+1,n}) = \Phi(\alpha_n, n+1) = (4n+2)\varepsilon^n,$$

$$\Phi(\beta_{n+1,n+1}) = -2(n+1)\varepsilon^n, \quad \Phi(\beta_{n,n+2}) = \Phi(\beta_{n+2,n}) = (2n+1)\varepsilon^n,$$

$$\Phi([S(n, n)]) = -(n+1)\varepsilon^n,$$

для всех остальных нетривиальных коэффициентов из  $\Theta_1$ ,  $\Theta_2$  и  $H$  Ф-род равен нулю.

Обозначим через  $\Phi_Z$  те  $\Phi$ -роды, для которых  $8\delta$  и  $\varepsilon$  — неотрицательный целые.

Следствие 2. Для аналогов многообразий Стонга [7]  $\Phi_Z$ -роды принимают целочисленные значения.

Из следствия 1 следует

Следствие 3.

$$\begin{aligned} \text{Im}(\Phi_Z : R^{16k} \rightarrow Z) &= (\sigma_{16}^k) Z, \\ \text{Im}(\Phi_Z : R^{16k+4} \rightarrow Z) &= (8\delta\sigma_{16}^k) Z, \\ \text{Im}(\Phi_Z : R^{16k+8} \rightarrow Z) &= (\sigma_8 \cdot \sigma_{16}^k) Z, \\ \text{Im}(\Phi_Z : R^{16k+12} \rightarrow Z) &= (8\delta\sigma_8\sigma_{16}^k) Z, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\sigma_8$  — наибольший общий делитель чисел  $8^2\delta^2$  и  $2\varepsilon$ ,

$$\sigma_{16} = H \cdot O \cdot D(\varepsilon^2, 8^4\delta^5, 2 \cdot 8^2 \cdot \delta^2 \varepsilon), \quad R^* = \Lambda^*, \quad \Lambda^* [2].$$

Используя результаты Коннера, Флойда [7, 8], можно доказать:

Теорема 1. Для  $R^* = \mathbb{J}^*$ ,  $\Omega_{SC}^*$ ,  $\Omega_{CO}^*$ -теории кобордизмов оценки [9] точные.

Аналогично можно доказать

Следствие 4. Для

$$R^* = \Omega_{SU}^*, \quad \Omega_{S^2C}^* [10]:$$

$$\begin{aligned} \text{Im}(\Phi_Z : R^{16k} \rightarrow Z) &= (\sigma_{16}^k) Z, \\ \text{Im}(\Phi_Z : R^{16k+4} \rightarrow Z) &= (16\delta\sigma_{16}^k) Z, \\ \text{Im}(\Phi_Z : R^{16k+8} \rightarrow Z) &= (\sigma_8\sigma_{16}^k) Z, \\ \text{Im}(\Phi_Z : R^{16k+12} \rightarrow Z) &= (8\delta\sigma_8\sigma_{16}^k) Z. \end{aligned} \quad (2)$$

Используя вычисление  $\Omega_{Sp}^*$ -кобордизма в форме [11] в размерностях  $\leq 31$  можно доказать

Следствие 5.

$$\text{Im}(\Phi_Z : \Omega_{Sp}^{4k} \rightarrow Z) = (\sigma_{4k}^{Sp}) Z,$$

где

$$\begin{aligned} k &\leq 8 \text{ и } \sigma_{4k}^{Sp} = 16\delta, \\ \sigma_8^{Sp} &= H \cdot O \cdot D(4\varepsilon, 8^2\delta^2), \\ \sigma_{12}^{Sp} &= 16\delta H \cdot O \cdot D(\varepsilon, 8^2\delta^2), \\ \sigma_{16}^{Sp} &= H \cdot O \cdot D(2\varepsilon^2, 4 \cdot 8^2 \cdot \varepsilon \cdot \delta^2, 8^4\delta^4), \\ \sigma_{20}^{Sp} &= 16\delta H \cdot O \cdot D(\varepsilon^2, 8^2\delta^2\varepsilon, 8^4\delta^4), \\ \sigma_{24}^{Sp} &= H \cdot O \cdot D(4\varepsilon^3, 8^2\delta^2\varepsilon^2, 2 \cdot 8^4\delta^4\varepsilon, 8^6\delta^6), \\ \sigma_{28}^{Sp} &= 16\delta H \cdot O \cdot D(\varepsilon^3, 8^2\delta^2\varepsilon^2, 8^4\delta^4\varepsilon, 8^6\delta^6), \\ \sigma_{32}^{Sp} &= H \cdot O \cdot D(\varepsilon^4, 4 \cdot 8^2 \cdot \delta^2 \cdot \varepsilon^3, 2 \cdot 8^4\delta^4\varepsilon^2, 4 \cdot 8^6\delta^6\varepsilon, 8^8\delta^8). \end{aligned}$$

Имеем

$$\text{Im}(\Phi_Z : \Omega_{Sp}^{2n+4k} \rightarrow \mathbb{Z}) \supset [\sigma_{ik}^{Sp} (\sigma_{2k}^{Sp})^n] \mathbb{Z}. \quad (3)$$

Из работ [6, 12, 13] было известно, что когда  $\Phi_Z$  либо сигнатура, либо род Тодда, либо  $\widehat{A}$ -род, оценки (1), (2), (3) — точны для  $(\Lambda^*, \Omega_{SC}^*, \Omega_{CO}^*, (\Omega_{SU}^*, \Omega_{S^2C}^*), \Omega_{Sp}^*)$ -соответственно.

Гипотеза: Для всех  $\Phi_Z$ -родов оценка (3) точна.

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

(Поступило 18.12.1987)

მათემატიკა

რ. ნადირაძე

კობორდიზმების სხვადასხვა თეორიის ელიფსური გვარები

რეზიუმე

ორმნიშვნელიანი ფორმალური ჯგუფის მეთოდით გამოთვლილია ელიფსური გვარი სტონგის მრავალწილობისათვის ზოგადი სახით. ეს საშუალებას იძლევა ზუსტად შევადგინოთ გვარის მთელმნიშვნელოვან მნიშვნელობათა სიმრავლე სხვადასხვა კობორდიზმების თეორიისათვის, კერძოდ თვითშეუღლებადი და სიმპლექტიკური თეორიისათვის.

MATHEMATICS

R. G. NADIRADZE

## ELLIPTIC GENUS OF VARIOUS THEORIES OF COBORDISMS

Summary

By means of a two-valued formal group, the elliptic genus for the Stong manifolds are calculated in general. This makes it possible to estimate exactly a great number of integral values of genus for various theories of cobordisms, in particular, for self-adjoint and simplicial theories.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. E. Witten. MIT Press, 1985, 227-277.
2. L. P. Landweber. Math. Proc. of the Cambridge Philosophical Society, v. 100, 2, 1986, 207-223.
3. S. D. Ochanine. Topology, v. 26, № 2, 143-151.
4. J. Milnor. Topology, 3, 1965, 223-230.
5. В. М. Бухштабер. Современные проблемы математики. 10, 1978, 5-178.
6. Р. Г. Надирадзе. УМН, т. 35, вып. 3, 1980, 206-209.
7. Р. Г. Надирадзе. Труды Тбил. матем. ин-та. LXXIV, 1983, 76-86.
8. Р. Е. Соннер, Е. Е. Флойд. Memor. Amer. Math. Soc., 60, 1966.
9. В. М. Бухштабер, С. П. Новиков. Матем. сб., 84, № 1, 1971, 81-118.
10. L. Smith, R. E. Stong. Inventiones Math., v. 5, F. 2, 1968, 138-159.
11. В. В. Вершинин. Сиб. матем. журнал, т. XXIV, № 1, 1983, 50-62.
12. L. P. Landweber. Lect. Notes Math. № 241, 1979, 461-478.
13. L. P. Jones. Trans. Amer. Math. Soc., 240, 1978, 253-262.
14. Lect. Notes. Math. № 1326, 1988.





Т. К. КАНДЕЛАКИ

О  $K$ -ТЕОРИИ  $Z_2$ -ГРАДУИРОВАННЫХ  $C^*$ -КАТЕГОРИЙ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Х. Н. Инасаридзе 24.12.1987)

Основная цель данной статьи — определение  $K$ -теории на категории  $Z_2$ -градуированных  $C^*$ -категорий. Все результаты, с некоторыми очевидными уточнениями, верны для  $Z_2$ -градуированных банаховых категорий. Для тривиально градуированных банаховых категорий эта теория была построена в работе Каруби [1], а для  $Z_2$ -градуированных банаховых алгебр в статье Ван Даела [2].

В статье [3] автор обобщает бивариантную  $K$ -теорию Каспарова [4] на категории  $C^*$ -категорий, и эта теория вычисляется с помощью нижеизложенной  $K$ -теории.

Пусть  $A$  — банахова категория над полем действительных или комплексных чисел [1]. Будем говорить, что  $A$  — инволютивная банахова категория, если для каждой пары объектов  $(A, B)$  из  $A$  задано антилинейное отображение  $*$ :  $\text{hom}(A; B) \rightarrow \text{hom}(B; A)$ , которое каждому морфизму  $f$  сопоставляет морфизм  $f^*$  и удовлетворяет следующим условиям: для любых композируемых морфизмов  $f$  и  $g$  имеют место тождества а)  $(fg)^* = g^*f^*$ ; б)  $\|f^*\| = \|f\|$ .

Инволютивная банахова категория  $A$  называется  $C^*$ -категорией, если выполняются следующие условия: а) для каждого морфизма  $f \in \text{hom}(A, B)$  существует морфизм  $g \in \text{hom}(A, A)$  такой, что а)  $f^*f = g^*g$ ; б) для любых морфизмов  $f \in \text{hom}(A, B)$  и  $g \in \text{hom}(A, A)$  выполняется неравенство  $\|f\|^2 \leq \|f^*f + g^*g\|$  (в действительном случае); б') для любого морфизма  $f \in \text{hom}(A, B)$ ,  $\|f\|^2 = \|f^*f\|$  (в комплексном случае).

В дальнейшем будем предполагать, что  $C^*$ -категории являются  $Z_2$ -градуированными, а функторы сохраняют градуировку и инволюцию.

Пусть  $F: A \rightarrow B$  и  $G: A \rightarrow B$  — банаховы функторы.  $\tau: F \rightarrow G$  называется естественным преобразованием степени  $i \in Z_2$ , если для каждого объекта  $A$  из  $A$  задан морфизм  $\tau_A: F(A) \rightarrow G(A)$  такой, что а)  $\text{deg } \tau_A = i$ , б) для любого морфизма  $f: A \rightarrow A'$  из  $A$  такой, что  $\text{deg } f = j$ , имеет место тождество

$$\tau_{A'} F(f) = (-1)^{ij} G(f) \tau_A.$$

Естественное преобразование  $\tau: F \rightarrow G$  называется ограниченным, если  $\sup \|\tau_A\| < \infty$ . Категория банаховых функторов и ограниченных естественных преобразований является  $Z_2$ -градуированной  $C^*$ -категорией.

Пусть  $C_{p,q}$  — алгебра Клиффорда [4]. Обозначим через  $A^{p,q} C^*$ -катеорию  $Z_2$ -градуированных функторов и их естественных преобразований из  $C_{p,q}$  в  $A$ .

Будем говорить, что  $Z_2$ -градуированная  $C^*$ -категория является псевдоабелевой, если каждый самосопряженный проектор степени  $i$  уль имеет



ядро. По аналогии со статьей [1], для каждой  $Z_2$ -градуированной  $C^*$ -категории  $\mathbf{A}$  можно построить ассоциированную с ней псевдоабелеву  $Z_2$ -градуированную  $C^*$ -категорию  $\tilde{\mathbf{A}}$ .

Пусть  $\mathbf{A}$ —псевдоабелева  $Z_2$ -градуированная  $C^*$ -категория,  $X$ —компактное пространство. Рассмотрим следующую  $Z_2$ -градуированную  $C^*$ -категорию; объектами этой категории являются объекты категории  $\mathbf{A}$ , а морфизмы степени  $i$  из объекта  $A$  в  $A'$  это непрерывные отображения  $f: X \rightarrow \text{hom}_i(A; A')$ ,  $i \in Z_2$ . Рассмотрим псевдоабелеву  $Z_2$ -градуированную  $C^*$ -категорию, ассоциированную построенной  $C^*$ -категорией. Полученную  $C^*$ -категорию обозначим через  $\mathbf{A}(X)$ . Если  $f: X \rightarrow Y$ —непрерывное отображение двух компактных пространств  $X$  и  $Y$ , то имеем  $Z_2$ -градуированный функтор  $f^*: \mathbf{A}(Y) \rightarrow \mathbf{A}(X)$ . В дальнейшем нам понадобится случай, когда  $X=S^0$  и  $Y=D'$ , где  $S^0$ —двухточечное пространство  $\{0, 1\}$ ,  $D'$ —отрезок  $[0; 1]$  а  $f$ —естественное вложение.

$C^*$ -категория  $\mathbf{A}$  называется симметричной, если заданы банахов функтор  $V: \mathbf{A} \rightarrow \mathbf{A}$  и естественное преобразование  $\tau: Id_{\mathbf{A}} \rightarrow V$ ,  $\text{deg } \tau=1$  такие, что: а)  $V^2=1_{\mathbf{A}}$ ; б)  $\tau^*=V(\tau)$ ,  $\tau^*\tau=1$ ,  $\tau\tau^*=1$ .

Функтор  $F: \mathbf{A} \rightarrow \mathbf{B}$  называется симметричным, если  $FV=VF$ , где  $\mathbf{A}$  и  $\mathbf{B}$ —симметричные  $C^*$ -категории.

Пример. Пусть  $\mathbf{A}$ — $Z_2$ -градуированная  $C^*$ -алгебра с единицей. Обозначим через  $\mathbf{H}(\mathbf{A})$  категорию  $Z_2$ -градуированных конечнопорожденных гильбертовых левых  $\mathbf{A}$ -модулей и градуированных гомоморфизмов. Определим функтор  $V: \mathbf{H}(\mathbf{A}) \rightarrow \mathbf{H}(\mathbf{A})$ , сопоставляя каждому модулю его противоположно градуированный, т. е. если  $E=E_0 \oplus E_1$ , то  $\tilde{E}=E_1 \oplus E_0$ . Если  $f$  морфизм из  $\mathbf{H}(\mathbf{A})$  такой, что  $\text{deg } f=i$ , то  $\tilde{f}=(-1)^i f$ . Естественное отображение  $\mathbf{2}$  задается для каждого модуля  $E$  тождественным гомоморфизмом  $E \rightarrow \tilde{E}$ , который имеет степень один.

В дальнейшем будем предполагать, что все  $C^*$ -категории и функторы являются псевдоабелевыми и симметричными.

Для каждого объекта  $A$  из  $\mathbf{A}$  рассмотрим морфизм

$$e_A = \begin{pmatrix} 0 & \tau_A^{-1} \\ \tau_A & 0 \end{pmatrix} \in \text{hom}(A \oplus \tilde{A}; A \oplus \tilde{A}).$$

Ясно, что  $e_A^* = e_A$ ,  $e_A^2 = 1$ ,  $\text{deg } e_A = 1$ .

Пусть  $F: \mathbf{A} \rightarrow \mathbf{B}$ —квазисюръективный полный банахов функтор. Пара  $(A, e)$  называется допустимой, если  $e \in \text{kom}(A \oplus A, A \oplus \tilde{A})$ ,  $e^* = e$ ,  $e^2 = 1$ ,  $\text{deg } e = 1$  и  $F(e) = e_{F(A)}$ .

Обозначим через  $G_F(\mathbf{A})$  пространство допустимых пар вида  $(A, e)$ . Пary  $(A, e)$  и  $(A', e')$  называются изоморфными, если существует унитарный изоморфизм  $u: A \rightarrow A'$  такой, что  $\tilde{u}e\tilde{u}^* = e'$ , где  $\tilde{u}: A \oplus \tilde{A} \rightarrow A' \oplus \tilde{A}'$  задано матрицей

$$\begin{pmatrix} u & 0 \\ 0 & \tilde{u} \end{pmatrix}.$$

Пары  $(A, e)$  и  $(A, e')$  называются гомотопными, если существует непрерывный путь  $\pi$  в пространстве  $G_F(\mathbf{A})$ , соединяющий  $e$  с  $e'$ .

Пара  $(A, e)$  называется элементарной, если  $(A, e)$  гомотопна паре  $(A, e_A)$ . Сумму пар  $(A, e)$  и  $(A', e')$  определим равенством

$$(A, e) \oplus (A', e') = (A \oplus A', e \oplus e'),$$

где прямая сумма матриц понимается в смысле [5]. Ясно, что

$$(A, e_A) \oplus (A', e'_A) = (A \oplus A', e_{A \oplus A'}).$$

Пары  $(A, e)$  и  $(A', e')$  называются эквивалентными, если существуют элементарные пары  $(E, \epsilon)$  и  $(E', \epsilon')$  такие, что пары  $(A, e) \oplus (E, \epsilon)$  и  $(A', e') \oplus (E', \epsilon')$  изоморфны.

Обозначим через  $\mathbf{K}(\mathbf{F})$  абелев монотид классов эквивалентных допустимых пар. Когда  $\mathbf{B}$  нулевая  $C^*$ -категория, то вместо  $\mathbf{K}(\mathbf{F})$  будем писать  $\mathbf{K}(\mathbf{A})$ .

Обозначим через  $\mathbf{K}(D', S^0, \mathbf{A})$  абелеву группу  $\mathbf{K}(f^*)$ , где  $f^*: A(D') \rightarrow A(S^0)$  построено выше.

Построим фундаментальный гомоморфизм

$$t: \mathbf{K}(A^{1,0}) \rightarrow \mathbf{K}(D', S^0, \mathbf{A})$$

следующим образом. Пусть  $(A^{1,0}, e)$  — представитель элемента из  $\mathbf{K}(A^{1,0})$ , где  $A^{1,0}$  означает  $Z_2$ -градуированный, сохраняющий инволюцию гомоморфизм  $\Psi: C^{1,0} \rightarrow \text{hom}(A, A)$ . Пусть  $e_1$  — образующий элемент алгебры  $C^{1,0}$ , т. е.  $e_1^* = e_1$ ,  $e_1^2 = 1$ ,  $\text{deg } e_1 = 1$ . Положим

$$k = \begin{pmatrix} \tilde{e}_1 & 0 \\ 0 & -\tilde{e}_1 \end{pmatrix},$$

где  $\tilde{e}_1 = \Psi(e_1)$ . Из определения пары  $(A^{1,0}, e)$  имеем  $k^* = k$ ,  $k^2 = 1$ ,  $\text{deg } k = 1$ ,  $ke = -ek$ . Кроме того, легко проверить, что  $e_A k = -k e_A$ . Определим [см. 2]

$$z(t) = \frac{1}{2} (1 + e_A k) v(t) k v^A(t) (1 + k e_A),$$

где

$$v(t) = \left( \cos \frac{\pi}{2} t + ek \sin \frac{\pi}{2} t \right) \left( \cos \frac{\pi}{2} t - e_A k \sin \frac{\pi}{2} t \right), \quad t \in D'.$$

Пара  $(A, z(t))$  корректно определяет элемент в  $\mathbf{K}(D', S^0, \mathbf{A})$ . Пологаем

$$t([A^{1,0}, e]) = [A, z(t)].$$

*Фундаментальная теорема. Гомоморфизм  $t$  является изоморфизмом.*

Определим группу  $\mathbf{K}^{p,q}(\mathbf{F})$  как группу  $\mathbf{K}(\mathbf{F}^{p,q+1})$ ,  $p, q \in \mathbf{Z}$ . Группы  $\mathbf{K}^{p,q}(\mathbf{F})$  зависят только от разности  $q-p$  и имеют период 8 в вещественном случае, и период 2 в комплексном случае. Положим

$$\mathbf{K}^n(\mathbf{F}) = \mathbf{K}^{p,q}(\mathbf{F}),$$

где  $n = q - p$ .

*Теорема. Пусть  $\mathbf{F}: \mathbf{A} \rightarrow \mathbf{B}$  — квазисюръективный полный  $Z_2$ -градуированный банахов функтор. Тогда следующая последовательность*

$$\dots \rightarrow \mathbf{K}^{-1}(\mathbf{A}) \xrightarrow{\mathbf{F}} \mathbf{K}^{-1}(\mathbf{B}) \xrightarrow{\partial^{-1}} \mathbf{K}^0(\mathbf{F}) \rightarrow \mathbf{K}^0(\mathbf{A}) \xrightarrow{\mathbf{F}} \mathbf{K}^0(\mathbf{B}) \xrightarrow{\partial^0} \mathbf{K}^1(\mathbf{F}) \rightarrow \dots$$

*точна.*

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

თ. კანდელაკი

$Z_2$ -გრადუირებული  $C^*$ -კატეგორიების  $K$ -თეორიის შესახებ

რეზიუმე

აგებულია  $K$ -თეორია  $Z_2$ -გრადუირებული  $C^*$ -კატეგორიებისათვის. თუ  $F: A \rightarrow B$  არის  $Z_2$ -გრადუირებული ინვოლუციური სრული კვანძურეტიკული ბანახის ფუნქტორი, მაშინ გვაქვს ზუსტი მიმდევრობა.

$$\dots \rightarrow K^{n-1}(A) \rightarrow K^{n-1}(B) \rightarrow K^n(F) \rightarrow K^n(A) \rightarrow K^n(B) \rightarrow \dots,$$

სადაც  $A$  და  $B$   $Z_2$ -გრადუირებული ნამდვილი ან კომპლექსური  $C^*$ -კატეგორიებია.

MATHEMATICS

T. K. KANDELAKI

ON THE  $K$ -THEORY OF  $Z_2$ -GRADED  $C^*$ -CATEGORIES

Summary

The  $K$ -theory of  $Z_2$ -graded  $C^*$ -categories is constructed. If  $F: A \rightarrow B$  is a  $Z_2$ -graded involutive full Banach functor, then the following sequence

$$\dots \rightarrow K^{n-1}(A) \rightarrow K^{n-1}(B) \xrightarrow{\quad} K^n(F) \rightarrow K^n(A) \rightarrow K^n(B) \rightarrow \dots$$

is exact, where  $A$  and  $B$  are  $Z_2$ -graded real or complex  $C^*$ -categories.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. M. Karoubi. Ann. Sc. Ec. Norm. Sup. t. 1, f. 2, 1968.
2. A. Van Daele. C. R. Acad. Sc. Paris. t. 304. S. 1, n. 10, 1987.
3. Т. К. Канделаки. Сообщения АН ГССР
4. Г. Г. Каспаров. Изв. АН СССР, сер. Мат., 44, № 3, 1980.
5. J. L. Loday. Ann. Sc. Ec. Norm. Sup. Paris, 9, 1976.



Н. Л. ПАЧУЛИА

О ТОЧКАХ СИЛЬНОЙ СУММИРУЕМОСТИ РЯДОВ ФУРЬЕ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. В. Жижиашвили 22.11.1987)

Пусть  $f$ —суммируемая по Лебегу со степенью  $p \geq 1$ ,  $2\pi$ -периодическая функция (как обычно, класс таких функции обозначим через  $L_p$ ),  $S_k(f; \cdot)$ —частная сумма тригонометрического ряда Фурье этой функции,  $\rho_k(f; x) = f(x) - S_k(f; x)$ —соответствующее отклонение.

В работах [1, 2] Харди и Литтлвуд ввели понятие сильной суммируемости рядов Фурье и доказали следующее утверждение.

Теорема X.—Л. Если функция  $f \in L_p$ ,  $p > 1$ , то в каждой ее точке Лебега  $\forall s > 0$

$$\lim_{n \rightarrow +\infty} H_n^{(s)}(f; x) = 0, \tag{1}$$

где

$$H_n^{(s)}(f; x) = \frac{1}{n+1} \sum_{k=0}^n |\rho_k(f; x)|^s.$$

При  $p=1$  и  $s=2$  справедливость почти всюду равенства (1) была доказана Марцинкевичем [3], а при любом  $s > 0$  — Зигмундом [4]. О. Д. Габисония [5] впервые указал характеристику точек, в которых равенство (1) выполняется  $\forall s \in (0, 2]$ . Множество этих точек имеет полную меру.

Позднее в качестве величин, характеризующих сильную суммируемость рядов Фурье вместо  $H_n^{(s)}(f; \cdot)$  рассматривались более общие функционалы (см., напр., [6—8]). В частности, в [6] были введены величины

$$H_n^\varphi(f; x) = \frac{1}{n+1} \sum_{k=0}^n \varphi(|\rho_k(f; x)|),$$

где  $\varphi$ —некоторая неотрицательная функция, которая при  $\varphi(u) = u^s$  совпадает с величинами  $H_n^{(s)}(f; \cdot)$ .

В настоящей работе исследуются величины

$$H_\varphi(f; x, v) = \sum_{k=0}^{\infty} \lambda_k(v) \varphi(|\rho_k(f; x)|),$$

где  $\lambda_k(v)$ ,  $k \in N$ —некоторая последовательность неотрицательных функций, определенных на множестве  $V$ , содержащем по крайней мере одну точку сгущения.

В дальнейшем считается, что функция  $\varphi$  подчинена следующим условиям. Пусть  $a$ —некоторое положительное число и  $\Phi(a)$ —мно-





жество положительных, неубывающих на  $[0, +\infty)$  непрерывных функций  $\varphi$ , таких, что  $\varphi(0)=0$ ,

$$\varphi(2u) \leq a\varphi(u), \quad \forall u \in (0, 1]. \quad (2)$$

$$\ln \varphi(u) = O(u), \quad u \rightarrow +\infty. \quad (3)$$

Здесь дается следующее обобщение теоремы Х.—Л.

Теорема 1. Пусть  $\varphi \in \Phi(a)$ . Тогда в каждой точке Лебега функции  $f \in L_p$ ,  $p > 1$

$$\lim_{n \rightarrow +\infty} H_n^\varphi(f; x) = 0. \quad (4)$$

Если  $f \in L_p$ ,  $p > 1$  и, кроме того,  $f$  непрерывна в некотором замкнутом множестве  $E$ , то равенство (4) выполняется равномерно на  $E$ .

Первая часть теоремы 1 представляет непосредственное обобщение теоремы Х.—Л., которая получается при  $\varphi(u) = u^s$ ,  $s > 0$ . Из результатов Л. Д. Гоголадзе [7] вытекает окончательность условий на функцию  $\varphi$  в том смысле, что если соотношение (3) нарушено, то существует  $f \in C$  и точка  $x_0$ , для которой

$$\overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} H_n^\varphi(f; x_0) = +\infty.$$

Когда  $f \in C$ , равномерное выполнение равенства (4) так же следует из результатов работы [7].

Относительно равенства (4) отметим, что если  $f \in L_p$ ,  $p > 1$ , то согласно результатам Ханта [9] почти всюду  $\rho_k(f; x) = o(1)$ . Откуда в силу непрерывности  $\varphi$  следует выполнение равенства (4) в этих точках. Поэтому теорема 1 содержит новую информацию только в том случае, когда  $\rho_k(f; x) \neq o(1)$  при  $k \rightarrow +\infty$ .

Основным результатом настоящей работы является утверждение для величин  $H_\varphi(f; x, v)$ , формулировка которых требует введения ряда новых обозначений.

Обозначим через  $\Lambda(r)$ ,  $r > 1$  множество неотрицательных ограниченных последовательностей  $\lambda_k(v)$ ,  $k \in N$ , определенных на множестве  $V$  с предельной точкой  $v_0$  такие, что для любого четного  $n \in N$

$$\left\{ \frac{1}{n} \sum_{k=n}^{2n} \lambda_k(v) \right\}^{1/r} \leq \frac{B}{n} \sum_{k=n/2}^n \lambda_k(v), \quad (5)$$

где  $B$ —абсолютная постоянная. Легко проверить, что если при  $v \in V$ ,  $\lambda_k(v)$  убывает относительно  $k$ , то неравенство (5) выполняется. Поэтому множеству  $\Lambda(r)$ , к примеру, принадлежат последовательность  $\lambda_k(v) = (1-v)^k$ ,  $k \in N_0 = \{0, 1, \dots\}$ , которая определяет метод Абеля суммирования рядов;  $\lambda_k(v) = \frac{v^k}{k \ln 1/1-v}$ ,  $k \in N$ —определяющая логарифмический ме-

тод;  $\lambda_k(n) = \frac{1}{n+1}$  при  $k \leq n$  и  $\lambda_k(n) = 0$  при  $k > n$  задающая  $(C, 1)$  метод суммирования рядов. Множества  $\Lambda(r)$  введены в ([7], с. 103), где указаны и примеры.

Пусть  $\{\lambda_k(v)\} \in \Lambda(r)$ ,  $r > 1$ ,  $\lim_{v \rightarrow v_0} \lambda_k(v) = 0$ ,  $k \in N$  и ряд

$$\sum_{k=0}^{\infty} \lambda_k(v)$$

сходится на множестве  $V$  к некоторой ограниченной функции  $\lambda(\cdot)$ . Множество таких последовательностей функции обозначим через  $\Lambda^*(r)$ .

Пусть, далее, функции  $\lambda_k(v)$  такие, что для любой последовательности  $n_v \uparrow \infty$  существует точки  $v_{n_v} \rightarrow v_0$  такие, что

$$\lambda_{n_v}(v_{n_v}) > a_0 n_v^{-\alpha}, \quad a_0 > 0, \quad \alpha > 0. \quad (6)$$

Множество таких последовательностей обозначим через  $\lambda_\alpha$ . Приведенные выше последовательности функции принадлежат как к множеству  $\Lambda^*(r)$ , так и  $\Lambda_\alpha$  при определенных  $\alpha$  и  $r$ .

**Теорема 2.** Пусть функция  $f \in \Phi(a)$  и последовательность  $\{\lambda_k(v)\} \in \Lambda^*(r)$ ,  $r > 1$ . Тогда в каждой точке Лебега функции  $f \in L_p$ ,  $p > 1$

$$\lim_{v \rightarrow v_0} H_\varphi(f; x, v) = 0. \quad (7)$$

Если  $f \in L_p$ ,  $p > 1$  и кроме того  $f$  непрерывна на некотором замкнутом множестве  $E$ , то для любой последовательности  $\{\lambda_k(v)\} \in \Lambda^*(r)$ ,  $r > 1$  равенство (7) будет выполнено равномерно на  $E$ .

Если же для функции  $f$  условие (3) нарушено и последовательность  $\{\lambda_k(v)\} \in \Lambda_\alpha$ ,  $\alpha > 0$ , то существует  $f \in L_p$ ,  $p > 1$  и  $x_0$  — ее точка Лебега такая, что

$$\lim_{v \rightarrow v_0} H_\varphi(f; x_0, v) = +\infty.$$

Отметим, что если положить  $\lambda_k(n) = \frac{1}{n+1}$  при  $k \leq n$  и  $\lambda_k(n) = 0$  при  $k > n$ , то первые два утверждения теоремы 2 совпадают с утверждениями теоремы 1.

Доказательство теоремы 2 опирается на справедливость следующих утверждений, которые не лишены и самостоятельного интереса.

**Лемма 1.** Пусть  $n \in N$  и  $k_i \in N$ ,  $i = \overline{1, r_n}$  такие, что  $n \leq k_1 < \dots < k_{r_n} \leq 2n$ . Тогда в каждой точке Лебега функции  $f \in L_p$ ,  $p > 1$ ,  $\forall s > 0$

$$\lim_{n \rightarrow +\infty} \left\{ \frac{1}{r_n} \sum_{i=1}^{r_n} |\rho_{k_i}(f; x)|^s \right\}^{1/s} \left/ \left( \ln \frac{n}{r_n} + 1 \right) \right. = 0. \quad (8)$$

Если  $f \in L_p$ ,  $p > 1$  и на некотором ограниченном замкнутом множестве  $E$  функция  $f$  непрерывна, то равенство (8) будет выполнено равномерно на  $E$ .

**Лемма 2.** Пусть функция  $f \in \Phi(a)$ . Тогда в точках Лебега функции  $f \in L_p$ ,  $p > 1$ .

$$\lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{1}{n} \sum_{k=n}^{2n} \Phi(|\rho_k(f; x)|) = 0. \quad (9)$$

Если  $f \in L_p$ ,  $p > 1$  и, кроме того,  $f$  — непрерывная на некотором замкнутом множестве  $E$ , то равенство (9) выполняются равномерно на  $E$ .

Если же условие (3) нарушено, то существует функция  $f \in L_p$ ,  $p > 1$  и  $x_0$  — ее точка Лебега такая, что

$$\overline{\lim}_{n \rightarrow +\infty} \frac{1}{n} \sum_{k=n}^{2n} \varphi(|\rho_k(f; x_0)|) = +\infty.$$

Абхазский государственный университет

(Поступило 31.12.1987)

მათემატიკა

ბ. ფაჩულია

ფუნქციის მკვრივის ძლიერად შეჯამებადობის წერტილების შესახებ  
 რეზიუმე

დამტკიცებულია, რომ  $f \in L_p$ ,  $p > 1$ , ფუნქციის ლებეგის წერტილებში

$$\lim_{\nu \rightarrow \nu_0} \sum_{k=0}^{\infty} \lambda_k(\nu) \varphi(|f(x) - S_k(f; x)|) = 0,$$

სადაც  $\lambda_k$ ,  $\varphi$  არაუარყოფითი ფუნქციებია და  $S_k(f; \cdot)$  — ფუნქციის მწკრივის კერძო ჯამები.

MATHEMATICS

N. L. PACHULIA

ON THE POINTS OF STRONG SUMMABILITY OF FOURIER SERIES

Summary

The present paper proves that in the Lebesgue points of the function  $f \in L_p$ ,  $p > 1$

$$\lim_{\nu \rightarrow \nu_0} \sum_{k=0}^{\infty} \lambda_k(\nu) \varphi(|f(x) - S_k(f; x)|) = 0,$$

where  $\lambda_k$ ,  $\varphi$  are non-negative functions which satisfy certain conditions and  $S_k(f; x)$  is a partial sum of Fourier series of the function  $f$ .

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. G. H. Hardy, J. E. Littlewood. C. R. 1913, 153. p. 1307-1309.
2. G. H. Hardy, J. E. Littlewood. PLMS. 1926. 26. p. 273-286.
3. J. Marcinkiewicz. J. LMS. 1939. 14. p. 162-168.
4. A. Zygmund. PLMS. 1942. 47. p. 326-350.
5. О. Д. Габисония. Матем. зам., т. 14, № 5, 1973, 615—626.
6. К. И. Осколков. Труды мат. ин-та им. Стеклова, 1984, т. 172, 280—390.
7. Л. Д. Гоголадзе. О суммировании кратных тригонометрических рядов и сопряженных функциях. Тбилиси, 1984.
8. А. И. Степанец, Н. Л. Пачулиа. Ин-т мат. АН УССР, Препринт 86.66, Киев.
9. R. A. Hunt. Proc. conv. orth. Exp. Carbondale. 1968. p. 235-255.



А. А. ЛАШВИ

## ГАРМОНИЧЕСКИЕ ОТОБРАЖЕНИЯ И КОЛЛИНЕАЦИИ МОДУЛЕЙ

(Представлено членом-корреспондентом Х. Н. Инасаридзе 5.1.1989)

Пусть  $k$  — коммутативное кольцо с единицей. Для каждого свободного  $k$ -модуля  $X$  можно построить новый объект [1—4] — проективное пространство  $\tilde{P}(X)$ , соответствующее  $X$  (ассоциированное с  $X$ ). Его элементы — все свободные прямые слагаемые ранга 1. Это определение проективного пространства мы расширяем следующим образом (оставляя при этом тот же термин и меняя обозначение  $\tilde{P}(X)$  на  $P(X)$ ): проективное пространство  $P(X)$ , соответствующее  $k$ -модулю без кручения  $X$ , есть множество всех свободных подмодулей ранга 1. Припишем каждому свободному подмодулю  $U \subseteq X$  его проективную размерность  $\dim_p U = \dim U - 1$ . Будем пользоваться терминами „точки“, „прямые“, „плоскости“ для свободных подмодулей проективной размерности 0, 1, 2 соответственно. Нулевой подмодуль будем считать „пустым элементом“ проективного пространства  $P(X)$ , имеющим проективную размерность  $-1$ .

Различные точки  $p_1, p_2, \dots, p_\gamma, \gamma \in \Delta$  проективного пространства  $P(X)$  назовем строго коллинеарными, если существует прямая  $U \subset X$  такая, что  $U = p_i + p_j, 1 \leq i, j \leq \gamma$ , и коллинеарными, если  $p_i \subset U, 1 \leq i \leq \gamma$  ( $\gamma$  может быть любым кардинальным числом). Если  $p_1, p_2, p_3, p_4$  — строго коллинеарные точки и  $p_i + p_j = U, 1 \leq i, j \leq 4$ , то существуют элементы  $e_1, e_2 \in U$  и единственный обратимый элемент  $s \in k$ , что

$$p_1 = \langle e_1 \rangle, \quad p_2 = \langle e_2 \rangle, \quad p_3 = \langle e_1 + e_2 \rangle, \quad p_4 = \langle e_1 + se_2 \rangle.$$

Элемент  $s$  назовем двойным отношением; точки  $p_1, p_2, p_3, p_4$  гармонические, если  $s = -1$ .

Пусть теперь  $X_1$  и  $X_2$  — модули над кольцами  $k_1$  и  $k_2, \sigma: k_1 \rightarrow k_2$  — гомоморфизм; отображение  $\mu: X_1 \rightarrow X_2$  назовем  $\sigma$ -проективностью или проективностью относительно  $\sigma$ , если

$$\mu(a_1x_1 + a_2x_2) = \sigma(a_1)\mu(x_1) + \sigma(a_2)\mu(x_2), \quad a_1, a_2 \in k_1, \quad x_1, x_2 \in X_1.$$

Если  $X_1$  и  $X_2$  — модули без кручения над кольцами  $k_1$  и  $k_2$  соответственно, то отображение  $f: P(X_1) \rightarrow P(X_2)$  называется гармоническим, если  $f$  гармоническим четверкам сопоставляет гармонические, и коллинеацией, если для всех  $p_1, p_2, p_3 \in P(X_1)$  из  $p_1 \subset p_2 + p_3$  следует  $f(p_1) \subset f(p_2) + f(p_3)$ . Если биекция  $f: \tilde{P}(X_1) \rightarrow \tilde{P}(X_2)$  является коллинеацией (гармоническим отображением), то  $f^{-1}$  этим свойством уже может не обладать [1, 5, 4].

Изучая справедливость основной теоремы проективной геометрии для проективных прямых (теорема К. Штаудта) над кольцами Н. Димане [2], М. Кулкарни [1], К. Бартолоне и Ф. ди Франко [5] (см. также [6] и др.), в основном изучают следующие



ситуации: рассматриваются отображения  $f: \tilde{P}(X_1 \rightarrow \tilde{P}(X_2)$ , при этом  $f$  — биекция,  $f, f^{-1}$  гармоническим четверкам сопоставляют гармонические и, как правило, меняют основные кольца  $k_1, k_2$ . Позитивные ответы (полные аналоги с классическим случаем) получаются для коммутативных локальных [2], регулярных и некоторых других колец. Однако даже для таких колец, как коммутативные кольца главных идеалов (см., например, [2]) теорема К. Штаудта в полной общности неверна. Поэтому приходится [5, 6, 2, 3] накладывать ограничения на  $f$  и  $f^{-1}$  и несколько изменить определение гармонического отношения.

Наша цель — изучить более общие гармонические отображения и коллинеации (отображения в одну сторону) при классическом определении гармонизма над довольно общими некоммутативными кольцами и получить полные аналоги; при этом будем рассматривать не только свободные модули, но и модули без кручения.

В дальнейшем  $k$  — некоммутативное кольцо левых главных идеалов. Обозначим через  $\mathfrak{M}(X)$  (или  $\mathfrak{M}_k(X)$ ) решетку всех  $k$ -подмодулей модуля  $X$ . Пусть  $X_1$  — модуль над  $k_1$ , и исследуем отображения  $f: P(X) \rightarrow \mathfrak{M}(X)$ , которые сохраняют операцию решетчатого объединения ( $\cup$ -совместимые отображения).

Так как при наших общих отображениях точки из  $P(X)$  могут отображаться не только в точки, то, естественно, определение гармонического отображения надо несколько расширить.

Определение 1. Отображение  $f: P(X) \rightarrow \mathfrak{M}(X_1)$  назовем гармоническим, если гармоническим четверкам  $p_1, p_2, p_3, p_4 \in P(X)$  при  $f$  сопоставляются такие элементы  $f(p_1), f(p_2), f(p_3), f(p_4) \in \mathfrak{M}(X_1)$ , для которых можно найти  $y_1, y_2 \in X_1$  такие, что

$$Q_1 = k_1 y_1 \xrightarrow{\subset} f(p_1), \quad Q_2 = k_1 y_2 \xrightarrow{\subset} f(p_2), \\ Q_3 = k_1 (y_1 + y_2) \xrightarrow{\subset} f(p_3), \quad Q_4 = k_1 (y_1 - y_2) \xrightarrow{\subset} f(p_4),$$

т. е. точки  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4$  находятся в гармоническом отношении.

Пусть теперь  $F$  — тело частных кольца  $k$ . Рассмотрим тензорное произведение  $\bar{X} = F \otimes_k X$  и каноническое вложение  $i: X \rightarrow F \otimes_k X$ ;  $X$  можно трактовать как  $k$ -подмодуль  $F$ -пространства  $X$ . Ясно, что  $FX = \langle FX \rangle = \bar{X}$ . Предположим также, что  $F_1$  — некоторое тело и  $k_1$  — подкольцо в  $F_1$ ; пусть  $\bar{X}_1$  есть  $F_1$ -пространство и  $X_1$  такой  $k_1$ -подмодуль в  $\bar{X}_1$ , что  $\langle F_1 X_1 \rangle = \bar{X}_1$ .

Определение 2. Отображение  $f: P(X) \rightarrow \mathfrak{M}(X_1)$  сохраняет независимость (является СЛН-отображением), если

$$p_\beta \cap \left( \bigcup_{\gamma \in \Lambda, \gamma \neq \beta} p_\gamma \right) = 0 \iff f(p_\beta) \cap \left( \bigcup_{\gamma \in \Lambda, \gamma \neq \beta} f(p_\gamma) \right) = 0.$$

Теорема 1 (представление гармонических отображений проективностями). Пусть  $1/2 \in k$  и  $f: P(X) \rightarrow \mathfrak{M}(X_1)$  — гармоническое отображение, тогда существуют отображение  $\sigma: F \rightarrow F_1$ ,  $\sigma$ -проективность  $\mu: \bar{X} \rightarrow \bar{X}_1$  и такое подкольцо  $K_1 \xrightarrow{\subset} F_1$ , что  $K_1 \mu(X) \subseteq X_1$ ,

$$\begin{array}{ccc} \sigma(k) & \xrightarrow{\subset} & K_1 \\ \downarrow & & \downarrow \\ k_1 & \xrightarrow{\subset} & F_1 \end{array} \quad (*)$$





при этом  $\sigma$  либо *мономорфизм*, либо *антимоморфизм* и для любого  $x \in X$   $f(kx) = K_1 \mu(x)$ .

Напомним, что *антимоморфизм* колец — это такое отображение  $\sigma$ , при котором образ суммы равен сумме образов, а образ произведения — произведению образов, взятых в обратном порядке, т. е.  $\sigma(xy) = \sigma(y) \sigma(x)$ .

Если теперь  $X$  и  $X_1$  — векторные пространства над телами  $F$  и  $F_1$  и  $f: \mathfrak{M}(X) \rightarrow \mathfrak{M}(X_1)$  — отображение, то тогда следующие условия эквивалентны: (а)  $f$  — изоморфизм решеток, (б) ограничение  $f$  на  $P(X)$  — биекция и  $f$  и  $f^{-1}$  — коллинеации. Основная теорема проективной геометрии в этом случае имеет следующее содержание: если  $\dim X \geq 3$  и выполнено одно из условий (а), (б), то существуют изоморфизм  $\sigma: F \rightarrow F_1$  и  $\sigma$ -проективность  $\mu: X \rightarrow X_1$  такая, что для любого подпространства  $A \subseteq X$  справедливо  $\mu(A) = f(A)$ .

Естественно, при переходе к общим основным кольцам условия (а) и (б) уже могут не быть эквивалентными. Более того, в случае тел имеются и другие, эквивалентные с (а) и (б) условия, которые для общих основных колец также неэквивалентны.

Имеется большое количество работ, в которых для разных основных колец доказывается основная теорема проективной геометрии, при этом справедливость теоремы означает: вывести заключительную часть утверждения из наличия либо условия (а) ([7—11, 15] и др.), либо условия (б) [12, 4, 13—15].

Л. А. Скорняков [10] изучает решеточные изоморфизмы модулей без кручения ранга  $\geq 3$  над регулярными кольцами. В случае коммутативных колец самым значительным достижением является теорема М. Ожангрин и Р. Сридхаран [4]. Ограничение на ранг ( $n \geq 3$ ) во многих случаях является существенным, однако для абелевых групп [7] удается ограничиться случаем  $n \geq 2$ . В. Стефенсон показал, что для довольно общих колец наличие изоморфизма  $f: \mathfrak{M}(X) \rightarrow \mathfrak{M}(X_1)$  влечет изоморфизм колец эндоморфизмов  $\text{End}(X)$  и  $\text{End}(X_1)$ . Им же найдены условия, при которых  $f$  порождается проективностью или в более общем случае морита-эквивалентностью. А. В. Михалев [14] нашел достаточные условия на полугруппы эндоморфизмов  $D_i \subseteq \text{End}(X_i)$ ,  $i=1, 2$ , при которых из наличия изоморфизма  $D_1 \cong D_2$  вытекает существование проективности, его порождающей.

**Теорема 2.** (представление коллинеации проективностями). Пусть  $f: P(X) \rightarrow \mathfrak{M}(X_1)$  СЛН — коллинеация и  $\dim X \geq 3$ , тогда существуют вложение  $\sigma: F \rightarrow F_1$ ,  $\sigma$ -проективность  $\mu: \bar{X} \rightarrow \bar{X}_1$  и такое подкольцо  $K_1 \subset F_1$ , что  $K_1 \mu(X) \subseteq X_1$ , справедливы включения (\*) и для любого подмодуля  $Y \subseteq X_1$   $f(Y) = \langle K_1 \mu(Y) \rangle$ .

Каждое отображение  $f: P(X) \rightarrow \mathfrak{M}(X_1)$  определяет отображение  $f: \mathfrak{M}(X) \rightarrow \mathfrak{M}(X_1)$ , которое сохраняет объединение, т. е. совместимо с операцией „ $\cup$ “. Следуя Г. Цаппа, отображение  $f$  из  $\mathfrak{M}(X)$  в  $\mathfrak{M}(X_1)$  назовем верхним (нижним) гемитрофизмом, если оно сохраняет операцию объединения (пересечения). Таким образом, отображение  $f$  (теорема 2) может быть трактовано как отображение, определенное на точках  $P(X)$  и затем продолженное до верхнего гемитрофизма. Если  $f$ ,  $\mu$ ,  $\sigma$  и  $K_1$  определены теоремой 2, то существует ровно один верхний гемитрофизм, ими определенный. Если теперь от верхнего гемитрофизма будем требовать, чтобы он

сохранял и нулевое пересечение, т. е. если  $Y_1 \cap Y_2 = 0 \iff f(Y_1) \cap f(Y_2) = 0$  (такое отображение мы назовем гемитрофизмами), то тогда в предположении, что  $F_1$  — левое тело частных  $k_1$ , справедлива

**Теорема 3.** Если  $\dim X \geq 3$ , то отображение  $f: P(X) \rightarrow \mathfrak{M}(X_1)$  тогда и только тогда является гемитрофизмом, когда существует сохраняющая линейную независимость проективная  $\mu: \bar{X} \rightarrow \bar{X}_1$  относительно вложения  $\sigma: F \rightarrow F_1$ , подкольцо  $K_1 \hookrightarrow F_1$  такое, что

$$\sigma(k) \hookrightarrow K_1, \sigma(k) \hookrightarrow k_1, K_1^\mu(X) \subseteq X_1 \text{ и } f(Y) = (K_1^\mu(Y))$$

для любого  $Y \in \mathfrak{M}(X)$ .

Грузинский политехнический институт  
им. В. И. Ленина

(Поступило 5.1.1989)

მათემატიკა

ა. ლაშკი

მოდულების ჰარმონიული ასახვები და კოლინაციები

რეზიუმე

შთავარ იდეალთა არაკომუტატურ რგოლებზე განსაზღვრული მოდულ-ბისათვის დამტკიცებულა პროექციული გეომეტრიის ძირითადი და კ. შტაუდტის თეორემები.

MATHEMATICS

A. A. LASHKHI

## HARMONIC MAPPINGS AND COLLINATIONS OF MODULES

### Summary

For the modules over noncommutative principal ideal domains the fundamental theorem of projective geometry and C. Staudt's theorems are proved.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. M. Kulkarni. Indian J. Pure and Appl. Math., v. 11, № 12, 1980, 1561—1565.
2. N. B. Limaye. Math. Z., v. 121, 1971, 175-180.
3. B. V. Limaye, N. B. Limaye. Arch. Math., v. 28, № 1, 1977, 102-109.
4. M. Ojanguren, R. Sridharan. Comm. Math. Helv., v. 44, № 3, 1939, 310-315.
5. A. D. Bartolone, F. Di Franco. Math. Z., v. 169, № 1, 1979, 23-39.
6. H. Schaeffer. J. reine und angew. Math., v. 267, 1974, 23-29.
7. R. Vaer. Amer. Math. J., v. 61, 1939, 1-44.
8. W. Stephenson. J. London Math. Soc., v. 1, № 1 1969, 177-183.
9. G. Faltings. Geometriae dedicata, v. 4, 1975, 105-137.
10. Л. А. Скорняков. ДАН СССР, т. 131, № 3, 1960, 756—757.
11. F. Machala. Czechosl. Math. J., v. 25, № 3, 1975, 454-474.
12. Э. Артин. Геометрическая алгебра. М., 1969.
13. U. Vreht. Untermodulverbande Torsion Freies Modulen. Freiburg im Br., 1983.
14. А. В. Михалев. ДАН СССР, т. 150, № 2, 1963, 259—261.
15. Б. А. Розенфельд. ДАН СССР, т. 74, № 3, 1950, 421—424.



А. Б. ХАРАЗИШВИЛИ

## БОРЕЛЕВСКИЕ ОТОБРАЖЕНИЯ ВПОЛНЕ НЕСОВЕРШЕННЫХ МНОЖЕСТВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. А. Берикашвили 6.1.1988)

Пусть  $E$  — произвольное топологическое пространство. Напомним, что непустое множество  $X \subset E$  называется вполне несовершенным в  $E$ , если  $X$  не содержит никакой непустой совершенной (в  $E$ ) части. Вопрос о существовании несчетных вполне несовершенных множеств в данном топологическом пространстве  $E$  для целого ряда важных случаев оказывается весьма нетривиальным. Это, в частности, видно на следующих трех примерах.

Пример 1. Пусть  $E$  — польское топологическое пространство и  $Z$  — несчетное суслинское (аналитическое) подмножество в  $E$ . Тогда, согласно известному результату Алёксандрова—Хаусдорфа,  $Z$  содержит некоторую совершенную часть, гомеоморфную канторову дисконтинууму, и, таким образом,  $Z$  не является вполне несовершенным подмножеством пространства  $E$ .

Пример 2. Пусть  $E$  — несчетное польское топологическое пространство. Тогда, в силу известного результата Ф. Бернштейна, существует множество  $X \subset E$ , удовлетворяющее приводимым ниже соотношениям:

- 1)  $X$  имеет мощность континуума и пересекается со всяким непустым совершенным подмножеством пространства  $E$ ;
- 2)  $E \setminus X$  также имеет мощность континуума и также пересекается со всяким непустым совершенным подмножеством пространства  $E$ .

В частности, каждое из множеств  $X$  и  $E \setminus X$  является вполне несовершенным в  $E$ . Кроме того,  $X$  (а следовательно, и  $E \setminus X$ ) не измеримо относительно пополнения любой вероятностной борелевской меры, задаваемой в пространстве  $E$  и принимающей нулевые значения на одноточечных подмножествах этого пространства. Отметим здесь же, что доказательство существования указанного множества  $X$  основывается на принципе трансфинитной индукции и на несчетных формах аксиомы выбора. Более того, можно утверждать, что доказательство существования вполне несовершенного множества  $Y \subset E$ , имеющего мощность континуума, нельзя провести, не прибегнув к несчетным формам аксиомы выбора.

Пример 3. Пусть  $E$  — польское топологическое пространство и  $Z$  — несчетное множество в  $E$ , служащее дополнением к суслинскому (аналитическому) подмножеству пространства  $E$ . Тогда в общем случае вопрос о том, является ли множество  $Z$  вполне несовершенным, не разрешим в рамках обычной системы аксиом теории множеств. Это вытекает из известных результатов Геделя и Соловея (см., например, [1]).

Очевидно, что образ несчетного вполне несовершенного множества при борелевском отображении может оказаться множеством, содержащим в себе пустую совершенную часть. Более того, приводимый ниже пример показывает, что взаимно однозначный непрерывный образ несчетного вполне несовершенного множества может оказаться совершенным множеством.

Пример 4. Пусть  $R^2$  — евклидова плоскость, а  $\{Z_1, Z_2\}$  — разбиение этой плоскости на два вполне несовершенных множества. Такое разбиение существует в силу результата примера 2. Заметим теперь, что, какова бы ни была прямая  $l \subset R^2$ , параллельная оси ординат плоскости  $R^2$ , пересечение  $Z_1 \cap l$  не пусто. Пусть  $z(l)$  — точка, принадлежащая этому пересечению. Тогда совокупность всех точек вида  $z(l)$  образует вполне несовершенное подмножество плоскости, являющееся графиком некоторой вещественной функции вещественного переменного. Ясно, что ось абсцисс плоскости  $R^2$  служит образом указанного графика относительно инъективного непрерывного отображения (проектирования графика) и в то же время ось абсцисс представляет собой совершенное подмножество плоскости  $R^2$ .

Учитывая тот факт, что любые два несчетных борелевских подмножества польских топологических пространств являются борелевски изоморфными, с помощью рассуждений примера 4 легко приходим к следующему утверждению.

*Теорема 1. Пусть  $E$  — произвольное несчетное борелевское подпространство польского топологического пространства и  $X$  — множество в  $E$ , служащее дополнением к вполне несовершенному подмножеству этого подпространства (само множество  $X$  также может быть вполне несовершенным). Тогда найдется хотя бы одно борелевское отображение множества  $X$  на единичный сегмент  $[0, 1]$ .*

С другой стороны, существуют несчетные вполне несовершенные множества, в некотором смысле устойчивые относительно борелевских отображений. Говоря точнее, имеет место

*Теорема 2. Пусть  $E$  — произвольное полное метрическое пространство несчетной мощности. Тогда в  $E$  непременно найдется несчетное множество  $X$ , обладающее тем свойством, что, каково бы ни было борелевское отображение  $g: X \rightarrow E$ , множество  $g(X)$  является вполне несовершенным в  $E$ .*

При доказательстве сформулированной теоремы нужно воспользоваться тем простым фактом, что в полном метрическом пространстве (не обязательно сепарабельном) всякое непустое совершенное множество содержит подмножество, гомеоморфное канторову дисконтинууму (см., например, [2]). Затем надо использовать также то обстоятельство, что, в предположении справедливости гипотезы континуума, в классе всех метризуемых топологических пространств сепарабельность сохраняется при любых борелевских отображениях.

Пример 5. Пусть  $I$  — произвольное множество индексов, имеющее мощность континуума, и пусть для каждого индекса  $i \in I$  символ  $E_i$  обозначает метрическое пространство, изоморфное множеству всех рациональных чисел единичного сегмента  $[0, 1]$ . Далее, обозначим символом  $E$  метрическое пространство, являющееся суммой семейства пространств  $(E_i)_{i \in I}$ . Тогда пространство  $E$  имеет мощность континуума, не сепарабельно, локально сепарабельно, не содержит изолированных точек и любое подмножество в  $E$  есть множество типа  $F_\sigma$ . Следова-





тельно, если справедлива гипотеза континуума, то можно утверждать, что всякое несчетное подмножество в  $E$  борелевски изоморфно самому пространству  $E$ . Таким образом, мы видим, что условие полноты метрического пространства в формулировке теоремы 2 существенно для справедливости этой теоремы.

Пусть  $E$  — польское топологическое пространство,  $X$  — какое-нибудь несчетное вполне несовершенное подмножество в  $E$ , а  $E'$  — другое польское топологическое пространство. Если  $f$  — инъективное борелевское отображение пространства  $E$  в  $E'$ , то, как легко убедиться, множество  $f(X)$  представляет собой несчетное вполне несовершенное подмножество пространства  $E'$ . В частности, каков бы ни был борелевский автоморфизм  $g: E \rightarrow E$ , множество  $g(X)$  также является вполне несовершенным в  $E$ . Имеет место следующая

**Теорема 3.** Пусть  $c$  обозначает мощность континуума, а  $E$  — произвольное несчетное польское пространство. Если  $c$  — регулярная мощность, то существует семейство  $(X_j)_{j \in J}$ , состоящее из подмножеств пространства  $E$  и удовлетворяющее приводимым ниже соотношениям:

$$1) \text{card}(J) > c;$$

$$2) \text{card}(X_{j_1} \cap X_{j_2}) < c \text{ при } j_1 \in J, j_2 \in J \text{ и } j_1 \neq j_2;$$

3)  $\text{card}(X_j \cap F) = c$  для любого индекса  $j \in J$  и для любого непустого совершенного множества  $F \subset E$ ;

4)  $\text{card}(X_j \Delta g(X_j)) < c$  для всякого индекса  $j \in J$  и для всякого борелевского автоморфизма  $g$  пространства  $E$ .

В частности, каждое множество  $X_j (j \in J)$  является вполне несовершенным в  $E$ . Неизвестно, доказуемо ли утверждение теоремы 3 без использования предположения о регулярности мощности континуума. С другой стороны, не используя дополнительных теоретико-множественных гипотез, можно показать, что каково бы ни было полное метрическое пространство  $E$ , имеющее мощность континуума, существует семейство  $(X_j)_{j \in J}$ , состоящее из подмножеств этого пространства и удовлетворяющее соотношениям 1), 2) и 3), которые фигурируют в формулировке теоремы 3.

Следующая лемма обобщает приведенный выше пример 2.

**Лемма 1.** Пусть  $c$  — мощность континуума, а  $E$  — произвольное полное метрическое пространство мощности  $c$ . Тогда в  $E$  найдется хотя бы одно множество  $X$ , обладающее тем свойством, что

$$\text{card}(X \cap F) = \text{card}((E \setminus X) \cap F) = c$$

для всякого непустого совершенного множества  $F \subset E$ .

Эта лемма непосредственно вытекает из сделанного выше замечания.

Наконец, имеет место

**Теорема 4.** Пусть снова  $c$  — мощность континуума. Тогда следующие два соотношения эквивалентны:

1) мощность  $c$  не измерима в широком смысле (т. е. на  $\sigma$ -алгебре всех частей от  $c$  нельзя задать никакой вероятностной меры, принимающей нулевые значения на одноэлементных подмножествах  $c$ );

2) в любом полном метрическом пространстве  $E$  мощности  $c$  существует абсолютно неизмеримое множество (т. е. множество, не измеримое относительно пополнения всякой вероятностной борелевской меры, заданной в пространстве  $E$  и принимающей нулевые значения на одноточечных частях от  $E$ ).



Отметим, что в процессе доказательства теоремы 4 используются лемма 1, хорошо известная теорема Марчевского—Сикорского о сепарабельных носителях вероятностных борелевских мер в метризуемых топологических пространствах, а также операция Монтгомери, о которой см., например, в [2].

Тбилисский государственный университет  
 Институт прикладной математики  
 им. И. Н. Векуа

(Поступило 8.1.1988)

მათემატიკა

ა. ხარაზიშვილი

სახვამბით არასრულყოფილი სიმრავლეების ბორელიანული  
 გადასახვევები

რეზიუმე

ბორელიანულ გადასახვევებთან დაკავშირებით განხილულია სრული მეტრიკული სივრცეების არათვლად სავსებით არასრულყოფილ ქვესიმრავლეთა ზოგიერთი თვისება.

MATHEMATICS

A. B. KHARAZISHVILI

THE BOREL MAPPINGS OF THE TOTALLY NON-PERFECT SETS

Summary

Some properties of uncountable totally non-perfect subsets of complete metric spaces connected with the Borel mappings of such subsets are considered in the paper.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Справочная книга по математической логике, часть 2 — теория множеств. М., 1982.
2. К. Куратовский и. Топология, т. I. М., 1966.

Р. Ш. АДАМИЯ (член-корреспондент АН ГССР), Б. Р. БАНДЗЕЛАДЗЕ

## К ВОПРОСУ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРУГОВЫХ УСТАНОВОК

Одним из главных задач рационального проектирования машин и механизмов является создание динамических систем, маловосприимчивых к накоплению возмущений. Опыт эксплуатации силовых установок показывает, что при определенных (неоптимальных) соотношениях упруго-массовых параметров в линиях передач указанных машин возникают биения колебаний (внутренний резонанс), являющиеся следствием близости собственных частот колебаний к друг другу. Биение колебаний является основным источником усталостного разрушения ответственных узлов машинных агрегатов. Следовательно, с точки зрения надежности машин биение колебаний — явление вредное, с которым следует бороться еще на стадии проектирования путем целенаправленной отстройки механических систем от внутренних резонансов.

Решение указанной проблемы в рамках рассмотрения полной нелинейной математической модели связано с почти непреодолимыми трудностями вычислительного характера, даже с использованием супер-ЭВМ.

В данной работе задача оптимального выбора конструктивных параметров струговых установок с точки зрения предотвращения возможности возникновения внутренних резонансов, решены в рамках рассмотрения линейной математической модели на основе использования методов оптимизационного синтеза переходных процессов в пространстве параметров, обсуждаемых в работах [1, 2].

Исходная расчетная схема струговой установки представлена на рис. 1, где  $\theta_1 = I_1 + (m + m_1) R_1^2$  — приведенный момент инерции на валу электродвигателя 1-го привода струговой установки ( $I_1$  — момент инерции вала двигателя,  $m$  — масса струга, а  $m_1$  — масса цепи,  $M_1$  и  $M_2$  — моменты приложенных на валах электродвигателей).

Приведенную жесткость передачи гибкой связью — цепи струговой установки, согласно [3] определим по выражению  $c_{12} = \frac{2R_1 EF}{l}$ , где  $E$  — модуль упругости, а  $l$  — длина цепи. Если учесть, что для обычных короткозвеньевых калиброванных цепей площадь поперечного сечения [4]  $F = 2 \frac{\pi d^2}{4}$ , где  $d$  — диаметр звена цепи, то

$$c_{12} = \frac{\pi R_1 d^2 E}{l}$$



На втором конце приведенной связи следует поместить приведенную массу второго вала с моментом инерции  $\theta_2 = I_2 \left( \frac{R_1}{R_2} \right)^2$ , которая определяется по

$$\text{выражению [3]} \quad T_2 = I_2 \left( \frac{R_1}{R_2} \right)^2 \frac{\dot{\varphi}_1^2}{2}.$$

Согласно принятой расчетной схеме, приведенная схема струговой установки имеет вид, показанный на рис. 2, а соответствующая система дифференциальных уравнений движения в форме Лагранжа II рода

$$\theta_1 \ddot{\varphi}_1 + c_{12} (\varphi_1 - \varphi_2) = M_1(t),$$

$$\theta_2 \ddot{\varphi}_2 - c_{12} (\varphi_1 - \varphi_2) = M_2(t),$$

которую преобразуем относительно упругого момента  $M_{12} = C_{12} (\varphi_1 - \varphi_2)$  следующим образом:

$$\ddot{M}_{12} + c_{12} \left( \frac{1}{\theta_1} + \frac{1}{\theta_2} \right) M_{12} = \frac{c_{12}}{\theta_1} M_1 - \frac{c_{12}}{\theta_2} M_2.$$

При этом необходимо использовать уравнения, учитывающие

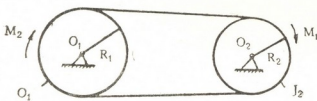


Рис. 1

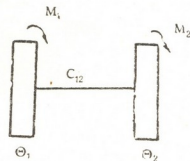


Рис. 2

влияние электромагнитных свойств асинхронного короткозамкнутого двигателя [5]:

$$\frac{\omega_0 - \varphi_i}{\omega_0} = \frac{s_k}{2M_{кр}} M_i + \frac{1}{2\omega_c M_{кр}} M_i, \quad (i=1, 2)$$

где  $\omega_c$ —угловая частота сети,  $c^{-1}$ ;  $\omega_0$ —скорость идеального холостого хода,  $\omega_0 = \frac{\omega_c}{2p}$ ,  $c^{-1}$ ;  $p$ —число пар полюсов двигателя;  $M_{кр}$ —критический (максимальный) момент двигателя,  $HM$ ;  $s_k$ —критическое скольжение.

После несложных преобразований [2] система дифференциальных уравнений в операторной форме (оператор дифференцирования  $p = \frac{d}{dt}$ ), описывающая переходный процесс струговой установки без учета затухания колебаний в электродвигателях ( $M_1 = M_2 = 0$ ) будет иметь вид

$$\begin{aligned} (B_1 p^2 + 1) M_1 - M_{12} &= 0, \\ - \frac{c_{12}}{\theta_1} M_1 + \left( p^2 + c_{12} \frac{\theta_1 + \theta_2}{\theta_1 \theta_2} \right) M_{12} + \frac{c_{12}}{\theta_2} M_2 &= 0, \\ M_{12} + (B_1 p^2 + 1) M_2 &= 0. \end{aligned}$$

Для перехода к обобщенным безразмерным параметрам (что значительно сужает пределы изменения коэффициентов дифференциальных уравнений) эту систему представим как одно уравнение высокого порядка [2] относительно одной из переменных, например  $M_1$ :

$$M_1^{VI} + a_0 M_1^{IV} + a_1 M_1^{II} = 0,$$

где  $B_{12} = c_{12} \frac{\theta_1 + \theta_2}{\theta_1 \theta_2}$  — цикловая частота собственных колебаний парциальной системы,  $a_0 = \beta_{12}^2 + \frac{2}{B_1}$ ,  $a_1 = \frac{\beta_{12}^2}{B_1} + \frac{1}{B_1^2}$ ,  $B_1 = \frac{T_3 T_M}{2}$ .

На основе анализа областей изменения специальных функций переходного процесса для системы с тремя степенями свободы в [2] установлены следующие оптимальные интервалы изменения обобщенного безразмерного параметра  $C_1 = \frac{a_1}{a_0}$ :

$$0,1 \leq C_1 \leq 0,25.$$

Раскрывая значение обобщенного параметра  $C_1$ , найдем, что для обеспечения минимальной динамической чувствительности струговой установки к внешним воздействиям любого характера ее конструктивные параметры должны удовлетворять следующим ограничениям:

$$0,1 \leq \frac{2\pi R_1 d^2 E [I_1 R_2^2 + (m + m_1) R_1^2 R_2^2 + I_2 R_1^2] T_3 T_M + 4I_2 R_1^2 [I_1 + (m + m_1) R_1^2]}{\pi R_1 d^2 E [I_1 R_2^2 + (m + m_1) R_1^2 R_2^2 + I_2 R_1^2] T_3^2 T_M^2 + 4T_3 T_M R_1^2} \leq 0,25.$$

Помимо того, что приведенный алгоритм является простым средством единого подхода к решению задач отстройки механических систем от биения колебаний, он позволяет исследовать также полную картину изменения рассматриваемых переменных путем соответствующего решения одного уравнения высокого порядка.

Академия наук Грузинской ССР  
 Кутаисский комплексный научный  
 центр Института металлургии  
 им. 50-летия СССР

(Поступило 29.10.1987)

შეჯამება

რ. ადამია (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ბ. ბანძილაძე

საგუთნე დანადგარების ოპტიმალური დაპროექტების  
 საკითხისათვის

რეზიუმე

დამუშავებულია საინჟინრო ალგორითმი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს ისე შევირჩიოთ საგუთნე დანადგარების ოპტიმალური კონსტრუქციული პარამეტრები, რომ სისტემაში არ იყოს რხევათა ცემა.

R. Sh. ADAMIA, B. R. BANDZELADZE

## THE PROBLEM OF OPTIMAL DESIGNING OF PLOUGH INSTALLATIONS

### Summary

An engineering algorithm has been developed which makes it possible to select the optimum constructive parameters of plough installations so as to prevent vibrations beating.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Р. Ш. Адамия, В. М. Лабода. Основы рационального проектирования металлургических машин. М., 1984.
2. Р. Ш. Адамия. Оптимизация динамических нагрузок прокатных станов. М., 1978.
3. С. Н. Кожевников. Динамика нестационарных процессов в машинах. Киев, 1986.
4. Г. Дрейер. Учение о прочности и упругости. М., 1964.
5. В. И. Солод, В. Н. Гетопанов, В. М. Рачек. Проектирование и конструирование горных машин и комплексов. М., 1982.



Б. Р. БАНДЗЕЛАДЗЕ

## К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБОБЩЕННОГО БЕЗРАЗМЕРНОГО ПАРАМЕТРА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПРИВЕДЕННОЙ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЕ АВТОМОБИЛЯ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Р. Ш. Адамия 16.9.1987)

В работах [1, 2] показана целесообразность оптимизационного синтеза колебательных процессов в механических системах по критериям значения обобщенных безразмерных параметров.

Разработанный инженерный алгоритм оптимизационного синтеза в пространстве конструктивных параметров [1] характеризуется общностью подхода к определению обобщенных безразмерных параметров, по которым можно судить о динамической устойчивости исследуемых механических систем с разными расчетными схемами. Например, в отличие от ранее использованных расчетных схем [3], поддресоренную часть автомобиля представим как невесомую балку с сосредоточенным грузом (рис. 1).

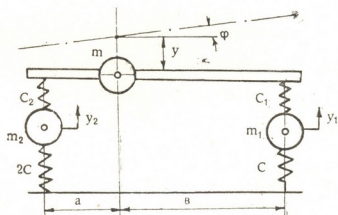


Рис. 1

Эта схема приведена в [4], где обобщенными координатами выбираются вертикальное перемещение центра тяжести кузова (с массой  $m$  и моментом инерции относительно центральной поперечной оси  $J_0$ )  $y$ , его угловое перемещение  $\varphi$  и вертикальные перемещения переднего и заднего мостов  $y_1$  и  $y_2$ . При этом массы переднего и заднего мостов с колесами равны  $m_1$  и  $m_2$ , жесткости рессор передней и задней подвески —  $c_1$  и  $c_2$ , жесткость шин передних и задних колес —  $c$  и  $2c$ .

Не приводя дифференциальные уравнения малых свободных колебаний автомобиля по принятой схеме, которые неудобны для перехода к упругим силам, действующим в узлах машины, обобщенными координатами возьмем перемещения центров тяжести переднего и заднего мостов  $y_1$  и  $y_2$  и некоторые величины  $z_1$  и  $z_2$ , имеющие с вертикальными и угловыми перемещениями кузова связь в виде соотношения [4]

$$z_1 = y + \varphi b, \quad z_2 = y - \varphi a.$$

Так, система двух пар независимых дифференциальных уравнений (для частного случая  $J_0 = tab$ ) в форме Лагранжа имеет вид

$$m a \ddot{z}_1 + c_1 (a + b) z_1 - c_1 (a + b) y_1 = 0, \quad (1)$$

$$m_1 \ddot{y}_1 + (c_1 + c) y_1 - c_1 z_1 = 0,$$

$$m b \ddot{z}_2 + c_2 (a + b) z_2 - c_2 (a + b) y_2 = 0, \quad (2)$$

$$m_2 \ddot{y}_2 + (c_2 + 2c) y_2 - c_2 z_2 = 0,$$

и описывает движение эквивалентной расчетной схемы, приведенной на рис. 2. При этом система уравнений (1) описывает колебания переднего

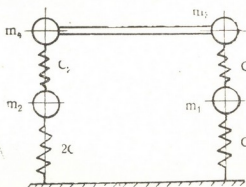


Рис. 2.

моста и некоторой массы  $m_3 = m \frac{a}{a+b}$  при неподвижной массе  $m_4$ , а система уравнений (2) — колебания заднего моста и некоторой массы  $m_1 = m \frac{b}{a+b}$  при неподвижной массе  $m_2$  [4].

Учитывая, что упругие силы

$$c_1 (z_1 - y_1) = F_{12}, \quad c y_1 = F_{23},$$

приведем систему дифференциальных уравнений (1) (аналогично приводится система (2)) относительно упругих моментов, действующих в узлах передней части автомобиля:

$$\ddot{F}_{12} + \left[ \frac{c_1 (a+b)}{m a} + \frac{c_1}{m_1} \right] F_{12} - \frac{c_1}{m_1} F_{23} = 0,$$

$$\ddot{F}_{23} + \frac{c}{m_1} F_{23} - \frac{c}{m_1} F_{12} = 0.$$

Приведем систему к одному дифференциальному уравнению [1] 4-го порядка относительно одной из переменных, например  $F_{12}$ :

$$F_{12}^{IV} + a_0 F_{12}''' + a_1 F_{12}'' = 0,$$

где

$$a_0 = \left[ \frac{c_1 (a+b)}{m a} + \frac{c_1 c}{m_1} \right], \quad a_1 = \frac{c_1 c (a+b)}{m m_1 a}.$$

Обобщенный безразмерный параметр

$$c_1 = \frac{a_1}{a_0^2}.$$

Для того чтобы реакция системы (2) при любых внешних воздействиях была минимальной, обобщенный безразмерный параметр  $c_1$ , т. е. конструктивные параметры, входящие в нее согласно приведенной расчетной схеме, должен удовлетворять следующему неравенству [1]:

$$0,05 \leq \frac{c_1 c (a + b)}{m m_1 a \left| \frac{c_1 (a + b)}{m a} + \frac{c_1 + c}{m_1} \right|^2} \leq 0,15.$$

Академия наук Грузинской ССР  
Кутаисский комплексный научный  
центр Института металлургии  
им. 50-летия СССР

(Поступило 29.10.1987)

შპს-ს მისი

ბ. ბანძელაძე

ავტომობილის დაჟვანილი სქემის განზომადებული უზანოომილეზო  
პარამეტრების განსაზღვრის საკითხისათვის

რეზიუმე

ნაჩვენებია განზომადებული უზანოომილეზო პარამეტრების განსაზღვრის საკითხისადმი მიდგომის ზოგადობა. ამასთან, აღნიშნული პარამეტრების მიხედვით შესაძლებელია ვიმსჯელოთ საკვლევი მექანიკური სისტემის დინამიკური მდგრადობაზე სხვადასხვა საანგარიშო სქემების შემთხვევაში.

MECHANICS

B. R. BANDZELADZE

TOWARDS THE DETERMINATION OF A COMBINED  
NON-DIMENSIONAL PARAMETER WITH REFERENCE TO A  
GIVEN DESIGN SCHEME OF THE MOTOR VEHICLE

Summary

The paper deals with the problems of determining a combined non-dimensional parameter, according to which one can judge of dynamic stability of the mechanical system under study.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Р. Ш. Адамия. Оптимизация динамических нагрузок прокатных станов. М., 1978.
2. Р. Ш. Адамия, В. М. Лобода. Основы рационального проектирования металлургических машин. М., 1984.
3. Р. Ш. Адамия, Б. Р. Бандзелаძე, ლ. გ. გაბიძაშვილი. Сообщения АН ГССР, 125, № 2, 1987.
4. В. А. Светлицкий, И. В. Стасенко. Сборник задач по теории колебаний. М., 1979, 69.



УДК 518.633

МЕХАНИКА

Н. О. ДЖГАМადзе

СХОДИМОСТЬ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-РАЗНОСТНОЙ СХЕМЫ  
 ДЛЯ ДВУМЕРНЫХ УРАВНЕНИЙ ГАЗОВОЙ ДИНАМИКИ  
 (ДЛЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА)

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. Г. Гегелия 6.11.1987)

В области  $\Omega = \{(x, y, t): x, y \in (-\infty, +\infty), t \in [0, T]\}$  рассмотрим задачу Коши для уравнений двумерной газовой динамики в переменных Эйлера в случае идеального газа с учетом источников и стоков [1]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) &= f_1(x, y, t, \rho, u, v, \varepsilon), \\ \rho \frac{\partial u}{\partial t} + \rho u \frac{\partial u}{\partial x} + \rho v \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial p}{\partial x} &= f_2(x, y, t, \rho, u, v, \varepsilon), \\ \rho \frac{\partial v}{\partial t} + \rho u \frac{\partial v}{\partial x} + \rho v \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial p}{\partial y} &= f_3(x, y, t, \rho, u, v, \varepsilon), \\ \rho \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \rho u \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} + \rho v \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} + p \frac{\partial u}{\partial x} + p \frac{\partial v}{\partial y} &= f_4(x, y, t, \rho, u, v, \varepsilon), \\ p &= (\gamma - 1) \rho \varepsilon, \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \rho(x, y, 0) &= \rho_0(x, y), \quad u(x, y, 0) = u_0(x, y), \\ v(x, y, 0) &= v_0(x, y), \quad \varepsilon(x, y, 0) = \varepsilon_0(x, y), \end{aligned} \quad (2)$$

где  $f_i (i=1, 4)$  — функции, описывающие источники или стоки массы, импульса и внутренней энергии, соответственно, а  $\rho_0, u_0, v_0, \varepsilon_0$  — достаточно гладкие периодические функции с периодом  $L$  как по переменной  $x$ , так и по переменной  $y$ .

Для задачи (1) — (2) рассмотрим полностью консервативную дифференциально-разностную схему, пространственный оператор которой совпадает с [2]:

$$\frac{d\rho^h}{dt} + (\rho^h u^h)_x^\circ + (\rho^h v^h)_y^\circ = f_1^h, \quad (3)$$

$$\rho^h \frac{du^h}{dt} + [(\rho^h u^h)_{(0.5)} + I_1] u_x^h + [(\rho^h v^h)_{(0.5)} + I_2] u_y^h + p_x^h = f_2^h, \quad (4)$$

$$\rho^h \frac{dv^h}{dt} + [(\rho^h u^h)_{(0.5)} + I_1] v_x^h + [(\rho^h v^h)_{(0.5)} + I_2] v_y^h + p_y^h = f_3^h, \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \rho^h \frac{d\varepsilon^h}{dt} + 0.5 [(\rho^h u^h)_{(+1_1)} \varepsilon_x^h + (\rho^h u^h)_{(-1_1)} \varepsilon_x^h] + \\ + 0.5 [(\rho^h v^h)_{(+1_2)} \varepsilon_y^h + (\rho^h v^h)_{(-1_2)} \varepsilon_y^h] + p^h (u_x^h + v_y^h) = f_4^h, \end{aligned} \quad (6)$$

где функции  $\rho^h, u^h, v^h, \varepsilon^h, f_l^h$  ( $l=1, 4$ ) определены в области  $D = \omega_{h^2} \times [0, T]$ ,  $\omega_{h^2} = \{(x_i, y_j) : x_i = ih, y_j = jh; i, j = 0, \pm 1, \dots\}$ .

Начальные условия для (3)–(6) будут

$$\begin{aligned} \rho^h(ih, jh, 0) &= \rho_0(ih, jh), \quad u^h(ih, jh, 0) = u_0(ih, jh), \\ v^h(ih, jh, 0) &= v_0(ih, jh), \quad \varepsilon^h(ih, jh, 0) = \varepsilon_0(ih, jh). \end{aligned} \quad (7)$$

Будем предполагать, что

(A1) Функции  $\rho, u, v, \varepsilon$  принадлежат классу  $C^{3,3,1}(\bar{\Omega})$ . Существует константа  $\delta > 0$  такая, что в области  $\Omega$  выполняется неравенство  $\rho(x, y, t) \geq \delta$ , а также выполнены условия, которые гарантируют существование периодического как по переменной  $x$ , так и по переменной  $y$ , решения задачи (1)–(2).

(A2) Функции  $f_l$  ( $l=1, 4$ ) удовлетворяют условию Липшица относительно переменных  $\rho, u, v, \varepsilon$  с константой  $K$ .

Рассмотрим компактное множество  $F$  в пространстве  $R^{3N^2+1}$ , которое состоит из всевозможных точек

$$(t; z_{11}^{(1)}(t), \dots, z_{NN}^{(1)}(t), \dots, z_{11}^{(4)}(t), \dots, z_{NN}^{(4)}(t)),$$

координаты которых удовлетворяют следующим неравенствам:

$$|z_{ij}^{(1)}(t) - \rho(ih, jh, t)| < \frac{\delta}{2}, \quad |z_{ij}^{(2)}(t) - u(ih, jh, t)| < \frac{\delta}{2},$$

$$|z_{ij}^{(3)}(t) - v(ih, jh, t)| < \frac{\delta}{2}, \quad |z_{ij}^{(4)}(t) - \varepsilon(ih, jh, t)| < \frac{\delta}{2},$$

для всех  $i, j = \overline{1, N}, t \in [0, T]$ , а функции  $\rho, u, v, \varepsilon$  являются решениями (1)–(2).

Так как (3)–(7) представляет собой задачу Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений относительно неизвестных функций  $\rho^h, u^h, v^h, \varepsilon^h$ , то согласно теореме о существовании и продолжении решения [3] существует единственное решение задачи (3)–(7), которое продолжается вперед до границы компакта  $F$ .

Для оценки погрешности решения задачи (3)–(7) в компакте  $F$  рассмотрим функции погрешности:

$$\begin{aligned} \tilde{\rho} &= \rho^h - \rho(x_i, y_j, t), \quad \tilde{u} = u^h - u(x_i, y_j, t), \quad \tilde{v} = v^h - v(x_i, y_j, t), \\ \tilde{\varepsilon} &= \varepsilon^h - \varepsilon(x_i, y_j, t), \quad \tilde{f}_e = f_e^h - f_e(x_i, y_j, t), \quad l = 1, 4. \end{aligned}$$

Если отсюда определить  $\rho, u, v, \varepsilon, f_l$  ( $l=1, 4$ ), ввести в уравнения (3)–(6), то после умножения полученных уравнений соответственно на  $(\gamma - 1) \frac{\varepsilon}{\rho^2} \tilde{\rho}$ ,  $\frac{\tilde{u}}{\rho + \tilde{\rho}}$ ,  $\frac{\tilde{v}}{\rho + \tilde{\rho}}$ ,  $\frac{\tilde{\varepsilon}}{\varepsilon(\rho + \tilde{\rho})}$  и сложения этих равенств, аналогично [2, 4, 5] получим

$$\frac{d}{dt} \left[ (\gamma - 1) \left( \frac{\varepsilon}{\rho^2}, \tilde{\rho}^2 \right) + \|\tilde{u}\|^2 + \|\tilde{v}\|^2 + \left( \frac{1}{\varepsilon}, \tilde{\varepsilon}^2 \right) \right] = G, \quad (8)$$

где  $G$  — сумма скалярных произведений, которая оценивается следующим образом:





$$|G| \leq M \{ \|\tilde{\rho}\|^2 + \|\tilde{u}\|^2 + \|\tilde{v}\|^2 + \|\tilde{\epsilon}\|^2 + \\ + h^{-4} (\|\tilde{\rho}\|^4 + \|\tilde{u}\|^4 + \|\tilde{v}\|^4 + \|\tilde{\epsilon}\|^4) + \|\psi\|^2 \}.$$

Значение положительной константы  $M$ , не зависящей от  $h$ , не уточняем, так как для нас важен сам факт существования такой константы, а  $\|\psi\|$  представляет собой погрешность аппроксимации дифференциально-разностной схемы (3)—(6) порядка  $O(h^2)$ .

Выберем константу  $M_1$  следующим образом:

$$M_1 = \max \left\{ \sup_{\Omega} \frac{\rho^2}{\varepsilon(\gamma-1)}, 1, \sup_{\Omega} \varepsilon \right\}.$$

Тогда (8) можно записать в следующем виде:

$$\frac{d}{dt} Q(t) \leq M(Q + h^{-4} Q^2 + \|\psi\|^2), \quad (9)$$

где

$$Q = \left( \frac{\varepsilon}{\rho^2} (\gamma-1), \tilde{\rho}^2 \right) + \|\tilde{u}\|^2 + \|\tilde{v}\|^2 + \left( \frac{1}{\varepsilon}, \tilde{\varepsilon}^2 \right).$$

Учитывая, что  $\|\psi\|=0(h^2)$  и используя теорию интегральных неравенств [6], можно доказать, что  $Q(t)$  ограничено решением задачи

$$\frac{dU}{dt} = M(2U + h^{-4} U^2 + h^4), \quad U(0) = 0,$$

которое выписывается в явном виде

$$U(t) = \frac{Mt}{1-Mt} \cdot h^4.$$

Если рассмотрим компактное подмножество  $F' \subseteq F$  для  $t^* < \frac{1}{M} \leq T$ , тогда на этом компакте получим оценку

$$Q(t) \leq \frac{[Mt]}{1-Mt} \cdot h^4. \quad (10)$$

Справедлива следующая

**Теорема 1.** Пусть выполнены условия, которые в области  $\Omega$  гарантируют выполнение предложений (A1) и (A2). Тогда существует  $t^* \leq T$ , зависящее только от начальных данных и  $\bar{h} = \text{const} > 0$  такие, что при  $h \leq \bar{h}$  решение задачи (3)—(7) существует и единственно на  $[0, t^*]$ , а также имеют место оценки

$$\left( \frac{\varepsilon}{\rho^2} (\gamma-1), \tilde{\rho}^2 \right) + \|\tilde{u}\|^2 + \|\tilde{v}\|^2 + \left( \frac{1}{\varepsilon}, \tilde{\varepsilon}^2 \right) = O(h^4), \quad (11)$$

$$\|\tilde{\rho}\|_c, \|\tilde{u}\|_c, \|\tilde{v}\|_c, \|\tilde{\epsilon}\|_c = O(h). \quad (12)$$

Оценки (11) и (12) справедливы до первого пересечения решения задачи (3)—(7) с границей компакта  $F'$ .

Чтобы показать существование и единственность решения задачи (3)—(7) в интервале  $[0, t^*]$ , достаточно показать, что при  $h \leq \bar{h}$  решение задачи (3)—(7) пересекает границу  $F'$  на плоскости  $t=t^*$ . Действительно, для этого достаточно взять  $\bar{h} \leq h_1$ , где  $h_1$  определяется с помощью оценок (12) и неравенств

$$\|\tilde{p}(t)\|_c, \|\tilde{u}(t)\|_c, \|\tilde{v}(t)\|_c, \|\tilde{\varepsilon}(t)\|_c = \sqrt{M_1 \frac{Mt^*}{1-Mt^*}} \cdot h < \frac{\delta}{2}.$$

Тбилисский государственный университет

(Поступило 12.11.1987)

შეჯამება

ბ. ჯგამაძე

გაზური დინამიკის ორბანომილიებიანი განტოლებებისათვის დიფერენციალურ-სხვაობიანი სქემის კრებადობა (იდეალური გაზისათვის)

რეზიუმე

დამტკიცებულია ეილერის ცვლადებში ჩაწერილი გაზური დინამიკის ორბანომილიებიანი განტოლებებისათვის სრულიად კონსერვატული დიფერენციალურ-სხვაობიანი სქემის ლოკალური კრებადობა განსახილველი ამოცანის გლუვი ამოხსნების კლასში.

MECHANICS

N. O. JGAMADZE

THE CONVERGENCE OF A DIFFERENTIAL-DIFFERENCE  
SCHEME FOR TWO-DIMENSIONAL GAS DYNAMICS  
EQUATIONS (FOR THE IDEAL GAS)

Summary

The local convergence of a completely conservative differential-difference scheme for two-dimensional gas dynamics equations written in the Eulerian description for the ideal gas in the class of smooth solutions of the initial problem is proved.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Л. В. Овсянников. Лекции по основам газовой динамики. М., 1981.
2. Н. О. Джгамадзе, Г. В. Меладзе, Д. В. Подчишвили. Депон. ГрузНИИНТИ, 30.09.87. № 340.
3. В. И. Арнольд. Обыкновенные дифференциальные уравнения. М., 1975.
4. Г. В. Меладзе, Д. В. Подчишвили. ЖВМиМФ. т. 25, № 6, 1986.
5. Д. В. Подчишвили. Труды ИПМ им. И. Н. Векуа Тбил. гос. ун-та, т. 15, 1985.
6. И. Т. Кигურадзе. Некоторые сингулярные краевые задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений. Тбилиси. 1975.

Г. И. КИРМЕЛАШВИЛИ

## ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ УПРУГОСТИ ПОТОКА ГИДРОАЭРОСМЕСИ НА ВЕЛИЧИНУ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА В ТРУБОПРОВОДЕ ПОСТОЯННОГО СЕЧЕНИЯ

(Представлено академиком А. А. Дзидзигური 25.11.1988)

В трубопроводах гидротранспортных систем при транспортировании многофазных гидроаэросмесей наряду с жидкой и твердой фазой всегда имеется и определенное количество (объем) свободного нерастворенного в несущей среде воздуха. Если считать, что во всасывающих трубах грунтового насоса этот объем постоянный, то его концентрация в потоке по длине трубопроводной магистрали постепенно будет расти по направлению движения гидроаэросмеси. Это обусловлено уменьшением статического напора из-за потерь на трение.

При возникновении гидравлического удара с волны повышения давления максимальное превышение давления наблюдается в первых положительных фазах. Поэтому в данной статье дается анализ для определения скорости распространения волны прямого гидравлического удара, начинающего с волны повышения давления (при этом волна распространяется против течения гидроаэросмеси). Как показали наши исследования [1, 2], скорость распространения волны удара следует принимать функцией перемещения. Это оправдано тем, что концентрация воздуха изменяется по длине трубопровода, а не по времени. Нами были применены безразмерные координаты перемещения и времени

$$\xi = \frac{1}{T} \int_0^x \frac{dx}{a}, \quad \tau = \frac{t}{T}, \quad (1)$$

где  $T = \int_0^l dx/a$  — время пробега ударной волны по длине трубопровода

$l$ ;  $x$  — координата перемещения по длине трубопровода от сечения возникновения гидравлического удара;  $a$  — скорость распространения волны гидравлического удара, которая в фазе удара для прямой и обратной волн определяется соответственно по формулам

$$a = \frac{a_0}{(1 - C\xi)^2}, \quad a = \frac{a'_0}{(1 + C'\xi)^2}, \quad (2)$$

где  $a_0$  и  $a'_0$  — величины скорости распространения волны удара при  $\xi=0$ , т. е. величины  $a$ , соответственно, вначале и в конце фазы удара;  $C$  и  $C'$  — постоянные величины, которые будут определены ниже.



Ввиду того что в сечении отражения ударной волны ( $x=l$  и  $\xi=1$ ) величины скорости ее распространения прямых и обратных волн совпадают, из уравнений (2) будем иметь

$$\frac{a_0}{(1-C)^2} = \frac{a'_0}{(1+C')^2}.$$

Из этого равенства получим

$$\sqrt{\frac{a_0}{a'_0}} = \frac{1-C}{1+C'} \quad (3)$$

Для прямой волны обозначим  $T=T_1$ . Тогда из первых равенств уравнений (1) и (2) можно составить дифференциальное уравнение

$$dx = T_1 a d\xi = \frac{T_1 a_0 d\xi}{(1-C\xi)^2} \quad (4)$$

Следовательно, при  $0 \leq x \leq l$ , имеем  $0 \leq \xi \leq 1$ . Поэтому для произвольного сечения трубопровода из уравнения (4) получим  $x = \frac{T a_0 \xi}{1-C\xi}$ , а при

$$x=l (\xi=1) \text{ будем иметь } l = \frac{T_1 a_0}{1-C}.$$

Из последнего равенства имеем

$$C = 1 - \frac{T_1 a_0}{l} \quad (5)$$

Из первого уравнения системы (2) получаем

$$\begin{aligned} T_1 &= \int_0^l \frac{dx}{a} = \frac{1}{a_0} \int_0^l (1-C\xi)^2 dx \approx \frac{1}{a_0 l^2} \int_0^l (l-Cx)^2 dx = \\ &= \frac{l(3C-3C^2+C^3)}{3a_0 C} \approx \frac{l(1-C)}{a_0}, \end{aligned}$$

где  $0 < C < 1$ ,  $0 < C^3 \ll 1$  ( $C^3 \approx 0$ ), что подтверждает справедливость равенства (5).

Если для обратной волны ввести обозначения  $T=T_2$ , аналогично предыдущего случая можно написать

$$\xi = \frac{1}{T_2} \int_0^x \frac{dx}{a}, \text{ откуда } dx = T_2 a d\xi = \frac{T_2 a'_0 d\xi}{(1+C'\xi)^2} \quad (6)$$

Для произвольного сечения трубопровода получим  $x = \frac{T_2 a'_0 \xi}{1+C'\xi}$ . Из этого равенства и из дифференциального уравнения (6) интегрированием в промежутке  $0 \leq x \leq l$  ( $0 \leq \xi \leq 1$ ) получим  $l = \frac{T_2 a'_0}{1+C'}$ . Тогда постоянное  $C'$  примет вид

$$C' = \frac{T_2 a'_0}{l} - 1 \quad (7)$$



Учитывая, что  $0 < C' < 1$ ,  $0 < C'^3 \ll 1$  и  $C_1'^3 \approx 0$ , получаем

$$T_2 = \int_0^l \frac{dx}{a} = \frac{1}{a'_0} \int_0^l (1 + C'\xi)^2 dx \approx \frac{1}{a'_0} \int_0^l \left(1 + C' \frac{x}{l}\right)^2 dx \approx \frac{l(1+C')}{a'_0},$$

откуда также получается равенство (7).

$1-C$  и  $1+C'$ , соответственно, можно назвать коэффициентами ускорения для прямых и обратных волн первой положительной фазы гидравлического удара (для удара, возникшего с волны понижения давления, в течении фазы будем иметь коэффициенты замедления).

Из вышеизложенного справедливо равенство

$$l = \frac{T_1 a_0}{1-C} = \frac{T_2 a'_0}{1+C'},$$

т. е.

$$\frac{a_0}{a'_0} = \frac{T_2(1-C)}{T_1(1+C')} \quad (8)$$

Согласно равенств (3) и (8) будем иметь

$$\tau' = \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{a_0}{a'_0}} < 1. \quad (9)$$

Ввиду того что  $a_0 < a'_0$ , из формулы (9) очевидно неравенство  $T_2 < T_1$ . Тогда  $T_2$  можно определить равенством

$$T_2 = T_1 \sqrt{\frac{a_0}{a'_0}}. \quad (10)$$

Из второго равенства системы (1) имеем  $\tau_1 = \frac{l}{T_1}$  (прямая волна), а

из равенства (9) —  $\tau' = \frac{T_2}{T_1}$ . Продолжительность фазы гидравлического удара будет  $T_1 + T_2 = T_1 \left(1 + \frac{T_2}{T_1}\right) = T_1(1 + \tau') < 2T_1$ . Здесь  $0 \leq \tau_1 \leq 1$  и  $0 \leq \tau_2 \leq \tau' < 1$ , где  $\tau_2$  безразмерный параметр времени для обратной волны.

Зная упругие свойства трубопровода, концентрации воды, твердого сыпучего материала и свободного воздуха в потоке, можно определить величину  $a_0$  [2]. В первом приближении можно также принимать, что  $T_1 = l/a_{cp}$ , где  $a_{cp}$  — среднее значение скорости распространения ударной волны (прямая волна) по длине  $l$ . Из равенства (5) определяется постоянная величина  $C$ . Зная  $a'_0$ , из уравнения (3) определяем величину  $C'$ , а  $T_2$  определяется равенством (7) или равенством (10). Такой подход анализа даст возможность по системе (2) определить величины скорости распространения волны гидравлического удара в произвольном сечении трубопровода как для прямых, так и для обратных волн.

Грузинский политехнический институт  
им. В. И. Ленина

(Поступило 5.1.1989)



## ბ. ყირმელაშვილი

ჰიდროაერონარების ნაკადის დამაკადობის ცვლილების გავლენა  
 ჰიდრაულიკური დარტყმის ტალღის გავრცელების სიჩქარეზე  
 მუდმივკვეთიან მილსადენში

რეზიუმე

ჰიდროაერონარების ნაკადისთვის მიღებულია მუდმივკვეთიანი მილსადენის სიგრძის გასწვრივ ჰიდრაულიკური დარტყმის ტალღის საჭირო სიჩქარის პარამეტრების გათვლის ფორმულები.

MECHANICS

G. I. KIRMELASHVILI

THE INFLUENCE OF HYDRAULIC FLOW ELASTICITY OF THE  
 VELOCITY OF HYDRAULIC SHOCK WAVE DISTRIBUTION IN  
 PIPELINES OF CONSTANT CROSS-SECTION

Summary

Formulas for the calculation of velocity parameters of hydraulic shock wave distribution are obtained in the case when the pipeline of constant cross-section is supplied by hydroaeromixture.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. Г. Джваршейшвили, Г. И. Кирмелашвили, Э. А. Морчиладзе. Сб. «Горная электромеханика и рудничная аэрология». Тбилиси, 1974, 70—77.
2. Л. И. Махарадзе, Г. И. Кирмелашвили. Нестационарные процессы в напорных гидротранспортных системах и защита от гидравлических ударов. Тбилиси, 1986.



Л. Г. ДОБОРДЖИНИДЗЕ

ОДНО ЗАМЕЧАНИЕ О НАИВЫГОДНЕЙШЕМ ВЫБОРЕ ПРОФИЛЯ  
 ОСНОВАНИЯ ШТАМПА В ПЛОСКОЙ ЗАДАЧЕ НЕЛИНЕЙНОЙ  
 ТЕОРИИ УПРУГОСТИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. В. Бурчуладзе 12.5.1988)

Рассматривается плоская контактная задача нелинейной теории упругости для полуплоскости из материала гармонического типа [1]. Речь пойдет об отыскании оптимальной формы основания штампа, при которой упругие реакции на контактной области принимают одно и то же постоянное значение.

Пусть рассматриваемая физическая область представляет собой полуплоскость  $S$  плоскости  $S$  переменной  $z = x + iy$  из указанного материала. Границу  $S$  обозначим через  $L$ . На отрезке  $L_1 = [ab]$  границы  $L$  под воздействием приложенных сил с равнодействующей  $(0, -N_0)$  без трения давит жесткий штамп, а остальная часть  $L_2 = L \setminus L_1$  свободная от внешних воздействий. Предполагается, что штамп может перемещаться лишь поступательно. Напряжения и вращения на бесконечности отсутствуют.

Определение картины распределения контактных напряжений под штампом является главной задачей теории контактных взаимодействий. Это распределение существенно зависит от формы основания штампа. Ниже ставится задача об определении такой конфигурации основания штампа, на которой контактные напряжения принимают одно и то же постоянное значение.

Граничные условия задачи имеют вид [2]

$$X_y = 0 \text{ на } L, Y_y = 0 \text{ на } L'', N(x) = \sigma, v(x) = f(x) + \text{const на } L', \quad (1)$$

где  $X_y^- = T(x)$ ;  $Y_y^- = -N(x)$  — компоненты тензора напряжений Коши;  $v$  — нормальное упругое перемещение точки границы  $L$ ,  $\sigma$  — постоянная, функция  $f(x)$  характеризует форму основания штампа.  $f(x)$  и  $\sigma$  являются неизвестными и должны быть определены в процессе решения задачи. Принимается, что  $f'(x) \in H(L')$ .

Для решения задачи воспользуемся комплексными представлениями полей упругих элементов через две аналитические в области  $S$  функции  $\varphi(z)$  и  $\psi(z)$  [3]

$$X_x + Y_y + 4\mu = \frac{\lambda + 2\mu}{\sqrt{J}} q\Omega(q), Y_y + X_x - 2iX_y = - \frac{4(\lambda + 2\mu)}{\sqrt{J}} \frac{\Omega(q)}{q} \frac{\partial z^*}{\partial z} \frac{\partial z^*}{\partial \bar{z}}, \quad (2)$$

$$u + iv = \frac{\mu}{\lambda + 2\mu} \int \varphi'^2(z) dz + \frac{\lambda + \mu}{\lambda + 2\mu} \left[ \frac{\varphi(z)}{\varphi'(z)} + \overline{\psi(z)} \right] - z. \quad (3)$$



В этих формулах введены обозначения

$$\frac{dz^*}{dz} = \frac{\mu}{\lambda+2\mu} \Phi'^2(z) + \frac{\lambda+\mu}{\lambda+2\mu} \frac{\Phi'(z)}{\Phi'(z)}, \quad \frac{dz^*}{d\bar{z}} = -$$

$$- \frac{\lambda+\mu}{\lambda+2\mu} \left[ \frac{\Phi(z) \overline{\Phi''(z)}}{\Phi'^2(z)} - \overline{\Psi'(z)} \right], \quad (4)$$

$$\sqrt{J} \frac{dz^*}{dz} \frac{d\bar{z}^*}{d\bar{z}} - \frac{dz^*}{d\bar{z}} \frac{d\bar{z}^*}{dz}, \quad q = 2 \left| \frac{dz^*}{dz} \right|, \quad \Omega(q) = q - \frac{2(\lambda+\mu)}{\lambda+2\mu}, \quad (5)$$

где  $\lambda, \mu$  — упругие постоянные Ламе.

При достаточно больших  $|z|$  функции  $\Phi(z)$  и  $\Psi(z)$  имеет асимптотику

$$\Phi(z) = - \frac{(\lambda+2\mu)(X+iY)}{4\pi\mu(\lambda+\mu)} \ln z + z + O(1) + \text{const}, \quad (6)$$

$$\Psi(z) = \frac{(\lambda+2\mu)(X-iY)}{2\pi\mu(\lambda+\mu)} \left[ \frac{1}{2\Phi'(z)} - 1 \right] \ln z + O(1) + \text{const}, \quad (7)$$

где  $X, Y$  — компоненты главного вектора внешних усилий, приложенных к границе области.

Из первого равенства (2) на основании (4), (5), и первого соотношения (1) следует формула [4]

$$N(x) = 2\mu(\lambda+\mu) [1 - |\Phi'^2(x)|] / [|\lambda+\mu+\mu|\Phi'^2(x)|] \quad \text{на } L. \quad (8)$$

С использованием (8) и условий (1) будем иметь

$$|\Phi'(x)| = \delta \quad \text{на } L', \quad |\Phi'(x)| = 1 \quad \text{на } L'', \quad (9)$$

где  $\delta$  — постоянная, определяемая соотношением

$$\delta = \sqrt{\frac{\lambda+\mu}{\mu} \cdot \frac{2\mu-\sigma}{2(\lambda+\mu)+\sigma}} \quad (10)$$

Граничная задача (9) с учетом (6) имеет решение

$$\Phi'(z) = \exp\left(-\frac{F_0}{\pi i} \ln \frac{z-b}{z-a}\right), \quad (11)$$

где

$$F_0 = \frac{1}{2} \ln \left( \frac{\lambda+\mu}{\mu} \cdot \frac{2\mu-\sigma}{2(\lambda+\mu)+\sigma} \right). \quad (12)$$

Под функцией  $\ln [(z-b)/(z-a)]$  подразумевается та ее ветвь, для которой

$$\lim_{z \rightarrow \infty} \left[ z \ln \frac{z-b}{z-a} \right] = b-a. \quad (13)$$

При этом условии найденная выше функция (11) при достаточно больших  $|z|$  будет иметь асимптотику

$$\Phi'(z) = 1 + \frac{(b-a)F_0}{\pi iz} + O\left(\frac{1}{z^2}\right). \quad (14)$$

Из сравнения (6) и (14) получим

$$\frac{(a-b) F_0}{\pi} = - \frac{(\lambda+2\mu) Y}{4\pi\mu(\lambda+\mu)},$$

или, что все равно, согласно (12)

$$\sigma = 2\mu \left[ \exp \left( \frac{\lambda+2\mu}{2\mu(\lambda+\mu)} \frac{N_0}{(b-a)} \right) - 1 \right] / \left[ 1 + \frac{\mu}{\lambda+\mu} \exp \times \right. \\ \left. \times \left( \frac{(\lambda+2\mu) N_0}{2\mu(\lambda+\mu)(b-a)} \right) \right]. \quad (15)$$

Следовательно, функцию  $\varphi'(z)$  можно считать найденной.

По линейной классической теории соответствующие выражения имеют вид [5]

$$\sigma = \frac{N_0}{b-a}, \quad \varphi'(z) = \frac{\sigma}{2\pi i} \ln \frac{z-b}{z-a}. \quad (16)$$

Обратимся теперь к формуле (3), из которой на основании первого и последнего соотношения (1) следует

$$[\mu|\varphi'^2(x)] + \lambda + \mu | \operatorname{Im} \varphi'^2(x) = (\lambda+2\mu) |\varphi'^2(x)| f'(x) \text{ на } L. \quad (17)$$

Теперь найдем граничные значения функции  $\varphi'(z)$  на  $L$  из  $S^-$  и полученное выражение внесем в (17). Тогда после некоторых приведенных и вычислений получим

$$f'(x) = \frac{2(\lambda+\mu)}{2(\lambda+\mu)-\sigma} \sin \left[ \frac{1}{\pi} \ln \left( \frac{\lambda+\mu}{\mu} \cdot \frac{2\mu+\sigma}{2(\lambda+\mu)-\sigma} \right) \cdot \ln \frac{b-x}{x-a} \right]. \quad (18)$$

Отсюда, после интегрирования находим

$$y = f(x) = \frac{2(\lambda+\mu)}{2(\lambda+\mu)-\sigma} \int \sin \left[ \frac{1}{\pi} \ln \left( \frac{\lambda+\mu}{\mu} \cdot \frac{2\mu+\sigma}{2(\lambda+\mu)-\sigma} \right) \cdot \right. \\ \left. \cdot \ln \frac{b-x}{x-a} \right] dx + C, \quad (19)$$

где  $C$  — произвольная действительная постоянная. Для ее определения можно воспользоваться, например, условием

$$f(a) = f(b) = \beta, \quad (20)$$

где  $\beta$  — известная действительная постоянная.

Задача решена.

Анализ выражения (19) показывает, что функция  $f(x)$  убывает на промежутке  $[a, (a+b)/2]$  и возрастает на  $[(a+b)/2, b]$ . Следовательно, в точке  $x = (a+b)/2$  она имеет минимум.

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



ლ. დობორჯგინიძე

ერთი შენიშვნა ღრეკადობის ბრტყელ არაწრფივ თეორიაში შტამპის ფუძის პროფილის უხელსაყრელესი არჩევის შესახებ

რეზიუმე

ჰარმონიული ტიპის არაწრფივად დრეკადი მასალისათვის შესწავლილია დრეკადობის ბრტყელი არაწრფივი თეორიის საკონტაქტო ამოცანა ნახევარ-სიბრტყისათვის. მოძებნილია შტამპის ფუძის პროფილის ოპტიმალური ფორმა, რომლის ყოველ წერტილში საკონტაქტო რეაქციები ერთსა და იმავე მუდმივ მნიშვნელობას ღებულობენ.

THEORY OF ELASTICITY

L. G. DOBORJGINIDZE

ONE NOTE ON THE MOST PROFITABLE CHOICE OF A PUNCH  
 BASE PROFILE IN A PLANE PROBLEM OF THE NON-LINEAR  
 ELASTICITY

Summary

The plane contact problem of the non-linear theory of elasticity for a harmonic type half-plane is considered. The optimal form of the punch base is found under which an elastic action at the contact region takes the same constant value.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. F. John. Commun. Pure Appl. Math. v. 13, № 2, 1960. P. 239-296.
2. Н. И. Мухелишвили. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М., 1966.
3. Л. Г. Доборджинидзе. Труды Тбил. матем. ин-та, т. 61, 1979, 37—48.
4. Л. Г. Доборджинидзе. Изв. АН СССР. Механика твердого тела. № 4, 1987, 96—100.
5. Л. Г. Доборджинидзе. Сообщения АН СССР, 76, № 2, 1987, 315—318.





УДК 533.951

ФИЗИКА

И. П. ПАНЧЕНКО

## МОДУЛЯЦИОННАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ЛЕНГМЮРОВСКИХ ВОЛН, ВОЗБУЖДАЕМАЯ ПУЧКОМ ЭЛЕКТРОНОВ В СТОЛКНОВИТЕЛЬНОЙ ПЛАЗМЕ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Д. Г. Ломинадзе 10.8.1987)

При нагреве плазмы высокой плотности пучками заряженных частиц или электромагнитным излучением происходит бесстолкновительная диссипация их энергии, связанная с механизмами самопересечения электронных траекторий или резонансным поглощением излучения частицами плазмы. Оба этих механизма поглощения имеют место только для достаточно коротковолновых колебаний, когда  $kr_0 \sim 1$  или  $ka \sim 1$  ( $r_0$  — дебаевский радиус,  $a$  — смещение электрона в поле волны). Трансформация энергии ленгмюровских колебаний в коротковолновую часть спектра происходит из-за развития модуляционной неустойчивости, приводящей к локализации энергии колебаний в областях пониженной плотности — кавернах [1]. Образовавшиеся каверны подвержены коллапсу — схлопыванию до размеров, при которых становится существенной диссипация локализованной в них энергии поля [2]. В [3, 4] исследована динамика свободного ленгмюровского коллапса и найдены образующиеся при этом спектры плазменной турбулентности. Не поддерживаемый волной накачки коллапс возможен только в двух- и трехмерных кавернах. В одномерном случае давление вытесняемой из каверны плазмы останавливается схлопыванием и приводит к образованию солитона [5].

При наличии постоянно действующего источника ленгмюровских колебаний возможно явление вынужденного коллапса, когда в результате поглощения энергии от источника одномерная каверна может сжиматься до размеров, при которых включаются диссипативные процессы [6—8].

Настоящая работа посвящена исследованию одномерной модуляционной неустойчивости в столкновительной плазме, когда накачка ленгмюровских колебаний осуществляется электронным пучком. Процесс распространения электронного пучка в плазме сопровождается развитием неустойчивости с максимальным инкрементом  $\delta_c = \sqrt{3} (nb_0/n_{e0})^{1/3} \times \omega_{pl}/2^{4/3}$ , ( $\omega_{pl}$ ,  $n_{e0}$  — ленгмюровская частота и плотность электронов плазмы,  $n_{b0}$  — плотность пучка). В плазме возбуждается волна с  $k = \omega_{pe}/V_0$ , где  $V_0$  — начальная скорость пучка. за времена  $\sim \frac{1}{\delta_b}$  электрическое поле волны достигает максимума и в дальнейшем осциллирует с частотой колебаний захваченных частиц  $\Omega \approx \omega_{pe} (n_{b0}/n_{e0})^{1/3}$  [9]. Необходимо отметить, что режим возбуждения монохроматической волны, возможный только при значительной предварительной модуляции плотности пучка, за конечное время взаимодействия приводит к появлению спектра колебаний с  $\Delta k \ll k_0$  [10]. Однако длинноволновые ленгмюровские колебания, поддерживаемые электронным пучком, подвержены действию модуляционной неустойчивости, кото-



рая приводит к существенному уширению спектра колебаний плазмы. Система уравнений, описывающая развитие модуляционной неустойчивости возбуждаемых пучком длинноволновых ленгмюровских колебаний имеет вид [2, 6]

$$i \frac{\partial E}{\partial t} + \frac{3}{2} \lambda_D^2 \omega_{pe} \Delta E + i \frac{\nu}{2} E - \frac{\delta n}{2 n_{e0}} \omega_{pe} E = 2 \pi i J_b e^{i(\omega_{pe} t)} \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 \delta n}{\partial t^2} - \frac{T_e}{M} \Delta \delta n = \Delta \frac{|E|^2}{16 \pi M}, \quad (2)$$

где  $E$  — медленно меняющаяся амплитуда ленгмюровских колебаний;  $\delta n$  — возмущение плотности плазмы;  $T_e$  — температура электронов плазмы;  $\lambda_D = T_e / 4 \pi e^2 n_{e0}$ ;  $M, m$  — массы иона и электрона;  $J_b$  — ток пучка заряженных частиц, а черта означает усреднение по периоду быстрых осцилляций  $2\pi/\omega_{pe}$ ;  $\nu$  — частота столкновений плазмы.

Вводя безразмерные переменные  $\tau = t/t_0$ ,  $\xi = z/z_0$ ,  $\mathcal{E} = E/E_0$ ,

$$t_0 = 3(M/m) \omega_{pe}^{-1}, \quad \eta = \delta n / \delta n_{e0}, \quad z_0 = 3(M/m)^{1/2} \lambda_D,$$

$$\delta n_{e0} = (m/M) n_{e0} / 3, \quad \nu = \nu(m/M) / 6 \omega_{pe}, \quad V_{Te} = (T_e/m)^{1/2},$$

$$E_0 = (16 \pi n_{e0} T_e m / 3 M)^{1/2}, \quad \alpha_0 = 3 V_{Te} (M/m)^{1/2} / V_0$$

и используя разложение Фурье, уравнения (1) — (2) можно представить в виде

$$|k| \neq 1 \quad i \mathcal{E}_k - k^2 \mathcal{E}_k / 2 + i \nu \mathcal{E}_k / 2 - \sum_j \eta_{k-j} \mathcal{E}_j / 2 = 0 \quad (3)$$

$$k = 1 \quad i H_n + \Delta_n H_n - 0.5 H_n + i \nu 0.5 H_n - 0.5 \sum_j \eta_{k-j} \mathcal{E}_j = \\ = i (A \alpha_0 R_n / 2 \pi) \int_{-p}^p \exp(-i \alpha_0 n \xi) d\xi_0. \quad (4)$$

Здесь

$$P = -\pi/\alpha_0, \quad \sum_n H_n = \mathcal{E}_1, \quad n_0 = 10, \quad n = 7, 8, 9, \dots, 13,$$

$$R_n = 2 / (1 + (n/n_0)^2), \quad \Delta_n = \alpha_1 n (n^2 - n_0^2) / (n^2 + n_0^2) n_0,$$

$$A = 3 \sqrt{3} (n_{b0}/n_{e0}) \left( \frac{M}{m} \right)^{3/2} \frac{V_0}{V_{Te}}.$$

Уравнения (3) и (4) следует дополнить уравнением движения крупных частиц, моделирующих пучок [9]

$$\frac{d^2 \xi}{d\tau^2} = -B \frac{1}{n_0} \sum_n H_n \exp(i \alpha_0 n \xi) + k. c. \quad (5)$$

где  $B = 2 \sqrt{3} (M/m) 2 \pi$ . При выводе (3) — (5) предполагалось, что первоначально моноэнергетичный пучок резонансно взаимодействует только с длинноволновыми колебаниями  $k = 1$ , а воздействием полей других пространственных мод ленгмюровского спектра на его частицы пренебрегалось.

Система уравнений численно анализировалась при следующих значениях параметров:

$x_0 = 1$ ,  $A = 8,873$ ,  $B = 4 \cdot 10^4$  и начальных условиях:  $\beta_1 = 121,6$ ;  $\beta_2 = 30,4$ ;  $\beta_3 = 13,5$ ;  $\alpha = 0,02$ ,  $\alpha_1 = 0,2$ ,

$\mathcal{E}(\xi) = \alpha (1/(1 + \beta_1 (\xi - \pi/2)^2) + 1/(1 + \beta_2 (\xi - \pi)^2) + 1/(1 + \beta_3 (\xi - 3\pi/2)^2))$ ;  
 плотность плазмы считалась невозмущенной,  $0 \leq \xi \leq \pi$  — пространственный период задачи,  $k$  — номер Фурье-гармоники спектра.

На рис. 1 представлены спектры ленгмюровских колебаний плазмы на нелинейной стадии процесса пучково-плазменного взаимодействия

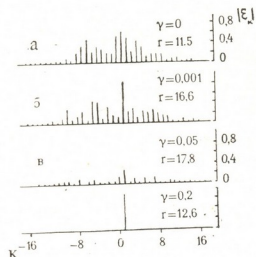


Рис. 1. Спектр ленгмюровских колебаний плазмы на нелинейной стадии неустойчивости: а)  $\gamma = 0$  — столкновений в плазме нет, б)  $\gamma = 0,001$ ; в)  $\gamma = 0,05$ ; г)  $\gamma = 0,2$

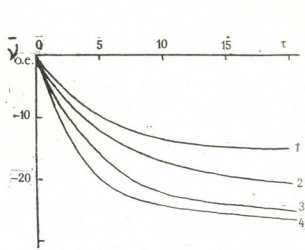


Рис. 2. Потери энергии электронного пучка как функция времени:

- 1)  $\gamma = 0,2$ ; 2)  $= 0,05$ ; 3)  $\gamma = 0,001$ ;  
 4)  $\gamma = 0$

ствия. В отсутствие столкновений (рис. 1,а) взаимодействие пучка с пакетом волн ( $k=1$ ) сопровождается значительным наполнением ленгмюровского спектра плазмы. Учет столкновений в плазме (рис. 1,б и рис. 1,в) приводит к заметному понижению амплитуд гармоник спектра. При  $\gamma \geq 0,5$  высокочастотный ленгмюровский спектр плазмы подавлен и в плазме развивается пучково-диссипативная неустойчивость. Относительные потери энергии пучком, усредненные по быстрым осцилляциям при  $\gamma = 0; 0,001; 0,05; 0,2$ , как функции времени показаны на рис. 2. Если столкновений в плазме нет (кривая 4) потери максимальны и составляют  $\sim 10\%$  энергии пучка. Увеличение потерь со временем (рис. 2) обусловлено диссипацией энергии крайних ( $|k| > 30$ ) гармоник ленгмюровского спектра и особенностями динамики неустойчивости при  $k=1$  (см. [10]).

Необходимо отметить, что при развитии многомодового режима из-за незначительных осцилляций усредненной фазы и амплитуды поля волны с  $k=1$  создаются благоприятные условия для накопления колебаний в длинноволновой части ленгмюровского спектра. Анализ динамики неустойчивости показал, что при относительно малых значениях  $\gamma$  возможно существование турбулентного режима, при котором происходит рождение и взаимодействие ленгмюровских солитонов по модели, предложенной в [11].

О. კანკინიკი

ლენგმიურის ტალღების მოდულაციური არამდგრადობა  
 აღზნებულ ელექტრონების კონით დაჯახებად პლაზმაში

რეზიუმე

რიცხვითი მეთოდით ამოხსნილია დაჯახებად პლაზმაში ელექტრონების კონით ლენგმიურის ტალღების მოდულაციური არამდგრადობის აღზნების ამოცანა. მიღებულია რიცხვების სპექტრის რეზონანსული ჰარმონიკის ამპლიტუდის მნიშვნელობათა დამოკიდებულება დროზე.

PHYSICS

I. P. PANCHENKO

MODULATION INSTABILITY OF LANGMUIR WAVES EXCITED BY AN  
 ELECTRON BEAM IN COLLISIONAL PLASMA

Summary

The problem of excitation of the Langmuir waves modulation instability in collisional plasma by an electron beam has been solved numerically. The amplitude values of the resonant harmonics of oscillations spectrum as the function of time have been obtained.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. А. Веденов, Л. И. Рудаков. ДАН СССР, 159, № 4, 1964, 767—770.
2. В. Е. Захаров. ЖЭТФ, 62, № 5, 1972, 1745—1759.
3. А. А. Галеев и др. Физика плазмы, 1, в. 10, 1975, 10—20.
4. Л. М. Дегтярев, В. Е. Захаров. Письма в ЖЭТФ, 21, в. 9, 1975, 514—518.
5. R. Z. Sagdeev. Rev. Mod. Phys. 1974, 51, № 1, p. 70-76
6. И. П. Панченко и др. Письма в ЖЭТФ, 2, в. 9, 1976, 390—394.
7. Л. М. Дегтярев и др. Физика плазмы, 6, в. 3, 1980, 485—508.
8. В. А. Беришташ, И. П. Панченко. Физика плазмы, 6, в. 3, 1980, 546—550.
9. В. Д. Шапиро, В. И. Шевченко. Изв. вузов, Радиофизика, 19, № 5—6, 1976, 767—791.
10. A. N. Kondratenko *et al.* Proc. Contr. Papers Int. Conf. Plasma Phys. Kiev, April 6-12, 1987, v. 3, p. 269-272.
11. Л. М. Дегтярев, В. Г. Маханьков, Л. И. Рудаков. ЖЭТФ, 67, в. 28, 1974, 533—542.

Л. П. БЫЧКОВА, Г. Г. ГЕГИАДЗЕ, Р. Г. ГУЛЯЕВ, О. И. ДАВАРАШВИЛИ,  
Н. П. КЕКЕЛИДЗЕ, Ю. А. КУРИЦЫН, В. М. КРИВЦУН, А. П. ШОТОВ

## О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНЖЕКЦИОННЫХ ГЕТЕРОЛАЗЕРОВ Pb Se/Pb Sn Se Te/Pb Se, СОЗДАННЫХ МЕТОДОМ ЖИДКОСТНОЙ ЭПИТАКСИИ, С СПЕКТРОСКОПИИ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. И. Санадзе 30.9.1987)

Благодаря узкой линии излучения и возможности ее перестройки в широких пределах одной из основных областей применения ИК полупроводниковых лазеров является спектроскопия высокого разрешения. Наряду с использованием непрерывного режима работы в последнее время интенсивно развивается и импульсная спектроскопия [1, 2]. При накачке импульсом тока осуществляется плавная перестройка частоты излучения лазера за счет перегрева активной области и для регистрации спектра пропускания достаточно зафиксировать форму импульса излучения, прошедшего через образец.

Ранее сообщалось о разработанных нами гетеролазерах с двухсторонним ограничением Pb Se —  $Pb_{1-x}Sn_xSe_{1-y}Te_y$  — Pb Se [3, 4]. Активная область и одна из ограничивающих слоев создавались в процессе жидкофазовой эпитаксии при температурах 600—650°C на ориентированных подложках PbSe. Лазеры генерировали в диапазоне длин волн 8—12 мк при температуре жидкого азота.

Пределы изменения составов согласно рентгенодифракционным измерениям были  $0,015 \leq x \leq 0,066$ ,  $0,007 \leq y \leq 0,029$ . Следует отметить, что в течение импульса тока разогрев активной области лазера происходит нелинейным образом: скорость перестройки излучения может уменьшиться к концу импульса на порядок и более. Поскольку спектральное разрешение  $\Delta\nu$  определяется скоростью перестройки частоты

излучения  $\frac{d\nu}{dt}$  и быстродействием  $\tau$  приемно-усилительной части ла-

зерного спектрометра  $\left(\Delta\nu = \frac{d\nu}{dt} \tau\right)$ , то наиболее удобным оказывается работа на модах в конце импульса излучения. Для спектроскопических измерений необходимо, чтобы в данный момент времени в течение импульса генерация осуществлялась на одной моде.

В связи с этим, основными параметрами лазеров, определяющими возможность их применения в спектроскопии высокого разрешения  $\Delta\nu \sim 10^{-2}$ — $10^{-3}$  см при импульсном режиме работы, являются скорость перестройки частоты излучения отдельных мод, область перестройки, расстояние между модами, мощность излучения и стабильность в работе.



Измерения параметров лазеров проводились по следующей схеме. Лазерный образец крепился на хладопроводе гелиевого криостата с терморегуляцией. Излучение возбуждалось эмиттерным повторителем импульсами тока длительностью 200—500 мкс с частотой повторения 25—50 гц. В качестве задающего использовался генератор прямоугольных импульсов Г5-60. Излучение лазера системой коллимирующей и фокусирующей линз из КС1 собиралось на приемнике-фоторези-

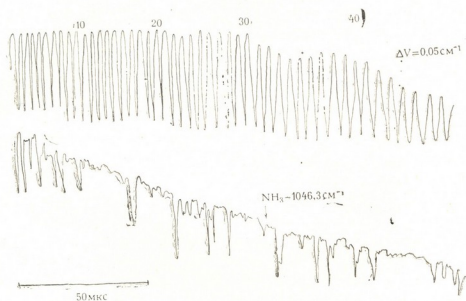


Рис. 1

сторе из кремния, легированного бором. Рабочая температура лазерных образцов 50—60°К, а детектора 10°К. Скорость перестройки излучения определялась по расстоянию между максимумами излучения, прошедшего через эталон Фабри—Перо из германия с областью свободной дисперсии  $\Delta\nu=0,05 \text{ см}^{-1}$ . Область перестройки мод также фиксируется с помощью эталона Фабри—Перо по наличию срывов в течение импульса. Мощность излучения определялась по отношению сигнал/шум при известном шуме приемника ( $-3 \cdot 10^{-8}$  Вт). Полная мощность с обеих граней лазерного образца оценивалась с учетом потерь в оптической схеме. Основные результаты по измерению параметров лазеров приведены в таблице. Добавим, что в течение трехлетнего срока параметры лазеров практически не изменялись.

Таблица параметров лазеров

| Параметры лазеров  | Необходимый уровень    | Достигнутый результат |
|--|------------------------|-----------------------|
| 1. Область рабочих температур, °К  | 4—70                   | 4—70                  |
| 2. Область перестройки мод, $\text{см}^{-1}$                                   | $\geq 0,5$             | $2 \div 3$            |
| 3. Скорость плавной перестройки частоты излучения, $\text{см}^{-1}/\text{мкс}$ | $\leq 5 \cdot 10^{-3}$ | $5 \cdot 10^{-3}$     |
| 4. Расстояние до ближайшей моды, $\text{см}^{-1}$                              | $0,5 \pm 2$            | 2                     |
| 5. Полная мощность в одной моде, мкВт  | 500                    | 1500                  |

В качестве примера на рис. 1 приводится запись спектра молекулы озона за один импульс лазерного излучения. Вверху дается спектр пропускания эталона Фабри—Перо. Длительность импульса тока составляла 500 мкс, одна мода в конце импульса генерирует в течение 200 мкс. Абсолютная привязка по шкале длин волн осуществляется по известной линии молекулы аммиака  $\text{NH}_3$ . При реализуемых скоростях перестройки  $5 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}/\text{мкс}$  достигается разрешение  $7 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}$  при быстрействии фотоприемника 500 нс. При улучшении быстрействия фотоприемника до 100 нс можно достичь разрешения  $\sim 10^{-3} \text{ см}^{-1}$ .

Порог обнаружения в лазерном спектрометре на основе гетеролазеров  $\text{Pb Se/Pb Sn Se Te/Pb Se}$  составляет  $2 \cdot 10^{-6}$  единиц оптической плотности, что при длине газовой кюветы 1 м соответствует минимально измеряемому коэффициенту поглощения  $\chi \sim 2 \cdot 10^{-6} \text{ см}^{-1}$ . Это позволяет детектировать газовые примеси с содержанием  $1 \cdot 10$  молекул примеси на  $10^8$  молекул основного компонента смеси.

Таким образом, гетеролазеры  $\text{Pb Se/Pb Sn Se Te/Pb Se}$ , созданные методом ЖЭ, могут быть успешно использованы в спектроскопии высокого разрешения, открывая новые возможности в структурной химии и газоанализе.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 1.10.1987)

ფიზიკა

ლ. ბიჩკოვა, გ. გეგიაძე, რ. გულიაყევი, ო. დავარაშვილი, ნ. კეკელიძე,  
 ი. კურიტინი, ვ. კრივტსუნი, ა. შოტოვი

თხზავალი ეპიტაქსისის მეთოდით შექმნილი ინჰექციური  
 ჰეტეროლაზერების  $\text{Pb Se/Pb Sn Se Te/Pb Se}$  გამომყენების  
 შესაძლებლობის შესახებ მაღალი გარჩევის სპექტროსკოპიაში

რეზიუმე

წარმოდგენილია მაღალი გარჩევის სპექტროსკოპიაში გამოსაყენებელი  
 ჰეტეროლაზერების  $\text{PbSe/Pb Sn Se Te/Pb Se}$  პარამეტრების გაზომვის შედეგები.  
 მაგალითისათვის მოცემულია ოზონის მოლეკულის სპექტრი.

PHYSICS

L. P. BYCHKOVA, G. G. GEGIADZE, R. G. GULYAYEV, O. I. DAVARASHVILI,  
 N. P. KEKELIDZE, I. A. KURITSYN, V. M. KRIVTSUN, A. P. SHOTOV

ON THE FEASIBILITY OF APPLYING LPE INJECTION  $\text{PbSe}$   
 $/\text{PbSnSeTe/PbSe}$  HETEROLASERS FOR HIGH-RESOLUTION  
 SPECTROSCOPY

Summary

The results of measurements of  $\text{PbSe/PbSnSeTe/PbSe}$  heterolaser parameters used for high-resolution spectroscopy are presented. The spectrum of ozone molecule is given by way of example.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. В. Веденеева, И. И. Засавицкий, В. Г. Колошников, Ю. А. Курицын, А. П. Шотов. Письма в ЖТФ, т. 4, вып. 15, 1978, 927.
2. Ю. А. Курицын, Г. В. Веденеева, В. Г. Колошников, В. М. Кривцуни др. Препринт ИСАН, 4, Троицк, 1985.
3. А. П. Шотов, О. И. Даварашвили, А. В. Бабушкин. Письма в ЖТФ, т. 5, вып. 24, 1979, 1488.
4. А. П. Шотов, О. И. Даварашвили, А. В. Бабушкин. Письма в ЖТФ, т. 7, вып. 23, 1981, 1444.

А. И. БИЧИНАШВИЛИ, Э. К. ЛАБАРТКАВА, И. С. АРВЕЛАДЗЕ,  
Н. Н. АРЧВАДЗЕ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГЦК→ГЦТ ПРЕВРАЩЕНИЙ В СПЕЧЕННЫХ МАТЕРИАЛАХ Mn—Cu РЕНТГЕНОВСКИМ МЕТОДОМ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. Г. Гвелесиани 16.11.1987)

Результаты структурных исследований литых сплавов Mn—Cu приведены в работах [1, 2]. В частности, авторам удалось определить область расслоения и доказать, что расслоение стимулирует ГЦК→ГЦТ превращение. В этих же работах построена диаграмма метастабильного состояния. Однако, как показали литературные поиски, подробное структурное исследование для спеченных материалов Mn—Cu до сих пор не было проведено. Поэтому целью настоящей работы является исследование спеченных материалов Mn—Cu рентгеновским методом.

Порошки меди и марганца прессовали давлением до 50 Т/см<sup>2</sup> и спекали при температуре 800°C в вакууме, время спекания 20 часов. Затем образцы опускали при температуре 400°C в течение 10 часов. Согласно фазовым анализам, содержание марганца в исследуемых образцах соответствовало 30, 40,2; 47,7; 52; 58; 76,5; 83; 88; 93 ат%.

Спеченные материалы Mn—Cu изучали на излучение FeK $\alpha$ , что обеспечивает минимальный фон и более четкие дифракционные отражения. Высоко- и низкотемпературные исследования проводили с помощью нагревательного приспособления и низкотемпературной рентгеновской установки УРНТ-180. С помощью установки ВРТ-2 регулировали и измеряли температуру с точностью до  $\pm 2^\circ\text{C}$ . В связи с тем что на излучении FeK $\alpha$  можно получить только тетрагональные дублеты 200 и 220 для материалов Mn—Cu, исследования осуществляли на обоих отражениях.

За точку начала (или конца) ГЦК→ГЦТ превращения принимали ту температуру, при которой возникали отражения новой фазы, что соответствовало приблизительно 5% ее отражения.

Результаты рентгеновских исследований закаленных материалов показаны на рис. 1.1. Изменение двухфазной области (ГЦК+ГЦТ) в зависимости от содержания марганца носит аналогичный характер с литыми сплавами Mn—Cu [1]. В частности, с увеличением содержания марганца увеличиваются температура ГЦК→ГЦТ превращения ( $M_n$  и  $M_c$ ) и двухфазная область. Однако различие имеется: в спеченных материалах двухфазная область и температуры  $M_n$ ,  $M_c$  больше, причина чего будет указана ниже.

Полная картина зависимости температур начала и конца мартенситного превращения от времени отпуска и содержания марганца при 400°C представлена на рис. 1.2, 1.3. Оказалось, что температурный гистерезис в исследуемых сплавах весьма мал, и на рис. 1 температура начала мартенситного превращения практически совпадает с температурой конца обратного мартенситного превращения. Видно, что с увеличением времени отпуска расширяется интервал концентрации по Mn, в котором происходит ГЦК→ГЦТ превращение, и повышаются  $M_n$  и  $M_c$ . Последние достигают своих предельных значений к моменту,



когда реализуется метастабильное равновесие двух изоморфных фаз — богатых и бедных марганцем [3].

В работе [3] предполагалось, что расслоение стимулирует мартенситное превращение в сплавах Мп—Си. Приведенные на рис. 1 данные для спеченных материалов находятся в соответствии с этим утверждением: с увеличением времени отпуска ГЦК→ГЦТ превращение распространяется на область составов с меньшим содержанием марганца.

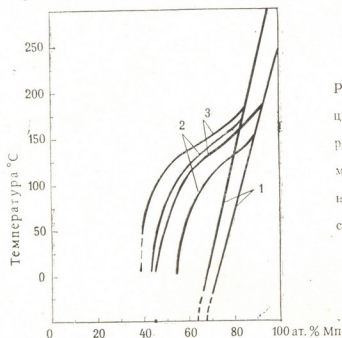


Рис. 1. Температуры начала и конца ГЦК→ГЦТ превращения в материалах Мп—Си: 1 — в закаленных материалах Мп—Си, 2 — в отпущенных материалах при 400°C (5 часов), 3 — в отпущенных материалах при 400°C (10 часов)

Рассмотрение концентрационных зависимостей температур превращения, относящихся к гомогенным материалам и материалам в состоянии метастабильного равновесия, показывает, что кривые  $M_n$  и  $M_x$  сочленяются при концентрации, отвечающей правой границе области расслоения — 95—97 ат. % Мп. Кривые температур перехода ГЦК→ГЦТ понижаются с содержанием марганца и, не достигая левой границы области метастабильного расслоения, круто падают вниз. Отпущенные материалы Мп—Си с содержанием марганца менее 40 ат. % не испытывают ГЦК→ГЦТ превращения, хотя, как это видно из сопоставления с диаграммой расслоения [3], распад у них имеет место.

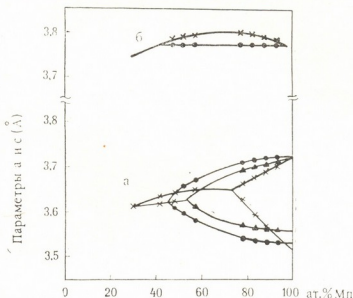
Данные об изменении параметров решетки в результате старения закаленных сплавов позволяют независимым путем определить метастабильную область расслоения в сплавах Мп—Си. На рис. 2,б представлены данные о параметрах ГЦК решетки, измеренных при температуре 180°C, полученные в нашей работе с учетом коэффициента расширения [4]. Величина изменения параметров ГЦК решетки закаленных сплавов имеет максимум при концентрации марганца 70 ат. %. Отпуск закаленных материалов Мп—Си при температуре 400°C приводит к уменьшению параметров решетки при 180°C в интервале концентрации 35—97 ат. % Мп. Границы области расслоения определяются точками пересечения кривых концентрационной зависимости параметров закаленных и отпущенных спеченных материалов.

На рис. 2,а представлены также данные об изменении параметров  $c$  и  $a$  при 25°C спеченных материалов, отпущенных при 400°C, в течение 20 часов. Кривые зависимости параметров решетки от концентрации закаленных и отпущенных сплавов пересекаются при 97 ат. % Мп, что соответствует правой границе области расслоения. В области концентрации Мп 35—45 ат. % при комнатной температу-



ре не происходит ГЦК→ГЦТ превращения, однако, как видно из рисунка, расслоение происходит, так как при отпуске уменьшается параметр решетки. Последнее, по-видимому, связано с тем, что доля богатых марганцем областей мала по сравнению с бедными областями, поэтому мартенситный сдвиг в богатых областях заблокирован [5]. Как

Рис. 2. Параметры решеток материалов Мп—Си, отпущенных при 400°C (5 часов —▲), 10 часов —●) и закаленных (X) при комнатной температуре (а) и при 180°C (б)



было отмечено в работе [3], мартенситное превращение в зонах, обедненных марганцем, требует затрат энергии. В случае малой объемной доли зон, богатых марганцем, где мартенситное превращение происходит самопроизвольно и с выигрышем энергии, движущей силы может не хватить для мартенситного сдвига по всей решетке, включая и обогащенные области.

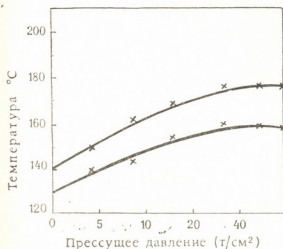


Рис. 3. Изменение температуры начала и конца ГЦК—ГЦТ превращения от прессуемого давления для отпущенного при 400°C (10 часов) материала Мп—Си

Закономерность изменения ширины двухфазной области по мере протекания отпуска представлена на рис. 1.3. С увеличением времени отпуска уменьшается ширина двухфазной области. Сужение двухфазной области происходит, по-видимому, из-за снятия микронапряжения в процессе отпуска. Подтверждением сказанного являются результаты, представленные на рис. 3.

С увеличением пластической деформации двухфазная область расширяется.

ა. ბიჩინაშვილი, ე. ლაბარტკავა, ი. არველაძე, ნ. არჩვაძე

წყკ→წცტ გარდაქმნების შესწავლა შეცხოვრებულ Mn—Cu მასალაში  
 რენტგენული მეთოდით

რეზიუმე

შესწავლილია სტრუქტურული გარდაქმნები შეცხოვრებულ მანგანუმ-სპილენძის მასალებში. აგებულია მეტასტაბილური დიაგრამა და განსაზღვრულია განშრეების არე ამ მასალებში. ახსნილია წყკ→წცტ გარდაქმნის ტემპერატურისა და ორფაზა არის გადიდება Mn—Cu-ის შენადნობებთან შედარებით.

PHYSICS

A. I. BICHINASHVILI, E. K. LABARTKAVA, I. S. ARVELADZE,  
 N. N. ARCHVADZE

## THE STUDY OF FCC→FCT TRANSITIONS IN Mn-Cu COAGULATED MATERIALS BY THE X-RAY METHOD

Summary

Structural transitions in Mn-Cu coagulated materials are studied. The temperatures ( $T_s$  and  $T_f$ ) of FCC→FCT transitions are stated. These temperatures are higher in coagulated materials as compared to cast alloys.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. A. I. Бичинашвили, Е. З. Винтайкин, Д. Ф. Литвин, В. А. Удовенко. ФММ, 41, вып. I, 1976, 130—136.
2. Е. З. Винтайкин, В. А. Удовенко, В. Б. Дмитриев, А. И. Бичинашвили. Сб. «Структурный механизм фазовых превращений металлов и сплавов». М., 1979, 86—91.
3. Е. З. Винтайкин, Д. Ф. Литвин, В. А. Удовенко. ФММ, 37, № 6, 1974, 1228—1237.
4. Ю. К. Фавстов, Ю. Н. Шульга. Сплавы с высокими демпфирующими свойствами. М., 1973, 255.
5. Р. П. Равдел. Сб. науч. трудов ЦНИИТ им. И. Н. Бардина (Институт прецизионных сплавов), вып. 25. М., 1962, 158—176.



Т. Г. АДЕИШВИЛИ, А. П. АЛЕКСАНДРОВ, А. А. ГАБЕШИЯ,  
Т. Х. НАВЕРИАНИ

## ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ СВЕЧЕНИЯ ИОНОСФЕРЫ ПРИ ИСКУССТВЕННОЙ ИНЖЕКЦИИ НЕЙТРАЛЬНОГО ЛИТЯ И ЛИТЬЕВОЙ ПЛАЗМЫ С БОРТА РАКЕТЫ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Дж. Г. Ломинадзе 10.3.1988)

В настоящее время активные эксперименты в ионосфере и магнитосфере, связанные с воздействием на окружающую среду, представляют собой новое, наиболее перспективное направление для исследования некоторых физических процессов, происходящих в ближнем космосе. В этих экспериментах околоземная среда используется в качестве естественной плазменной лаборатории с неограниченными пространственными размерами [1, 2].

Преимущество активных экспериментов по сравнению с применяемыми космического пространства пассивными методами измерения заключается в возможности контролировать начальные условия эксперимента и, тем самым, придать исследованию целенаправленный характер.

Эксперимент такого класса «Плазма-1», с инжекцией плазменных импульсов и нейтрального литя в ионосферу Земли был проведен в районе Эквадора в 1986 г. На борту ракеты МР-12 помимо диагностической аппаратуры располагался плазменный ускоритель, который имел следующие характеристики:

- рабочее тело — литий,
- ток разрядный  $\approx 300$  А,
- ток ионов лития в струе  $\approx 150$  А,
- рабочее напряжение  $\approx 25$  В,
- энергия ионов  $10 \approx \text{эВ}$ ,
- угловая расходимость  $\approx 4$  эВ,
- плотность струи на срезе ускорителя  $\approx 10^{14}$  см<sup>3</sup>,
- расход рабочего тела  $\approx 0,02$  Г·С<sup>-1</sup>,

Свечения линии  $\lambda = 6708$  Å и непрерывное излучение вблизи этой линии измерялось бортовым фотометром типа «фотозавр» [3, 4]. Он имел следующие характеристики: порог чувствительности в линии  $40 \pm 5$  релей, угол зрения  $\approx 4$ , постоянная времени  $\approx 0,1$  с, динамический диапазон  $\approx 10^2$ .

Фотометр был расположен в гермоотсеке параллельно продольной оси ракеты и включался с поверхности Земли. Створки ракеты разошлись на 54 секунде полетного времени. Отделение от головной части ракеты произошло на 160 секунде ( $H \approx 147$  км) после старта. При включении инжектора фотометр регистрировал четко коррелированные с его импульсами сигналы свечения линии  $\lambda = 6708$  Å и непрерывного свечения вблизи линии. После прекращения инжекции интенсивность зарегистрированного свечения была несколько меньше. Наблюдаемое свечение менялось как в зависимости от высоты полета, так и с вращением ракеты вокруг продольной оси.

Изменение интенсивности наблюдаемых свечений нейтрального литя и литевой плазмы, связанных с вращением ракеты, объясняет-



ся на основании анализа рассеянного излучения земной атмосферной и инжектированного литья [5].

Высотный ход усредненных во времени величин интенсивностей свечения линии  $\lambda=6708 \text{ \AA}$  и непрерывного излучения вблизи этой линии приведен на рис. 1, а, б. На рисунке точками показана величина интенсивности свечения линии на восходящем участке полета ракеты, а крестики показывают эту же величину на нисходящей части траектории. При построении этих графиков было учтено отделение плазменного инжектора от головной части ракеты.

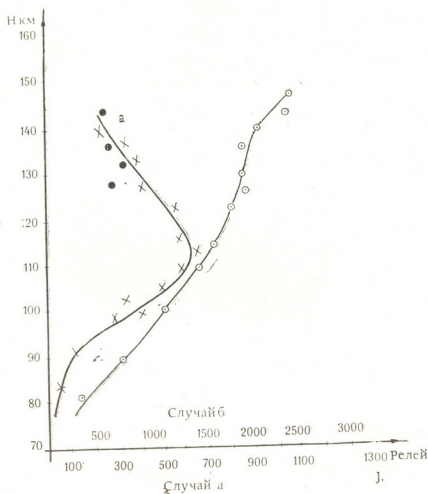


Рис. 1. Высотная зависимость интенсивностей свечения линии  $\lambda=6709 \text{ \AA}$  (а) и непрерывного свечения в окрестности этой линии (б)

Как видно из рис. 1, а, на высотах 125—142 км величины зарегистрированных сигналов свечения  $\lambda=6708 \text{ \AA}$  как на восходящем, так и на нисходящем участках траектории были примерно одинаковыми и менялись от 200 до 300 релей. На нисходящей ветки траектории интенсивность свечения возрастала с уменьшением высоты и достигала максимального значения (600 R). Этот результат отличается от полученного ранее сумеречного и ночного результатов на высоте 110 км. Далее по мере снижения высоты полета происходил непрерывный спад интенсивности. На высоте  $\approx 85 \text{ км}$  она становилась минимальной и составляла  $\approx 50$  релей, что примерно сравнимо с фоновым значением излучения атмосферного литья [6].

Интенсивность непрерывного излучения начиная с высоты  $\approx 142 \text{ км}$  ( $\approx 2780$  релей) по мере снижения ракеты спадала и становилась минимальной ( $\approx 400$  релей) на высоте  $\approx 80 \text{ км}$ .

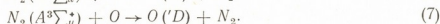
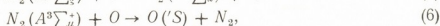
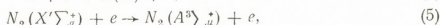


Известно, что генерация резонансной линии нейтрального лития  $\lambda=6708$  Å происходит за счет перехода  ${}^2S_{1/2} - {}^2P_{1/2, 3/2}$  [6].

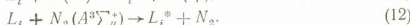
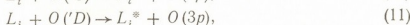
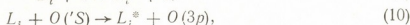
В аналогичных сумеречных экспериментах [5] излучение в основном обусловлено солнечной радиацией.

В условиях проведенного ночного эксперимента преобладающими механизмами излучений линии  $\lambda=6708$  Å являются химические реакции и столкновения литиевых атомов с компонентами инжектированной плазмы.

Энергия возникших при разряде ионов и электронов были достаточны для возбуждения нейтрального лития, атомарного кислорода до состояний  $O(^1D)$  и  $O(^1S)$  и молекулярного азота в состоянии  $N_2(A^3\Sigma_u^+)$ ; Эти явления могут происходить в результате следующих реакций [5, 6, 7, 8]:



С учетом этих процессов доминирующими реакциями излучения нейтрального лития могут являться [6, 7, 9]:



Высотный ход интенсивности свечения линии  $\lambda=6708$  Å можно объяснить одновременным наблюдением процессов (8), (9), (10), (11) и (12). В работах [5, 7] основными из этих механизмов считались процессы (10) и (12). Результаты этих экспериментов не давали возможность для однозначного определения доминирующей роли из этих двух процессов.

Максимум интенсивности рассмотренного свечения, в отличие от результатов [5, 10], расположен выше ( $\approx 110$  км). Как известно, на этих высотах более эффективно образуется возбужденное состояние молекулярного азота  $N_2(A^3\Sigma_u^+)$ , чем атомарного кислорода  $O(^1S)$  [10]. Следовательно, процесс (12) по сравнению с (10) может происходить интенсивнее. На основании этого можно заключить, что в ночных экспериментах главным механизмом возникновения излучения линии  $\lambda=6708$  Å является перенос возбуждения от состояния  $N_2(A^3\Sigma_u^+)$  на атомы нейтрального лития.

Спад интенсивности непрерывного излучения вблизи линии  $\lambda=6708$  Å с уменьшением высоты аналогичен результату сумеречного эксперимента [10]. Однако в нашем случае объяснить ход кривой 1,5 уменьшением угла погружения Солнца невозможно (из-за его отсутствия).



Одним из объяснений наблюдаемого явления можно предложить уменьшение эффективности протекания плазмо-химических процессов по мере снижения высоты.

Кутаисский политехнический  
 институт  
 им. Н. И. Мухелишвили

Центральная лаборатория  
 космических исследований  
 Болгарской академии наук

(Поступило 15.12.1987)

ფიზიკა

თ. ადეიშვილი, ა. ალექსანდროვი, ა. გაბეშია, თ. ნავერიანი

იონოსფეროს ნათების ფოტომეტრიული გაზომვები რაკეტის  
 ბორტიდან ნეიტრალური ლითიუმისა და ლითიუმის პლაზმის  
 ინექციის დროს

რეზიუმე

განხილულია რაკეტის ბორტიდან იონოსფეროში ნეიტრალური ლითიუმისა და ლითიუმის პლაზმის ინექციების დროს მისი ნათების ფოტომეტრიული გაზომვები. მიღებულია მათი ვერტიკალური განაწილების მრუდები 80—140 კმ სიმაღლეზე. განხილულია ამ ნათებათა გამომწვევი ზოგიერთი მექანიზმი.

PHYSICS

T. G. ADEISHVILI, A. P. ALEKSANDROV, A. A. GABESHIA, T. Kh. NAVERIANI  
 PHOTOMETRIC MEASUREMENTS OF IONOSPHERIC GLOW DURING  
 NEUTRAL AND PLASMA LITHIUM ARTIFICIAL INJECTION FROM  
 THE ROCKET BOARD

Summary

The paper presents the results of photometric measurements of the glow of neutral and plasma lithium injected from the rocket board to the ionosphere. The altitude distribution of intensities of these glows in the range of 80—140 km has been determined.

Some mechanisms of the generation of the glows are considered.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Р. З. Сагдеев, И. А. Жулин. Вестник АН СССР, № 12, 1976.
2. F. Cambou, R. Z. Sagdeev, I. A. Zulin. The ARAKS Project. Space Sci Instr., v. 4. pp. 117-121, 1978.
3. С. Б. Ляхов, Г. Г. Манагадзе. Физика плазмы, т. 3, вып. 6, 1977.
4. Т. Г. Адейшвили, Г. Г. Манагадзе. Сообщения АН ГССР, 92, № 1, 1978.
5. Т. Г. Адейшвили, А. П. Александров, Н. П. Бобков, Ю. А. Романовский, Г. Г. Манагадзе, А. А. Мартинсон. Болгарское геофизическое списание, т. X, № 2, 1984.
6. Дж. Чемберлен. Физика полярных сияний и излучения атмосферы. М., 1963.
7. R. R. O'Neil, F. T. Lee et al. Journal of Geophysical Research. Vol., 84. № A3, 1979.
8. W. F. Sharp et al. Journal of Geophysical Research. vol, 80, № 19, 1975.
9. R. Z. Sagdeev et al. "Space Research". V. 1, 1981.
10. Т. Г. Адейшвили. Автореферат канд. дисс. М., 1980.
11. Т. Г. Adeishvili et al. "Space Research". V—V, № 4, 1985.



УДК 539.536

ФИЗИКА

М. Г. КЕКУА

## ЗАВИСИМОСТЬ МИКРОТВЕРДОСТИ КРИСТАЛЛОВ РАЗБАВЛЕННЫХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ КРЕМНИЙ-ГЕРМАНИИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕРМООБРАБОТКИ

(Представлено академиком Ф. Н. Тавадзе 17.12.1987)

В современной полупроводниковой технике важное значение имеет проблема термостабильности электрофизических свойств полупроводниковых материалов. Однако в каждой области технического применения полупроводников выдвигаются свои специфические требования к их основным характеристикам и, наряду с электрофизическими, немаловажное значение приобретают и физико-механические свойства [1, 2].

В настоящее время довольно хорошо изучено влияние температуры на электрические свойства кремния и германия и установлено, что эти два элемента, содержащие кислород, проявляют термическую нестабильность. Дело в том, что кислород в кремнии проявляет как нейтральный, так и электрически активный характер и с изменением температуры существенно меняет его электрофизические свойства [3—16].

По вопросу влияния температуры на механические свойства полупроводников в литературе ограниченные сведения. В работах [17—19] выявлена прямая зависимость от температуры механических параметров кремния и германия.

По вопросу механических свойств твердых растворов кремний-германий в зависимости от температуры сведения в литературе отсутствуют, за исключением [19]. В работе [19] изучена прочность кремния и твердых растворов  $\text{Si}_{1-x}\text{-Ge}_x$  ( $2,5 \leq x \leq 24$  ат %) на сжатие и изгиб. Установлено, что с повышением температуры прочность этих материалов растет.

О зависимости микротвердости твердых растворов Si-Ge от температуры в литературе сведения вовсе отсутствуют.

В настоящем сообщении изучено изменение микротвердости разбавленных твердых растворов  $\text{Si}_{1-x}\text{-Ge}_x$  ( $0 \leq x \leq 1,7$  ат %) в зависимости от температуры термической обработки (ТО). Для исследования были взяты поликристаллические образцы твердых растворов дырочного типа электропроводимости с концентрацией носителей тока в порядке  $10^{15}$  см<sup>-3</sup>. Экспериментальные образцы были вырезаны из кристаллов, полученных методом выращивания из большого объема расплава под давлением гелия 0,5 атм. Образцы подвергались ТО в течение 48 часов при температурах 300 и 500°C с последующей закалкой в ледяной воде. Исследование образцов проводилось до и после ТО. Измерения микротвердости проведены на приборе ПТМ-3 при нагрузке 50 г<sup>1</sup>. Концентрация носителей тока определялась холловскими измерениями. На рисунке приведены изменения микротвердости экспериментальных образцов в зависимости от исходного состава и темпе-

<sup>1</sup> Измерения микротвердости проведены м. н. с. Н. У. Гамкрелидзе.

ратуры ТО. Для кремния и образцов твердых растворов, изученных до и после термообработки, общий характер закономерности изменения микротвердости в зависимости от состава не меняется, с повышением содержания германия микротвердость кремния снижается, что хорошо согласуется с результатами работ [20, 21]. Из приведенного графика (рис. 1) видно, что в зависимости от увеличения температу-

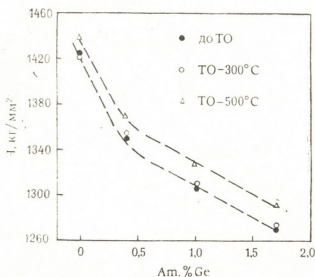


Рис. 1. Изменение микротвердости кристаллов разбавленных твердых растворов кремний-германий в зависимости от исходного состава и температуры термообработки.

ры увеличивается микротвердость. Полученная закономерность изменения микротвердости находится в хорошем согласии с результатами, полученными по прочности на сжатие и изгиб сплавов [19] и кремния [17]. Заметим, однако, что при температуре 300°C особого изменения микротвердости не наблюдается.

Возрастание механической прочности кремния при повышенных температурах в работе [22] объясняется присутствием кислорода, а упрочнение кремния связывается с взаимодействием кислорода с дислокациями. Авторы [23] отмечают, что кислородные комплексы упрочняют пластины кремния. Согласно [24], при высоких температурах произведенная деформация германия и кремния образует сетки спиральных дислокаций и такая дислокационная структура упрочняет материал. Учитывая вышеприведенное и то, что, согласно [25], термообработка при 500°C сплавов кремний-германий, так же как кремния, приводит к уменьшению концентрации оптически активного кислорода и образованию термодонорных комплексов, надо предполагать, что в нашем случае повышение микротвердости при 500°C связано со взаимодействием термодоноров с дислокациями в экспериментальных образцах.

8. კეკუა

სილიციუმ-გერმანიუმის განზავებული მყარი ხსნარების კრისტალების მიკროსისალის დამოკიდებულება თერმოდამუშავების ტემპერატურასთან

რეზიუმე

გამოკვლეულია თერმოდამუშავების ტემპერატურის გავლენა სილიციუმ-გერმანიუმის განზავებული მყარი ხსნარების კრისტალების მიკროსისალზე. დადგენილია, რომ ტემპერატურის გაზრდით ოთახის ტემპერატურიდან 500°C-მდე მასალის მიკროსისალე იზრდება.

PHYSICS

M. G. KEKUA

THE MICROHARDNESS-TEMPERATURE DEPENDENCE IN DILUTE SOLID SOLUTIONS OF SILICON-GERMANIUM

Summary

The effect of temperature on microhardness of silicon-germanium dilute solid solution crystals has been investigated.

It is found that microhardness of the material increases with an increase in temperature up to 500°C.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. Ф. Иоффе. Радиотехника и электроника, I, 1956, 1036.
2. Е. К. Иорданишвили. Термоэлектрические источники питания. М., 1968.
3. W. Kaizer. Phys. Rev., v. 105, 6, 1957, p. 1751-1756.
4. W. Kaizer, H. L. Frisch, H. Reiss. Phys. Rev., v. 112, 5, 1958, p. 1546.
5. П. И. Баранский, В. В. Гайдученко, В. А. Шершель. УФЖ, 1970, 1192.
6. R. A. Logan, A. Peters. J. Appl Phys. v. 28, 1957, p. 1419, 1422.
7. W. Kaizer, P. H. Keck. J. Appl. Phys., v. 28, 1957, p. 882-886.
8. I. W. Corbett, R. C. Donald, G. D. Watkins. J. Phys. Chem. Sol. 25, 873, 1964.
9. В. М. Бабич, П. И. Баранский, В. А. Ильчишин, В. А. Шершель. ФТП, т. 8, вып. 6, 1974, 1232.
10. G. Elliot. Nature 180, 1350, 1957.
11. П. М. Гринштейн, Г. В. Лазарева, Е. В. Орлова, З. А. Сальник, В. И. Фистуль. ФТП, т. 12, вып. 1, 1978.
12. В. В. Батавин, З. А. Сальник. Неорг. матер., т. 18, № 2, 1982.
13. В. Д. Ткачев, Л. Ф. Макаренко, В. П. Маркевич, Л. И. Мурин. ФТП, т. 18, вып. 3, 1984.
14. Ю. М. Бабицкий, П. М. Гринштейн. ФТП, т. 18, вып. 4, 1984.
15. V. Sagarra, P. Zunino. J. Appl. Phys. 51(8), 1980.
16. I. C. Mikkelsen. J. of Metals, May 1985.
17. W. D. Silwestrзwcz. Philosoph. Mag. v. 7, № 83. p 1825, 1962.



18. Е. М. Савицкий, В. В. Терехова. Труды ИОНХ АН СССР, Химия редких элементов, вып. 2, 1955.
19. М. Г. Кекуа. Сообщения АН ГССР, 91, № 2, 1978.
20. С. С. Wang, В. Н. Alexander. Acta Metallurgica, v. 3, p. 515-516, 1955.
21. М. Г. Кекуа, Э. В. Хуцишвили. Неорг. матер., 3, 1967, 1166—1169.
22. Hirobumi Harada, Kosj Sumino. J. Appl. Phys. 53(7), 1982.
23. L. Lastrzebski, P. Zanzucchi, D. Thebault, I. Lagowski. J. Electrochemical Soc.: Solid-State Science and Technology, 129, 7. 1982, 1638.
24. Н. G. Brion, Naasen. Philosoph. Mag., A. v 51. № 6, 1985, 879.
25. Н. У. Гамквелидзе, М. Г. Кекуа, Л. И. Хируненко, В. К. Шинкаренко. Тез. докл. VI координационного совещания по исследованию и применению сплавов кремний-германий. Тбилиси, 1986.





ФИЗИКА

М. Д. ВАРДИАШВИЛИ, В. А. МАТВЕЕВ, Л. А. СЛЕПЧЕНКО

ТОЧНОЕ РЕШЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ ЗАДАЧИ ВИКА—  
 КУТКОСКОГО

(Представлено академиком Н. С. Амаглобели 25.8.1988)

Известно, что точно решаемой моделью уравнения Бете—Солпитера является задача на связанные состояния двух скалярных частиц, взаимодействующих через скалярные «фотоны» в лестничном приближении. Эта задача была решена точно Виком [1], причем решение связано с наличием у уравнения с нулевой полной энергией высшей динамической  $O(5)$ -симметрии. Куткоски [2] обобщил решение на отличные от нуля угловые моменты и получил полный набор решений.

С другой стороны, сравнение спектров уравнения Бете—Солпитера и уравнений квазипотенциального подхода Логунова—Тавхелидзе [3] показывает, что последние хорошо передают релятивистские эффекты. В то же время они не страдают рядом недостатков, присущих уравнению Бете—Солпитера: наличием относительного времени, отсутствием вероятностной трактовки и др.

В связи с этим представляет интерес нахождение точно решаемых моделей трехмерной формулировки квантовой теории поля. В данной работе предлагается точное решение трехмерной задачи Вика—Куткоского.

Уравнение Бете—Солпитера двух скалярных частиц с равными массами, обменивающихся скалярной безмассовой частицей в системе ц. н., при нулевой полной энергии имеет вид

$$(p^2 + m^2)^2 \chi(p) = \frac{\lambda}{\pi^2} \int \frac{\chi(k) d^4k}{(p-k)^2}, \quad (1)$$

где  $p$  — относительный 4-импульс в с. ц. н. и проведен виковский поворот, т. е. все импульсы лежат в евклидовой области.

Запишем квазипотенциальное уравнение на связанные состояния двух скалярных частиц в с. ц. н. [3]

$$[E^2 - 4(\vec{p}^2 + m^2)] \Psi(\vec{p}) = \frac{1}{\sqrt{p^2 + m^2}} \int \Psi(\vec{k}) V(\vec{p} - \vec{k}) d^3k, \quad (2)$$

где  $\vec{p}$ ,  $\vec{k}$  — 3-мерные относительные импульсы в с. ц. н. и  $\Psi(\vec{p})$  — квазипотенциальная волновая функция связанного состояния, удовлетворяющая следующему условию нормировки<sup>(1)</sup>:

$$\int \Psi^*(\vec{p}) \tilde{F}_0^{-1} \Psi(\vec{p}) d^3p = 1. \quad (3)$$

Здесь  $\tilde{F}_0$  — оператор свободной функции Грина квазипотенциального уравнения.

<sup>(1)</sup>  $\Psi(\vec{p})$  являются собственными функциями задачи для определения константы связи при фиксированной энергии [4, 5].



Отметим также, что квазипотенциальные и бете-солпитеровские волновые функции связаны следующим интегральным соотношением:

$$\Psi(\vec{p}) = \int_{-\infty}^{+\infty} dp_0 \chi(\vec{p}, p_0). \quad (4)$$

Рассмотрим задачу Вика—Кутковского применительно к квазипотенциальному уравнению (4). Остановимся на вопросе выбора соответствующего квазипотенциала.

В работе [3] был дан рецепт построения квазипотенциала, соответствующему данному релятивистскому взаимодействию. Потенциал при этом может быть восстановлен из теории поля по соответствующим диаграммам Фейнмана.

Т. к. модель Вика является задачей на нахождение связанных состояний в кулоновском потенциале с нулевой полной энергией, мы рассмотрим стандартную процедуру получения квазипотенциала из теории поля.

Оказалось, что квазипотенциал взаимодействия двух скалярных частиц массы  $m$ , обменивающихся скалярной безмассовой частицей, вычисленный из второго порядка теории возмущения КЭД, соответствующему кулоновскому взаимодействию [6] в пределе нулевой полной энергии принимает следующий вид:

$$V_{E \rightarrow 0}(\vec{p} - \vec{k}) = \frac{1}{V\vec{p}^2 + m^2} \cdot \frac{1}{|\vec{p} - \vec{k}|}. \quad (5)$$

С учетом (5) уравнение (2) принимает теперь вид 3-мерного аналога уравнения Бете—Солпитера задачи Вика и, как будет показано ниже, описывает модель Вика для квазипотенциальной задачи

$$(\vec{p}^2 + m^2)^2 \Psi(\vec{p}) = \frac{\lambda}{4\pi} \int \frac{\Psi(\vec{k}) d^3k}{|\vec{p} - \vec{k}|}. \quad (6)$$

Рассмотрим сейчас решение задачи Вика для случая нулевых орбитальных моментов. Для  $s$ -волновой задачи уравнение (6) эквивалентно следующему дифференциальному уравнению:

$$\frac{1}{p} \frac{d^2}{dp^2} [p(p^2 + m^2)^2 \Psi(p)] + \lambda \Psi(p) = 0 \quad (7)$$

с граничными условиями

$$\begin{aligned} p \Psi(p) &\rightarrow 0, \quad p \rightarrow 0. \\ p(p^2 + m^2) \Psi(p) &\rightarrow \text{const}, \quad p \rightarrow \infty. \end{aligned}$$

Решение  $s$ -волновой задачи для основного ( $n=1$ ) состояния

$$\Psi_{n=1}(\vec{p}) = C (\vec{p}^2 + m^2)^{-5/2}$$

совпадает с соответствующим проинтегрированным решением (1), (4) для  $l=0$  уравнения Бете—Солпитера, а в конфигурационном пространстве имеет вид

$$\Psi_{n=1}(r) = \frac{4\pi}{3} \left( \frac{r}{m} \right) K_1(mr).$$



Благодаря известным свойствам модифицированной функции Бесселя I рода  $K_1(z)$  это решение обладает правильным поведением в нуле и асимптотикой, характерной для решения задачи на связанные состояния.

Перейдем к рассмотрению общего случая  $l \neq 0$

$$\nabla^2_{\vec{p}} \{(\vec{p}^2 + m^2)^2 \Psi(\vec{p})\} + \lambda \Psi(\vec{p}) = 0,$$

где оператор Лапласа сейчас содержит угловые переменные

$$\nabla^2_{\vec{p}} = \nabla_p^2 + \frac{1}{p^2} \nabla_{\theta, \varphi}^2.$$

Решение последнего уравнения ищем в виде  $\Psi(\vec{p}) = R_{nl}(p) Y_{lm}(\theta, \varphi)$  и соответствующее «радиальное» уравнение

$$\frac{1}{p^2} \frac{d}{dp} \left[ p^2 \frac{d}{dp} (p^2 + m^2)^2 R_{nl}(p) \right] + \left[ \lambda - \frac{l(l+1)}{p^2} (p^2 + m^2)^2 \right] R_{nl}(p) = 0$$

св дится заменой  $p^2 = u$ ,  $R = u^{-1/4} (u + m^2) \Phi(u)$  к уравнению

$$\left[ \frac{d^2}{du^2} + \frac{1}{u} \frac{d}{du} + \frac{\lambda}{4u(u+m^2)^2} + \frac{1/4 - l(l+1)}{4u^2} \right] \Phi_{nl}(u) = 0 \quad (8)$$

для присоединенных сферических функций  $P_{\mu}^{\nu}(z)$  [7].

Таким образом, собственные решения и соответствующие собственные значения уравнения (6) имеют вид

$$R_{nl}(p) = \frac{1}{V p (p^2 + m^2)^2} P_{n-1/2}^{-(l+1/2)} \left( \frac{m^2 - p^2}{m^2 + p^2} \right), \quad (9)$$

$$\lambda = 4n^2 - 1, \quad n = 1, 2, \dots$$

Тбилисский государственный университет  
Институт физики высоких энергий

(Поступило 28.10.1988)

ფიზიკა

ა. ვარდიანი, ვ. მათვევი, ლ. სლეპჩენკო

ვიკ — კუტკოსკის სამზანომილეზიანი ამოცანის ზუსტი ამონახსნი

რეზიუმე

მოცემულია სამზანომილეზიანი ვიკ—კუტკოსკის ამოცანის ზუსტი ამონახსნი კულონური კვაზიპოტენციალის შემთხვევაში.

PHYSICS

M. D. VARDIASHVILI, V. A. MATVEEV, L. A. SLEPCHENKO  
THE EXACT SOLUTION OF A THREE-DIMENSIONAL  
WICK—CUTKOSKY PROBLEM

Summary

The exact solution of a three-dimensional Wick-Cutkosky problem for the Coulomb quasipotential has been obtained.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. G. Wick. Phys. Rev. 96, 1954, 1124.
2. R. Cutkosky. Phys. Rev. 96, 1954, 1135.
3. A. A. Logunov, A. N. Tavkhelidze. Nuovo Cimento, 29, 1963, 380.
4. V. K. Agrawala, I. G. Belinfante, G. H. Renninger. Nuovo Cimento, 44A, 1966, 740.
5. R. Cutkosky, M. Leon. Phys. Rev. 135 B, 1964, 1445.
6. Nguyen van Hieu. R. N. Faustov. Nucl. Phys., 53, 1964, 337.
7. И. С. Градштейн, И. М. Рыжик. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. М., 1963.

Д. И. ДЕМЕТРАШВИЛИ

К ВОПРОСУ О ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМ ПРОГНОЗЕ  
 СУТОЧНОГО ХОДА ТЕМПЕРАТУРЫ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. Г. Свavidze 11.12.1987)

В данной статье предлагается оперативная численная модель пограничного слоя атмосферы (ПСА), предназначенная, в первую очередь, для прогноза суточного хода температуры над пунктом. Следуя [1], представим метеозлементы в ПСА в виде суммы двух слагаемых — фонового, который описывает крупномасштабный процесс, и отклонения от фона, обусловленного наличием турбулизированного слоя трения. Кроме того, исключим из рассмотрения процессы, имеющие горизонтальные масштабы порядка 100 км и меньше. Тогда, в качестве исходной, примем, следующую систему уравнений:

$$\partial u / \partial t = l v + \lambda \vartheta' \cdot \partial \delta / \partial x + \partial (v \cdot \partial u / \partial z) / \partial z + F_u(z, t),$$

$$\partial v / \partial t = -l u + \lambda \vartheta' \cdot \partial \delta / \partial y + \partial (v \cdot \partial v / \partial z) / \partial z + F_v(z, t),$$

$$\partial \vartheta' / \partial t = -(\partial \Theta / \partial x + s \cdot \partial \delta / \partial x) u' - (\partial \Theta / \partial y + s \cdot \partial \delta / \partial y) v' + \partial (v^T \partial \vartheta' / \partial z) / \partial z,$$

$$\partial q' / \partial t = -\gamma (u' \cdot \partial \delta / \partial x + v' \cdot \partial \delta / \partial y) + \partial (v^T \partial q' / \partial z) / \partial z,$$

$$\partial \tilde{T}' / \partial t = \tilde{k} \cdot \partial^2 \tilde{T}' / \partial z^2,$$

$$u = U + u', \quad v = V + v', \quad \vartheta = \Theta + \vartheta', \quad q = Q + q', \quad \gamma = \frac{\partial Q}{\partial z},$$

$$F_u = \partial U / \partial t - l V, \quad F_v = \partial V / \partial t + l U, \quad \partial \Theta / \partial x = (l / \lambda) \cdot \partial V / \partial z,$$

$$\partial \Theta / \partial y = -(l / \lambda) \cdot \partial U / \partial z$$

при краевых и начальных условиях

$$z = H \quad u = U, \quad v = V, \quad \vartheta' = q' = 0$$

$$z = z_0 \begin{cases} u = v = 0, \quad T + \vartheta' = \tilde{T} + \tilde{T}', \quad q = r q_H(T_0), \quad (0 \leq r \leq 1) \\ -c_p \rho v^T \partial \vartheta' / \partial z - L \rho v^T \partial q' / \partial z + \tilde{c}_p \tilde{k} \partial \tilde{T}' / \partial z = c_1 [(1-A) I - F] \end{cases}$$

$$z = -h \quad \tilde{T}' = 0$$

$$t = 0 \begin{cases} u(z) = U(H)(1 - \exp(-az) \cos az) - V(H) \exp(-az) \sin az, \\ v(z) = V(H)(1 - \exp(-az) \cos az) + U(H) \exp(-az) \sin az, \\ \vartheta' = q' = \tilde{T}' = 0, \quad a = \sqrt{l / 2\nu}, \end{cases}$$

Здесь оси  $x, y$  направлены вдоль рельефа на восток и на север, соответственно, а ось  $z$  — вертикально вверх, отсчитываемая от уровня земли;  $t$  — время;  $\delta(x, y)$  — функция, описывающая рельеф Земли;  $u, v$  — составляющие ветра вдоль осей  $x, y$ ;  $\vartheta, q$  — потенциальная температура и массовая доля водяного пара в воздухе;  $T, \tilde{T}$  — температура воздуха и почвы соответственно (большими буквами обозначены



фоновые значения метеоэлементов, буквами со штрихом — отклонения метеоэлементов от фоновых значений);  $l, \lambda, s$  — параметры Корнолиса, плавучести и термической устойчивости соответственно;  $h$  — толщина деятельного слоя почвы;  $\nu, \nu^T$  — коэффициенты вертикального турбулентного обмена для импульса и тепла (предполагается, что  $\nu^T$  одинаков для тепла и водяного пара);  $\tilde{k}$  — коэффициент молекулярной температуропроводности почвы;  $H$  — высота ПСА;  $z_0$  — высота шероховатости;  $r, q_n$  — относительная влажность и насыщающее значение массовой доли водяного пара на уровне шероховатости при температуре  $T_0$ ;  $\rho c_p$  — объемная теплоемкость воздуха при постоянном давлении;  $\tilde{\rho c}$  — объемная теплоемкость почвы;  $L$  — удельная теплота парообразования;  $A$  — альбедо подстилающей поверхности;  $I$  и  $F$  — коротковолновая солнечная радиация и эффективное излучение Земли, вычисляемые по формулам Альбрехта и Брента [1];  $c_1$  — коэффициент, учитывающий влияние облачности на радиационный баланс и определяемый по формуле Берлянда [1].

$\nu$  и  $\nu^T$  вычисляли в приземном слое в процессе решения задачи на основе теории подобия Моинина—Обухова, согласно которой

$$\nu = \kappa v_* z / \Phi_1(z/\tilde{L}), \quad \nu^T = \kappa v_* z / \Phi_2(z/\tilde{L}), \quad \tilde{L} = v_*^2 / \kappa^2 \lambda T^*$$

где  $\kappa$  — постоянная Кармана;  $v_*$  — динамическая скорость;  $\tilde{L}$  — масштаб длины Моинина—Обухова;  $T^*$  — масштаб температуры. В качестве универсальных функций  $\Phi_1, \Phi_2$ , вид которых зависит от режима стратификации в приземном слое, брали выражения, приведенные в [2]. Режим стратификации определяется значением  $z/\tilde{L}$ , которое вычисляли из хорошо известных логарифмических законов распределения температуры и ветра по высоте у самой поверхности земли [3]. Задачу решали численно по неявной схеме. Применяли неравномерную сетку по  $Z$  в ПСА (126 расчетных уровней при  $H=1805$  м) и почве (24 расчетных уровня при  $h=1$  м). Шаг сетки в ПСА возрастал от 1 см вблизи земли до 50 м у верхней границы ПСА, а в почве — от 0,5 см вблизи поверхности до 11 см у нижней границы деятельного слоя почвы. Для решения разностных уравнений ПСА и почвы применяли методы матричной и скалярной прогонки соответственно.

Расчет прогнозов суточного хода температуры для Тбилиси на оперативном материале осуществлялся с 18 ч текущего дня до 18 ч следующего дня (время — московское зимнее). Интегрирование уравнений начинали за сутки раньше в 18 ч предыдущего дня. За первые сутки влияние неточных начальных условий затухало и рассматривали результаты прогнозов за вторые сутки. В качестве исходного материала для восстановления профилей  $U, V, T, Q$  служили данные аэрологического зондирования в Тбилиси и прогностические значения геопотенциала изобарических поверхностей 850 и 700 гПа, рассчитанные по квазигеострофической схеме Белоусова, работающей в оперативном режиме в Гидрометцентре при ГрузУГКС. На рис. 1 показана рассчитанная нами картина термонизоплет в приземном слое атмосферы для Тбилиси с 20 по 21 июня 1986 г., которая хорошо отражает известные в литературе общие закономерности термического режима в самом нижнем слое атмосферы [3]. Рассчитанные значения температуры на

уровне  $Z=2$  м (высота метеорологической будки) количественно сравнивали с данными наблюдений метеостанций Дигоми (западная периферия Тбилиси) и аэропорта (восточная периферия). Из рис. 2, на ко-

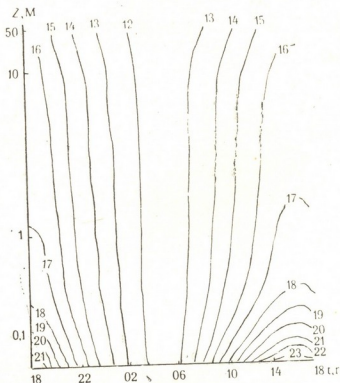


Рис. 1. Рассчитанные нами термоизоуплеты ( $^{\circ}\text{C}$ ) в приземном слое атмосферы для Тбилиси с 20 по 21 июня 1986 г.

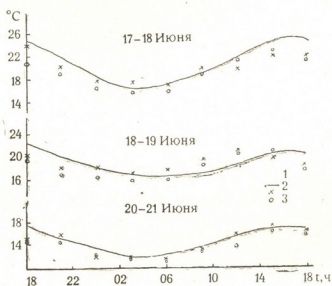


Рис. 2. Суточный ход температуры на уровне будки в Тбилиси (июнь, 1986 г.) 1 — прогноз, 2 — данные метеостанции Дигоми, 3 — данные метеостанции аэропорта

тором представлены результаты этих сопоставлений, видно, что прогностические значения температуры в целом находятся в хорошем согласии с фактическими данными.

Закавказский региональный  
научно-исследовательский институт  
Госкомгидромета СССР

(Поступило 25.12.1987)

დ. დემეტრაშვილი

 ტემპერატურის დღელამური მსვლელობის ჰიდროდინამიკური  
 კროზნოზის საკითხისათვის

რეზიუმე

შემუშავებულია ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენის არასტაციონარული ერთგანზომილებიანი ოპერატიული მოდელი რელიეფისა და ფონური პროცესების პარამეტრული გათვალისწინებით. ამოცანა ამოხსნილია არაცხადი რიცხვითი სქემით. მოდელის საფუძველზე ჩატარებულია რიცხვითი ექსპერიმენტები ტემპერატურის დღელამური მსვლელობის გათვლის მიზნით თბილისისათვის.

GEOPHYSICS

D. I. DEMETRASHVILI

 ON THE PROBLEM OF HYDRODYNAMIC PREDICTION OF THE  
 DIURNAL COURSE OF TEMPERATURE

Summary

A non-stationary one-dimensional operative model of the atmospheric boundary layer has been worked out taking into account the relief and background parametrizing processes. The problem has been solved by means of an indistinct numerical method. On the basis of the model obtained numerical experiments for estimating the course of diurnal temperature in Tbilisi have been conducted.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Л. С. Сперанский, П. Ю. Пушистов, Л. Н. Гутман. Метеорология и гидрология, № 2, 1977.
2. А. Л. Казаков, Г. Л. Лазриев. Изв. АН СССР, Физика атмосферы и Оксана, № 3, 1978.
3. Л. Т. Матвеев. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. Л., 1965.

ГЕОФИЗИКА

Т. Г. АДЕПШВИЛИ А. А. ГАБЕШИЯ, А. Х. ДЖИНЧАРАДЗЕ,  
Н. Г. КАНТЕЛАДЗЕ, А. И. ЛИВШИЦ, Т. Х. НАВЕРИАНИ,  
Ю. А. РОМАНОВСКИИ

ИССЛЕДОВАНИЕ И КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТРЕХКАНАЛЬНОГО  
БОРТОВОГО СПЕКТРОФОТОМЕТРА

(Представлено академиком Б. К. Балавадзе 26.2.1988)

В настоящее время ионосфера земли используется в качестве гигантской плазменной лаборатории для проведения управляющих активных экспериментов, придающих исследованиям контролируемый характер [1, 2].

В нашей стране работы по проведению подобных экспериментов получили свое быстрое развитие и имели как фундаментальное, так и прикладное значение.

В экспериментах подобного класса измерения интенсивности оптического излучения являются особо важными при решении ряда задач физики и химии верхней атмосферы. При проведении этих измерений возникла необходимость усовершенствования применяемой раньше диагностической аппаратуры [3—6] и создания нового бортового спектрофотометра, характеризующегося высокой чувствительностью, быстродействием, многоканальностью и широким динамическим диапазоном.

Такой спектрофотометр создан в Кутаисском политехническом институте и успешно применен в ракетных экспериментах Института прикладной геофизики им. Е. К. Федорова. В работе приводятся результаты его исследования и краткое описание.

Прибор состоит из трех — механической, оптической и электрической частей.

Механическая часть включает корпус и три бленды. Бленды определяют угол зрения входного окна. Сочленением их отдельных сегментов достигается изменение угла зрения. Они вставлены в корпус с одной стороны соосно прибора. Остальная часть корпуса обеспечивает герметизацию и крепление отдельных узлов прибора.

Функциональная блок-схема спектрофотометра приведена на рис. 1. Она состоит из следующих блоков: стабилизации (1), преобразователя (2), умножителя напряжения (3), выпрямителя (4), фотоэлектронного умножителя (5), оптической системы (6) и усилителя постоянного тока (7).

Оптическая часть прибора (блок 5, 6) состоит из узкого интерференционного фильтра (полуширина  $20\text{--}30 \text{ \AA}$ ), линзы и фотоэлектрического умножителя типа ФЭУ-114. Проходящее через бленду спектрофотометра излучение на определенной длине волны пропускается интерференционным фильтром, а затем собирается двояко выпуклой линзой и фокусируется на катод фотоумножителя (блок 6). Фотоумножитель преобразует оптический сигнал в электрический, который подается на усилитель электрической цепи прибора (блок 5). Выбор для данного спектрофотометра фотоумножителя типа ФЭУ-114 определя-

ется его высокой чувствительностью, виброустойчивостью и маленьким размером.

Электрическая схема прибора питается от постоянного тока напряжением  $27 \pm 3$  В, которое стабилизируется с помощью электронного стабилизатора, собранного на микросхеме 142 ЕН2Б и транзисторе 2 Т904А (блок 1).

Для получения напряжения другого уровня в схему стабилизации включен стабилитрон с балластным сопротивлением.

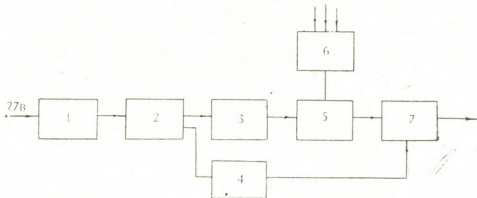


Рис. 1

Блок преобразователя (2) предназначен для преобразования постоянного напряжения с переменной частотой 80 КГц. Оно осуществляется с помощью микросхемы 176 ЛА 7.

Переменное напряжение подается на вход триггера, собранного на микросхеме 176 ВТИ. К выходам триггера подсоединены затворы полевых транзисторов 2П 902А. На стоках полевых транзисторов подключены концы первичной обмотки трансформатора. Трансформатор имеет две вторичные обмотки, выдающие соответственно 20 и 400 В напряжения.

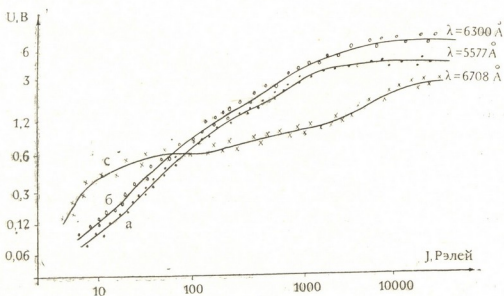


Рис. 2

Высокое напряжение (400 В) от блока преобразователя подается на вход умножителя напряжения (блок 3), где происходит его выпрямление и четырехкратное умножение — до 1600 В. Затем высоковольтное напряжение подается на фотоэлектрический умножитель (ФЭУ) (блок 5).



Электрический сигнал от ФЭУ передается на вход двухступенчатого усилителя (блок 7), собранного на микросхемах 544 УД1 и 140 УД 7.

Питание усилителя осуществляется от низковольтной обмотки трансформатора, оно выпрямляется и стабилизируется в блоке 4.

Усиленный электрический сигнал поступает на телеметрический канал и находится в функциональной связи с интенсивностью падающего на входное окно прибора светового потока.

Калибровка спектрофотометра происходила по методике, разработанной в Институте прикладной геофизики им. Е. К. Федорова [7].

Калибровочные кривые в логарифмическом масштабе для разных каналов спектрофотометра, регистрирующих излучения на длинах волны  $\lambda = 6300 \text{ \AA}$ ,  $\lambda = 5577 \text{ \AA}$  и  $\lambda = 6708 \text{ \AA}$  (линии излучения атомарного кислорода и лития), приведены на рис. 2. Как видно из рисунка, на уровне различимости бортовой телеметрии ( $\sim 0,25 \text{ В}$ ) пороговые чувствительности каналов регистрирующих эмиссий  $\lambda \simeq 6708 \text{ \AA}$ ,  $\lambda = 6300 \text{ \AA}$  и  $\lambda = 5577 \text{ \AA}$  соответственно порядка 10, 40 и 50 Релей. Вблизи верхней границы величины бортовой телеметрии ( $\simeq 6 \text{ В}$ ) калибровочные кривые выходят на плато и дальнейшее увеличение интенсивности источника излучения неразлично прибором.

В случае использования прибора для наземных наблюдений и дополнительного усиления выходного сигнала с помощью самописца чувствительность каналов может быть несколько выше.

Угол зрения входного окна каждого канала спектрофотометра в экстремальном случае порядка  $\sim 2,3$  градуса. Постоянная времени и динамический диапазон прибора равны 0,1 с и  $10^4$ .

Спектрофотометры были изготовлены в количестве восьми штук и применялись как в активных, так и в пассивных ракетных экспериментах. Опубликование полученных научных результатов предполагается отдельно.

Кутаисский политехнический  
институт  
им. Н. И. Мухелишвили

Институт прикладной  
геофизики  
им. Е. К. Федорова

(Поступило 26.2.1988)

გამოცემა

თ. ადუიშვილი, ა. გაბაშია, ა. ჯინვარაძე, ნ. ყანთელაძე, ა. ლივნიცი,  
თ. ნავერიანი, ი. რომანოვსკი

სამარხინანი საბორტო სპექტროფოტომეტრის გამოკვლევა და  
მოკლე აღწერა

რეზიუმე

მოკლედ აღწერილია სამარხინანი საბორტო სპექტროფოტომეტრი. გარ-  
ნეულია მისი მუშაობის პრინციპი. მოცემულია კალიბრების მრუდები და  
ხელსაწყოს ძირითადი მახასიათებლების სიდიდეები.

T. G. ADEISHVILI, A. A. GABESHIA, A. Kh. JINCHARADZE, N. G. KANTELADZE  
A. I. LIVSHITS, T. Kh. NAVERIANI, Yu. A. ROMANOVSKY

## INVESTIGATION AND SHORT DESCRIPTION OF A THREE-CHANNEL SPECTROPHOTOMETER

### Summary

The paper presents a short description of a three-channel spectrometer. The principle of operation of the spectrometer is shown. Calibration curves and basic characteristics of the apparatus are given.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. F. Camboua, R. Z. Sagdeev, I. A. Zulin. Space Science Instrumentation, vol. 4, 1978.
2. R. Z. Sagdeev, F. Cambou, G. G. Managadze. Weltraum und Erde, Band-2, Berlin, DDR, 1978.
3. G. G. Shepherd *et al.* Applied optics, vol. 12. № 8, 1978.
4. Г. Г. Манагадзе. Автореферат докт. дисс. М., 1980, 295.
5. Т. Г. Адейшвили, Г. Г. Манагадзе. Сообщения АН СССР, 92, № 1, 1978.
6. Т. Г. Адейшвили. Автореферат канд. дисс. М., 1981.
7. Н. П. Бобков, А. Е. Мпкиров. Атмосферная оптика. М., 1975.



В. М. ОКУДЖАВА (академик АН ГССР), Б. Г. ЧАНКВЕТАДЗЕ,  
М. Д. РУХАДЗЕ, М. М. РОГАВА

## ОДНОВРЕМЕННОЕ КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕНЗОНАЛА И КАРБАМАЗЕПИНА МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Разработана методика одновременного количественного определения препаратов противосудорожного действия—бензонала и карбамазепина — методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с применением отечественной микроколоночной системы «Милихром».

Описанная методика характеризуется экспрессностью, высокой эффективностью, чувствительностью и хорошей воспроизводимостью результатов, она доступна и может быть применена в клинической практике для определения концентрации вышеуказанных препаратов в плазме и сыворотке крови, слюне, спинномозговой жидкости и других биологических объектах.

Противосудорожный препарат отечественного производства — бензонал (БЗЛ) широко применяется при лечении судорожных форм эпилепсии различного происхождения, включая случай с фокальными, в частности с джексоновскими, припадками. В сочетании с гексамидином (ГМД), дифенином (ДФ), карбамазепином (КБЗ) и другими антиэпилептическими средствами БЗЛ используют для лечения бессудорожных и полиморфных припадков [1].

Определение концентрации вышеуказанных лекарственных средств в различных биологических объектах (плазма и сыворотка крови, слюна, спинномозговая жидкость и др.) необходимо для установления и сохранения их эффективной терапевтической концентрации в организме, предотвращения медикаментозной интоксикации, для определения фармакокинетических параметров бензонала и изучения взаимодействия этого препарата с другими противосудорожными средствами.

Ранее нами была разработана методика одновременного количественного определения бензонала, гексамидина и дифенина методом газо-жидкостной хроматографии (ГЖХ) [2]. Специфика ГЖХ не позволяет совместно с вышеуказанными препаратами определять и концентрацию КБЗ в биологических объектах, а эта задача является наиболее актуальной, поскольку в случаях политерапии БЗЛ чаще всего применяется совместно с КБЗ. Вопрос одновременного количественного определения БЗЛ и КБЗ в биологических жидкостях нами был решен с применением метода высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с нормальной фазой.

Экстрагирование БЗЛ и КБЗ производили из 0,2 мл плазмы крови или из 0,5 мл слюны следующим образом: в 10-миллилитровой центрифужной пробирке к 0,2 мл плазмы крови (или 0,5 мл слюны)



добавляли 0,5 мл раствора феназема (ФНА) (в качестве внутреннего стандарта) в хлороформе (1 мг ФНА в 50 мл хлороформа), встряхивали на электрической мешалке в течение 15 минут со скоростью 150 цикл/мин и центрифугировали в течение 15 минут со скоростью 3000 об/мин. Нижний органический слой переносили в другую пробирку и растворитель удаляли под потоком воздуха при температуре 50°C. Сухой остаток растворяли в 20 мкл подвижной фазы (смесь 70% гексана, 8% изопропилового спирта и 22% хлороформа) и 5 мкл данного раствора вводили в хроматограф.

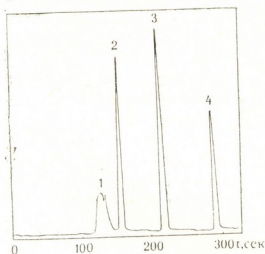


Рис. 1. Хроматограмма экстракта донорской сыворотки, содержащей бензонал и карбамазепин: 1 — компонент сыворотки, 2 — бензонал, 3 — феназепам, 4 — карбамазепин

Хроматографический анализ проводили на микроколоночном жидкостном хроматографе «Милихром» (Научприбор, г. Орел). Разделение БЗЛ, КБЗ и ФНА осуществляли на микроколонке (2×60 мм) фазой силасорб-600 размером частиц 5 мкм. В качестве подвижной фазы применяли указанную выше смесь гексана, изопропилового спирта

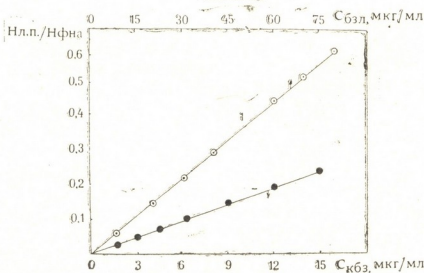


Рис. 2. Калибровочные кривые для количественного определения бензонала (1) и карбамазепина (2)

и хлороформа со скоростью 100 мкл/мин. Детектирование анализируемых веществ проводили с помощью ультрафиолетового детектора при длине волны 240 нм. Чувствительность детектора  $\Lambda=6,4$ , скорость диаграммной ленты 720 мм/час.



Времена удерживания и другие аналитические параметры БЗЛ и КБЗ в указанных выше условиях хроматографического анализа приведены в таблице.

Как видно из рис. 1, в результате анализа получаются хорошо разделяемые, узкие, симметричные пики как анализируемых лекарственных средств, так и внутреннего стандарта — феназепам. Из плазмы крови не экстрагируются и в хроматографическую колонку не попадают компоненты крови, которые могли бы помешать анализу.

Калибровочные кривые, приведенные на рис. 2, показывают, что линейная зависимость соотношения высоты пиков от концентрации БЗЛ и КБЗ сохраняется в широком интервале концентраций этих препаратов.

Описанная методика позволяет проводить одновременное количественное определение содержания БЗЛ и КБЗ в биологических жидкостях, а высокая экономичность, чувствительность и доступность — применять ее в клинической практике.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 1.10.1987)

ანალიზური მინია

მ. ოკუჯავა (საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), ზ. შანკვეთაძე, მ. რუხაძე, მ. როგავა

ბენზონალის და კარბამაზეპინის ერთდროული რადენობრივი განსაზღვრა მაღალეფექტური თხევადი ქრომატოგრაფიის მეთოდით

რეზიუმე

დამუშავებულია ანტიკონვულსიური პრეპარატების—ბენზონალისა და კარბამაზეპინის რადენობრივი ანალიზის მეთოდი ბიოლოგიურ სითხეებში მაღალეფექტური თხევადი ქრომატოგრაფიის გამოყენებით.

მოწოდებული მეთოდი გამოირჩევა სიმარტივით, ექსპრესიულობით, მაღალი მგრძობიარობით და შედეგების კარგი განმეორებადობით. იგი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს კლინიკურ პრაქტიკაში, აგრეთვე ფარმაცოლოგიური, ფარმაკოკინეტიკური და ბიოქიმიური კვლევების დროს.

ANALYTICAL CHEMISTRY

V. M. OKUJAVA, B. G. SHANKVETADZE, M. D. RUKHADZE, M. M. ROGAVA

SIMULTANEOUS QUANTITATIVE DETERMINATION OF BENZONAL AND CARBAMAZEPINE BY HIGH-PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY

Summary

The method of high-performance liquid chromatography (HPLC) is proposed for the quantitative determination of anticonvulsive drugs—benzonal and carbamazepine—using the Soviet microcolumn chromatograph “Milikhrom”.





The method under consideration is rather fast and simple, with good reproducibility of results and high sensitivity, and may be used in clinical practice for the quantitative determination of the above-mentioned drugs in blood serum, plasma, saliva, cerebrospinal fluid and other biological samples.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. М. Д. Мешковский. Лекарственные средства, т. 1, М., 1985, 145.
2. В. М. Окуджава, Б. Г. Чанкветадзе, М. Д. Рухадзе. Сообщения АН ГССР, 132, № 1, 1988, 61—64.

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

С. У. КРЕПНГОЛЬД, Г. В. ЗЫКОВА, Е. М. ЮТАЛЬ,  
М. Й. БАШАРАДЗЕ, Н. Е. ДЗОЦЕНИДЗЕ

ФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ  
ЛИГАНДОВ, ОСНОВАННОЕ НА ВОССТАНОВЛЕНИИ ИХ  
КОМПЛЕКСОВ С Mo (VI) АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТОЙ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. М. Хванашвили 23.10.1987)

Для определения микроколичеств алкиленфосфоновых кислот и полифосфатов применяют методы, основанные на разрушении окрашенных комплексов металлов, например роданида железа (III) [1], а также кинетические методы, основанные на ингибирующем или активирующем действии указанных лигандов в окислительно-восстановительных каталитических реакциях [2]. Эти методы недостаточно избирательны.

Известен спектрофотометрический метод определения фосфат-ионов, основанный на образовании интенсивно окрашенных продуктов восстановления фосфорно-молибденовой гетерополиокислоты [3]. Определение проводят в среде 0,1—1 М серной или азотной кислоты, иногда при pH 5 [4].

В настоящей работе показано, что окрашенные продукты образуются также при восстановлении комплексов Mo (VI) с фосфорсодержащими лигандами (ФЛ), и предложен спектрофотометрический метод определения 1,1,1-оксипропилендифосфоната (ОЭДФ), 1,1,1-оксипропилендифосфоната (ОБДФ), этилендиамин-N,N,N',N'-тетра(метиленфосфоната) (ЭДТМФ), пиродифосфата, триполифосфата, гуанозин-5'-трифосфата (ГТФ). Реакция восстановления комплексов Mo (VI) с ФЛ аскорбиновой кислотой протекает в слабокислой среде в присутствии в качестве катализатора ионов меди (II). Комплексы Mo (VI) с другими изученными ФЛ [нитрилотри(метиленфосфонатом), 2-оксипропан-1,3-пропандиамин-N,N,N',N'-тетра(метиленфосфонатом), N-(карбоксиметил) амин-N,N-ди(метилфосфонатом), фосфоноксусной кислотой] при действии аскорбиновой кислоты не образуют окрашенных продуктов реакции.

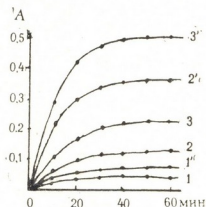
В работе использовали ОЭДФ, ОБДФ, ЭДТМФ, пиродифосфат калия, триполифосфат натрия квалификации ч. с содержанием основного вещества более 98%, ГТФ фирмы «Реанал» (ВНР) с содержанием основного вещества 90%, P(Y) менее 0,5%, воду дистиллированную ос. ч. с содержанием P(Y) не более 1·10<sup>-7</sup>%, аскорбиновую кислоту медицинскую, натрий молибденоокислый четырехводный х. ч. [основное вещество — 98%, 2·10<sup>-4</sup>% P(Y)], уксусную кислоту ос. ч. [1·10<sup>-7</sup>% P(Y)], натрия гидроокись ос. ч. [5·10<sup>-6</sup>% P(Y)], медь, сернокислоту пятиводную х. ч. с содержанием основного вещества 99,5%.

Оптическую плотность растворов измеряли на фотоколориметре с максимумом пропускания в области 600 нм и на спектрофотометре «Спекорд» (ГДР, Цейсс) при длине волны 775 нм. Значения pH измеряли на приборе pH-262.

Спектры поглощения продуктов восстановления комплексов Mo (VI) с ОЭДФ и другими ФЛ различаются. Другие восстановители (гидрохинон, гидроксилламин) в слабокислой среде не восстанавливают комплексы Mo (VI) с ФЛ.

Восстановление  $\text{Mo(VI)}$  в отсутствие и присутствии ФЛ и  $\text{PO}_4^{3-}$  аскорбиновой кислотой катализирует ионы меди (II). Постоянное значение оптической плотности растворов устанавливается через 30—40 мин от начала реакции. Оптимальная концентрация меди (II) для определения ФЛ равна  $8 \cdot 10^{-5} \text{ M}$  (рис. 1). Предложенная реакция может быть применена для каталитического определения  $0,5\text{—}10 \text{ мкг}$  меди (II).

Рис. 1. Зависимость оптической плотности растворов (600 нм) от времени реакции в отсутствие (1—3) и присутствии  $2,5 \cdot 10^{-5} \text{ M}$  ОЭДФ (1'—3') при концентрации  $\text{Cu(II)}$ : 1.1'—0,2, 2'— $8 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ , 3,3'— $16 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ ,  $\text{C}_{\text{Mo}} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ ,  $\text{C}_{\text{аск}} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ ,  $\text{pH } 3,5$ ,  $l = 1 \text{ см}$



Восстановленные окрашенные комплексы  $\text{Mo(VI)}$  с ФЛ образуются при  $\text{pH } 3\text{—}5$ . В более кислой среде увеличивается выход продук-

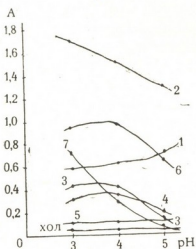


Рис. 2. Зависимость от pH оптической плотности растворов (600 нм) восстановленных комплексов  $\text{Mo(VI)}$  с фосфорсодержащими лигандами: 1— $\text{PO}_4^{3-}$ , 2—ОБДФ, 3—ОЭДФ, 4— $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$ , 5— $\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}$ , 6—ГТФ, 7—ЭДТМФ.  $\text{C}_{\text{ФЛ}} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ M}$ ,  $\text{C}_{\text{Mo}} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ ,  $\text{C}_{\text{аск}} = 0,03 \text{ M}$ ,  $\text{C}_{\text{Cu}} = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ , время реакции 30 мин,  $l = 2 \text{ см}$

тов восстановления  $\text{Mo(VI)}$ , не связанного с ФЛ. Различия в оптимальной кислотности растворов для образования синих комплексов  $\text{PO}_4^{3-}$  (pH 5) и ОЭДФ (pH 3) (рис. 2) использованы для определения ОЭДФ на фоне сопоставимых содержаний  $\text{PO}_4^{3-}$ .

Изучена зависимость оптической плотности растворов восстановленных комплексов  $\text{Mo(VI)}$  с ФЛ от соотношения  $\text{Mo:ФЛ}$ . Излом на кривых зависимости оптической плотности растворов от соотношения  $\text{Mo:ФЛ}$  наблюдается при  $\text{C}_{\text{Mo}} : \text{C}_{\text{ФЛ}} = 12 : 1$  (рис. 3).

Зависимость оптической плотности растворов от концентрации аскорбиновой кислоты имеет вид кривой насыщения. Максимальное значение оптической плотности растворов восстановленных комплексов  $\text{Mo(VI)}$  с ФЛ достигается при концентрации аскорбиновой кислоты  $0,04 \text{ M}$ .

Определению  $50 \text{ мкг}$  ОЭДФ мешают более  $1 \text{ мкг}$  As (V), P (V), более  $50 \text{ мкг}$  Fe (III), Mn (II), V (V), Cu (II) (таблица).

Зависимость оптической плотности растворов от концентрации ОЭДФ (при  $\text{C}_{\text{Mo}} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ ,  $\text{C}_{\text{аск}} = 0,03 \text{ M}$ ,  $\text{C}_{\text{Cu}} = 8 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ , pH 3,0, время реакции 30 мин, длина волны 775 нм, кювета с толщиной поглощающего слоя  $1 \text{ см}$ ) характеризуется углом наклона, равным  $\Delta A / \Delta C = (0,0046 \pm 0,0003)$ , где



$\Delta A$  — прирост оптической плотности раствора, обусловленный увеличением концентрации  $\Delta C$  ( $C$  — содержание ОЭДФ, мкг в 10 мл раствора). Оптическую плотность растворов можно также измерять на фотоколориметре.

Учитывая аддитивность оптической плотности растворов восстановленных комплексов  $PO_4^{3-}$  и ОЭДФ с  $Mo(VI)$ , содержание  $P(V)$  и

Рис. 3. Зависимость оптической плотности растворов (600 нм) восстановленных комплексов  $Mo(VI)$  с фосфорсодержащими лигандами от соотношения  $Mo(VI)$ : лиганд: 1— $PO_4^{3-}$ , 2—ОБДФ, 3—ОЭДФ, 4— $P_2O_7^{4-}$ , 5— $P_3O_{10}^{5-}$ , 6—ГТФ, 7—ЭДТМФ.  $C_{фл}=1 \cdot 10^{-4}$  М,  $C_{аск}=0,03$  М,  $C_{Ca}=4 \cdot 10^{-5}$  М, рН 3,5, время реакции 30 мин,  $l=2$  см



ОЭДФ при их совместном присутствии в растворе можно рассчитать, решая систему двух уравнений с коэффициентами, найденными для  $PO_4^{3-}$  и ОЭДФ при рН 3 и 5. При измерениях на фотоколориметре (в области 600 нм) в кювете с толщиной поглощающего слоя 2 см эти уравнения имеют вид

$$A_{pH3} = 0,00230 C_p + 0,00255 C_{OЭДФ}$$

$$A_{pH5} = 0,00310 C_p + 0,00015 C_{OЭДФ}$$

Методика определения  $PO_4^{3-}$  и ОЭДФ в смеси. В две пробирки, содержащие по 1—7 мл анализируемого раствора (10—50 мкг  $PO_4^{3-}$  и 20—200 мкг ОЭДФ), приливают соответственно по 1 мл ацетатного буферного раствора с рН 3,0 и 5,0, 1 мл 0,05 М раствора молибдата натрия, 0,4 мл раствора меди (II) 100 мкг/мл, дово-

Влияние посторонних ионов на оптическую плотность восстановленных комплексов  $Mo(VI)$  с ОЭДФ (50 мкг в 10 мл.). Длина волны 600 нм,  $l=1$  см

| Введено постороннего иона, мкг | $A_{хол}$ | $A_{OЭДФ}$ | Введено постороннего иона, мкг | $A_{хол}$ | $A_{OЭДФ}$ |
|--------------------------------|-----------|------------|--------------------------------|-----------|------------|
| —                              | 0,05      | 0,28       | V(V), 100                      | 0,16      | 0,37       |
| $AsO_4^{3-}$ , 2               | 0,16      | 0,41       | Cr(III), 100                   | 0,08      | 0,26       |
| $PO_4^{3-}$ , 3                | 0,11      | 0,31       | Cr(VI), 100                    | 0,08      | 0,27       |
| $SiO_3^{2-}$ , 3               | 0,08      | 0,08       | Ca, 1000                       | 0,06      | 0,33       |
| Fe(III), 100                   | 0,13      | 0,28       | Zn, 1000                       | 0,05      | 0,24       |
| Al, 1000                       | 0,09      | 0,23       | Na, $10^3$                     | 0,09      | 0,24       |
| Mn(II), 100                    | 0,21      | 0,44       | K, $10^3$                      | 0,09      | 0,24       |

დიატ объем растворов водой до 9,0 мл, приливают 1 мл 0,3 М раствора аскорбиновой кислоты и перемешивают встряхиванием. Через 30 мин измеряют оптическую плотность растворов в области 600 нм на фотокolorиметре или спектрофотометре при длине волны 775 нм. Содержание  $\text{PO}_4^{3-}$  и ОЭДФ рассчитывают с помощью системы двух уравнений.

Тбилисский государственный университет

Всесоюзный НИИ химических  
реактивов и особо чистых  
химических веществ

(Поступило 4.12.1987)

ანალიზური ქიმია

ს. კრეინგოლდი, გ. ზიკოვა, ე. იუტალი, მ. ბაშარაძე, ნ. ძოტსენიძე

ფოსფორუმის ფოსფორის ფოტომეტრული განსაზღვრა,  
დაფუძნებული Mo (VI)-თან მათი კომპლექსების ასკორბინის მჟავით  
აღდგენაზე

რეზიუმე

შემუშავებულია ზოგიერთი ფოსფონის მჟავისა და პოლიფოსფატების, აგრეთვე ფოსფატ-იონისა და 1, 1, 1-ოქსიეთილიდენდიფოსფონის მჟავის ერთდროული არსებობისას მათი ცალ-ცალკე განსაზღვრის მეთოდები. საყურადღებოა ხსნარში ორგანული ლიგანდებისა და არაორგანული ფოსფატ-იონების ერთდროული განსაზღვრისადმი მიდგომის ორიგინალობა, რაც მიიღწევა განტოლებათა სისტემის ამოხსნით ორი ხსნარის ოპტიკური სიმკვრივის გაზომვის შედეგად.

ANALYTICAL CHEMISTRY

S. U. KREINGOLD, G. V. ZYKOVA, E. M. YUTAL, M. I. BASHARADZE,  
N. E. DZOTSENIDZE

PHOTOMETRIC DETERMINATION OF PHOSPHOR-CONTAINING  
LIGANDS BASED ON THE REDUCTION OF THEIR COMPLEX  
COMPOUNDS WITH MO (VI) BY THE ASCORBIC ACID

Summary

Methods for separate determination of simultaneously present phosphonic acids, polyphosphates, phosphate-ion and 1, 1, 1-oxyethylidenediphosphonic acid have been developed. A new approach to the simultaneous determination of organic ligands and inorganic phosphate-ions is realized through a solution of the equation system resulting from the determination of optical densities of two solutions.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

- Г. В. П. Маклакова, В. И. Рычкова. Зав. лаб., 46, № 10, 1980, 896—897.
- С. У. Крейнгольд, Г. В. Зыкова, Е. М. Юталь, Е. В. Логинова. А. с. 2206659, БИ, № 3, 1986.
- А. К. Бабко, А. Т. Пилипенко. Фотометрический анализ. Методы определения неметаллов. М., 1974, 73.
- Saheki Shuichi, Takeda Akira, Shimazu Takashi. Anal. Biochem, v. 148, № 2, 1985, p. 227-281.





АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

И. Ш. ШАТИРИШВИЛИ, В. Д. ДЖАПАРИДZE

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНИОНОВ И НЕОРГАНИЧЕСКИХ КАТИОНОВ  
В ГРУЗИНСКИХ ВИНАХ МЕТОДОМ ИОННОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. Г. Гвелесiani 30.9.1987)

В винах и виноматериалах, так же как и во многих пищевых продуктах, содержится большое число неорганических анионов и катионов. Результаты исследований последних лет по применению хроматографических методов в энологии обобщены в недавно опубликованной монографии [1].

В настоящей работе приведены результаты определения ряда катионов и анионов в 9 типичных грузинских виноматериалах урожая 1983—1984 гг. с использованием одноколоночного варианта ионной хроматографии. Исследования проводили на современном ионном хроматографе ILC-1 фирмы «Waters» с использованием кондуктометрического детектора типа 430 той же фирмы. Прибор позволял легко регулировать все основные параметры хроматографического опыта. Разделение катионов проводилось на колонке с катионообменником. В данном случае использовалась стандартная колонка IC-PAC Cation длиной 50 мм, внутренним диаметром 4,6 мм, заполненная частицами сорбента диаметром 10 мкм.

Для случая одновалентных катионов прежде всего оптимизировался режим работы колонки и состав используемого элюента (подвижной фазы). Параметром, который позволял определять optimum условий, был при данных условиях коэффициент разрешения R двух наиболее близко расположенных пиков ионов  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{K}^+$ . В ряде случаев разделение было неполным (R менее 0,5). Оптимизировали параметры эксперимента таким образом, чтобы достигаемое значение разрешения было равно или больше 0,8. Это значение критерия R во всех случаях достигалось при использовании в качестве подвижной фазы 1 мМ раствора  $\text{HNO}_3$ , подаваемого с расходом 1,2 мл/мин. Проба вводилась в количестве 100 мкл через петлевой дозатор. Разбавление исходной пробы производилось в 50 раз. При этом достигалось время анализа порядка 10 мин. Анионы органических и неорганических кислот при этих условиях выходили одним пиком в начале хроматограммы. Типичная хроматограмма для вина «Тибаани» приведена на рис. 1. При этом времена выхода были достаточно хорошо воспроизводимы, что видно из данных таблицы 1.

Таблица 1

Времена выхода максимума пика одновалентных катионов, мин

| Li      | Na <sup>+</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> |
|---------|-----------------|------------------------------|----------------|
| 2,4±0,1 | 4,7±0,1         | 6,6±0,1                      | 7,9±0,2        |

Разделение двухвалентных катионов осуществляли на колонке IC-PAC Cation размером  $50 \times 4,6$  мм. Подвижная фаза  $0,5$  мМ раствор этилендиамина при pH 6 ( $\text{HNO}_3$ ). Расход подвижной фазы  $1,2$  мл/мин. При этом достигалось хорошее разделение ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ . Время анализа  $10$  мин. Получаемая хроматограмма приведена на рис. 2. Данные по содержанию смеси ( $\text{Rb}^+ + \text{Cs}^+$ ) взяты из резуль-

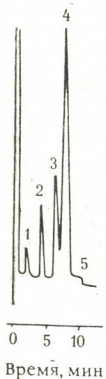


Рис. 1. Хроматограмма разделения катионов одновалентных щелочных металлов в вине Тибани. Колонка IC-PAC Cation,  $4,6 \times 50$  мм, подвижная фаза  $1_m \text{M HNO}_3$ , расход  $1,2$  мл/мин. 1— $\text{Li}^+$ , 2— $\text{Na}^+$ , 3— $\text{NH}_4^+$ , 4— $\text{K}^+$ , 5— $\text{Rb}^+ + \text{Cs}^+$

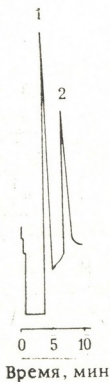


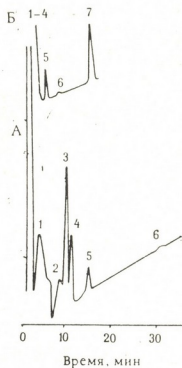
Рис. 2. Хроматограмма разделения двухвалентных катионов в вине «Манави». 1— $\text{Mg}^{2+}$ , 2— $\text{Ca}^{2+}$

татов предыдущих экспериментов, полученных на такой же колонке, но с использованием раствора  $2 \text{ мМ HNO}_3$ ) в качестве подвижной фазы.



Определение анионов проводили на колонке фирмы «Waters» типа IC-PAC Anion размерами 50×4,6 мм. Подвижной фазой в основных экспериментах по определению анионов был 1 мМ раствор Li К-фталата. Расход подвижной фазы 1,2 мл/мин. Однако в этом режиме очень велико было удерживание аниона  $SO_4^{2-}$ . Поэтому вторую часть опытов проводили с использованием буферного раствора Li К-фталата. При этом анионы органических кислот выходили общим

Рис. 3. Хроматограмма разделения анионов органических и неорганических кислот в вине «Манави». 1, 2 — неидентифицированные органические кислоты, 3 —  $CH_3COO^-$ , 4 —  $HCO_3^-$ , 5 —  $Cl^-$ , 6 —  $NO_2^-$ , 7 —  $SO_4^{2-}$  А — основной режим разделения, Б — разделение при добавлении буфера



пиком. Время анализа около 30 мин. Соответствующая хроматограмма приведена на рис. 3.

Таблица 2

Содержание катионов и анионов в типичных грузинских винах

| Наименование вина    | Содержание катиона или аниона, мг/л |     |                              |      |                                      |                  |                  |                 |                               |                              |
|----------------------|-------------------------------------|-----|------------------------------|------|--------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|
|                      | Li+                                 | Na+ | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | K+   | (Rb <sup>2+</sup> +Cs <sup>+</sup> ) | Mg <sup>2+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2+</sup> | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> |
| Телиани              | 1,5                                 | 3,3 | 68,5                         | 1420 | —                                    | 327              | 99               | 55              | 75                            | 1—2                          |
| Манави               | 2                                   | 3,3 | 127                          | 1050 | следы                                | 286              | 166              | 60              | 80                            | 2,5                          |
| Гурджаани            | 3,0                                 | 5,5 | 148                          | 1090 | —                                    | 278              | 134              | 55              | 85                            | следы                        |
| Эрети                | 2,5                                 | 5,8 | 140                          | 1140 | —                                    | 263              | 130              | 65              | 80                            | следы                        |
| Гареджи              | следы                               | 5,5 | 124                          | 1760 | —                                    | 577              | 119              | 50              | 75                            | следы                        |
| Тибаани              | 1,5                                 | 6,0 | 78                           | 1720 | —                                    | 369              | 115              | 55              | 70                            | следы                        |
| Ркацители            | 2                                   | 5,0 | 53                           | 1400 | —                                    | 338              | 104              | 60              | 90                            | 1—2                          |
| Кахетинское домашнее | следы                               | 7,4 | 186                          | 1700 | —                                    | 291              | 121              | 50              | 80                            | 1—2                          |
| Цинандали            | 7,0                                 | 6,5 | 725                          | 769  | следы                                | 290              | 105              | 55              | 95                            | следы                        |

Полученные значения концентраций катионов и анионов неорганических кислот приведены в табл. 2. Точность определения измеряемых величин составляла в большинстве случаев ± (5—10%). Предел обнаружения при указанном разбавлении составлял 1—2 мг/л.

По полученным данным, содержание катионов Li мало, лишь для Цинандали сопоставимо с содержанием Na<sup>+</sup>, а в большинстве случаев — на уровне следовых количеств. Содержание Na<sup>+</sup> невелико и отличается в разных образцах примерно в два раза. Содержание катиона NH<sub>4</sub><sup>+</sup> оказалось достаточно большим, хотя представлялось, что



он достаточно легко удаляется из системы при различных технологических операциях. Очень велико содержание катиона  $K^+$ , отличающ в различных образцах примерно в 2,5 раза. Данные по содержанию  $K^+$  коррелируют с данными, приведенными в монографии [2]. В некоторых случаях обнаруживаются следы ( $Rb^+ + Cs^+$ ).

Из приведенных данных следует, что содержание двухвалентных катионов  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  для разных типов виноматериалов достаточно велико, точно так же, как и анионов  $Cl^-$  и  $SO_4^{2-}$ . Эти данные характеризуют постоянство состава по катионам и анионам и не дают информации об индивидуальных особенностях грузинских вин. Естественно, приведенные данные характеризуют индивидуальные образцы виноматериалов, при этом порядок величин достаточно характерен.

Таким образом, показана и реализована возможность определения одно- и двухвалентным катионов и неорганических анионов в грузинских винах с высокой чувствительностью.

Грузинский сельскохозяйственный институт

(Поступило 10.12.1987)

სანალიზური მონიშვნა

ი. შათირიშვილი, ბ. ჯაპარიძე

ანონიზაცია და არაორგანული კათიონების განსაზღვრა ქართულ ღვინოებში იონური ქრომატოგრაფიის მეთოდით

რეზიუმე

იონური ქრომატოგრაფიის მეთოდით ქართულ ღვინოებში განსაზღვრული იქნა ერთ- და ორვალენტანი კათიონები ( $Li^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $K^+$ ) ( $Cs^{2+}$ ,  $Rb^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ) და არაორგანულ მუავთა ანიონები ( $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_2^-$ ).

ANALYTICAL CHEMISTRY

I. Sh. SHATIRISHVILI, V. D. JAPARIDZE

## DETERMINATION OF ANIONS AND INORGANIC CATIONS IN GEORGIAN WINES BY THE ION CHROMATOGRAPHY METHOD

### Summary

The paper presents the results of determination of the number of cations and anions in nine typically Georgian wine materials using the one-column version of ion chromatography ( $Li^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $K^+$ ,  $Cs^{2+}$ ,  $Rb^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ).

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. И. Ш. Шатиришвили. Хроматография в энологии. Тбилиси, 1986.
2. Дж. Фриц, Д. Гьерде, К. Поланд. Июньская хроматография. М., 1984.



Р. Д. ГИГАУРИ, А. Н. РОБАКИДZE, Н. И. ГУРГЕНИДZE,  
М. А. ИПДЖИЯ

## СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ДИАЛКИЛГАЛОГЕНАРСИНОВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. М. Хананашвили 1.7.1987)

Вторичные галогенарсины характеризуются большой реакционно-способностью, что предопределяет их использование в качестве исходного материала в синтезе различных производных арсина [1—3]. Вместе с тем, они привлекают внимание исследователей с практической точки зрения как отличное средство в борьбе с биоповреждениями [4, 5]. Поэтому разработка эффективного способа получения диалкил-(арил)галогенарсинов — вопрос первостепенной важности в органической химии мышьяка.

Известно несколько способов получения вторичных галогенарсинов [6, 7]. Однако все они характеризуются либо низкими выходами, либо многостадийностью [7].

В предыдущих работах [8—10] нами было исследовано взаимодействие реактива Гриньяра с мышьяковистым ангидридом с целью разработки нового способа получения вторичных галогенарсинов. Оказалось, что с последующим разложением продуктов взаимодействия избытком концентрированной соляной кислоты получают диарил-хлорарсины с довольно высокими выходами.

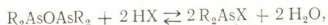
Целью настоящей работы было исследование возможности получения диалкилгалогенарсинов посредством магнийорганических соединений и мышьяковистого ангидрида.

К эфирному раствору соответствующего реактива Гриньяра при  $-4$ — $10^{\circ}\text{C}$  и постоянном перемешивании добавлялся мышьяковистый ангидрид, просеянный через 0,25 мм сито, в соответствии со следующей реакцией:



где  $\text{R} = \text{C}_3\text{H}_7$ , изо- $\text{C}_3\text{H}_7$ ,  $\text{C}_4\text{H}_9$ , изо- $\text{C}_4\text{H}_9$ ,  $\text{C}_5\text{H}_{11}$  или изо- $\text{C}_5\text{H}_{11}$ .

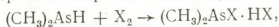
После 3-часового перемешивания и кипячения реакционная смесь разлагалась концентрированными галогеноводородными кислотами по схеме



где  $\text{X} = \text{Cl}$  или  $\text{Br}$ .

Эта реакция обратима, поэтому для разложения смеси берется почти в 2 раза больше кислоты по сравнению с теоретическим. Разложением продуктов взаимодействия реактива Гриньяра с мышьяковистым ангидридом, например эквивалентным количеством соляной кислоты, вместе с целевыми продуктами образуются в значительном количестве продукты присоединения, которым В. Ден [11] приписывал состав  $(\text{R}_2\text{As})_2\text{O} \cdot 6\text{R}_2\text{AsCl}$ . Здесь же следует отметить, что и при разложении избытком кислоты не получают целевые продукты в химически чистом виде: в них процентное содержание мышьяка ниже по сравнению с теоретическим, а содержание галогенов повышено.

Тем же В. Деном [11] впервые замечено, что диметиларсин окисляется хлором и бромом с образованием аддуктов:



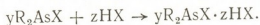
где  $\text{X} = \text{Cl}$  или  $\text{Br}$ .



Синтезированные соединения  $R_2AsX \cdot HX$ 

| R                | Т проведения реакции, °C | Выход, % | Т кип. °C (Р мм) | $d_4^{20}$ | $n_D^{20}$ | Найдено, % |       | Формула                        | Вычислено, % |       |
|------------------|--------------------------|----------|------------------|------------|------------|------------|-------|--------------------------------|--------------|-------|
|                  |                          |          |                  |            |            | As         | X     |                                | As           | X     |
| $C_4H_9$         | -6 ÷ -8                  | 57,6     | 84—87 (3)        | 1,1956     | 1,5020     | 31,86      | 20,55 | $3(C_4H_9)_2AsCl \cdot HCl$    | 31,69        | 20,00 |
| $C_5H_{11}$      | -8 ÷ -9                  | 63,4     | 112—116 (3—3,5)  | 1,1675     | 1,4955     | 27,28      | 20,03 | $2(C_5H_{11})_2AsCl \cdot HCl$ | 27,70        | 19,66 |
| изо- $C_5H_{11}$ | -5                       | 62,5     | 100—103 (2,5)    | 1,2140     | 1,5000     | 27,69      | 19,05 | $2(C_5H_{11})_2AsCl \cdot HCl$ | 27,70        | 19,66 |
| $C_3H_7$         | -8                       | 49,5     | 112—115 (5)      | 1,3559     | 1,5159     | 23,65      | 48,55 | $(C_3H_7)_2AsBr \cdot HBr$     | 23,29        | 49,69 |
| изо- $C_3H_7$    | -1 ÷ -6                  | 47,0     | 62—65 (1,5)      | 1,6052     | 1,5427     | 24,51      | 48,33 | $(C_3H_7)_2AsBr \cdot HBr$     | 23,29        | 49,69 |
| $C_4H_9$         | -5 ÷ -7                  | 55,3     | 102—105 (1,5)    | 1,3215     | 1,5130     | 23,60      | 38,28 | $2(C_4H_9)_2AsBr \cdot HBr$    | 24,23        | 38,77 |
| изо- $C_4H_9$    | -10                      | 52,1     | 175—179 (2)      | 1,3480     | 1,5100     | 23,98      | 37,75 | $2(C_4H_9)_2AsBr \cdot HBr$    | 24,23        | 38,77 |
| изо- $C_5H_{11}$ | -40                      | 52,5     | 111—115 (1,5)    | 1,3559     | 1,5159     | 19,57      | 42,57 | $(C_5H_{11})_2AsBr \cdot HBr$  | 19,84        | 42,32 |

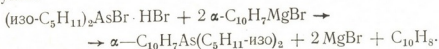
Поэтому можно полагать, что при разложении упомянутых продуктов взаимодействия избытком концентрированной галогеноводородной кислоты имеет место образование продуктов присоединения. Однако в этих случаях мольное соотношение составных компонентов может быть иным:



Как видно из данных таблицы, в большинстве случаев образуются аддукты, в которых  $y \geq z$ .

Анализ ИК-спектров исследуемых веществ показывает, что в спектрах всех соединений наблюдаются полосы поглощения в области  $590-596 \text{ см}^{-1}$ , обусловленные связью  $As-C_{\text{алиф}}$ . Эта полоса смещена в сторону высоких частот на 10—15 единиц по сравнению с соответствующими полосами в триалкиларсинах, что указывает на частичную кватернизацию атома мышьяка [12]. Следует отметить, что характер ИК-спектров не меняется в результате двукратной перегонки исследуемых веществ, что можно считать подтверждением их неизменности при нагревании под вакуумом.

С целью установления пригодности полученных соединений в разных синтезах было исследовано взаимодействие  $(\text{изо-}C_5H_{11})_2AsBr \cdot HBr$  с  $\alpha$ -нафтилмагнийбромидом. Оказалось, что содержание бромистого водорода в диизоамилбромарсине почти не влияет на выход конечного продукта:



При этом галогеноводороды, по-видимому, проявляют себя как независимые компоненты.

Таким образом, нами разработан эффективный способ получения диалкилгалогенарсинов.

Синтез продукта присоединения дибутилхлорарсина с хлористым водородом. К реактиву Гриньяра из 24,0 г магния, 143,8 г бромистого бутила в 600 мл диэтилового эфира при  $-6 \text{---} -8^\circ C$  (ледяная вода) при постоянном перемешивании быстро добавляют 45,4 г сухого мышьяковистого ангидрида, заранее просеянного через 0,25 мм сито. Реакционную смесь после 3-часового перемешивания (1 час при комнатной температуре, а 2 часа при температуре кипения суспензии) вновь охлаждают и разлагают 320 мл концентрированной ( $d=1,18$ ) соляной кислоты. Органический слой отделяют, водный тщательно экстрагируют эфиром. Объединенные эфирные вытяжки сушат над безводным хлористым кальцием. После отгонки растворителя остаток фракционируют в вакууме в токе углекислого газа. Получают 62,5 г (57,6%) вещества в виде желтоватого цвета. Температура кипения  $84-87^\circ C$  (3 мм). Найдено, %: As 31,86; Cl 20,55.  $3(C_4H_9)_2AsCl \cdot HCl$ . Вычислено, %: As 31,69; Cl 20,00.

Таким же путем получены и остальные продукты присоединения (см. таблицу).

Синтез диизоамил- $\alpha$ -нафтиларсина. К реактиву Гриньяра из 12,0 г магния и 112,0 г  $\alpha$ -бромнафталина, приготвленному в смеси сухого эфира (200 мл) и бензола (200 мл), при охлаждении и перемешивании добавляют эфирный раствор 90,5 г  $(\text{изо-}C_5H_{11})_2AsBr \cdot HBr$ . Реакционную смесь кипятят в течение 3 часов и разлагают разбавленной (1:4) соляной кислотой. Эфирный слой отделяют, водный — трижды экстрагируют эфиром. Объединенные эфирные вытяжки нейтрализуют насыщенным раствором соды и высушивают над безводным кальцием. Остаток после отгонки растворителя перегоняют под вакуумом в токе углекислого газа. Выделено 43,9 г (53,3%) диизоамил- $\alpha$ -нафтиларсин в виде бесцветной жидкости с т. кип.  $178-180^\circ C$ .

180°C (2 мм),  $d_4^{20}$  1,1320;  $n_D^{20}$  1,5936. По литературным данным [13]:  $d_4^{20}$  1,1325;  $n_D^{20}$  1,5936. Выход 47,0%.

ИК-спектры исследуемых образцов снимали на спектрометре UR-20 в области 400—3600  $\text{см}^{-1}$  в виде тонкого слоя между пластинками из КВг или в виде эмульсии в вазелиновом масле.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 22.1.1988)

ორგანული ქიმია

რ. გიგაური, ა. რობაკიძე, ნ. გურგენიძე, მ. ინჯია

დიალკილჰალოგენარსინების სინთეზი და კვლევა

რეზიუმე

შესწავლილია სიმეტრიული დიაკილჰალოგენარსინების მიღების შესაძლებლობა დარიშხანის მეფას ანილრიდზე შესაბამისი გრინიარის რეაქტივის და კონცენტრირებული ჰალოგენწყალბადმეფავების მოქმედებით. ნაჩვენებია, რომ მეფას ჰარბად გამოყენების შემთხვევაში წარმოიქმნება  $yR_2AsX \cdot HX$  ტიპის მიერთების პროდუქტები, სადაც  $X=Cl$  ან  $Br$ , ხოლო  $y \geq z$ .

ORGANIC CHEMISTRY

R. D. GIGAURI, A. N. ROBAKIDZE, N. I. GURGENIDZE

M. A. INJIA

## SYNTHESIS AND INVESTIGATION OF DIALKYLHALOGENARSINES

Summary

The possibility of synthesizing symmetric dialkylhalogenarsines is studied. It is established that symmetric dialkylhalogenarsines are obtained by the interaction of  $As_2O_3$  with Grignard reagent following decomposition of the mixture by halogenhydrogen acids. The composition of the obtained products is shown:  $yR_2AsX \cdot HX$ , where  $X=Cl$  or  $Br$ , and  $y \geq z$ .

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Р. Д. Гигаури, Г. Н. Чачава, Б. Д. Чернокальский, М. М. Угулава. ЖОХ, 42, 1972, 1537.
2. Л. Б. Ионов, А. П. Коровяков, Б. Д. Чернокальский. ЖОХ, 47, 1977, 415.
3. Б. Д. Чернокальский, Ф. Р. Гариева. ЖОХ, 50, 1980, 1328.
4. Б. Д. Чернокальский, В. И. Гаврилов, Ф. М. Хуснуднинова, Г. Р. Гаврилова и др. А. с. 405925, 1971; Бюл. изобр., 45, 1973.
5. Патент ЮАР, кл. С 22В, № 7601621.
6. Р. Х. Фрейдлина. Синтетические методы в области металлоорганических соединений мышьяка. М.—Л., 1945, 22.
7. Н. К. Близнюк, Г. С. Левская, Е. Н. Матюхина. ЖОХ, 35, 1965, 1247.
8. Р. Д. Гигаури, М. А. Инджия, Б. Д. Чернокальский, М. М. Угулава, Ц. А. Сидамашвили. ЖОХ, 44, 1974, 1541.
9. Р. Д. Гигаури, М. А. Инджия, Б. Д. Чернокальский, М. М. Угулава. ЖОХ, 45, 1975, 2179.
10. Р. Д. Гигаури, З. Л. Тигишвили, Б. Д. Чернокальский, Л. И. Годердзишвили. ЖОХ, 47, 1977, 2226.
11. W. N. Dehn. J. Am. Chem. Soc. 40, 1908, 107-115.
12. Р. Д. Гигаури, М. А. Инджия, Б. Д. Чернокальский, Г. Н. Чачава. ЖОХ, 48, 1978, 809.
13. Р. Д. Гигаури, Б. Д. Чернокальский, Е. С. Вачнадзе, Л. И. Годердзишвили, Н. Г. Натенадзе. Сообщения АН ГССР, 95, № 2, 1979, 329.



УДК 543.544

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Н. А. НАДИРАДЗЕ, Т. Г. АНДРОНИКАШВИЛИ (член-корреспондент АН ГССР),  
В. Г. БЕРЕЗКИН

**ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ГАЗА-НОСИТЕЛЯ НА ХАРАКТЕР  
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ В СИСТЕМЕ  
АДСОРБЕНТ-ТВЕРДЫЙ НОСИТЕЛЬ**

Использование в газовой хроматографии поверхностно-слоистых адсорбентов с применением в качестве активного агента цеолита и «активного» газа-носителя  $\text{CO}_2$  расширяет диапазон применения цеолитов в практике газоадсорбционной хроматографии, приближая ее по своей разрешающей способности к газо-жидкостной хроматографии [1].

Поверхностно-слоистые сорбенты получают путем нанесения активных веществ на поверхность твердого носителя. В зависимости от типа используемого твердого носителя, поверхностно-слоистые сорбенты подразделяются на два типа: I и II. Молекулярные сита, нанесенные на твердый носитель, относятся к поверхностно-слоистым сорбентам II типа [2]. Одно из основных требований к твердому носителю — это его инертность. Твердый носитель в идеальном случае не должен взаимодействовать с анализируемыми летучими веществами, однако обычно в практике это не имеет места [3].

Удерживание на поверхностно-слоистых сорбентах в общем случае обусловлено удерживанием на активном сорбенте и на твердом носителе. Адсорбция на твердом носителе может внести определенный вклад в величину удерживаемого объема и, следовательно, повлиять на характер разделения анализируемых смесей.

Целью настоящей работы являлось определение доли адсорбции различных углеводородных газов на твердом носителе и на адсорбенте в зависимости от природы газа-носителя.

Исследования проводились на хроматографе Цвет-500, детектором служил катарометр, размер колони  $1,0 \times 0,003$  м. Для приготовления поверхностно-слоистых сорбентов пылеобразный цеолит NaY с размером частиц около 25—65 микрон наносился на твердый носитель Хромосорб-W, зернением 0,25—0,30 мм. Были приготовлены образцы с разным процентным содержанием цеолита: I—20%, II—25%, III—30%. Рабочая температура колонки менялась в диапазоне 20—140°C, расход газа-носителя составлял 50 мл/мин. В качестве газ-носителей применялись гелий (инертный) и диоксид углерода (активный).

Было найдено, что максимально возможное нанесение цеолита на твердый носитель получается при механическом встряхивании сорбента (цеолита) с носителем в течение 6 часов — получен образец с 30%-ным нанесением.

Таблица 1

Доли адсорбции на твердом носителе Хромсорб-В и на цеолите NaY,  
температура колонки 100°C

| Адсорбируемые<br>вещества      | Газ-носитель He           |                      |                           |                      |                           |                      | Газ-носитель CO <sub>2</sub> |                      |                           |                      |                           |                      |
|--------------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|
|                                | степень нанесения<br>20%  |                      | степень нанесения<br>25%  |                      | степень нанесения<br>30%  |                      | степень нанесения<br>20%     |                      | степень нанесения<br>25%  |                      | степень нанесения<br>30%  |                      |
|                                | д. ад. на тв.<br>носитель | д. ад. на<br>цеолите | д. ад. на тв.<br>носитель | д. ад. на<br>цеолите | д. ад. на тв.<br>носитель | д. ад. на<br>цеолите | д. ад. на тв.<br>носитель    | д. ад. на<br>цеолите | д. ад. на тв.<br>носитель | д. ад. на<br>цеолите | д. ад. на тв.<br>носитель | д. ад. на<br>цеолите |
| CH <sub>4</sub>                | 5,40                      | 91,50                | 3,36                      | 96,64                | 2,30                      | 97,70                | 4,08                         | 95,92                | 2,40                      | 97,50                | 1,36                      | 98,64                |
| C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>  | 19,70                     | 80,30                | 13,95                     | 86,05                | 3,95                      | 96,05                | 15,45                        | 84,55                | 10,78                     | 89,22                | 2,28                      | 97,72                |
| C <sub>3</sub> H <sub>4</sub>  | 28,75                     | 71,25                | 20,25                     | 79,75                | 14,63                     | 85,37                | 21,21                        | 78,79                | 19,77                     | 80,23                | 9,25                      | 90,75                |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>  | 23,59                     | 76,41                | 20,43                     | 79,57                | 18,40                     | 81,60                | 26,50                        | 73,50                | 19,60                     | 80,40                | 9,80                      | 90,20                |
| C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>  | 33,00                     | 67,00                | 29,00                     | 71,00                | 25,70                     | 74,30                | 31,50                        | 68,50                | 26,32                     | 73,68                | 23,55                     | 76,45                |
| C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> | 48,99                     | 51,01                | 34,50                     | 65,50                | 26,51                     | 73,49                | 45,90                        | 54,10                | 33,00                     | 66,00                | 21,00                     | 79,00                |



Из нижеприведенного уравнения [2]

$$V_N = K_a S_a + K_n S_s,$$

где  $V_N$  — приведенный удерживаемый объем;  $K_a$  — коэффициент распределения газ-твердый активный адсорбент;  $S_a$  — поверхность активного сорбента в колонке;  $K_n$  — коэффициент распределения газ-твердый носитель;  $S_s$  — поверхность твердого носителя в колонке, следует, что адсорбция на твердом носителе может внести определенный вклад в удерживаемый объем хроматографируемых соединений. Поэтому для приготовления поверхностно-слоистых сорбентов стараются использовать инертные твердые носители, для которых величина  $K_n S_s \ll K_a S_a$  [2]. Ввиду того что абсолютно инертных твердых носителей не существует, интересно было определить долю адсорбции анализируемых веществ на носителе Хромосорб-В. Подтвержден известный факт, что с увеличением количества активного сорбента доля адсорбции на носителе уменьшается (табл. 1). Однако, по-видимому, и природа газа-носителя должна оказать влияние на характер распределения хроматографируемых веществ в системе адсорбент-твердый носитель. Установлено, что применение активного газа-носителя  $\text{CO}_2$  способствует уменьшению доли адсорбции на твердом носителе по сравнению с идентичными случаями, там где использован инертный газ гелий. Это можно объяснить тем, что  $\text{CO}_2$  адсорбируется на поверхности твердого носителя и уменьшает адсорбцию сорбатов на последнем.

Таким образом, применение  $\text{CO}_2$  в качестве газа-носителя повышает инертность твердых носителей, что является актуальной задачей современной газовой хроматографии.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт физической и  
 органической химии  
 им. П. Г. Меликишвили

(Поступило 13.11.1988)

ფიზიკური ქიმია

ბ. ნადირაძე, თ. ანდრონიკაშვილი (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-  
 კორესპონდენტი), ვ. ბერიოჟინი

აირ-მატარებლის გუნების გავლენა ნახშირწყალბადური გაზების  
 განაწილების ხასიათზე სისტემაში ადსორბენტი-მყარი სარჩული

რეზიუმე

ნაჩვენებია, რომ  $\text{CO}_2$ -ის აირ-მატარებლად გამოყენებისას მცირდება ქრო-  
 მატოგრაფირებადი ნივთიერებების ადსორბციის წილი მყარ სარჩულზე. ეს  
 მოვლენა შესაძლებელია იმით აიხსნას, რომ ნახშირბადის დიოქსიდი თვითონ  
 ადსორბირდება მყარ სარჩულზე და ხელს უწყობს ამ უკანასკნელის ინერ-  
 ტულობის გაზრდას.

N. A. NADIRADZE, T. G. ANDRONIKASHVILI, V. G. BERYOZKIN

THE INFLUENCE OF THE CARRIER-GAS ON THE CHARACTER  
OF DISTRIBUTION OF HYDROCARBON GASES IN THE  
ADSORBENT-SOLID SUPPORT SYSTEM

## Summary

It is shown that the use of the active carrier-gas  $\text{CO}_2$  leads to a decreased adsorption share of chromatographed substances on the solid support. This fact may be due to the adsorption of carbon dioxide on the solid support which in its turn leads to an increase of its inertness.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. T. G. Andronikashvili, V. G. Berezkin, N. A. Nadiradze, L. Ya. Laperashvili. *J. of Chromatography*, 365, 1986, 269.
2. В. Г. Березкин, В. С. Гавричев и др. Газовая хроматография в нефтехимии. М., 1975, 124.
3. В. Супина. Насадочные колонки в газовой хроматографии. М., 1977.



ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Г. Д. ЧАЧАНИДЗЕ, М. Г. ХУНДАДЗЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНТАЛЬПИИ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ  
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФЕРРОМАГНЕТИКОВ В ОБЛАСТИ  
КРИТИЧЕСКИХ ТЕМПЕРАТУР

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. Г. Гвелесиани 17.12.1987)

Изучение физико-химических и термодинамических свойств веществ вблизи точек фазовых переходов имеет большое значение для физики твердого тела, в частности для изучения строения и структуры конденсированных систем. Переходные металлы с этой точки зрения являются достаточно удачными объектами для исследования, поскольку характеризуются разнообразными типами структурных и магнитных превращений. Согласно авторам [1], исследовавшим Fe, Co, Ni различными методами (измерение электропроводности, тепло- и температуропроводности), железо имеет два превращения — ферромагнитное ~ 1043 К и структурно-фазовое ~ 1183 К, когда объемоцентрированная кубическая упаковка переходит в гранецентрированную (ОЦК—ГЦК); кобальт имеет также два превращения — ферромагнитное ~ 1400 К и структурное ~ 700 К, когда гексагональная плотноупакованная структура (ГПУ) превращается в (ГЦК); никель при нормальных давлениях вплоть до температуры плавления имеет ГЦК-структуру и одно превращение — ферромагнитное ~ 631 К.

В настоящей работе приводятся экспериментальные данные непосредственного измерения теплот магнитных и структурных переходов указанных ферромагнетиков (впервые)<sup>(1)</sup>. Установлены температуры и численные значения интервалов превращения. Опыты проводились на дифференциально-сканирующем калориметре НТ-1500 фирмы «Сетерам», являющемся чувствительным прибором для фиксирования малых количеств тепла, порядка 20 милли-Дж (~ 0,005 кал).

Принцип работы подобных калориметров общеизвестен. Описание его приводится в [3]. В наших опытах принят следующий режим: скорость нагрева образцов 200°/час (~ 3°/мин), скорость вращения барабана (с намотанной на нем спецбумагой) 2,5 мм/мин, чувствительность гальванометра 500 мВ.

Для калибровки калориметра в качестве реперов взяты индий, олово, цинк, алюминий, серебро, золото. Все вещества квалификации «х. ч.». Для каждого репера опыты проводились в нескольких вариантах — при больших, средних и малых навесках. Константа калоримет-

(1) Известны косвенные методы определения магнитной части теплоемкости из кривых  $C_p(T)$  [2]. Однако тут встречаются некоторые трудности в связи с выделением решеточной части теплоемкости [7], а теоретические расчеты в большинстве случаев не дают удовлетворительных результатов [2].



ра К при заданной температуре (при температуре плавления репера) определяется по формуле

$$K = \frac{\Delta H}{A} \cdot \frac{G}{M},$$

где  $\Delta H$  — теплоты плавления репера, (кал/моль) по [4]; А — вес бумаги, соответствующий пику плавления (г), G — навеска образца (г), М — молекулярный вес.

Стандартное отклонение вычислено по формуле [5]

$$S = \pm 2 \sqrt{\frac{\sum \Delta i^2}{n(n-1)}},$$

где n — количество опытов,  $\Delta i$  — отклонение от средней величины К.

Точность работы калориметра оценивалась по сульфату калия и не превышает  $1,5 \cdot 10^{-2} \Delta H$  [3].

Теплоты магнитных и структурных переходов в критических областях рассчитываются по формуле  $\Delta H = K \cdot A \cdot \frac{M}{G}$ , где К — константа калориметра; А — вес бумаги, соответствующий площади пика (г); М и G — молекулярный вес и вес навески (г) исследуемого вещества.

Результаты опытов приводятся в таблице и на рисунке. В таблице внесены также имеющиеся литературные данные о величинах магнитного момента ( $n_B$ ) в магнетонах Бора (мВ) и температуры Кюри для Fe, Co, Ni.

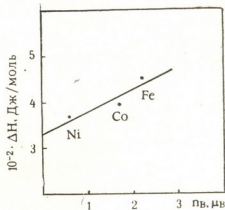
Температуры и теплоты магнитных и структурных фазовых переходов в металлических ферромагнетиках в области критических температур

| Вещество | $n_B$ , мВ | Электронная конфигурация свободного атома | $T_{\text{Кюри}} \text{ К}$ |        | $\Delta H_{\text{ферр}}$ Дж/моль | $T_{\text{струк}} \text{ К}$ |          | $\Delta H_{\text{струк}}$ Дж/моль | Тип структурного перехода |
|----------|------------|---|-----------------------------|--------|----------------------------------|------------------------------|----------|-----------------------------------|---------------------------|
|          |            |   | эксп.                       | по [6] |                                  | эксп.                        | по [1,2] |                                   |                           |
| Fe       | 2,218      | $3d^6 4s^2$                               | 1037                        | 1043   | 453,96                           | 1185                         | 1183     | 622,58                            | ОЦК—ГЦК                   |
| Co       | 1,715      | $3d^7 4s^2$                               | 1348                        | 1394   | 387,70                           | 700                          | —        | 268,90                            | ГПУ—ГЦК                   |
| Ni       | 0,604      | $3d^8 4s^2$                               | 631                         | 631    | 372,38                           | —                            | —        | —                                 |                           |

При превращениях, происходящих во время нагревания металлических ферромагнетиков, новая фаза имеет большую внутреннюю энергию и энтропию и эта энергия поглощается в районе точки превращения, где разупорядочение спинов «лавино» нарастает. Практически вся энергия поглощается или выделяется в виде тепла; она равна скрытой теплоте превращения, которую можно измерить калориметрами высокой чувствительности. Калориметр НТ-1500 фирмы «Сетерам» вполне пригоден для этих целей. Однако следует отметить, что, в отличие от полупроводниковых ферромагнитных материалов [7], в данном случае температурный интервал превращения несколько размыт и составляет около  $70^\circ$  как в случае ферромагнитного превращения, так и при структурно-фазовых переходах. Это создает некоторые трудности при выделении площади на краях интервала превращения. По этой причине величины энтальпии ферромагнитных и структурно-

фазовых превращений исследуемых переходных металлов могут быть несколько занижены. Однако эти исследования дают весьма важную информацию. Она состоит в том, что в данном случае, как и в случае полупроводниковых ферромагнетиков [7], соблюдается симбатная зависимость между термодинамическими и магнитными характеристиками. В частности, на рисунке приводится зависимость между магнит-

Рис. 1. Зависимость между магнитным моментом и энтальпией магнитнофазового перехода для Fe, Co и Ni



ным моментом насыщения и энтальпией магнитно-фазового перехода. Как видно из графика, эту зависимость вполне можно аппроксимировать линейной функцией. Это подтверждается и тем, что энтропийный расчет теплоемкости указанных металлов дает аналогичную картину [8].

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт неорганической  
 химии и электрохимии

(Поступило 24.12.1987)

ფიზიკური ქიმია

გ. ჩაჩანიძე, მ. ხუნდაძე

მეტალური ფერომაგნეტიკების ფაზური გარდაქმნების ენთალპიის  
 შესწავლა კრიტიკული ტემპერატურის მიდამოებში

რეზიუმე

შესწავლილია ფაზური გარდაქმნის ენთალპია ( $\Delta H$  მაგ.  $\Delta H$  სტრ.) მეტალურ ფერომაგნეტიკებში (Fe, Co, Ni) სეტერამის ფირმის სკანირების HT-1500 კალორიმეტრზე. დადგენილია სწორხაზოვანი დამოკიდებულება მაგნიტურ ენთალპიასა ( $\Delta H$  მაგ.) და მაგნიტურ მომენტს ( $n_B$ ) შორის.

PHYSICAL CHEMISTRY

G. D. CHACHANIDZE, M. G. KHUNDADZE

## INVESTIGATION OF THE ENTHALPY OF PHASE TRANSFORMATIONS OF METALLIC FERROMAGNETICS IN CRITICAL TEMPERATURE REGIONS

Summary

The enthalpy of phase transformations ( $\Delta H_{\text{magHstr}}$ ) of metallic ferromagnetics (Fe, Co, Ni) has been studied using the scanning calorimetry (HT-1500 Seteram).

A linear dependence between magnetic enthalpy ( $\Delta H$  mag.) and magnetic moment ( $n_B$ ) has been estimated.





## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. Е. Зиновьев, А. Д. Ивлиев, И. Г. Коршунов, С. А. Ильиных. Обзоры по теплофизическим свойствам веществ, № 5 (37). М., 1982, 27—33.
2. Р. Вейсс. Физика твердого тела. М., 1968, 317, 106.
3. Г. Д. Чачанидзе, О. О. Димитриади, Н. Г. Лежава, М. Г. Хундадзе, Т. Е. Мачаладзе, Н. А. Ландия. VII Всесоюз. конф. по калориметрии. М., 1977, 358—363.
4. R. Hultgren, R. L. Orr, P. D. Anderson. Selected values of thermodynamic Properties of Metals and Alloys, New-York, London, 1969, p. 27-209.
5. J. P. McCullough, D. W. Scott. Ed. Experimental thermodynamics YUPAC. London, 1969, v. 1, p. 4-7.
6. Д. Д. Мишин. Магнитные материалы. М., 1981, 21.
7. Г. Д. Чачанидзе. Автореферат докт. дисс. Тбилиси, 1985.
8. Н. А. Ландия. Расчет высокотемпературных теплоемкостей твердых неорганических веществ по стандартной энтропии. Тбилиси, 1962.



УДК 541.183.549.67

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Е. М. БЕНАШВИЛИ, Н. И. СХИРТЛАДЗЕ, К. Е. КВИТАИШВИЛИ

ВЫДЕЛЕНИЕ МЕРКАПТАНОВ ИЗ ЖИДКИХ ТОПЛИВ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ АНАЛЬЦИМОВЫХ ПЕСЧАНИКОВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. Г. Андроникашвили 18.1.1988)

Ранее было исследовано адсорбционное выделение сераорганических соединений из высокосернистой ( $S-1,55\%$ ) керосиновой фракции арланской нефти с применением природных и модифицированных соляной кислотой клиноптилолит- и морденитсодержащих туфов и анальцимовых песчаников месторождения Грузинской ССР. Были найдены оптимальные условия обессеривания [1].

В работе [2] представлены результаты адсорбционного выделения гетероатомных соединений из реактивных топлив ТС-1, содержащих различные количества общей и меркаптановой серы, а также нафтеновых кислот. Выделение проводилось в динамических условиях в проточной системе при комнатной температуре и соотношении сырье:адсорбент 1:3. В качестве адсорбента применялся клиноптилолит Тедзамского месторождения с содержанием цеолитной фазы до  $80\%$ . Показано, что в зависимости от исходного содержания гетероатомных соединений общее обессеривание протекает на  $79-98\%$ , содержание меркаптанов уменьшается на  $94-97\%$ , более чем на порядок, а нафтеновых кислот — на  $77-88\%$ .

Важное теоретическое и практическое значение имеет определение адсорбционной емкости природных цеолитов при их полном насыщении гетероатомными соединениями нефтяных фракций.

В работе были исследованы адсорбционные свойства анальцимовых песчаников (АП) района Кутаиси—Гелати по отношению к меркаптанам, содержащимся в промышленных дистиллятах реактивных топлив (продукция Батумского НПЗ).

Указанное месторождение анальцимсодержащих пород приурочено к угленосным морским отложениям средней юры. Они представлены темно-серыми, мелкозернистыми песчаниками, содержание анальцима в которых достигает  $70-80\%$ . Кроме анальцима, порода содержит глинистый минерал, опал и изредка мелкие частицы кварца, полевого шпата, слюды, лимонита и углистого вещества. Химический состав анальцимового песчаника, примененного нами в качестве адсорбента, после дегидратации в оксидной форме (масс.%) приводим ниже:  $SiO_2-55,76$ ;  $Al_2O_3-22,00$ ;  $Fe_2O_3-5,84$ ;  $FeO--0,58$ ;  $TiO_2-1,54$ ;  $MnO-0,01$ ;  $MgO-0,81$ ;  $CaO-1,33$ ;  $Na_2O-10,03$ ;  $K_2O-1,7$ ;  $SO_3-0,14$ ;  $P_2O_5-0,26$ . Молярное соотношение  $SiO_2/Al_2O_3-4,31$ .

Объектами исследования являлись дистилляты реактивных топлив ТС-1 с содержанием меркаптановой серы  $MS\ 0,0072\%$  (№ 1) и  $0,0225\%$  (№ 2). Адсорбционное выделение меркаптанов производилось в проточной системе в интервале температур  $15-200^\circ C$ , при объемной скорости  $0,4-15,0\ час^{-1}$ , различном соотношении адсорбент:сырье и до полного насыщения адсорбента по меркаптанам. Анальцимовые песчаники гранулометрического состава  $0,25-0,50$  и  $0,50-1,0$  мм использовались в процессе перколяционной очистки при температуре  $15-20^\circ C$ , а  $1,0-2,0$  мм — при очистке в условиях  $100-200^\circ C$ .



MS определялась методом потенциометрического титрования по ГОСТу 17323—71.

В табл. 1 представлены результаты очистки реактивного топлива с содержанием MS 0,0072% при температуре 15—20°, количестве адсорбента 50 г, объемной скорости 0,4 час<sup>-1</sup>, в табл. 2 — результаты очистки реактивного топлива с содержанием MS 0,0225% при температуре 150°C, количестве адсорбента 50 г, объемной скорости 0,4 час<sup>-1</sup>, в табл. 3 — общий материальный баланс процессов демеркаптанизации двух образцов реактивных топлив.

Таблица 1

Результаты очистки топлива ТС-1 при температуре 15—20°C

| № рафинатов | Количество рафината, г(мл) | Соотношение адсорбент:сырье, г/г | Содержание MS в рафинатах, % | Степень демеркаптанизации, % |
|-------------|----------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1           | 15,7 (20)                  | 1: 0,3                           | 0,00014                      | 98,1                         |
| 2           | 31,4 (40)                  | 1: 0,6                           | 0,00024                      | 96,7                         |
| 3           | 47,1 (60)                  | 1: 1,0                           | 0,00043                      | 94,0                         |
| 4           | 62,8 (80)                  | 1: 1,3                           | 0,00073                      | 89,9                         |
| 5           | 78,5(100)                  | 1: 1,6                           | 0,00098                      | 86,4                         |
| 10          | 157,0(200)                 | 1: 3,2                           | 0,0029                       | 59,7                         |
| 15          | 235,5(300)                 | 1: 4,8                           | 0,0036                       | 50,0                         |
| 20          | 314,0(400)                 | 1: 6,4                           | 0,0042                       | 41,7                         |
| 25          | 392,5(500)                 | 1: 8,0                           | 0,0046                       | 36,1                         |
| 30          | 471,0(600)                 | 1: 9,5                           | 0,0049                       | 31,9                         |
| 35          | 549,5(700)                 | 1:11,1                           | 0,00515                      | 28,5                         |
| 40          | 628,0(800)                 | 1:12,7                           | 0,00538                      | 25,3                         |
| 43*         | 675,1(860)                 | 1:13,7                           | 0,0055                       | 23,5                         |

\* Суммарный рафинат после полного насыщения адсорбента

Таблица 2

Результаты демеркаптанизации топлива ТС-1 при температуре 150 °C

| № рафинатов | Количество рафината, г (мл) | Соотношение адсорбент:сырье, г/г | Содержание MS в рафинатах, % | Степень демеркаптанизации, % |
|-------------|-----------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1           | 15,7(20)                    | 1: 0,3                           | 0,00011                      | 99,5                         |
| 2           | 31,4(40)                    | 1: 0,6                           | 0,00028                      | 98,8                         |
| 3           | 47,1(60)                    | 1: 1,0                           | 0,00040                      | 98,2                         |
| 4           | 62,8(80)                    | 1: 1,3                           | 0,00050                      | 97,8                         |
| 5           | 78,5(100)                   | 1: 1,6                           | 0,0006                       | 97,3                         |
| 10          | 157,0(200)                  | 1: 3,2                           | 0,0021                       | 90,7                         |
| 15          | 235,5(300)                  | 1: 4,8                           | 0,0044                       | 80,4                         |
| 20          | 314,0(400)                  | 1: 6,4                           | 0,0062                       | 72,4                         |
| 25          | 392,5(500)                  | 1: 8,0                           | 0,0076                       | 66,2                         |
| 30          | 471,0(600)                  | 1: 9,6                           | 0,0086                       | 60,4                         |
| 35          | 549,5(700)                  | 1: 11,2                          | 0,0093                       | 58,7                         |
| 40          | 628,0(800)                  | 1: 12,8                          | 0,0099                       | 55,8                         |
| 50          | 785,0(1000)                 | 1: 16,0                          | 0,0110                       | 51,1                         |
| 60          | 942,0(1200)                 | 1: 19,2                          | 0,0116                       | 48,8                         |
| 70          | 1099,0(1400)                | 1: 22,4                          | 0,0124                       | 44,9                         |
| 80          | 1256,0(1600)                | 1: 25,6                          | 0,0129                       | 42,7                         |
| 90          | 1413,0(1800)                | 1: 28,8                          | 0,0134                       | 40,4                         |
| 100         | 1570,0(2000)                | 1: 32,0                          | 0,0139                       | 38,2                         |
| 110         | 1727,0(2200)                | 1: 35,2                          | 0,0145                       | 35,6                         |
| 120         | 1884,0(2400)                | 1: 38,4                          | 0,0150                       | 33,3                         |
| 130         | 2041,0(2600)                | 1: 41,7                          | 0,0156                       | 30,7                         |

Таблица 3

Материальный баланс процесса демеркаптанализации реактивных топлив

| Топлива<br>ТС-1,<br>№ | Количество<br>пропущенно-<br>го сырья, г | Количество полу-<br>ченного рафината |      | Соотношение<br>адсорбент:<br>сырье | Содержание MS,<br>масс. % |                                | Степень де-<br>меркаптанизи-<br>зации, % |
|-----------------------|--|--------------------------------------|------|------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|--|
|                       |  | г                                    | %    |                                    | исходное                  | в суммар-<br>ном рафи-<br>нате |  |
| 1                     | 684                                      | 675,1                                | 98,7 | 1:13,7                             | 0,0072                    | 0,0055                         | 23,5                                     |
| 2                     | 2083                                     | 2041                                 | 98,0 | 1:41,7                             | 0,0225                    | 0,0156                         | 30,7                                     |

Из экспериментальных данных видно, что адсорбционная демеркаптанализация более эффективно протекает в интервале температур 100—150°C, дальнейшее повышение температуры до 200° вызывает каталитическое разложение меркаптанов, о чем можно судить по незначительному выделению сероводорода. Увеличение объемной скорости при прочих равных условиях адсорбционного разделения вызывает уменьшение степени демеркаптанализации, по-видимому, за счет раннего «проскока» меркаптанов. Так, при очистке реактивного топлива № 2 при 100°, соотношении адсорбент:сырье 1:1 и объемной скорости 3,0 час<sup>-1</sup> демеркаптанализация протекает на 95,6%, а с повышением объемной скорости до 6,0 час<sup>-1</sup> уменьшается до 62,6%.

Анальцим, по-видимому, в основном селективно хемосорбирует меркаптаны и не действует как молекулярно-ситовой адсорбент. Он термостабилен до 700°C, характеризуется плавной и обратной дегидратацией [3]. Вследствие этого он может подвергаться после десорбции сераорганических соединений водяным паром многократной сушке до 300—350° и по мере надобности регенерации при 500—550° в потоке воздуха без разрушения структуры.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт физической и  
 органической химии  
 им. П. Г. Меликишвили

(Поступило 22.1.1988)

ფიზიკური ქიმია

0. ბენაშვილი, ნ. სხირტლაძე, კ. კვიციანი

თხევადი საწვავებიდან მერკაპტანების გამოყოფა ანალიტიკური  
 მეთოდების გამოყენებით

რეზიუმე

შესწავლილია ანალიტიკური მეთოდების აღსორბციული თვისებები თხევად საწვავში შემავალი მერკაპტანების მიმართ 15—200°C ტემპერატურულ ინტერვალში, 0,4—6,0 სთ<sup>-1</sup> მოცულობითი სიჩქარისა და აღსორბენტის ნედლეულთან სხვადასხვა შეფარდების დროს მის სრულ გაჭერებამდე. ნაჩვენებია, რომ ანალიტიკური მეთოდები ნეთობის ფრაქციებში შემავალი მერკაპტანების სელექციური აღსორბენტებია.

E. M. BENASHVILI, N. I. SKHIRTLDZE, K. E. KVITAISHVILI

SEPARATION OF MERCAPTANS FROM LIQUID FUELS WITH  
THE USE OF ANALCIME SANDSTONES

## Summary

Adsorptive properties of analcime sandstones as related to mercaptans contained in liquid fuel have been studied within the temperature range of 15-200°C at volume rate 0.4-6.0 h<sup>-1</sup> at different proportions of adsorbent and raw material till its complete saturation. It is shown that analcime sandstones represent selective adsorbents for mercaptans contained in oil fractions.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. E. M. Бенашвили. Разделение углеводородных и гетероатомных соединений нефти. Тбилиси, 1987.
2. E. M. Бенашвили, Т. Г. Учаненшвили, М. С. Алибегашвили, Н. И. Черкезишвили, К. Е. Квитаишвили. Сообщения АН ГССР, 118, № 3, 1985, 537.
3. Д. Брек. Цеолитовые молекулярные сита. М., 1976, 76, 142.





ЭЛЕКТРОХИМИЯ

В. В. ШАВГУЛИДZE, П. Г. ГОГОЛАДZE, Дж. И. ДЖАПАРИДZE

**ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛОГЕНИДНЫХ И ТИОЦИАНАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ КАДМИЯ В ЭТИЛЕНГЛИКОЛЕ И МЕТАНОЛЕ**

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. В. Цинцадзе 21.12.1987)

Галогенидные и тиоцианатные комплексы кадмия были исследованы в некоторых протонных растворителях. Так, при изучении комплексообразования ионов кадмия с галогенид- и тиоцианат-ионами в воде [1] и формамиде [2] установлено, что в этих растворителях устойчивость комплексов уменьшается в ряду  $I^- > Br^- > Cl^- > SCN^-$ . Комплексообразование кадмия с ацидוליгандами в этиленгликоле (ЭГ) изучено в [3], однако в этой работе определены константы устойчивости только тиоцианатных комплексов и лишь при ионной силе  $\mu=2$ .

Цель настоящего исследования — изучить условия образования и определить устойчивость галогенидных и тиоцианатных комплексов кадмия при различных ионных силах в ЭГ, а также в метаноле при  $\mu=2$ .

Методика измерений описана в [3]. Все соли, использованные в работе, были дважды перекристаллизованы и обезвожены. ЭГ перегоняли в вакууме. Исходная концентрация соли кадмия постоянна для всех систем и равна 0,002 моль/л, содержание хлорид-, бромид- и тиоцианат-ионов изменяли от 0,005 до 1 моль/л, а для системы с подид-ионами — от 0,0015 до 0,2 моль/л.

Определение состава и устойчивости комплексов проводили методом Ледена [4]. Полученные значения констант устойчивости уточняли методом Силлена [4]. Линейные функции Ледена и Силлена обрабатывали методом наименьших квадратов (МНК) [5]. Все расчеты проведены на ЭВМ «Искра 226.6». Значения констант устойчивости, полученные МНК, приведены с доверительным интервалом для надежности 0,95. В остальных случаях ошибку в определении  $V_n$  оценивали из возможных способов экстраполяции функции на нулевую концентрацию лиганда.

Таблица 1

Значения потенциалов кадмийамальгамного электрода в ЭГ при различной концентрации ионов кадмия (II) ( $\mu=2$ , 25°C)

| $C_{Cd^{2+}}$ , моль/л | -E, В | -E°, В | $C_{Cd^{2+}}$ , моль/л | -E, В | -E°, В |
|------------------------|-------|--------|------------------------|-------|--------|
| 0,0002                 | 0,657 | 0,548  | 0,002                  | 0,623 | 0,543  |
| 0,0005                 | 0,643 | 0,546  | 0,005                  | 0,613 | 0,545  |
| 0,001                  | 0,633 | 0,544  |                        |       |        |

Таблица 2

Общие константы устойчивости ( $\beta_n$ ) галогенидных и тиоцианатных комплексов кадмия в ЭГ при различных ионных силах ( $\mu$ ) (25°C)

| Лиганд           | $\mu$ | $\beta_1$            | $\beta_2$            | $\beta_3$            | $\beta_4$              |
|------------------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|
| I <sup>-</sup>   | 1     | $(2,2 \pm 0,3)10^3$  | $(1,55 \pm 0,3)10^3$ | $(4,0 \pm 0,5)10^7$  | $(1,9 \pm 0,5)10^9$    |
|                  | 2     | $(7,7 \pm 0,7)10^3$  | $(8,7 \pm 0,6)10^4$  | $(3,6 \pm 0,2)10^7$  | $(4,5 \pm 0,2)10^9$    |
|                  | 3     | $(2,4 \pm 0,3)10^3$  | $(1,85 \pm 0,2)10^3$ | $(8,1 \pm 0,3)10^7$  | $(3,3 \pm 0,2)10^{10}$ |
| Br <sup>-</sup>  | 1     | $(7,5 \pm 0,5)10^2$  | $(1,9 \pm 0,1)10^4$  | $(8,1 \pm 0,5)10^5$  | $(9,2 \pm 0,4)10^6$    |
|                  | 2     | $(1,15 \pm 0,1)10^3$ | $(9,5 \pm 1,0)10^3$  | $(7,5 \pm 0,4)10^3$  | $(1,6 \pm 0,2)10^7$    |
|                  | 3     | $(8,5 \pm 0,5)10^2$  | $(2,1 \pm 0,2)10^4$  | $(1,35 \pm 0,1)10^6$ | $(2,45 \pm 0,2)10^7$   |
| Cl <sup>-</sup>  | 1     | $50 \pm 5$           | $(1,5 \pm 0,1)10^4$  | —                    | —                      |
|                  | 2     | $50 \pm 4$           | $(4,4 \pm 0,2)10^3$  | $(1,1 \pm 0,1)10^5$  | —                      |
|                  | 3     | $40 \pm 2$           | $(7,0 \pm 0,5)10^3$  | $(1,5 \pm 0,1)10^5$  | $(2,0 \pm 0,2)10^5$    |
| SCN <sup>-</sup> | 1     | $85 \pm 8$           | $(2,15 \pm 0,1)10^3$ | $(8,1 \pm 0,4)10^3$  | —                      |
|                  | 2     | $41 \pm 2$           | $(2,1 \pm 0,1)10^3$  | $(9,95 \pm 0,9)10^3$ | —                      |
|                  | 3     | $90 \pm 10$          | $(2,6 \pm 0,2)10^3$  | $(1,44 \pm 0,1)10^4$ | $(6,2 \pm 0,3)10^4$    |

Таблица 3

Общие константы устойчивости ( $\beta_n$ ) галогенидных и тиоцианатных комплексов кадмия в метаноле ( $\mu=2$ , 25°C)

| M <sup>z+</sup>  | $\beta_n$ | I <sup>-</sup>         | Br <sup>-</sup>     | Cl <sup>-</sup>     | SCN <sup>-</sup>    |
|------------------|-----------|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Cd <sup>2+</sup> | 1         | $(3,5 \pm 1,2)10^8$    | $(6,5 \pm 2,0)10^3$ | $(1,1 \pm 0,1)10^3$ | $(8,5 \pm 0,5)10^2$ |
|                  | 2         | $(6,5 \pm 2,5)10^7$    | $(7,2 \pm 0,8)10^5$ | $(4,8 \pm 0,3)10^4$ | $(3,9 \pm 0,2)10^4$ |
|                  | 3         | $(2,6 \pm 0,5)10^{10}$ | $(6,8 \pm 0,5)10^7$ | $(1,3 \pm 0,1)10^6$ | $(3,5 \pm 0,5)10^5$ |
|                  | 4         | $(4,8 \pm 0,2)10^{11}$ | $(3,6 \pm 0,2)10^9$ | $(6,5 \pm 0,2)10^7$ | $(1,5 \pm 0,5)10^6$ |

Как видно из табл. 1, амальгамный электрод кадмия в ЭГ подчиняется уравнению Нернста в широком интервале концентрации нитрата кадмия  $0,0002 \rightarrow 0,005$  моль/л, что свидетельствует об обратимости кадмиевого электрода в ЭГ.

В табл. 2 и 3 приведены общие ( $\beta_n$ ) константы устойчивости галогенидных и тиоцианатных комплексов кадмия в ЭГ при  $\mu=1, 2, 3$  и метаноле при  $\mu=2$ . Анализ табл. 2 и 3 показывает, что стабильность комплексов кадмия как в ЭГ, так и в метаноле увеличивается в ряду лигандов:  $SCN^- < Cl^- < Br^- < I^-$ . Этот ряд сохраняется как для катионных, так и для электронейтральных и анионных комплексов.

Из сопоставления результатов определения констант устойчивости комплексов в различных растворителях следует, что их прочность уменьшается в ряду растворителей: метанол  $>$  ЭГ  $>$  вода (см. табл. 2 и 3 и работу [1]). Для протонных растворителей этот ряд уменьшения устойчивости комплексов в основном согласуется с увеличением их акцепторного числа AN [6].

Академия наук Грузинской ССР  
Институт неорганической химии  
и электрохимии

მ. შავგულიძე, პ. გოგოლაძე, ჯ. ჯაპარიძე

კადმიუმის ჰალოგენ- და თიოციანატ-კომპლექსების  
პოტენციომეტრიული შესწავლა ეთილენგლიკოლში და  
მეთანოლში

რეზიუმე

დადგენილია კადმიუმის ჰალოგენ- და თიოციანატ-კომპლექსების შედგენილობა და მდგრადობის მუდმივები ეთილენგლიკოლში და მეთანოლში.

ELECTROCHEMISTRY

V. V. SHAVGULIDZE, P. G. GOGOLADZE, J. I. JAPARIDZE

POTENTIOMETRIC STUDY OF HALOGENIDE AND THIOCYANATE  
COMPLEXES OF CADMIUM IN ETHYLENE GLYCOL AND METHANOL

Summary

The composition and stability constants of thiocyanate and halogenide complexes of cadmium in ethylene glycol and methanol have been determined.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. К. Б. Яцимирский, В. П. Васильев. Константы нестойкости комплексных соединений. М., 1959.
2. В. М. Самойленко. ЖНХ, 16, № 2, 1971, 326.
3. В. В. Шавгулидзе, П. Г. Гоголадзе, Т. Дж. Джанаридзе. Сообщения АН ГССР, 125, № 1, 1987, 69.
4. Ф. Хартли, К. Бергес, Р. Олкок. Равновесия в растворах. М., 1983, 63.
5. Р. Доэрфель. Статистика в аналитической химии. М., 1969, 58.
6. К. Бургер. Сольватация, ионные реакции и комплексообразование в неводных средах. М., 1984, 256.

Л. К. КAVTAPADZE

## ОДНОСТАДИЙНЫЙ СИНТЕЗ 5 $\alpha$ -АНДРОСТАНДИОНА-3,17 ИЗ ОКСИМА 3 $\beta$ -АЦЕТОКСИ-5 $\alpha$ -ПРЕНГ-16-ЕН-20-ОНА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Э. П. Кемертелидзе 11.1.1988)

Стероидное соединение 5 $\alpha$ -андростандион-3,17 проявляет слабо-выраженное андрогенное действие и в основном используется в качестве промежуточного продукта для синтеза физиологически активных соединений [1, 2].

5 $\alpha$ -андростандион-3,17 обычно получают из оксима 3 $\beta$ -ацетокси-5 $\alpha$ -прегн-16-ен-20-она [1] трехстадийным синтезом [3, 4], который заключается в получении 3 $\beta$ -ацетокси-5 $\alpha$ -андростан-17-она (II), его переводе в 3 $\beta$ -гидрокси-5 $\alpha$ -андростан-17-он (III) посредством гидролиза и окисления последнего в 5 $\alpha$ -андростандион-3,17 (IV).

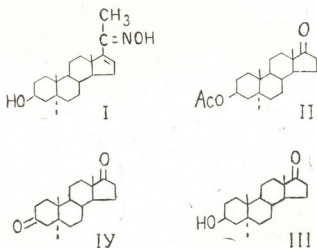


Рис. 1,

Мы провели работу с целью упрощения технологического процесса путем объединения всех проводимых химических реакций от оксима 3 $\beta$ -ацетокси-5 $\alpha$ -прегн-16-ен-20-она до 5 $\alpha$ -андростандиона-3,17 в одну технологическую стадию таким образом, чтобы каждая предыдущая реакция определяла бы условия для последующих превращений.

Классический метод Шмидт-Томе [3], лежащий в основе промышленного синтеза андростанов из ряда прегнанов, включающий в себя бекмановскую перегруппировку, не оказался эффективным для решения поставленной задачи, так как проведение реакции требовало низкотемпературного режима, а послереакционная среда не выдерживала дальнейшего гидролиза в серной кислоте.





За последние годы опубликован ряд патентов [5—7], где перегруппировку Бекмана проводят при комнатной температуре в среде хлорокиси фосфора и пиридина, в присутствии избыточного количества органических растворителей.

Нами были проведены опыты с использованием при бекмановской перегруппировке в качестве растворителя избытка дихлоретана, хлористого метилена, ацетона и метилэтилкетона. Наиболее пригодными оказались ацетон и метилэтилкетон, причем метилэтилкетон более устойчив к кислотному гидролизу и при его применении технический 5 $\alpha$ -андростандион-3,17 получается чище, что определяет легкость дальнейшей очистки и кристаллизации. Кроме того, в ходе одностадийного синтеза для каждого отдельного химического процесса мы подобрали оптимальное количество растворителя, молярное соотношение реагирующих веществ, кислотность, температурный режим и время проведения реакции.

Таким образом, на первом этапе исследования мы добились получения максимального количества продукта реакции для перегруппировки Бекмана—3 $\beta$ -ацетокси-5 $\alpha$ -андростан-17-она (II), затем уже, не выделяя последнего, реакционную смесь подвергли кислотному гидролизу разбавленным раствором серной кислоты и получили максимальный выход для 3 $\beta$ -гидрокси-5 $\alpha$ -андростан-17-она, после чего создали наилучшие условия для окисления 5 $\alpha$ -андростан-3 $\beta$ -ол-17-она (II) в андростандион-3,17 (IV) хромовым ангидридом в кислой среде. Общий выход синтезированного таким образом андростандиона-3,17 после очистки и перекристаллизации составляет 64,4%.

Одностадийный синтез 5 $\alpha$ -андростандиона-3,17 из оксима 3 $\beta$ -ацетокси-5 $\alpha$ -прегн-16-ен-20-она, одновременно позволяет упростить технологический процесс получения некоторых производных ряда андростана, что имеет большое значение для производственного получения стероидных соединений этого класса.

Способ получения 5 $\alpha$ -андростандиона-3,17. 30 г оксима 3 $\beta$ -ацетокси-5 $\alpha$ -прегн-16-ен-20-она растворяли в 240 мл метилэтилкетона, 48 мл пиридина, перемешивали 5 мин и по каплям добавляли 30 мл хлорокиси фосфора. Перемешивание продолжали еще 1 час, прибавляли сначала 120 мл метилэтилкетона, а через 15 мин по каплям смесь 48 мл метилэтилкетона и 2 мл воды. Жидкость оставляли на 30 мин, после чего добавляли раствор 180 мл серной кислоты в 600 мл воды. Реакционную смесь нагревали до 64—66° и при этой температуре выдерживали в течение 4 часов. Затем охлаждали до 15—20°, по каплям прибавляли 108 мл окислительной смеси, состоявшей из 240 г CrO<sub>3</sub>, 230 мл H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в 1 л воды, и перемешивали в течение 40 мин. После завершения процесса окисления содержимое колбы вливали в 180 мл воды со льдом, выпавший осадок отфильтровывали, промывали водой до нейтральной реакции и сушили. Высушенный технический продукт перекристаллизовали из метанола и получили 14,91 г 5 $\alpha$ -андростандиона-3,17 с выходом 64,4%, т. пл. 131—133°,  $[\alpha]_D^{20} + 11$  (спирт), ИК-спектр,  $\nu$  см<sup>-1</sup>: 1738, 1720, что вполне соответствует литературным данным [8].

Сравнительное изучение предложенного нами метода синтеза 5 $\alpha$ -андростандиона-3,17 из оксима 3 $\beta$ -ацетокси-5 $\alpha$ -прегн-16-ен-20-она



и существующего [1, 7] выявило следующие преимущества: число технологических стадий сокращается от трех до одной с одновременным уменьшением времени и увеличением общего выхода целевого продукта в среднем на 10—15%.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт фармакохимии  
 им. И. Г. Кутателадзе

(Поступило 4.2.1988)

ფარმაკოქიმია

ლ. კავთარაძე

5 $\alpha$ -ანდროსტანდიონ-3,17-ის ერთსტადიანი სინთეზი 3 $\beta$ -აცეტოქსი-5 $\alpha$ -პრეგნ-16-ენ-20-ონის ოქსიმიდან

რეზიუმე

ერთსტადიანი პროცესით მიღწეულია 5 $\alpha$ -ანდროსტანდიონ-3,17-ის სინთეზი 3 $\beta$ -აცეტოქსი-5 $\alpha$ -პრეგნ-16-ენ-20-ონის ოქსიმიდან. მეთოდი არ მოითხოვს შუალედური პროდუქტების 3 $\beta$ -აცეტოქსი-5 $\alpha$ -ანდროსტან-17-ონისა და 5 $\alpha$ -ანდროსტან-3 $\beta$ -ოლ-17-ონის გამოყოფას, რაც ამარტივებს ტექნოლოგიურ პროცესს და ზრდის საბოლოო პროდუქტის გამოსავალს.

PHARMACEUTICAL CHEMISTRY

L. K. KAVTARADZE

### 5 $\alpha$ -ANDROSTANDION-3,17 MONOSTAGED SYNTHESIS FROM 3 $\beta$ -ACETOXY-5 $\alpha$ -PREGN-16-EN-20-ONE OXIME

Summary

The monostaged process of synthesis of 5 $\alpha$ -androstandion-3,17 from 3 $\beta$ -acetoxy-5 $\alpha$ -pregn-16-en-20-one oxime has been performed. The above mentioned method does not require isolation of the intermediate products, such as 3 $\beta$ -acetoxy-5 $\alpha$ -androstan-3,17-one and 5 $\alpha$ -androstan-3 $\beta$ -ol-17-one, which leads to a significant simplification of the technological process and to an increased yield of the final product.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Э. П. Кемергелидзе, Л. К. Кавтарадзе, Л. А. Кинцурашвили, Р. И. Дабрундашвили. Авт. свид. № 1266166.
2. R. Suprabhat, L. Kasturi. J. Scient. Ind. Res. 43, 1984, 133.
3. J. Schmidt-Thome. Chem. Ber. 6, 1955, 895.
4. F. S. Rotman, M. S. Wall. J. Org. Chem. 25, 8, 1960, 1396.
5. Патент № 151686 (ЧССР).
6. Патент № 158313 (Венгрия).
7. Патент № 53787 (ПНР).
8. B. Draczyńska, E. Tłomak *et al.* Bull. de'l Acad. Pol. Das. Sci. Ser. Chim. 30, 1—12, 1982, 13.

Г. И. БУАЧИДЗЕ, И. О. НЕВИНСКИЙ, Т. В. ЦВЕТКОВА

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРАНА, ТОРИЯ, КАЛИЯ В ОБРАЗЦАХ ГОРНЫХ ПОРОД

(Представлено академиком Г. А. Твалчрелидзе 13.1.1988)

Одним из важных источников энергии Земли является радиогенное тепло, связанное с энергией, освобождающейся при распаде радиоактивных ядер. Вклад в радиогенное тепло могут вносить изотопы только с достаточно большим периодом полураспада — более 300 млн. лет [1]. Однако и среди этих долгоживущих элементов только определенные —  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  и  $^{40}\text{K}$  представляют интерес, так как распад некоторых природных изотопов идет так медленно, что их активность слишком мала, а у других ядер низкие кларковые значения.

Наиболее подходящее для задач геотермики радиометрическое определение радиоэлементов основано на измерении интенсивности их гамма-излучения. Отличительные черты метода — возможность проведения измерений без подготовительных операций и без разрушения вещества, приводящих к дополнительным погрешностям, и достаточная простота анализа с высоким уровнем чувствительности.

Основным фактором, затрудняющим проведение сцинтилляционной гамма-спектрометрии ультрамалого количества радионуклидов, является гамма-фон, приводящий к необходимости использования больших навесок проб и ограничивающий чувствительность. Повысить предел измерений и уменьшить вес проб оказалось возможным с применением низкофоновой техники измерений.

Для гамма-спектрометрии наиболее подходящими надо считать монокристаллы  $\text{NaJ}(\text{Te})$  и  $\text{CsJ}(\text{Te})$ , обладающие необходимой эффективностью регистрации и удовлетворительным разрешением. Нами был использован детектор на основе кристалла  $\text{NaJ}(\text{Te})$  размером  $100\text{ мм} \times 100\text{ мм}$  с колодцем, упакованный в медный корпус и через кварцевый световод сопряженный с ФЭУ-110. Информация выводилась на анализатор импульсов АИ-1024. Созданный прецизионный высоковольтный источник питания позволил получить стабильность спектрометрического тракта не хуже 0,8%.

Для снижения внешнего гамма-фона была создана многослойная пассивная защита из свинца, чугуна и меди [2]. Размещение установки в подземной лаборатории естественной радиоактивности СГИГ АН ГССР на глубине 65 м позволило резко уменьшить вклад космического излучения. Калибровка детектора проводилась стандартными образцами. После калибровки точность анализов проверялась образцами, измеренными в радиометрической лаборатории ГЕОХИ АН СССР им. В. И. Вернадского (табл. 1). Этот контроль дал хорошее согласие результатов измерений.

Рассмотрим некоторые результаты проведенных работ.

В табл. 2 сделана выборка из более 100 анализов кавказских образцов. Для сравнения приведены также образцы гранитов из зоны БАМ (район Северомуйского тоннеля).

Породы осадочного слоя имеют несколько меньшие величины по урану и калию и в 2 раза обеднены по торию по сравнению с усредненными по Кавказу [3]. Гранитоидные породы значительно отлича-

Таблица 1

| № | U·10 <sup>-6</sup> г/г |                 | Th·10 <sup>-6</sup> г/г |          | K·10 <sup>-2</sup> г/г |           |
|---|------------------------|-----------------|-------------------------|----------|------------------------|-----------|
|   | ГЕОХИ<br>АН СССР       | СГИГ<br>АН ГССР | ГЕОХИ                   | СГИГ     | ГЕОХИ                  | СГИГ      |
| 1 | 2,6±0,2                | 2,2±0,2         | 11,7±0,3                | 12,2±0,3 | 2,74±0,05              | 2,65±0,04 |
| 2 | 0,3±0,2                | 0,5±0,1         | 1,3±0,3                 | 0,9±0,1  | 0,13±0,05              | 0,15±0,06 |
| 3 | 0,6±0,2                | 0,5±0,1         | 2,5±0,3                 | 2,8±0,2  | 0,40±0,05              | 0,51±0,05 |
| 4 | 1,9±0,2                | 1,5±0,2         | 8,6±0,3                 | 8,6±0,2  | 2,15±0,05              | 2,14±0,04 |

ются от ранее измеренных [4] в сторону меньших значений, но в общем совпадают с содержанием гранитного слоя Большого Кавказа [3]. Совпадает и среднее отношение тория к урану (около 3). В кварцевых диоритах при пониженных значениях урана наблюдается повышенное содержание калия и тория по сравнению с кларком. При изменении основности от базальта к дациту повышается содержание урана, причем в последнем (даците) оно является трехкратным. Образцы гранитов из Северомуйска обладают несколько пониженным содержанием радиоэлементов.

Таблица 2

| №                 | Породы            | Место отбора | Содержание радионуклидов |                        |                         | Th/U |
|-------------------|-------------------|--------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|------|
|                   |                   |              | K·10 <sup>-2</sup> г/г   | U·10 <sup>-6</sup> г/г | Th·10 <sup>-6</sup> г/г |      |
| О с а д о ч н ы е |                   |              |                          |                        |                         |      |
| 319               | Песчаник          | Тбилиси      | 0,9±0,08                 | 2,3±0,2                | 3,1 ± 0,2               | 1,3  |
| 640               | "                 | Боржоми      | 0,6±0,07                 | 0,7±0,1                | 2,1 ± 0,1               | 3,0  |
| 57                | Известняк         | "            | 0,03±0,02                | 0,5±0,1                | 0,10±0,04               | 0,2  |
| НЛ-1              | Вулканиды         | Тб. бот. сад | 3,6±0,1                  | 3,1±0,2                | 7,8 ± 0,3               | 2,5  |
| НЛ-2              | "                 | "            | 1,1±0,1                  | 0,9±0,1                | 1,9 ± 0,2               | 2,1  |
| 733               | Вулканический туф | Тбилиси      | 0,5±0,06                 | 1,3±0,1                | 4,0 ± 0,2               | 3,0  |

## К р и с т а л л и ч е с к и е

|       |                      |                        |            |           |           |      |
|-------|----------------------|------------------------|------------|-----------|-----------|------|
| 14    | Гранит               | Цагери                 | 0,2±0,05   | 0,30±0,14 | 1,3±0,1   | 4,0  |
| НЛ-15 | Гранит выветрелый    | БАМ                    | 4,1±0,2    | 4,2±0,2   | 7,1±0,4   | 1,7  |
| НЛ-16 | Гранит не-выветрелый | "                      | 3,9±0,2    | 3,3±0,2   | 8,5±0,4   | 2,6  |
| НЛ-17 | "                    | "                      | 3,4±0,2    | 3,3±0,2   | 7,4±0,4   | 2,2  |
| G666  | Андезит              | Цхинвали               | 0,7±0,08   | 8,6±0,3   | 1,3±0,2   | 0,1  |
| G1623 | "                    | "                      | 1,2±0,1    | 1,9±0,1   | 3,0±0,2   | 1,6  |
| 13    | Кварцевый диорит     | Цагери                 | —          | 0,6±0,1   | 1,0±0,1   | 1,6  |
| 9     | Диорит               | Лентехи                | 0,04±0,02  | 0,10±0,06 | 0,2±0,1   | 2,0  |
| 5     | Кварцевый диорит     | "                      | 0,5 ± 0,06 | 0,6±0,1   | 2,8±0,2   | 4,6  |
| G734  | Дацит                | Цхинвали               | 0,8 ± 0,07 | 13,9±0,4  | 8,1±0,4   | 0,5  |
| G798  | "                    | "                      | 3,0 ± 0,1  | 5,2±0,2   | 10,4±0,4  | 2,0  |
| G1581 | Базальт              | "                      | 0,90±0,08  | 0,9±0,1   | 0,10±0,05 | 0,1  |
| НЛ-20 | Гранит               | Сев. Кавказ<br>БНО ИЯИ | 4,8 ± 0,2  | 6,8±0,3   | 33,4±0,5  | 4,9  |
| НЛ-21 | Гранит выветрелый    | "                      | 1,0±0,1    | 7,2±0,3   | 0,50±0,03 | 0,07 |
| НЛ-25 | Дацит                | "                      | 0,10±0,04  | 8,9±0,3   | 5,0±0,3   | 0,6  |



Таблица 3

| №  | Образцы                      | Содержание радиоэлементов |                        |                         |
|----|------------------------------|---------------------------|------------------------|-------------------------|
|    |                              | K·10 <sup>-2</sup> г/г    | U·10 <sup>-6</sup> г/г | Th·10 <sup>-6</sup> г/г |
| 1  | Вмещающая порода (известняк) | 0,05                      | 0,6                    | 0,026                   |
| 2  | Глина                        | 14,2                      | 44,1                   | 17,0                    |
| 3  | Сталактиты (средние данные)  | 0,1                       | 3,9                    | 0,52                    |
| 4  | Современный сталактит        | 0,0                       | 2,7                    | 0,34                    |
| 5  | Сталагмиты (средние данные)  | 0,01                      | 1,4                    | 0,52                    |
| 6  | „Паразит“ на сталагмите      | 0,01                      | 4,2                    | 2,2                     |
| 7  | Корка современная            | 0,38                      | 0,37                   | 3,2                     |
| 8  | Корка древняя                | 0,33                      | 0,9                    | 1,1                     |
| 9  | Корка с глиной               | 0,68                      | 37,0                   | 11,4                    |
| 10 | Чаша с глиной                | 1,52                      | 6,4                    | 5,29                    |
| 11 | „Лунное молоко“              | 5,4                       | 3,8                    | 2,3                     |

Интересным оказалось изучение карстовых образований, которые в комплексе совершенно не изучены. Рассмотрение табл. 3 показывает, что вмещающая Цхалтубскую карстовую пещеру порода почти стерильна; наибольшее содержание радиоэлементов присуще вторичным глинам, а все спелеообразования занимают промежуточное положение. Можно отметить аномальную концентрацию урана и тория в кальцитовых корках с глиной; по калию вслед за глиной стоит «лунное молоко», Древние и современные корки обнаруживают большое сходство. Значительное влияние оказывает форма вторичных образований. Так, по калию среднее содержание в сталактитах превышает на порядок таковое сталагмитов, в 2,5 раза — по урану. Наиболее молодые образования подчиняются разнонаправленным закономерностям. Из них можно отметить обогащение сталагмитов по торью и урану и обеднение сталактитов по всем трем элементам. Сталактиты являются наиболее чувствительными индикаторами изменения содержания радиоактивных минералов в карстовых водах из-за специфики их образования. Учитывая стерильность карбонатных пород и большую активность глинистого материала, главным источником радиоактивных минералов можно считать почву. Здесь происходит их накопление в виде органических комплексов, которые затем переходят в карстовую полость.

В заключение можно отметить, что приведенные примеры хорошо иллюстрируют возможности представленного метода при решении различных геологических проблем. Сцинтилляционная гамма-спектрометрия радионуклидов полностью удовлетворяет требованиям анализа большого количества образцов небольшого веса с высоким уровнем чувствительности.

Академия наук Грузинской ССР  
Сектор гидрогеологии и  
инженерной геологии

(Поступило 14.1.1988)

ბ. ბუაჩიძე, ი. ნევისკი, ტ. ცვეტკოვა

## ურანის, თორიუმისა და კალიუმის განსაზღვრა ქანებში

რეზიუმე

წარმოდგენილია ქანებში ბუნებრივი რადიონუკლიდების განსაზღვრის სცინტილაციური გამა-სპექტრომეტრული მეთოდი, რომელიც ხასიათდება დიდი მგრძობიარობით ( $10^{-9}$  გ/გ ურანისათვის) და ექსპრესულობით. განხილულია მაგალითები ამ მეთოდის გამოყენებისა გეოლოგიური ამოცანების გადასაწყვეტად.

GEOLOGY

G. I. BUACHIDZE, I. O. NEVINSKY, T. V. TSVETKOVA

## ESTIMATION OF URANIUM, THORIUM AND POTASSIUM IN ROCK SAMPLES

Summary

The paper describes the scintillation gammaspectroscopic method of estimating the content of natural radionuclides in rocks. The method is peculiar for its high sensitivity (thus, for uranium it is nearly  $10^{-9}$  gram/gram) and proximity. Some cases of applying this method for the solution of geological problems are analysed.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. А. Мейер, П. А. Ваганов. Основы ядерной геофизики. Л., 1985.
2. И. О. Невинский. Низкофоновая камера для гамма-спектрометрии. Тбилиси, 1987.
3. А. А. Смыслов, У. И. Моисеенко и др. Тепловой режим и радиоактивность Земли. Л., 1979.
4. Г. Л. Одиқадзе. Труды КИМСа, вып. 9 (11). Тбилиси, 1971.



Г. Д. СУПАТАШВИЛИ, Т. М. АДАМИЯ, Н. В. МЕУНАРГИЯ,  
Ж. Г. ГУРДЖИЯ, Н. В. ЛОРИЯ

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ДОННЫХ ОСАДКАХ СИОНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

(Представлено академиком Г. А. Твалчрелидзе 4.10.1988)

Сионское водохранилище, созданное в 1963 г. затоплением русла горной р. Иори, является одним из основных резервуаров для водоснабжения г. Тбилиси. Гидрохимический режим растворенных форм элементов, биогенных и органических веществ в водах Сионского водохранилища изучен ранее [1]. Данные о химическом составе взвеси и осадков водоема в литературе отсутствуют. Это затрудняет выяснение роли физико-химических процессов в фазовом перераспределении элементов и оценку антропогенного загрязнения водоемов.

Длина Сионского водохранилища — 11,5 км, площадь зеркала — 10,4 км<sup>2</sup>, максимальная глубина — 67 м, а объем воды — 325 млн. м<sup>3</sup> [2]. Пробы донных осадков отобраны нами летом 1985 г. по всей длине водохранилища (нумерация пунктов в направлении течения воды). Пункты отбора проб были расположены в средней части водохранилища в интервалах 1—1,2 км. Практически полное израсходование воды водохранилища облегчало доступ к местам отбора проб. В каждом пункте отобраны пробы по горизонтам 0—10, 10—30 и 30—50 см.

Макрохимический состав донных осадков определен по методике, применяемой для силикатных пород [3]. Содержание микроэлементов изучено с использованием атомно-абсорбционных (Li, Rb, Cu, Zn, Co, Ni) и спектрофотометрических (Ag, Ba, Pb, Cr, Nb) методов [4, 5]. Метрологическая оценка примененных методов проведена по результатам анализов стандартных образцов почв и пород.

Закономерности в распределении химических элементов по вертикали в донных осадках Сионского водохранилища не наблюдается, что является следствием перманентного поступления разнохарактерного материала сноса. Кроме того, заиление водохранилища протекает быстро и обогащение верхнего горизонта осадков антропогенными веществами не прослеживается. По этой причине в табл. 1 и 2 нами приведены только средние величины для всех горизонтов осадков.

По длине водохранилища (по течению воды) химический состав донных осадков меняется закономерно: плавно снижается содержание SiO<sub>2</sub>, CaO, Na<sub>2</sub>O и карбонатов, а доля других макрокомпонентов и большинства микроэлементов повышается (табл. 1). В отличие от других компонентов, четких закономерностей в распределении гумусовых веществ (ГВ) в донных осадках не наблюдается. Степень зависимости содержания химических элементов в донных осадках от расстояния до впадения р. Иори можно оценить по величинам коэффициентов корреляции (r).

Основной причиной трансформации химического состава донных осадков водохранилища по течению воды является фракционирование взвеси по минералогическому и гранулометрическому составу. Благоприятные условия для седиментационной сортировки материала сноса создаются при переходе турбулентного течения реки в ламинарный

Химический состав донных осадков Сионского водохранилища  
 ( $\text{SiO}_2$ —п.п.п. %, Li—Nb %·10<sup>-4</sup>)

| Компо-<br>ненты         | С т а н ц и и |       |       |       |       |       |       | r     |
|-------------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                         | 1             | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |       |
| $\text{SiO}_2$          | 60,01         | 58,00 | 57,02 | 55,16 | 53,67 | 51,30 | 51,30 | -0,99 |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 11,87         | 11,80 | 12,81 | 13,01 | 12,97 | 14,47 | 14,38 | 0,95  |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | 4,84          | 5,07  | 6,21  | 6,42  | 6,38  | 6,71  | 7,10  | 0,94  |
| $\text{TiO}_2$          | 1,10          | 0,80  | 1,18  | 1,20  | 1,15  | 1,30  | 1,41  | 0,77  |
| $\text{MnO}$            | 0,17          | 0,14  | 0,16  | 0,14  | 0,15  | 0,15  | 0,15  | -0,40 |
| $\text{CaO}$            | 6,03          | 6,00  | 6,33  | 5,61  | 5,74  | 4,84  | 5,07  | -0,83 |
| $\text{MgO}$            | 2,11          | 2,08  | 2,37  | 2,85  | 2,77  | 3,11  | 2,89  | 0,90  |
| $\text{Na}_2\text{O}$   | 2,21          | 2,02  | 1,89  | 2,10  | 1,66  | 1,30  | 1,12  | -0,90 |
| $\text{K}_2\text{O}$    | 2,66          | 2,80  | 2,66  | 2,90  | 2,94  | 2,80  | 2,98  | 0,75  |
| $\text{P}_2\text{O}_5$  | 0,20          | 0,21  | 0,25  | 0,22  | 0,22  | 0,25  | 0,22  | 0,00  |
| $\text{CO}_2$           | 3,96          | 3,30  | 3,30  | 3,30  | 3,19  | 2,95  | 3,08  | -0,81 |
| $\text{ГВ}^*$           | 0,11          | 0,12  | 0,13  | 0,11  | 0,13  | 0,10  | 0,18  | -0,26 |
| п.п.п.**                | 4,70          | 7,62  | 6,57  | 6,83  | 8,86  | 10,59 | 11,07 | 0,92  |
| Li                      | 49            | 50    | 53    | 55    | 56    | 54    | 56    | 0,88  |
| Rb                      | 132           | 133   | 141   | 145   | 148   | 148   | 151   | 0,96  |
| Ag                      | 0,32          | 0,30  | 0,45  | 0,38  | 0,36  | 0,56  | 0,48  | 0,32  |
| Cu                      | 20            | 50    | 50    | 50    | 50    | 70    | 70    | 0,94  |
| Zn                      | 128           | 128   | 128   | 132   | 132   | 136   | 133   | 0,85  |
| Ba                      | 360           | 420   | 400   | 460   | 530   | 520   | 560   | 0,96  |
| Pb                      | 35            | 30    | 37    | 35    | 37    | 36    | 36    | 0,46  |
| As                      | 10,0          | 9,7   | 9,7   | 10,8  | 11,2  | 11,2  | 11,1  | 0,86  |
| Cr                      | 66            | 64    | 70    | 70    | 77    | 75    | 78    | 0,92  |
| Co                      | 19            | 17    | 18    | 17    | 17    | 17    | 20    | 0,16  |
| Ni                      | 50            | 51    | 52    | 50    | 52    | 54    | 58    | 0,83  |
| Nb                      | 10            | 10    | 16    | 14    | 18    | 17    | 14    | 0,67  |

\*—гуминовые вещества, \*\*—п.п.п. (потери при прокаливании), без  $\text{CO}_2$  и гумино-вых веществ.

поток в водохранилище. Увеличение дисперсности донных осадков по длине водохранилища логичное и очевидное ( $r = -0,94$ ), а зависимость химического состава от гранулометрического подтверждается данными, полученными анализом искусственно фракционированных осадков методом седиментации.

Таким образом, в результате природной сортировки донные осадки водохранилища в направлении течения постепенно обогащаются тонкодисперсными частицами, характерными для глинистой фракции осадочных пород. Сходство среднего химического состава донных осадков верхней части Сионского водохранилища с песчаниками, а нижнего — с глинами очевидно (табл. 2).

В обогащении донных осадков вниз по течению микроэлементами важную роль играют также сорбционные процессы. Накоплению сорбированных форм элементов в нижней части водохранилища способствуют увеличение дисперсности и содержания глинистой фракции в донных осадках, а также времени контакта сорбата и сорбента. Донные осадки нижней части водохранилища, по сравнению с верхней, наиболее обогащены медью (табл. 2), которая интенсивно сорбируется природными сорбентами [6].



Своеобразно поведение свинца: его содержание в донных осадках в четыре раза больше, чем в глинах, однако накопление по течению воды не наблюдается (табл. 2). Вероятно, это следствие золевого поступления основной части техногенного свинца в воды водохранилища.

Таблица 2

Средний химический состав осадочных пород и донных осадков Сионского водохранилища (Si—P%, Li—Nb%·10<sup>-4</sup>)

| Элементы | Осадочные породы [8] |       | Сионское водохранилище |                  |         | Коэффициент обогатнения, Б : А |
|----------|----------------------|-------|------------------------|------------------|---------|--------------------------------|
|          | Песчаники            | Глины | Верхняя часть (А)      | Нижняя часть (Б) | Среднее |                                |
| Si       | 34,70                | 25,45 | 27,50                  | 23,90            | 25,74   | 0,87                           |
| Al       | 2,86                 | 9,49  | 6,27                   | 7,65             | 6,89    | 1,22                           |
| Fe       | 2,81                 | 4,82  | 3,47                   | 4,83             | 4,27    | 1,39                           |
| Ti       | 0,30                 | 0,47  | 0,57                   | 0,81             | 0,70    | 1,42                           |
| Mn       | 0,04                 | 0,05  | 0,12                   | 0,12             | 0,12    | 1,00                           |
| Ca       | 2,68                 | 2,22  | 4,29                   | 3,54             | 4,04    | 0,83                           |
| Mg       | 0,73                 | 1,50  | 1,26                   | 1,80             | 1,58    | 1,43                           |
| Na       | 0,92                 | 0,84  | 1,57                   | 0,90             | 1,30    | 0,57                           |
| K        | 1,32                 | 2,33  | 2,27                   | 2,40             | 2,34    | 1,06                           |
| P        | 0,04                 | 0,07  | 0,09                   | 0,10             | 0,10    | 1,11                           |
| Li       | 15                   | 66    | 50                     | 55               | 53      | 1,10                           |
| Rb       | 60                   | 140   | 133                    | 150              | 143     | 1,13                           |
| Ag       | 0,01                 | 0,07  | 0,31                   | 0,52             | 0,44    | 1,68                           |
| Cu       | 10                   | 45    | 35                     | 70               | 51      | 2,00                           |
| Zn       | 16                   | 95    | 128                    | 134              | 131     | 1,05                           |
| Ba       | n·10                 | 580   | 393                    | 518              | 464     | 1,32                           |
| As       | 7                    | 9     | 34                     | 36               | 35      | 1,06                           |
| Cr       | 1,0                  | 1,3   | 9,8                    | 11,1             | 10,5    | 1,13                           |
| Co       | 35                   | 90    | 65                     | 77               | 71      | 1,18                           |
| Ni       | 0,3                  | 19    | 18                     | 19               | 18      | 1,06                           |
| Ni       | 2                    | 68    | 51                     | 56               | 52      | 1,10                           |
| Nb       | 0,1                  | 20    | 13                     | 16               | 14      | 1,23                           |

В целом, судя по химическому составу донных осадков Сионского водохранилища, влияние антропогенных факторов на содержание катионогенных микроэлементов не прослеживается. С этой точки зрения, особый интерес представляет распределение серебра, так как в бассейне р. Иори ведутся работы по искусственному увеличению количества атмосферных осадков путем введения пирозолей иодида серебра в облака.

По полученным нами результатам, пока по содержанию серебра донные осадки Сионского водохранилища не отличаются от других водоемов Грузии и Армении [7].

Академия наук Грузинской ССР  
Институт геологии  
им. А. И. Джanelидзе

Тбилисский государственный  
университет

ბ. სუპატაშვილი, ტ. ადამია, ნ. მეუნარგია, ჯ. გურჯია, ნ. ლორია

## ქიმიური ელემენტების განაწილება სიონის წყალსაცავის ფსკერულ ნალექებში

რეზიუმე

შესწავლილია მაკრო- და მიკროელემენტების შემცველობა სიონის წყალსაცავის ფსკერულ ნალექებში. დადგენილია წყლის დინების მიმართულებით მათი განაწილების ზოგიერთი კანონზომიერება. მდინარე ივრის ტივტივა ნატიანის ქიმიური შედგენილობის ტრანსფორმაციის ძირითადი მიზეზებია მათი სედიმენტაციური ფრაქციონირება მინერალოგიური და გრანულომეტრული შედგენილობის მიხედვით, აგრეთვე სორბციული პროცესები.

GEOCHEMISTRY

G. D. SUPATASHVILI, T. M. ADAMIA, N. V. MEUNARGIA, Zh. G. GURJIA,  
N. V. LORIA

## DISTRIBUTION OF CHEMICAL ELEMENTS IN BOTTOM SEDIMENTS OF THE SIONI RESERVOIR

Summary

Macro- and microchemical composition of the bottom sediments of the Sioni reservoir has been studied. Some regularities of their distribution stream-wise have been found.

It has been established that the main reason for the transformation of the chemical composition of suspended substances entering the reservoir is their sedimentary fractionation according to their granulometric composition as well as sorption processes.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. Д. Супаташвили, Н. К. Карсанидзе, Т. А. Пикиладзе, Л. Ф. Цискаришвили. Труды ТГУ, т. А 2 (141), 1971, 61—67.
2. Г. С. Метрели. Водохранилища Закавказья. Л., 1985.
3. Анализ минерального сырья. Под ред. Ю. Н. Книповича. Л., 1959.
4. В. И. Симонова. Атомно-абсорбционные методы определения элементов в породах и минералах. Новосибирск, 1986.
5. Е. Сендел. Колориметрические методы определения следов металлов. М., 1964.
6. Г. Д. Супаташвили, И. А. Шарова, Н. С. Голиадзе. Литология и полезные ископаемые, № 6, 1977, 99—104.
7. Г. Г. Сванидзе, Г. Д. Супаташвили и др. Сообщения АН ГССР, т. 114, № 3, 549—552.
8. Г. В. Войткевич и др. Краткий справочник по геохимии. М., 1977.



РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИИ И ОБОГАЩЕНИЕ

В. А. ВАРДПАТРИКЯН

СПОСОБ ДЕНСИМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРОДУКТОВ  
 ГРАВИТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ

(Представлено академиком А. А. Дзидзигури 8.1.1988)

Известна взаимосвязь между распределением фракций обогащаемого сырья, физическим свойством, на котором основано обогащение, и сепарационными характеристиками обогатительных агрегатов [1]. Например, для продуктов схемы, представленной на рис. 1, эта зависимость имеет вид

$$\begin{aligned} \bar{\gamma}_1 &= \int_{\rho_{\min}}^{\rho_{\max}} \gamma(\rho) \varepsilon_I(\rho) d\rho, \\ \bar{\gamma}_2 &= \int_{\rho_{\min}}^{\rho_{\max}} \gamma(\rho) (1 - \varepsilon_I(\rho)) d\rho, \\ \bar{\gamma}_3 &= \int_{\rho_{\min}}^{\rho_{\max}} \gamma(\rho) (1 - \varepsilon_I(\rho)) \varepsilon_{II}(\rho) d\rho, \\ \bar{\gamma}_4 &= \int_{\rho_{\min}}^{\rho_{\max}} \gamma(\rho) (1 - \varepsilon_I(\rho)) (1 - \varepsilon_{II}(\rho)) d\rho, \\ \bar{\gamma}_0 &= \int_{\rho_{\min}}^{\rho_{\max}} \gamma(\rho) d\rho, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\gamma(\rho)$  — функция распределения узких фракций частиц по плотности;  $\varepsilon_I, \varepsilon_{II}$  — сепарационные характеристики первого и второго узлов разделения;  $\bar{\gamma}$  — среднее значение выхода продукта.

Представим  $\gamma(\rho)$ -функцию в виде конечного ряда фракций. Тогда систему (1) можно представить в виде

$$\begin{aligned} \bar{\gamma}'_1 &\approx \sum_{i=1}^n \gamma(\rho_i) \varepsilon_I(\rho_i) \Delta\rho_i, \\ \bar{\gamma}'_2 &\approx \sum_{i=1}^n \gamma(\rho_i) (1 - \varepsilon_I(\rho_i)) \Delta\rho_i, \end{aligned}$$





$$\bar{\gamma}_3 \approx \sum_{i=1}^n \gamma(\rho_i) (1 - \varepsilon_I(\rho_i)) \varepsilon_{II}(\rho_i) \Delta \rho_i, \quad (2)$$

$$\bar{\gamma}_4 \approx \sum_{i=1}^n \gamma(\rho_i) (1 - \varepsilon_I(\rho_i)) (1 - \varepsilon_{II}(\rho_i)) \Delta \rho_i,$$

$$1 \approx \sum_{i=1}^n \gamma(\rho_i) \Delta \rho_i.$$

Схема, представленная на рис. 1, неидеально разделяет исходное сырье на три фракции, поэтому для данной схемы можно условно выделить три искомые фракции плотности.

Имея пять средних значений выходов продуктов схемы, значения трех упомянутых выше фракций и сепарационных характеристик, из

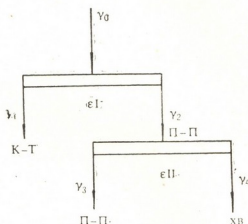


Рис. 1. Простая разделительная схема из двух операций

системы уравнений (2) получаем переопределенную систему из пяти уравнений с тремя неизвестными. Систему уравнений будем решать с применением принципа максимального правдоподобия.

Выходы  $\bar{\gamma}_i$  имеют ошибку, и истинное значение  $\bar{\gamma}_i$  лежит в интервале, очерченном погрешностями расчетов, вокруг исходного значения. За базовые данные примем данные подсистемы экспрессанализа АСУ ТП обогатительной фабрики, в которых выходы  $\bar{\gamma}_i$  получаются в результате балансовых расчетов с использованием корректировок измеренных данных по критерию максимального правдоподобия [2].

При этом дисперсии выходов могут быть определены согласно [3]. Будем считать их известными

$$\sigma^2(\bar{\gamma}_i) = [\sigma^2(\bar{\gamma}_1), \sigma^2(\bar{\gamma}_2), \dots, \sigma^2(\bar{\gamma}_n)],$$

где  $\bar{\gamma}_i$  — значение выхода, полученное с использованием расчетов по критерию максимального правдоподобия.

Сепарационные характеристики обычно определяются по формуле

$$\varepsilon_k(\rho_i) = \frac{Q_k \gamma_k(\rho_i)}{Q_{\text{пум}} \gamma_{\text{пум}}(\rho_i)}, \quad (3)$$

где  $\varepsilon_k$  — сепарационная характеристика концентрата;  $Q_k, Q_{\text{пум}}$  — масса концентрата, исходного продукта.





ნო ნაიტი ისკომყ ვეკტორ. დღა ოფსკანაი ნაიბოლე ვეროატიყ ოცენოკ ვეკტორა  $\gamma(\rho) = (\gamma_{\Phi_1}, \gamma_{\Phi_2}, \dots, \gamma_{\Phi_n})$  ნე ობჟაიბათელი ისპოლზოვარ ოფსკანაი ვიშე მეთოდ, მოგუტ ბიტი პრიმენენი დ დრუგე მეთოდე რეშენა, ოსოვანნიე ნა პრინციპე მაქსიმალნიო პრავდოპოდობია.

ნაუჩნო-ისლედოვათელიყ დ პროექტნო-კონსტრუქტორსკი ინსტიტუტი  
პო სპეციალნიე ვიდა მ ტრანსპორტა  
დ სისტემ ეგო ავტომატიზაციი

(პოსტუპილო 11.3.1988)

საბაღოთა დავაშუაშევაბა დ ბამდიღრეობა

3. ვარდპატრიკიანი

პროდუქტეზის გრავიტაციული ბამდიღრეობის დენსიმეტრიული  
ანალიზის ხერხი

რეზიუმე

მოცემულია დენსიმეტრიული ანალიზი, დაფუძნებული გამდიღრეობის ტექნოლოგიის უშუალო სქემის გამოყენებაზე ანალიზატორის სახით. სიმკვრივის ფრაქციის მიხლოებული მნიშვნელობების ანგარიში გაკეთებულია გასამდიღრეობელი ნედლეულის ფრაქციის განაწილებაში ურთიერთკავშირის მეშვეობით, აგრეგატების სეპარაციული თვისებებითა და სიმკვრივით. მიღებული მონაცემების შესწორება წარმოებს მაქსიმალური დამაჯერებლობის პრინციპების გამოყენებით.

## EXPLOITATION AND CONCENTRATION OF DEPOSITS

V. A. VARDPATRIKYAN

### A TECHNIQUE OF DENSIMETRIC ANALYSIS OF GRAVITATIONAL CONCENTRATION PRODUCTS

#### Summary

The paper presents a technique of densimetric analysis based on the use of concentration technology scheme as an analyser. Approximate values of density fractions are calculated based on interrelationship between fraction distribution of preparation raw material and density and separation characteristics of aggregates. The obtained indices are adjusted based on the principle of maximal verisimilitude.

#### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. О. Н. Тихонов. Теоретические основы сепарационных процессов обогащения полезных ископаемых. Л., 1978, 4—8.
2. Н. П. Клепиков, С. Н. Соколов. Анализ и планирование экспериментов методом максимального правдоподобия. М., 1964.
3. Е. Г. Емельянов. Труды «Механобра», вып. 142, 1975, с. 29—39.



УДК 621.868:534.143

МАШИНОВЕДЕНИЕ

И. А. ПИТИМАШВИЛИ

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
 ОСНОВНЫХ РЕЗОНАНСНЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ  
 ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЕЙ

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. В. Хвингия 15.12.1987)

При определении энергетических и динамических характеристик электровибрационных машин необходимо учитывать эффект обратного воздействия колебательной механической системы на функционирование источника энергии — электромагнита [1]. Ниже приводится аналитическое решение, описывающее формирование переходных и установившихся процессов основных резонансных режимов одноконтурных электромагнитных вибровозбудителей с полупроводниковым диодом в цепи питания.

Математическая модель единой электромеханической системы вибромашин и схема ее анализа, основанная на использовании методов малого параметра и приспособывания, приведены в [2]. При значении коэффициента настройки  $b = \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{k}{m}} = 1$  ( $k$  — жесткость упругой системы,  $m$  — приведенная масса двухмассовой системы,  $\omega$  — круговая частота питающего напряжения) получено следующее решение системы дифференциальных уравнений:

при  $2(n-1)\pi \leq \tau \leq (2n-1)\pi$

$$\begin{aligned}
 x_{-n}(\tau) = & \left\{ Q \left[ \left[ \dot{x}(0) + \frac{d}{a} - 0,16N_1 \frac{1}{a} \right] \cdot \left[ (1 - 1,3\epsilon ad) e^{-\varphi} \right]^{(n-1)} + \right. \\
 & + 0,16N_1 \frac{1}{a} \left. \right] - \frac{d}{a} \left. \right\} \sin \tau + \left\{ Q \left[ \left[ x(0) - 1,3d - 0,16N_2 \frac{1}{a} \right] \cdot \left[ (1 - \right. \right. \\
 & - 4,7\epsilon ad) e^{-\varphi} \right]^{(n-1)} + 0,16N_2 \frac{1}{a} \left. \right] + 2 \frac{\epsilon d^2}{a} \left. \right\} \cos \tau + 1,5d - 2,5 \frac{\epsilon d^2}{a} - \\
 & - \frac{\epsilon d}{a} (1,5d - 1) [\tau - 2\pi(n-1)] \sin \tau + \left( 0,5 \frac{\epsilon d^2}{a} - 0,2d \right) \cos 2\tau; \quad (1)
 \end{aligned}$$

при  $(2n-1)\pi \leq \tau \leq 2n\pi$

$$\begin{aligned}
 x_{+n}(\tau) = & \left\{ Q \left[ \left[ \dot{x}(0) + \frac{d}{a} - 0,16N_1 \frac{1}{a} \right] \cdot \left[ (1 - 1,3\epsilon ad) e^{-\varphi} \right]^{(n-1)} + \right. \\
 & + 0,16N_1 \frac{1}{a} \left. \right] - \frac{d}{a} - 3,14 \frac{\epsilon d}{a} (1,5d - 1) \left. \right\} \sin \tau + \left\{ Q \left[ \left[ x(0) - 1,3d - \right. \right. \\
 & - 0,16N_2 \frac{1}{a} \left. \right] \cdot \left[ (1 - 4,7\epsilon ad) e^{-\varphi} \right]^{(n-1)} + 0,16N_2 \frac{1}{a} \left. \right] - \\
 & - 1,3d + 4 \frac{\epsilon d^2}{a} \left. \right\} \cos \tau. \quad (2)
 \end{aligned}$$

Здесь введены безразмерные переменные и параметры

$$\tau = \omega t; \quad x = \frac{z}{\delta}; \quad \varphi = 2\pi a = \frac{\pi c}{m\omega}; \quad \varepsilon = \frac{2r\delta}{\mu S \omega \omega^2};$$

$$d = \frac{u_0^2}{\mu m \delta S \omega^4 \omega^2}; \quad N_1 = -3,1 \frac{\varepsilon d}{a} (1,5d - 1);$$

$$N_2 = -2,6d + 4 \frac{\varepsilon d^2}{a}; \quad Q = \exp \{ -a [\tau - 2\pi(n-1)] \}, \quad (3)$$

где  $z$  — перемещение активной массы относительно реактивной;  $t$  — время;  $c$  — условный коэффициент сопротивления системы;  $\mu$  — магнитная проницаемость воздуха;  $S$  — площадь активного сечения магнитопровода;  $r$  — активное сопротивление обмотки электромагнита;  $\omega$  — число витков в обмотке;  $\delta$  — начальное значение воздушного зазора;  $u_0$  — амплитуда питающего напряжения. Зависимость (1) описывает работу машины до ( $-n$ ), а зависимость (2) — после ( $+n$ ) выключения напряжения в  $n$ -м периоде его изменения.

Анализ полученного решения показывает, что доминирующими по амплитуде в колебательном спектре являются гармоники  $\sin \tau$  и  $\cos \tau$ , соответствующие основным резонансным режимам; вклад в спектр гармоник более высоких порядков невелик. От начальных условий зависит лишь время установления основных резонансных колебаний. При  $n \gg 1$  решение выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} x_{-n}(\tau) = & 1,5d - 2,5 \frac{\varepsilon d^2}{a} - \frac{d}{a} \left\{ 1 + \varepsilon (1,5d - 1) \left[ 0,5 \frac{1}{a} Q + [\tau - 2\pi(n-1)] \right] \right\} \times \\ & \times \sin \tau + \frac{d}{a} \left\{ 2\varepsilon d + Q \left( 0,64 \frac{\varepsilon d}{a} - 0,41 \right) \right\} \cos \tau + \\ & + \left( 0,5 \frac{\varepsilon d^2}{a} - 0,2d \right) \cos 2\tau; \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} x_{+n}(\tau) = & - \frac{d}{a} \left\{ 1 + \varepsilon (1,5d - 1) \left[ 3,14 + 0,5 \frac{1}{a} Q \right] \right\} \sin \tau + \\ & + \frac{d}{a} \left\{ 4\varepsilon d - 1,3a + Q \left( 0,64 \frac{\varepsilon d}{a} - 0,41 \right) \right\} \cos \tau. \end{aligned} \quad (5)$$

Зависимости (1)–(5) дают информацию о совместном влиянии характеристик электромагнита, коэффициента демпфирования и начальных условий на амплитуду колебаний в любом временном интервале — как в переходном, так и в установившемся режимах.

На основе полученных решений могут быть проанализированы процессы преобразования энергии в электромагнитных вибровозбудителях.

Мощность, потребляемая вибровозбудителем из сети, определяется соотношением



$$P_3 = \frac{\frac{2\pi n}{\omega}}{\frac{2\pi(n-1)}{\omega}} \int_0^{(2n-1)\pi} uidt = \frac{u_0^2}{2\pi r} \epsilon \int_0^{(2n-1)\pi} (1-x)y \sin \tau d\tau, \quad (6)$$

где  $u = u_0 \sin \omega t$  — питающее напряжение;  $i$  — ток в обмотке электромагнита, который связан с потоком магнитной индукции  $\Phi = \frac{u_0}{\omega \omega} y$  соотношением  $i = \frac{2(\delta - z)}{\mu S \omega} \Phi$  [2].

С учетом членов нулевого приближения по  $\epsilon$  в подынтегральном выражении ( $y_0, -n = 1 - \cos \tau$  [2]) из (4), (6) получаем

$$P_3 = \frac{u_0^2}{2\pi r} \epsilon \left( 2,0 + 1,3 \frac{d}{a} - 3,1 d \right). \quad (7)$$

Подставив в (7) параметры 1-киловаттной машины С-921 ( $u_0 = 220$  В,  $\epsilon = 8 \cdot 10^{-3}$ ,  $r = 0,16$  Ом,  $d = 4,4 \cdot 10^{-2}$ ; коэффициент  $a$  выбираем следуя (4), 5) из условия равенства амплитуды зазору —  $\frac{d}{a} = 0,86$ ), получим  $P_3 = 1,14$  кВт; указанный результат свидетельствует о высокой точности соотношения (7).

Часть электрической энергии посредством электромагнита, развивающего усилие  $F(z, t)$ , преобразуется в механическую. Полезная активная мощность, расходуемая на совершение колебательного движения, определяется соотношением

$$P_M = \frac{\frac{2\pi n}{\omega}}{\frac{2\pi(n-1)}{\omega}} \int_0^{(2n-1)\pi} F \dot{z} dt = \frac{m\delta^2 \omega^3}{2\pi} \int_0^{(2n-1)\pi} (\ddot{x}_{-n} + 2a\dot{x}_{-n} + x_{-n}) \dot{x}_{-n} d\tau. \quad (8)$$

Подстановка (4) в (8) дает

$$P_M = \frac{m\delta^2 \omega^3}{2} \cdot \frac{d^2}{a} \left[ 1 + \frac{\epsilon}{a} (1,5d - 1) \right]. \quad (9)$$

Из соотношений (7), (9) можно определить коэффициент полезного действия вибровозбудителя  $\eta = P_M / P_3$ .

Практическое использование полученных результатов открывает возможности для определения оптимальных параметров электромагнитных вибровозбудителей, реализующих основные резонансные режимы колебаний.

## ი. პიტმაშვილი

ელექტრომაგნიტური ვიბროალმგზნების ძირითადი რეზონანსული რეჟიმების მნიშვნელოვანი მახასიათებლების განსაზღვრის შესახებ

## რეზიუმე

მოყვანილია ანალიზური ამოხსნა, რომელიც აღწერს ერთტაქტიანი ელექტრომაგნიტური ვიბროალმგზნების ძირითადი რეზონანსული რეჟიმების გარდამავალი და დამყარებული პროცესების ფორმირებას. მიღებულია თანაფარდობები, რომლებიც განსაზღვრავენ ვიბროალმგზნების ქსელიდან მიღებულ სიმძლავრესა და რხევითი მოძრაობის შესრულებისათვის დახარჯულ სასარგებლო აქტიურ სიმძლავრეს.

MACHINE BUILDING SCIENCE

I. A. PITIMASHVILI

## ON THE DETERMINATION OF BASIC RESONANCE REGIME ENERGY CHARACTERISTICS OF ELECTROMAGNETIC VIBRATION EXCITERS

## Summary

The paper presents the analytical solution describing the formation of transient and established processes of basic resonance regimes of single-cycle electromagnetic vibration exciters. Relationships are obtained which permit to define the power consumed by the vibration exciter from the circuit and the useful active power spent to perform the oscillatory motion.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. М. В. Хвингия. Динамика и прочность вибрационных машин с электромагнитным возбуждением. М., 1980.
2. М. В. Хвингия, М. М. Тедошвили, И. А. Питимашвили. Электромагнитные субгармонические возбудители колебаний. Тбилиси, 1987.

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

К. А. ХУЦИШВИЛИ, Б. П. ГРАДУСОВ, Н. П. ЧИЖИКОВА

ИЗМЕНЕНИЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ИЛИСТОГО  
 ВЕЩЕСТВА ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ АЛАЗАНСКОЙ ДОЛИНЫ ПОД  
 ВОЗДЕЙСТВИЕМ ФОСФОГИПСА И ОРГАНИЧЕСКИХ  
 МЕЛИОРАНТОВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. К. Дараселия 28.1.1988)

Минералогический состав ряда почв Алазанской долины был предметом специального исследования [1]. Как можно заключить из рассмотрения части имеющихся в работе термограмм, а также результатов валового химического анализа, в илистом веществе преобладающим компонентом является гидрослюда. Судя по значительному низкотемпературному эндотермическому эффекту удаления адсорбированной воды, в илистом веществе имеется смектитовый компонент.

Мы исследовали подфракции ила, выделяемые из образцов почв по методике Н. И. Горбунова: воднопептизируемый (ВПИ) и водноагрегируемый (ВАИ).

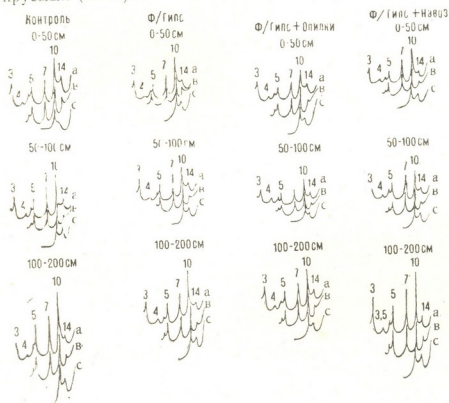


Рис. 1. Дифракционные картины ВПИ: а — воздушно-сухая; б — с этиленгликолем; в — после прокалывания при 550°C

Дифракционные картины водноагрегируемого и воднопептизируемого ила однотипны (рис. 1 и 2). Это говорит о наличии одной ассоциации глинистых и сопутствующих минералов. Во фракциях присутствуют диоктаэдрические гидрослюда с повышенным содержанием железа, триоктаэдрические магниезнально-железистые хлориты и хлорит-вермикулитовые смешаннослойные образования, слюдо-смекти-

товые образования, кварц и полевые шпаты. Диагностика минералов проводилась по известным руководствам [2—4].

Прежде всего необходимо отметить, что илстые вещества распределены по почвенному профилю различно. Сверху вниз как в подфракциях ВПИ, так и ВАИ увеличивается степень структурной и текстурной упорядоченности (уменьшается степень рентгеноаморфности). Минералогический состав и распределение фаз по профилю почвы характерны для почв, развитых на древних осадочных породах Закавказья в условиях аридной-семiarидной биоклиматической обстановки.

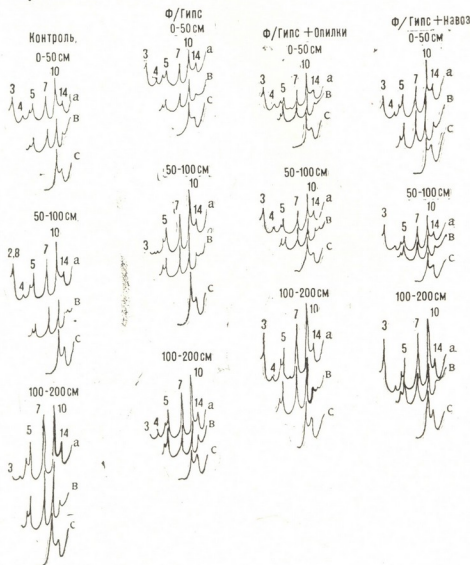


Рис. 2. Дифракционные картины ВАИ: а — воздушно-сухая; б — с этиленгликолем; о — после прокалывания при 550°С

Фракции ВПИ по сравнению с подфракциями ВАИ характеризуются меньшей интенсивностью базальных рефлексов глинистых минералов и смешанослойных образований как в контрольных образцах, так и в опытных. При этом заметных изменений минералогического состава не установлено. Можно полагать лишь, что подфракции воднопептизируемого ила имеют меньше смектитового компонента, но больше хлорита (таблица). В принципе же подфракции отличаются по показаниям рентгенодифрактометрического метода более высокой структурой упорядоченности минералов глинистого типа и/или более совершенной степенью их ориентации на базальную плоскость при приготовлении ориентированных препаратов.



Соотношение компонентов в подфракциях воднопептизируемого (ВПИ) и водноагрегируемого (ВАИ) ила

| Вариант опыта    | Глубина образца, см | ВПИ              |     |     | ВАИ |     |     |
|------------------|---------------------|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                  |                     | Основные фазы, % |     |     |     |     |     |
|                  |                     | 7Å               | 10Å | 18Å | 7Å  | 10Å | 18Å |
| Контроль         | 0—50                | 25               | 68  | 8   | 26  | 65  | 9   |
| Фосфогипс        | "                   | 25               | 68  | 7   | 26  | 67  | 7   |
| Фосфогипс+опилки | "                   | 29               | 62  | 9   | 24  | 65  | 11  |
| Фосфогипс+навоз  | "                   | 34               | 63  | 3   | 34  | 61  | 5   |
| Контроль         | 50—100              | 33               | 62  | 5   | 26  | 66  | 6   |
| Фосфогипс        | "                   | 31               | 62  | 7   | 27  | 65  | 8   |
| Фосфогипс+опилки | "                   | 28               | 63  | 9   | 23  | 68  | 9   |
| Фосфогипс+навоз  | "                   | 29               | 63  | 8   | 32  | 59  | 9   |
| Контроль         | 100—200             | 26               | 71  | 3   | 28  | 68  | 5   |
| Фосфогипс        | "                   | 26               | 71  | 3   | 29  | 67  | 4   |
| Фосфогипс+опилки | "                   | 26               | 67  | 7   | 32  | 62  | 6   |
| Фосфогипс+навоз  | "                   | 33               | 65  | 2   | 29  | 63  | 8   |

Как следует из материалов таблицы, под влиянием фосфогипса понижается интенсивность базальных рефлексов ( $pkL$ ) серии в пределах  $4,4 \text{ \AA}$ . Эта тенденция изменений сохраняется в варианте с внесением фосфогипса с опилками. Но здесь понижение интенсивности более значительно. Относительно нарастает и интенсивность отражения кварца ( $4,26$  и  $3,3 \text{ \AA}$ ).

От контрольного образца к варианту с внесением фосфогипса и опилок увеличивается доля смектитового компонента в воднопептизируемом иле. В варианте с навозом количество смектитового компонента падает, базальные отражения глинистых минералов становятся более острыми и симметричными, чем на дифракционной картине контрольного образца.

Снизу вверх по почвенному профилю наблюдаются определенные различия между образцами. Максимальная степень понижения интенсивности в варианте с опилками фиксируется в иле образца с глубины  $100—200$  см. Но в этом случае не понижается количество смектитового компонента. Минимальное изменение дифракционных картин имеет место в образце с глубины  $50—100$  см.

В дифракционных картинах водноагрегируемого ила отмечаются такие же изменения, как и для подфракции воднопептизируемого ила. Главная особенность состоит в том, что здесь понижение интенсивности не бывает таким значительным, как в подфракциях воднопептизируемого ила.

Для объяснения этого процесса необходимо учесть следующее: 1) несмотря на существенное понижение интенсивности всех рефлексов, изменений соотношения интенсивностей основных базальных рефлексов (при  $14$ ;  $10$ ;  $7 \text{ \AA}$ ) практически нет; 2) наряду с понижением интенсивности базальных рефлексов, появляются общие рефлексы или растет их интенсивность; 3) падение интенсивности основных базальных рефлексов глинистых минералов отвечает увеличению мощности отражения кварца.

Перечисленное можно рассматривать как следствие следующих явлений. При внесении фосфогипса, равно как и фосфогипса с опилками, происходит увеличение рентгеноаморфного разбавителя, а так-



же понижение степени совершенства укладки частиц при приготовлении ориентированного препарата. Судя по изменению профилей дифракционных пиков и данным таблицы, в варианте с навозом ил верхнего горизонта теряет смектитовую компоненту, возможно, в результате выноса с фильтрующими растворами.

Отмеченные выше изменения дифракционных картин водноагрегированного ила отражают его меньшую активность в процессах преобразования ила под влиянием мелиорантов. В варианте фосфогипс с опилками илистое вещество приобретает максимальную способность к агрегации и не утрачивает смектитового компонента.

Грузинский институт почвоведения,  
 агрохимии и мелиорации

Почвенный институт  
 им. В. В. Докучаева  
 г. Москва

(Поступило 4.2.1988)

ნიდაგამომდგომი

ა. ხუციშვილი, ბ. გრადუსოვი, ნ. ჩიჯიკოვა

ალაზნის ველის დამლაშებულ ნიდაგების ლამის ფრაქციის მინერალოგიური შემადგენლობის ცვლილება ფოსფორბაზის და ორგანული მელიორანტების ზეგავლენით

რეზიუმე

ფოსფორბაზის ნაკელთან შეთანაწყობის ვარიანტზე ლამის ფრაქცია კარგავს სმექტიტებს, რაც, შესაძლებელია, დაკავშირებულია მის გამორეცხვასთან ფილტრირებული ხსნარებით. ფოსფორბაზის ნახერხთან შეთანაწყობის ვარიანტზე ლამის ფრაქცია მაქსიმალურად აგრეგირებულია და არ კარგავს სმექტიტებს.

SOIL SCIENCE

K. A. KHUTSISHVILI, B. P. GRADUSOV, N. P. CHIZHIKOVA

## CHANGES IN MINERALOGICAL COMPOSITION OF SILT MATTER OF SALINE SOILS OF THE ALAZANI VALLEY UNDER THE INFLUENCE OF PHOSPHOGYPSUM AND ORGANIC AMENDMENTS

Summary

Silt matter from higher horizons loses smectite components when phosphogypsum and manure are added to the soil. Silt matter acquires the maximum ability for aggregation and does not lose smectite component when treated with phosphogypsum and sawdust.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. И. Чхиквишвили. Сб. трудов. X Междунар. конгресса почвоведов. М., 1974.
2. Г. Браун. Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов. М., 1965.
3. Н. И. Горбунов, Б. П. Градусов. Почвоведение, № 6. 1966.
4. Clay and Clay Minerals. N. Y.-London, 1959.

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

С. М. ШАМЦЯН, Т. А. ЦЕРЦВАДЗЕ, Ц. Е. ХАХУТАШВИЛИ

**ВЛИЯНИЕ РЕТАРДАНТОВ РОСТА НА СОДЕРЖАНИЕ ВОДЫ  
В ВИНОГРАДНОЙ ЛОЗЕ В СВЯЗИ С МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТЬЮ**

(Представлено академиком Г. А. Савадзе 20.11.1987)

Степень повреждений растений низкими температурами меняется при различном состоянии в нем форм воды [1, 2]. Связанная вода в жизнедеятельности растений обуславливает стойкость к неблагоприятным условиям внешней среды.

В последнее время ведутся работы с различными ретардантами роста, существенно влияющими на направленность физиолого-биохимических процессов в растении. Экзогенные регуляторы роста влияют также на водный обмен, способствуя изменению содержания воды в растении [3], и вследствие этого наблюдаются возрастание количества связанной воды [4, 5], подавление роста и повышение устойчивости.

Нами были применены ретарданты алар (моно N,N-диметилгидразид янтарной кислоты), гидрел (бис-кислый-2-хлорэтил-фосфановокислый гидразиний) и ССС (хлорхолинхлорид). Объектами исследований служили ведущие промышленные сорта виноградных лоз Горули мцване и Чинури, районированные в Восточной Грузии. Растения опрыскивались четырежды: до и после цветения, во время физиологической зрелости ягод и в конце сентября, в период подготовки лозы к зиме. Опрыскивались лозы 0,15 и 0,2% водным раствором алара, 0,02 и 0,03% гидрела и 0,15% ССС. Фракционный состав воды в побегах определялся рефрактометрическим методом [6]. Морозоустойчивость обработанных ретардантами лоз, а также контрольных растений — замораживанием срезаемых побегов в холодильных камерах. Замораживались одногодичные побеги при температуре —18, —20, —22, —23°C. Данные об изменчивости содержания воды в побегах виноградной лозы приводятся в таблице, из которой видно, что сорта Горули мцване и Чинури летом и осенью отличаются друг от друга по этому показателю, к зиме это отличие сглаживается.

Побеги Горули мцване и Чинури, обработанные растворами алара и гидрела различной концентрации, а также ССС содержат меньше воды по сравнению с контролем.

Летом содержание влаги в побегах сорта Горули мцване значительно ниже в растениях, опрыснутых 0,2% раствором алара и 0,03% гидрела, означенное соотношение к осени несколько сглаживается. Зимой содержание общей воды значительно убывает как в контрольных, так и в обработанных ретардантами растениях. Следует выделить лозы с относительно низким содержанием воды в побегах, обработанных 0,2% аларом и 0,02 и 0,03% гидрелом.



Содержание воды в побегах виноградной лозы, обработанных ретардантами роста (количество воды в %)

| Варианты           | Июль       |                |                | Октябрь    |                |                | Декабрь    |                |                | Январь     |                |                | Февраль    |                |                |
|--------------------|------------|----------------|----------------|------------|----------------|----------------|------------|----------------|----------------|------------|----------------|----------------|------------|----------------|----------------|
|                    | Общая вода | Свободная вода | Связанная вода | Общая вода | Свободная вода | Связанная вода | Общая вода | Свободная вода | Связанная вода | Общая вода | Свободная вода | Связанная вода | Общая вода | Свободная вода | Связанная вода |
| Сорт Горули мцване |            |                |                |            |                |                |            |                |                |            |                |                |            |                |                |
| Контроль           | 79,42      | 58,64          | 20,78          | 60,18      | 33,60          | 26,58          | 53,98      | 19,27          | 34,71          | 52,36      | 13,70          | 38,66          | 51,33      | 27,74          | 23,59          |
| Алар 0,15%         | 74,92      | 52,46          | 22,46          | 59,90      | 37,80          | 22,10          | 51,02      | 14,03          | 36,99          | 52,67      | 9,13           | 43,54          | 50,28      | 31,59          | 18,69          |
| Алар 0,2%          | 66,54      | 42,70          | 23,84          | 58,74      | 28,01          | 30,73          | 49,70      | 9,58           | 40,12          | 51,14      | 5,40           | 45,74          | 50,96      | 24,64          | 26,32          |
| Идрел 0,02%        | 71,46      | 48,10          | 23,36          | 58,69      | 30,03          | 28,66          | 48,71      | 7,22           | 41,49          | 51,03      | 6,97           | 44,06          | 45,97      | 16,17          | 29,80          |
| Идрел 0,03%        | 68,99      | 44,42          | 24,57          | 50,25      | 20,50          | 29,75          | 50,20      | 9,82           | 40,38          | 50,00      | 11,60          | 38,40          | 51,98      | 21,36          | 30,62          |
| ССС 0,15%          | 73,81      | 47,90          | 25,91          | 55,57      | 24,90          | 30,67          | 51,05      | 7,23           | 43,82          | 53,63      | 9,27           | 44,36          | 53,99      | 27,54          | 26,45          |
| Сорт Чивури        |            |                |                |            |                |                |            |                |                |            |                |                |            |                |                |
| Контроль           | 69,04      | 53,90          | 15,14          | 57,00      | 32,90          | 24,10          | 52,09      | 20,40          | 31,69          | 51,96      | 14,47          | 37,49          | 49,67      | 23,30          | 26,37          |
| Алар 0,15%         | 69,18      | 48,80          | 20,38          | 55,97      | 25,00          | 30,97          | 50,79      | 12,33          | 38,46          | 50,90      | 12,39          | 38,51          | 48,36      | 19,97          | 28,39          |
| Алар 0,2%          | 65,29      | 40,50          | 24,79          | 54,32      | 24,32          | 30,00          | 48,76      | 12,08          | 36,68          | 50,29      | 11,67          | 38,62          | 47,78      | 15,66          | 32,12          |
| Идрел 0,02%        | 70,41      | 46,60          | 23,81          | 55,74      | 23,60          | 32,14          | 48,12      | 15,12          | 33,00          | 50,38      | 10,80          | 39,58          | 49,41      | 15,29          | 34,12          |
| Идрел 0,03%        | 66,61      | 46,00          | 20,61          | 55,85      | 22,62          | 33,23          | 50,00      | 17,37          | 32,63          | 47,47      | 13,26          | 34,21          | 48,40      | 15,60          | 32,80          |
| ССС 0,15%          | 64,89      | 38,99          | 25,90          | 56,90      | 33,76          | 23,14          | 45,71      | 12,17          | 33,54          | 48,98      | 11,46          | 37,52          | 48,45      | 20,80          | 27,65          |

Оводненность побегов сорта Чинури несколько ниже во все сроки по сравнению с сильнорослым сортом Горули мцване. Контрольные растения по сравнению с опрыснутыми отличаются повышенным содержанием воды, однако здесь также наблюдается тенденция уменьшения влаги с осени к зиме, особенно у лоз, обработанных ретардантами роста.

Повышается содержание связанной воды в декабре и январе в сорте Горули мцване как в контрольных, так и в опрыснутых растениях, особенно в побегах, обработанных 0,2% раствором алара, 0,02% гидрела и 0,15% ССС. В феврале имеют место уменьшение количества связанной и увеличение свободной воды за счет изменения соотношения форм воды в одногодичных побегах.

В сорте Чинури содержание связанной воды зимой по сравнению с летним и осенним периодами значительно повышено как в опрыснутых, так и в контрольных лозах, особенно в вариантах опыта с 0,15% аларом и 0,02% гидрелом. Отмечается также повышение содержания связанной воды зимой при обработке растений хлорхалинхлоридом, но несколько меньшее. В феврале у сорта Чинури наблюдается тенденция уменьшения связанной воды, однако в опрыснутых лозах ее количество несколько выше.

Растения, обработанные ретардантами аларом и гидрелом, в результате замораживания показали более высокую морозоустойчивость.

На основании полученных результатов следует отметить, что у лоз, обработанных ретардантами, зимой повышается количество связанной воды.

Для сорта Горули мцване сравнительно повышенное количество связанной воды отмечается при обработке растворами алара 0,2% и гидрела 0,02%, а для сорта Чинури — 0,15% аларом и 0,02% гидрелом.

Таким образом, лозы, опрыснутые ретардантами и имеющие повышенное содержание связанной воды, оказались более морозоустойчивыми, за исключением лоз, обработанных хлорхалинхлоридом.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт ботаники  
 им. Н. Н. Кецихели

(Поступило 3.12.1987)

გვანარათა ფიზიოლოგია

ს. შამციანი, თ. ცერცვაძე, ვ. ხახუტაშვილი

ზრდის რეტარდანტების გავლენა ვაჟში წყლის შემცველობაზე  
 უნივერსიტეტის დაკავშირებით

რეზიუმე

შესწავლილია ზრდის რეტარდანტების (ალარი, გიდრელი და ССС) გავლენა წყლის შემცველობაზე ვაზის საწარმოო ჯიშებში გორულ მწვანესა და ჩინურში. გამოირკვა, რომ დეკემბერ-იანვარში რეტარდანტებით დამუშავებული ვაზის ლერწები საკონტროლოსთან შედარებით გამოირჩევა ბმული წყლის მეტი შემცველობით.

S. M. SHAMTSYAN, T. A. TSERTSVADZE, Ts. E. KHAKHUTASHVILI

## THE EFFECT OF GROWTH RETARDANTS ON GRAPEVINE WATER CONTENT IN RELATION TO FROST-RESISTANCE

## Summary

The influence of growth retardants alar, hydrel and CCC on the content of total and fixed water in grapevine shoots of the Goruli Mtsvane and Chinuri varieties in connection with their frost-resistance has been studied.

The vines were sprayed with 0.15% and 0.2% water solutions of alar, 0.02% and 0.03% solutions of hydrel and 0.15% solution of CCC. The plants subjected to the action of these retardants were notable for a smaller amount of total moisture and an increased amount of fixed water in winter as compared with control. They were also more frost-resistant. The vines treated with growth retardants and having an increased content of fixed water were in correlative relationship with frost-resistance, except for ones sprayed with chlorcholin-chloride.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. О. А. Красавцев, И. И. Хвалик. Физисл. раст., т. 29, вып. 3, 1982.
2. Л. П. Хохлова, П. Р. Хажина, Г. Д. Денисова, Ю. М. Петушкина. Физиол. и биохим. культ. раст., т. 7, вып. 6, 1975.
3. L. N. Dolgorolova, A. P. Lakhanov, Khim Sel'sk Khoz., 17(9), 27 1979.
4. Т. П. Кучерова, А. И. Лищук, С. А. Стадник. Физиол. и биохим. культ. раст., т. 11, вып. 1, 1979.
5. Л. Я. Соломоновский. Некоторые физиолого-биохимические аспекты теплолюбивых растений к температурным и химическим воздействиям. Новосибирск, 1981.
6. А. Ф. Маринчик. Сб. «Биологические основы орошаемого земледелия». М., 1957.



И. С. КАПАНАДZE

## БЕСКОЛЮЧКОВЫЕ ФОРМЫ ТРИФОЛИАТЫ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Д. И. Джохадзе 31.8.1987)

Понцирус трифолиата (*P. trifoliata* Rof.) является одним из близких родов для цитруса (*Citrus* Linn.), кинкана (*Fortunella* Sw.), микроцитруса (*Microcitrus* Sw.), еремоцитруса (*Eremocitrus* Sw.) и климении (*Clymenia* Ton.), сыгравшим в процессе эволюции большую роль в их усовершенствовании через интрогрессию.

Следует отметить, что трифолиата, во-первых, свободно скрещивается с названными таксонами подсемейства померанцевых, во-вторых, в определенном количестве образует с ними фертильные гибриды, а в-третьих, как при комбинационной, так и при рекомбинационной гибридизации образует морозостойкие гибриды со съедобными плодами [1—3]. В последнее время чрезвычайно возрос интерес к трифолиате, так как она оказалась обладателем таких уникальных свойств, которых нет у ее родственных родов. Из таких признаков трифолиаты можно назвать: морозостойкость — переносит понижение температуры до  $-26^{\circ}\text{C}$ , раннеспелость — ее плоды вызревают в сентябре, листопадность, фитофторо-мальсекко, нематодо- и тристезоустойчивость. Все это вынуждает нас создать ее новые генотипы, среди которых будут бесколючковые. Для получения нового генофонда трифолиаты нами был использован один из биологических методов мутации — спонтанный инбридинг.

В качестве исследуемого объекта применялась самостерильная форма трифолиаты. Для преодоления самонесовместимости этой формы ее созревшие рыльца промывали 0,2% раствором полиэтиленгликоля. Промытые и опыленные рыльца закрывали марлевыми мешками. Ввиду того что трифолиата при первом цветении (весной) в большом количестве образует нуцеллярные сеянцы, эксперименты проводили при втором цветении (летом). Для изучения образования бутонок, почек и колючек в пазухах зачаточных листьев готовили временные гистологические препараты. Хромосомы подсчитывали на давленных ацетокарминовых препаратах.

В наших экспериментах частота образования бесколючковых форм составляла  $3:2100=0,0001$ . Представляло интерес, что полученные нами бесколючковые формы полностью потеряли свойство образовывать колючки или они образуют их в зачаточном состоянии. Проверка показала, что полученные бесколючковые формы не образуют бу-



I. S. KAPANADZE

## THORNLESS FORMS OF THE TRIFOLIATA ORANGE

## Summary

Thornless forms of the trifoliata orange (*P. Trifoliata Raf.*) result from self-pollination. The phenotype of thornless trifoliata orange is indistinguishable from that of normal trifoliata orange. There exist normal-growth and poor-growth forms of the thornless variant of the trifoliata orange.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. И. С. Капанадзе. Сообщения АН СССР, 71, № 1, 1973, 185—188.
2. H. C. Barrett. Proc. Int. Soc. Citruculture, v. 1, 1981, 61-66.
3. H. C. Barrett. Fruit Varieties Journal, USA, 39(5), 1985, 11-16.
4. Kenji Kawase, Masashi Hirai. Hort. Science, 20, № 3, Sec-1, 1985, 395-396.



ГЕНЕТИКА И СЕЛЕКЦИЯ

Е. Ф. ДАВИДЕНКОВА, К. К. ГУРГЕНИДЗЕ, Л. А. НОСКИН

ВОЗМОЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ  
НЕСТАБИЛЬНОСТИ ГЕНОМА В ИММУНОКОМПЕТЕНТНЫХ  
КЛЕТКАХ С ТРИСОМИЕЙ ПО 21 ХРОМОСОМЕ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Б. Р. Нанейшвили 12.2.1988)

Ранее нами было обнаружено, что в геноме лимфоцитов больных болезнью Дауна определяется повышенный уровень спонтанных повреждений, регистрируемых эластовискозиметрически [1]. Вместе с тем, до настоящего времени не существует аргументированной точки зрения о молекулярных механизмах, приводящих к повышенной поврежденности генома. Целью настоящей работы явилось изучение двух возможных механизмов формирования повышенного уровня поврежденности генома: 1) в клетках нарушены системы репарации ДНК; 2) в клетках система репарации ДНК интактна, но вследствие измененной структуры генома нарушена доступность дефектных сайтов ДНК к репарации.

Лимфоциты выделяли из периферической крови по методу [2]. Эластовискозиметрический параметр (время ретардии  $\tau$ ) определяли на эластовискозиметре Зимма [3]. Кинетику репарации однонитчатых разрывов измеряли в щелочных сахарозных градиентах [4]. Элиминацию фотодимеров из ДНК УФ-облученных лимфоцитов оценивали иммунохимически [5]. Активность апуриновой дезоксирибонуклеазы измеряли в лимфоцитах с помощью апуриновой плазмиды по методу [6]. Концентрацию холестерина в мембранах лимфоцитов определяли газо-жидкостной хроматографией [7]. Гамма-облучение суспензии лимфоцитов проводили на установке РХ- $\gamma$ -30.

В таблице приведены сравнительные данные, характеризующие состояние отдельных репарационных систем в лимфоцитах больных болезнью Дауна и контрольной группы.

Заслуживает внимания то обстоятельство, что с одинаковой эффективностью  $\gamma$ -индуцированные ОР репарировались в лимфоцитах здоровых доноров и в лимфоцитах больных болезнью Дауна (вне зависимости от их возраста). Отсюда можно сделать вывод, что при болезни Дауна ферментативные системы, ответственные за элиминацию  $\gamma$ -повреждений, не нарушены. Однако этот вывод относится только к ФГА-отвечающей фракции лимфоцитов, а не ко всей популяции клеток.

Для изучения эффективности репарационных систем в покоящихся клетках мы изучали скорость элиминации фотодимеров, регистрируемых иммунохимическим методом.

Как видно из таблицы, и в этом случае нами не было зарегистрировано различий в количестве элиминированных фотодимеров в лимфоцитах больных болезнью Дауна и доноров. Таким образом, можно утверждать, что при болезни Дауна не выявляются дефекты в системах репарации индуцированных повреждений как на уровне всей популяции лимфоцитов, так и в ее ФГА-стимулированной фракции.

Альтернативная точка зрения предполагает генетическую детерминацию структурных нарушений в геноме лимфоцитов больных бо-



лезью Дауна, ограничивающих доступность дефектных сайтов в ДНК к ферментам репарации. С этой целью мы пытались идентифицировать структурные повреждения в геноме лимфоцитов методом эластовискозиметрии, как обосновывалось нами ранее [1]. На рис. 1 обращает на себя внимание тот факт, что динамика изменения параметра эластовязкости как у больных болезнью Дауна, так и в конт-

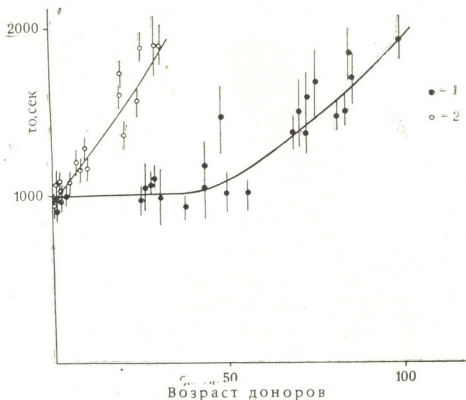


Рис. 1. Изменение параметра  $\tau_0$  для ДНК лимфоцитов контрольных доноров разного возраста (1) и болезнью Дауна разного возраста (2)

рольной группе характеризуется увеличением параметра эластовязкости с возрастом обследуемых. При сравнении кривых складывается мнение, что при болезни Дауна структурные изменения ДНК происходят в более узком временном интервале (к 10—20 годам), чем при нормальном старении (к 60—70 годам). Кстати, указанные физико-химические особенности находятся в хорошем соответствии с одним из основных синдромов при болезни Дауна — синдромом преждевременного старения.

Из возрастозависимой динамики изменения параметра эластовязкости следует предположение, что в раннем онтогенезе при болезни Дауна не определяются нарушения структуры ДНК. А это означает, что при болезни Дауна повышенный спонтанный фон в геноме вряд ли детерминирован нарушениями в системах, контролирующих стабильность генома. Одной из причин быстрого нарастания структурных повреждений в геноме могут быть нарушения в химической организации мембран. На рис. 2 показано, что с возрастом повышается накопление холестерина в мембранах лимфоцитов у больных болезнью Дауна. Это находится в хорошем соответствии с ранее установленной возрастозависимой динамикой накопления структурных нарушений ДНК. Совокупность приведенных выше данных позволяет нам обсудить следующую схему молекулярного механизма, определяющего быстрое нарастание повреждений в геноме у больных болезнью Дауна. Скорее всего, генетический дефект при болезни Дауна приводит к ускоренным возрастным изменениям в липидном метаболизме клеток. Эти нарушения обуславливают накопление холестерина в мембранах



(вероятно, и в клеточной), что вызывает изменения вязкостных свойств последней. В условиях нарушенной ДНК-мембранной ассоциации (связанной с изменением вязкостно-эластических свойств мембран) эффективность работы указанных выше систем резко сни-

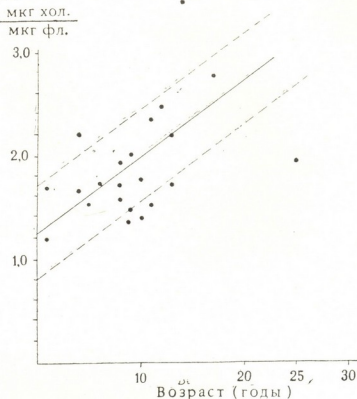


Рис. 2. Накопление холестерина с возрастом у больных болезнью Дауна

жается. Понятно, что повышенное накопление генетических повреждений в данном случае может привести к изменению функциональной активности клеток в целом. Так как лимфоциты в первую очередь ответственны за состояние иммунного статуса, то указанный молекулярный механизм может предопределить то состояние иммунодефи-

Характеристика репарационных систем ДНК в лимфоцитах нормальных доноров и больных болезнью Дауна

| Тип репарации  | Доноры                                   | Больные болезнью Дауна                    |  |
|----------------|--|---|--|
|                |  | до 6 лет                                  | свыше 6 лет                                |
| — репарация 1  | $\frac{21,6 \pm 2,2}{1,3 \pm 0,2}$ (94%) | $\frac{23,6 \pm 1,9}{0,43 \pm 0,3}$ (98%) | $\frac{18,8 \pm 1,9}{1,08 \pm 0,15}$ (94%) |
| УФ-репарация 2 | $\frac{25\%}{15,3\%}$ (39%)              | —   | $\frac{21,8\%}{13,7\%}$ (37%)              |

1 — в числителе число ОР на  $10^9$  дальтон в ДНК лимфоцитов сразу после  $\gamma$ -облучения (100 Гр), в знаменателе тот же параметр через 60 мин пострadiационной инкубации, в скобках приведен % репарированных ОР; 2 — в числителе % ингибирования иммунной сорбции со специфической (3Н-ТТ) антисывороткой в присутствии ДНК лимфоцитов сразу после УФ-облучения (15 Дж/м<sup>2</sup>), в знаменателе тот же параметр через 24 часа пострadiационной инкубации, в скобках приведен % репарированных фотодимеров

ციტности, которое четко наблюдается в клинической картине болезни Дауна.

Академия наук СССР  
 Ленинградский институт  
 ядерной физики  
 им. Б. П. Константинова

(Поступило 18.2.1988)

კენეტიკა და სელექცია

ე. დავიდენკოვა, კ. გურგენიძე, ლ. ნოსკინი

21-0 ტრისომიული ქრომოსომის უმცველი იმუნოკომპეტენტური უჯრედების გენომის არასტაბილურობის განმსაზღვრელი შესაძლებელი მექანიზმები

რეზიუმე

ელასტოვისკოზიმეტრიული მეთოდების საშუალებით დადგენილია, რომ დაუნის სინდრომით დაავადებულ ავადმყოფთა ლიმფოციტების გენომში შესამჩნევად იზრდება სპონტანური დაზიანებანი, რასაც თან სდევს დნმ-ის სუპერსპირალური სტრუქტურის რელაქსაცია. გენომის სპონტანური დაზიანების დონე დამოკიდებულია ავადმყოფთა ასაკზე. ამასთან დადგენილია, რომ ამავე უჯრედებში ნორმალურად ფუნქციონირებენ რეპარაციული სისტემები, რომლებიც აწარმოებენ ფოტოდიმერების,  $\gamma$ -საიტებისა და აციკლური საიტების ელიმინაციას. გენომში არსებული სპონტანური დაზიანებანი, რომლებიც ასაკის მატებასთან ერთად გროვდებიან, კორელაციაშია ქოლესტერინის ჩალაგებასთან ლიმფოციტების მემბრანებში. დნმ-ის რეპარაციაში გამოვლენილი დეფექტები მეორადა და უმთავრესად გაპირობებულია ლიპიდური მეტაბოლიზმის დარღვევით.

GENETICS AND SELECTION

E. F. DAVIDENKOVA, K. K. GURGENIDZE, L. A. NOSKIN  
 POSSIBLE MECHANISMS OF UNSTABLE GENOME FORMATION IN  
 IMMUNOCOMPETENT CELLS WITH TRISOMY-21

Summary

Increased spontaneous damage of lymphocyte genome in patients with Down's syndrome led to relaxation of superspiral DNA structure, which was established by the method of elastoviscosimetry. The spontaneous damage level depends on patient's age. These cells also revealed normal DNA repair systems, responsible for the elimination of photodimers,  $\gamma$ -sites and acyclic sites.

The age-dependent increase of genome damage correlates with cholesterol enrichment of lymphocytic membranes. The results obtained warrant the conclusion that the discovered DNA repair defects are secondary, and they mainly depend on lipid metabolism deterioration.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Е. И. Шварц, Л. А. Носкин, А. В. Суслов. ДАН СССР, 253, № 6, 1980, 1484—1486.
2. A. A. Boyum. Scand. J. Clin. Lab. Invest., 1968, v. 21 (Suppl. 97), p. 1.
3. R. Kavenoff, L. C. Klotz, B. H. Zimm. Cold Spring Harb. Symp. Quant. Biol., 1973, v. 38, pp. 1-8.
4. С. Е. Бреслер, Л. А. Носкин, Е. Г. Агамалян, Н. А. Кузовлева. Генетика, XI, № 10, 1975, 79—89.
5. H. Klocker, B. Auer, H. J. Burtseher, M. Hirsch, M. Kauffman, M. Schwiger. Mol. Gen. Genet., 1982, v. 188, pp. 309-312.
6. A. T. Akhmedov, O. K. Kaboev, M. L. Bekker. Biochimica et Biophysica Acta, 699 (1982), pp. 163-170.
7. T. T. Ishikawa, J. MacKai, J. A. Morrison, C. J. Morrison. J. Lipid. Res. 1974, v. 15, № 2, pp. 286-291.

БИОХИМИЯ

С. А. ДОЛИДЗЕ, Б. Б. ДЗАНТИЕВ, А. В. ЖЕРДЕВ

СРАВНЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО И  
СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДОВ ДЕТЕКЦИИ  
В ИММУНОФЕРМЕНТНОМ АНАЛИЗЕ БАЦИЛЛЯРНОЙ  
И ГРИБНОЙ  $\alpha$ -АМИЛАЗЫ И БАЦИЛЛЯРНОЙ ЩЕЛОЧНОЙ  
ПРОТЕАЗЫ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. Г. Чанишвили 4.8.1987)

Для количественного определения различных биологических объектов — от гормонов до вирусов и целых клеток — в последние годы широко применяется иммуноферментный анализ (ИФА), основанный на использовании антигенов и антител, меченных высокоактивными ферментами [1, 2].

Существенными преимуществами ИФА являются его высокая чувствительность, избирательность и возможность автоматизации анализа. Представляет интерес сопоставление различных способов детекции в ИФА. В большей части случаев содержание метки определяют спектрофотометрически — по поглощению продуктов реакции, катализируемой ферментом — меткой. Одним из альтернативных путей является электрохимическая детекция [3]. Сравнение этих двух методов детекции на примере ИФА  $\alpha$ -амилазы и щелочной протеазы *Bacillus subtilis* и  $\alpha$ -амилазы *Aspergillus niger* и составляет содержание настоящей работы.

ИФА проводили твердофазным «сэндвич»-методом [4—6].

При анализе  $\alpha$ -амилазы *Bacillus subtilis* раствор IgG-фракции специфических антисывороток с концентрацией белка 4,0 мкг/мл в 0,05 М калийфосфатном буфере (рН 7,4) с 0,1 М NaCl иммобилизовывали на поверхности лунок микропланшетов для ИФА при 4°C в течение 16 часов, затем 4 раза промывали лунки тем же буфером с добавлением 0,05% твина-20 (буфера X) для удаления несвязавшихся молекул. Далее в лунках последовательно разводили анализируемые образцы в буфере X, инкубировали 45 мин при 37°C и 4 раза промывали буфером X. Затем в лунки вносили иммуопероксидазный конъюгат IgG-ПХ (синтезированный периодатным методом) в концентрации 1,2 или 0,4 мкг/мл по пероксидазе (ПХ), инкубировали 45 мин при 37°C, промывали 4 раза буфером X и 1 раз дистиллированной водой.

Анализ  $\alpha$ -амилазы *Aspergillus niger* отличался концентрациями IgG — 6,0 мкг/мл и конъюгата — 3,0 мкг/мл, а также длительностью инкубации при 37°C — 60 и 60 мин.

В ИФА щелочной протеазы концентрации IgG и конъюгата составляли 4,0 и 2,0 мкг/мл соответственно, а длительность инкубации при 37°C — 90 и 60 мин, причем вместе с антигеном в лунки также вносили казеин до конечной концентрации 5,0 мг/мл.



Спектрофотометрическое определение ПХ проводили, используя следующие субстраты: 5-аминосалициловая кислота (5,0 мМ) +  $H_2O_2$  (1,8 мМ) (рН 6,0); орто-фенилендиамин (3,7 мМ) в 30 мМ натрий-ацетатном буфере (рН 5,0) +  $H_2O_2$  (1,8 мМ). В данном случае реакцию останавливали добавлением  $H_2SO_4$  до конечной концентрации в лунках (0,5М). Оптическую плотность продуктов реакции измеряли через 15 мин на вертикальном абсорбциометре MR-580 («Dynatech», Швейцария) при  $\lambda=490$  нм. При электрохимической детекции использовали амперометрический датчик проточно-нижекционного типа. Датчик включает графитовый трубчатый (индикаторный) и хлорсеребряный (сравнения) электроды, которые заключены в корпус из оргстекла. Через индикаторный электрод протекает с постоянной скоростью (2,0 мл/мин) 0,1 М ацетатный буферный раствор (рН 4,2), содержащий 0,3 М КСl. Пробу вводили в индикаторный электрод через клапан пипеточным дозатором. Выходной сигнал датчика регистрировался с помощью микроамперметра. Для электрохимического определения активности ПХ в лунки вносили 0,03 М ацетатного буфера (рН 4,2), содержащего 0,5 мМ КJ и 0,28 мМ  $H_2O_2$ . Раствор инкубировали 30 мин при комнатной температуре, затем 0,1 мл пробы вводили в амперметрический датчик.

Обработку результатов проводили на персональном компьютере с помощью стандартных статистических программ.

Для контроля стабильности детектируемых сигналов в начале работы с электродом и по окончании (после анализа 300 образцов) производили калибровку по растворам конъюгата IgG-ПХ с концентрациями 256, 128... 0,25 нг/мл по ПХ. Полученные зависимости силы тока (I) то концентрации конъюгата (C) удовлетворяли линейному приближению: коэффициент корреляции составлял 0,90—0,94 для диапазона концентрации 0,25—256 нг/мл и 0,980—0,994 для диапазона концентрации 0,25—64 нг/мл. Для концентрации конъюгата выше 64 нг/мл калибровочный график отклонялся от прямой вниз. Минимальная достоверно определяемая концентрация конъюгата составляла 2,0 нг/мл, а в некоторых случаях — 1,0 нг/мл.

Сравнение спектрофотометрического и электрохимического методов детекции в ИФА

| №<br>пп | Система анализа   | Пределы измерения,<br>нг/мл               |                                 | Относительная ошибка,<br>%                |                                 |
|---------|---|---|---------------------------------|---|---------------------------------|
|         |   | Спектро-<br>фотометри-<br>ческий<br>метод | Электрохи-<br>мический<br>метод | Спектро-<br>фотометри-<br>ческий<br>метод | Электрохи-<br>мический<br>метод |
| 1       | Сэндвич-ИФА $\alpha$ -амила-<br>зы <i>Bacillus subtilis</i> , кон-<br>центрация конъюгата 1,2<br>мкг/мл | 2—64                                      | 4—64                            | 3,1                                       | 8,3                             |
| 2       | То же, концентрация<br>конъюгата 0,4 мкг/мл   | 1—64                                      | —                               | 9,7                                       | —                               |
| 3       | Сэндвич-ИФА $\alpha$ -амила-<br>зы <i>Aspergillus niger</i>   | 4—125                                     | 4—125                           | 3,6                                       | 12,9                            |
| 4       | Сэндвич-ИФА щелочной<br>протеазы <i>Bacillus subtilis</i>   | 2—140                                     | 5—140                           | 6,2                                       | 12,1                            |

Примечание: в пунктах 1, 3, 4—субстрат 5-аминосалициловая кислота +  $H_2O_2$ ;  
в пункте 2 — орто-фенилендиамин +  $H_2O_2$ .





Чувствительность трех испытанных электродов (отношение I/C на линейном участке калибровочного графика) составляла 0,0289; 0,0481; 0,0585 мкА нг<sup>-1</sup> мл в начале работы, а после анализа 300 проб — соответственно 0,0211; 0,0399; 0,0411 мкА нг<sup>-1</sup> мл.

Падение чувствительности за время анализа составило 27, 17, 30%. Следует отметить также дрейф сигнала в отсутствии конъюгата, равного 0,06; 0,12; 0,29; 0,05; 0,07; 0,01 мкА.

Эксперименты показали, если непосредственно после введения измеряемого раствора в этот же канал ввести ацетатный буфер, то через 5—10 сек детектируемая сила тока возвращается к исходному значению. Таким образом, производительность прибора составляла примерно два анализа в минуту. Однако использование автоматических инжекторов и систем из нескольких электродов позволит значительно повысить скорость анализа.

Для сравнения двух методов детекции в твердофазном ИФА измерения в половине планшет проводили спектрофотометрическим методом, а в другой половине с теми же образцами — электрохимическим. Полученные значения пределов определения и относительных ошибок измерений приведены в таблице. Как видно, электрохимический метод детекций не уступает спектрофотометрическому по чувствительности и обладает несколько меньшей точностью. Величины силы тока и оптической плотности, регистрируемые данными методами, хорошо коррелируют: коэффициент корреляции — 0,996. Схемы анализа, в которых использовались высокие концентрации конъюгата (схемы, соответствующие спектрофотометрическим методам с субстратом 5-аминосалициловая кислота + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), представляются основной областью применения электрохимического метода.

Академия наук СССР  
Институт биохимии  
им. А. Н. Баха

Всесоюзный научно-исследовательский институт  
аналитической техники  
НПО «Аналитприбор»

(Поступило 3.9.1987)

ბიოქიმია

ს. დოლიძე, ბ. ქანტიანი, ა. შერდანი

ელექტროქიმიური და სპექტროფოტომეტრული მეთოდების  
დამატების შედარება ბაცილური და სოკოვანი  $\alpha$ -ამილაზის და  
ბაცილური ტუბი პროტეაზის იმუნოფერმენტულ ანალიზში

რეზიუმე

$\alpha$ -ამილაზის და ტუბი პროტეაზის *Bacillus subtilis* და  $\alpha$ -ამილაზის *Aspergillus niger* სენდევიჩ სქემის იმუნოფერმენტული ანალიზისათვის ჩატარებულია მარკერ-პეროქსიდაზის სპექტროფოტომეტრული (სფმ) და ელექტროქიმიური (ექმ) მეთოდების დეტექციის შედარება. გრაფიტის ელექტროდი უზრუნველყოფდა 300 ანალიზს, მარკერის განსაზღვრის მინიმალური ზღვარია — 1—2 ნგ/მლ. წარმადობა — 120 ანალიზი საათში. ორივე მეთოდის განსაზღვრის დიაპაზონი პრაქტიკულად ემთხვევა. შეფარდებითი ცდომილება შეადგენდა 3,1—6,2% (სფმ-თვის) და 8,3—12,9% (ექმ-თვის).





S. A. DOLIDZE, B. B. DZANTIEV, A. V. ZHERDEV

 A COMPARISON OF ELECTROCHEMICAL AND SPECTROPHOTOMETRIC  
 DETECTION METHODS IN THE ENZYME IMMUNOASSAY  
 OF BACILLAR AND FUNGOUS  $\alpha$ -AMILASE AND  
 BACILLAR ALKALINE PROTEASE

## Summary

A comparison of a spectrophotometric method (SPM) of the marker-peroxidase detection and an electrochemical method (ECM) has been carried out in order to obtain a sandwich-like structure of enzyme immunoassay of  $\alpha$ -amilase and alkaline protease of *Bacillus subtilis* and  $\alpha$ -amilase of *Aspergillus niger*. A graphite electrode ensures 300 assays with a minimum detection limit of the marker 1–2 ng/ml. Throughput is 120 assays per hour. The methods have almost the same ranges of determination. The relative error of measurement is 3.1–6.2% and 8.3–12.9% for SPM and ECM, respectively.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Enzyme-mediated immunoassays. Ed. by T. T. Ngo, H. M. Lenhoff, New York: Plenum Press, 1985. 489.
2. Б. Б. Дзантиев, А. М. Егоров. Журнал ВХО им. Д. И. Менделеева, т. 27, № 4, 1982, 442–449.
3. Д. М. Ивницкий, М. Ф. Юлаев, Д. М. Аrentьев и др. А. С. 1205913 (СССР), Б. И., № 3, 1986.
4. А. В. Жердев, Б. Б. Дзантиев, И. С. Корчагина и др. Биотехнология, т. 3, № 1, 1987, 98–105.
5. А. В. Жердев, Б. Б. Дзантиев, Г. Г. Орлова и др. Тез. симпозиума «Выделение, очистка и анализ биологически активных веществ». Сухуми, 1987.
6. С. А. Долидзе, Б. Б. Дзантиев, А. В. Жердев. Сообщения АН ГССР, 132, № 2, 1988.



Н. Н. ТЕВЗАДЗЕ, Д. И. ДЖОХАДЗЕ (член-корреспондент АН ГССР)

## ВЫДЕЛЕНИЕ И ЧАСТИЧНАЯ ОЧИСТКА ГИББЕРЕЛЛИНСВЯЗЫВАЮЩЕГО БЕЛКА ИЗ ЯДЕР ЭПИКОТИЛЕЙ ФАСОЛИ

Изучение механизма действия фитогормонов на геном высших растений является одной из актуальных проблем в биохимии и физиологии растений. Исследования последних лет, касающиеся механизмов действия фитогормонов в регуляции функционирования генетического аппарата клетки, показали, что в сложной цепи взаимодействий фитогормонов с геномом в клетках высших растений принимают участие различные ферменты, циклазная система, специфические, т. н. рецепторные, белки.

Опытами, проведенными в нашей лаборатории, по изучению участия фитогормонов в регуляции транскрипции было выявлено, что гибберелловая кислота (ГК-А<sub>3</sub>) стимулирует процесс транскрипции в клеточных ядрах и хлоропластах листьев гороха [1, 2], увеличивает количество и активность всех трех основных форм транскрибирующего фермента РЕК-полимеразы в клеточных ядрах листьев гороха [3], стимулирует эндогенную транскрипционную активность ядер и хроматина молодых листьев фасоли [4]. На основании полученных данных было высказано предположение о существовании в клеточных ядрах высших растений гормонспецифического, медиаторного фактора, который принимает участие во взаимодействии ГК-А<sub>3</sub> с геномом в процессе транскрипции. Эти предположения подтвердились экспериментальными данными, которые были получены в нашей лаборатории за последние годы. По этим данным, в карноплазме ядер эпикотилей фасоли присутствует гиббереллинсвязывающий белок, который по своим физико-химическим характеристикам имеет рецепторную природу [5].

Целью настоящей работы являлись идентификация и частичная очистка гиббереллинсвязывающего белка из карноплазматических белковых фракций ядер эпикотилей фасоли.

В качестве объекта были использованы молодые 6-дневные растения фасоли (*Phaseolus Vulgaris*) сорта Мухранула.

Клеточные ядра из листьев получали по методу Боттомлея и др., модифицированному в нашей лаборатории [1]. Для дополнительной очистки ядра суспендировали в градиенте 2,2 М сахарозы и центрифугировали при 40 000 g в течение 60 мин.

Карноплазматические фракции белков ядер получали по методу И. Б. Збарского, модифицированному для растительных объектов Н. А. Васильевой [6]. Фракционирование карноплазматических белков проводили методом гель-фильтрации на колонке «Toyopearl

HW-55» («Тоуо Soda», Япония). Элюцию проводили буфером (А), содержащим следующие компоненты: трис-НСI (рН 7,5) — 50 мМ;  $MgCl_2$  — 10 мМ; фенилметилсульфонилфторид — 3 мкМ. Скорость элюции — 6 мл/ч. Элюирующиеся белковые фракции собирали по 3 мл. Во всех четных образцах определяли способность белка связывать радиоактивный гиббереллин ( $^{14}C$ -ГК, уд. активность — 10 мСi/мМ, «Amersham», Англия) методом инкубации при содержании следующих компонентов: трис-НСI (рН 7,5) — 50 мМ;  $MgCl_2$  — 10 мМ;  $CaCl_2$  — 1 мМ; фенилметилсульфонилфторид — 3 мкМ;  $^{14}C$ -ГК — 0,1 нМ. В такой среде определяли общее связывание  $^{14}C$ -ГК белковыми фракциями. Неспецифическое связывание определяли в той же среде при добавлении 1600-кратного избытка немеченого ГК- $A_3$  (0,1 мкМ). Инкубация длилась в течение 90 мин при  $0^\circ C$ , после чего образцы фильтровали через стекловолокнистые фильтры (GF/B, «Whatman»), которые заранее обрабатывали в 0,3 %-ном растворе полиэтиленimina в течение 24 часов. Радиоактивность фильтров измеряли на сцинтиляционном счетчике SL-30 («Intertechnique», Франция). О наличии гиббереллинсвязывающего белка в данной фракции и степени его связывания судили по разнице радиоактивности между общим и неспецифическим связыванием [7].

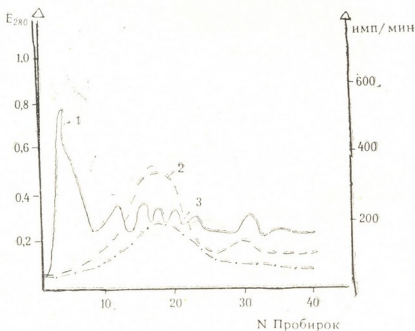


Рис. 1. Фракционирование карियोплазматических белков клеток эпикотилей фасоли и связывание  $^{14}C$ -ГК разными фракциями, полученными гель-фильтрацией белка на колонке «Тоуорегl HW-55». На колонку геля «Тоуорегl HW-55 (50:1 см) наносили карियोплазматические белки в объеме 800 мкл. Элюцию проводили буфером А при скорости 6 мл/ч. В получаемых фракциях определяли как содержание белка (1), так и общее (2) и неспецифическое (3) связывание  $^{14}C$ -ГК

На рисунке представлены профиль элюции карियोплазматических белков клеток эпикотилей фасоли и график общего неспецифического связывания  $^{14}C$ -ГК белковыми фракциями.

Рис. 1 показывает, что методом гель-фильтрации с колонки геля «Тоуорегl HW-55» элюируется несколько белковых фракций. Они связываются с  $^{14}C$ -ГК, и максимум связывания наблюдается в зоне

фракций с 12 по 22. В этих фракциях имеет место специфическое связывание гормона с белком.

Таким образом, методом гель-фильтрации на колонке «Toyopearl-55» фракционировали ядерные (карноплазматические) белки клеток эпикотилей фасоли и частично очистили гиббереллинсвязывающий белок. Исследование природы гиббереллинсвязывающего белка является предметом нашего дальнейшего исследования.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт биохимии растений

(Поступило 17.12.1987)

ბიოქიმიკა

ბ. თევზაძე, დ. ჯოხაძე (საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი)

გიბერელინ-სპეციფიკური ცილის გამოყოფისა და ნაწილობრივი  
ბასუფთავება ლობიოს ეპიკოტილების ბირთვებიდან

რეზიუმე

ლობოს ეპიკოტილების უჯრედთა ბირთვებიდან გამოყოფილია კარიობლაზმური ცილოვანი ფრაქცია. ქრომატოგრაფიის საშუალებით Toyopearl გელის სვეტზე (50×1 სმ) მიღებულია ცილოვანი ფრაქციები, რომლებშიც განსაზღვრულია ცილის რაოდენობა, რადიოაქტიური გიბერელინის მკვლევართან სრული და სპეციფიკური დაკავშირების უნარი. გელ-ფილტრაციის შედეგად მიღებულ ცილოვან ფრაქციებში დადგენილია გიბერელინ-სპეციფიკური ცილოვანი ფრაქცია.

BIOCHEMISTRY

N. N. TEVZADZE, D. I. JOKHADZE

## ISOLATION AND PURIFICATION OF GIBBERELLIN-BINDING PROTEIN OF KIDNEY BEAN EPICOTYLS

Summary

The karyoplasmatic fraction of proteins was isolated from kidney bean epicotyls. Protein fractions were obtained using the method of chromatography on Toyopearl column HW55 (Toyo Soda, Japan), where degrees of total and specific binding with radioactive gibberellin were determined. The gibberellin-binding fractions of eluated proteins were established.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Д. И. Джохадзе, Р. И. Гоглидзе. Физиол. раст., 24, 1977, 746.
2. Н. Н. Тевзадзе, Д. И. Джохадзе. Сообщения АН ГССР, 122, № 1, 1986, 141.
3. Р. И. Гоглидзе, Г. Г. Гнголашвили, Д. И. Джохадзе. Сообщения АН ГССР, 104, № 2, 1981, 437.
4. Н. Н. Тевзадзе, М. Г. Амзашвили, Д. И. Джохадзе. Физиол. раст., 30, 1983, 404.
5. Д. И. Джохадзе, Н. Н. Тевзадзе. Тез. междунар. симпозиума «Физико-химия ДНК и молекулярные механизмы функционирования генома», Тбилиси, 1987.
6. Н. А. Васильева. Биохимия, 34, вып. 6, 1969, 1239.
7. В. Ф. Вгунс *et al.* Anal. Biochem, 132, % 1, 1983, 74.



УДК 615.281:547.439

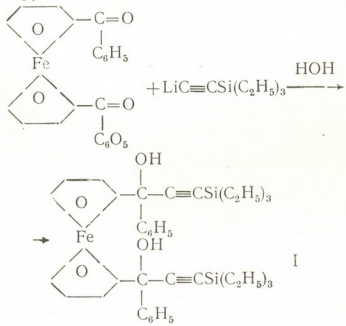
БИОХИМИЯ

Л. П. АСАТИАНИ, З. Ш. ЛОМТАТИДZE, Г. И. ШАТИРИШВИЛИ,  
 Т. Г. ШИУКАШВИЛИ

**СИНТЕЗ И БАКТЕРИЦИДНЫЕ СВОЙСТВА ФЕРРОЦЕН-  
 И КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ СПИРТОВ ДИАЦЕТИЛЕНОВОГО  
 РЯДА**

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. И. Квесицгадзе 9.12.1987)

Ранее нами было установлено, что ферроценсодержащие двух- и четырехатомные спирты ацетиленового ряда обладают бактерицидными свойствами [1]. Для выяснения того, как замена в этих соединениях органического фрагмента на электроорганический (кремнийорганический) повлияет на их бактерицидную активность (из литературы [2] известно, что кремнийорганические соединения также являются биологическими активными), мы решили синтезировать ферроцен- и кремнийсодержащие спирты ацетиленового ряда и изучить их бактерицидные свойства. Для осуществления синтеза этих соединений было изучено взаимодействие дибензоилферроцена с металлпроизводными кремнийацетиленов. Установлено, что дибензоилферроцен не взаимодействует с магнийбромпроизводными кремнийацетиленов ни в нуклеофильных (эфир, тетрагидрофуран), ни в неполярных растворителях (бензол, толуол). В то же время дибензоилферроцен в среде тетрагидрофурана легко вступает в реакции с литийпроизводными кремний-ацетиленов, которые, как известно, активны в реакциях с пространственно затрудненными карбонильными соединениями:



Состав и строение полученного соединения установлены по данным элементного анализа и ИК-спектров. В ИК-спектре имеются полосы поглощения при 3150—3600 см<sup>-1</sup> (ОН), 2170 см<sup>-1</sup> (C≡C), 1250 см<sup>-1</sup> (Si—C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>), 2800—3000 см<sup>-1</sup> C—H алифатический) и 3100 см<sup>-1</sup> (C—H ферроцена).



Активность соединений I и II против некоторых фитопатогенных бактерий и актиномицетов

| Соединение | Концентрация, г/л | Величина зон угнетения тест-объектов, мм (контроль—0) |                               |                              |                          |                                    |
|------------|-------------------|---|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
|            |                   | <i>Pectobacterium aroideae</i>                        | <i>Xanthomonas campestris</i> | <i>Bacterium tumefaciens</i> | <i>Streptomyces</i> spp. | <i>Nocardiophasis dessonvillei</i> |
| I          | 1,0               | 4,0   | 1,0                           | 0                            | 0                        | 1,75                               |
|            | 0,1               | 2,0   | 1,0                           | 0                            | 0                        | 0,5                                |
|            | 0,01              | 2,0   | 1,0                           | 0                            | 0                        | 0,5                                |
| II         | 1,0               | 1,5   | 1,0                           | 1,0                          | 0                        | 1,5                                |
|            | 0,1               | 0,5   | 1,0                           | 0,5                          | 0                        | 0,5                                |
|            | 0,01              | 0,5   | 0,5                           | 0,5                          | 0                        | 0,5                                |

CaCO<sub>3</sub> — 1 г, крахмал — 20 г, агар — 20 г). Токсические свойства выявляли луночным методом. Величину токсического действия определяли по зонам стерильности вокруг лунки. Контролем служили растворители — ацетон и гексан. В лунки вносили вещества в концентрациях 1; 0,1 и 0,01 г/л.

Результаты эксперимента приведены в таблице, из которой видно, что испытуемые вещества I и II проявляют бактерицидные и актиномицидные свойства; они подавляют рост и развитие *Xanthomonas campestris*, *Pectobacterium aroideae*, *Nocardiophasis dessonvillei*, а на *Streptomyces* spp. не действуют. Кроме того, вещество II, в отличие от I, подавляет рост и развитие *Bacterium tumefaciens*, причем у вещества I в отношении *Pectobacterium aroideae* это свойство выражено сравнительно более активно. Следует отметить, что замена гидроксильной группы в I на метоксильную понижает его бактерицидную активность, а введение кремний-органического фрагмента вместо органического не увеличивает бактерицидную активность ферроценсодержащих двух- и четырехатомных спиртов ацетиленового ряда [1].

Тбилисский государственный университет

(Поступило 24.12.1987)

გომკიბია

ლ. ასათიანი, ზ. ლომთათიძე, ბ. შათირიშვილი, თ. შიშკაშვილი

დიაცეტილენის რიგის ფეროცენ- და სილიციუმფეროცენალი სპირტების სინთეზი და ბაქტერიციდული თვისებები

რეზიუმე

შესწავლილია დიბენზოილფეროცენის ტრიეთილეთინილსილანის ლითიუმ-წარმოებულთან ურთიერთქმედება. კონდენსაციის შედეგად გამოყოფილია დიაცეტილენის რიგის ფეროცენ- და სილიციუმფეროცენალი სპირტები. მათი გარდაქმნით მიღებულია შესაბამისი მარტივი ეთერები. შესწავლილია მიღებული ნაერთების ბაქტერიციდული თვისებები. ნაჩვენებია, რომ ნაერთები აინჰიბირებენ აქტინომიცეტების და ფიტოპათოგენური ბაქტერიების ზრდას და განვითარებას.

L. P. ASATIANI, Z. Sh. LOMTATIDZE, G. N. SHATIRISHVILI, T. G. SHUKASHVILI  
SYNTHESIS AND BACTERICIDAL PROPERTIES OF FERROCENE- AND  
SILICON-CONTAINING ALCOHOLS OF THE DIACETYLENE SERIES

Summary

The paper deals with a study of interaction of dibenzoylferrocene with lithium derivatives of triethyl (ethynyl) silanes. As a result of condensation ferrocene- and silicon-containing alcohols of the diacetylene series were isolated. The corresponding ethers were obtained by their conversion. Bactericidal properties of the substances obtained were studied. It is showed that they possess bactericidal activity and inhibit the growth and development of actinomyces and phytopathogenic bacteria.

შიბრაძობა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Л. П. Асатиани, З. Ш. Ломтатидзе, С. Х. Қиладзе, С. Ш. Мецхваришвили. Хим.-фарм. ж., № 5, 1984, 376—377.
2. М. Г. Воронков, Г. И. Зелчан, Э. Я. Лукевиц. Кремний и жизнь. Рига, 1978.



Н. З. ГВАРЛИАНИ, Т. А. САДУНИШВИЛИ, М. И. МАЗИАШВИЛИ,  
Н. Н. НУЦУБИДЗЕ (член-корреспондент АН ГССР)

## ДАННЫЕ ОБ АССИМИЛЯЦИИ АММОНИЯ В ЛИСТЬЯХ ФАСОЛИ ЧЕРЕЗ ГЛУТАМИН

В настоящее время имеются противоречивые данные относительно пути первичной ассимиляции аммония в высших растениях. Часть исследователей считает, что основная роль в этом процессе принадлежит глутаминсинтетазе и глутаматсинтазе [1, 2], тогда как другие авторы традиционно приписывают ее глутаматдегидрогеназе [3, 4].

Исследования проводили на 10—14-дневных проростках фасоли сорта «Сапарке 75», выращенных на безазотной питательной среде [5]. В интактные листья вакууминфильтрировали 1,25 мМ метионинсульфоксиминспецифический ингибитор глутаминсинтетазы. В контрольные листья инфильтрировали воду. После 30 мин листья переносили на среду с 5 мМ ( $^{15}\text{NH}_4$ ) $_2\text{SO}_4$ , через 1, 3 и 5 ч получали из них суммарные ферментные препараты и определяли в них активность НАД(Ф)-глутаматдегидрогеназы (КФ 1.4.1.3, единственной молекулярной формы глутаматдегидрогеназы, обнаруженной нами в листьях фасоли [6]) по ранее описанной методике [7].

Активность глутаминсинтетазы (КФ 6.3.1.2) определяли в трансферазной реакции по методу Шапиро и Стэдмена [8]. За единицу активности глутаминсинтетазы принимали количество фермента, катализирующего образование 1 мкмоль  $\gamma$ -глутамилгидроксамата ( $\gamma$ -ГГК) за 1 мин при 37°C. Удельную активность ферментов выражали числом единиц активностей на 1 мг белка. Белок определяли по Лоури [9], аммиак — микродиффузионным методом [10].

Разделение и количественное определение свободных аминокислот проводили по прописи Успенской и Кретовича [11]. Образцы для определения  $^{15}\text{N}$  в отдельных аминокислотах готовили по микрометоду Кьельдаля [12].

На рисунке представлены результаты изучения влияния предварительно инфильтрированного метионинсульфоксимином на активность глутаминсинтетазы и глутаматдегидрогеназы, а также на накопление аммиака при ассимиляции аммония.

Как видно из рисунка, метионинсульфоксимин вызывает ингибирование глутаминсинтетазы и не влияет на активность глутаматдегидрогеназы. Под влиянием аммония происходит индукция глутаминсинтетазы, которая усиливается с увеличением экспозиции. Степень индукции фермента при 5-часовой экспозиции составляет 100%. В листьях, предварительно инфильтрированных ингибитором, аммоний не вызывает индукцию глутаминсинтетазы, а наоборот, ингибирующий эффект метионинсульфоксимином со временем усиливается. Под влиянием



ем аммония, как в случае предварительной инфильтрации метионинсульфоксимином, так и без него, происходит увеличение удельной активности глутаматдегидрогеназы. С помощью специфических ингибиторов синтеза белка ранее нами было показано, что увеличение удельных активностей глутаминсинтетазы и глутаматдегидрогеназы является результатом усиления синтеза этих ферментов [7]. Из рисунка видно, что инфильтрация метионинсульфоксимином приводит к накоплению значительных количеств аммиака, что, по-видимому, объясняется ингибированием глутаминсинтетазы в этих условиях.

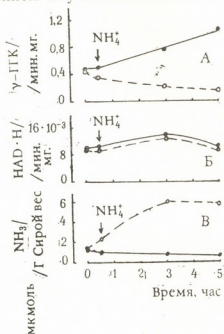


Рис. 1. Влияние метионинсульфоксимином на изменение удельных активностей глутаминсинтетазы (А) и глутаматдегидрогеназы (Б) и накопление аммиака (В) при ассимиляции аммония. Метионинсульфоксимин инфильтрировался в начале эксперимента (варианты изображены пунктиром).

↓ — время перенесения на среду с 5 мМ  $(^{15}\text{N})_2\text{SO}_4$

Полученные нами данные указывают на первостепенную роль глутаминсинтетазы в ассимиляции аммония. Такое заключение подтверждается анализом данных включения  $^{15}\text{N}$  сульфата аммония в свободные аминокислоты. Следует отметить, что 95% изотопной метки обнаружено в присутствующих в преобладающем количестве аминокислотах: глутамине, аспарагине, глутаминовой и аспарагиновой кислотах — и в меньшей степени аланине. Результаты распределения метки среди вышеперечисленных аминокислот и их количественные изменения приведены в таблице.

При сравнении данных таблицы по включению  $^{15}\text{N}$ -аммония в листьях без предварительной инфильтрации метионинсульфоксимином видно, что наибольшее количество  $^{15}\text{N}$  включается в глутамин, далее в глутаминовую кислоту. Следует отметить, что соотношения между содержанием  $^{15}\text{N}$  в глутамине и глутаминовой кислоты при 3- и 5-часовых экспозициях почти одинаковы. Это объясняется действием глутаминсинтетаза-глутаматсинтазного пути, как основного в первичной ассимиляции аммония. Из таблицы видно, что в случае предварительной инфильтрации метионинсульфоксимином включение  $^{15}\text{N}$ -аммония в глутамин и количество этой аминокислоты во всех случаях меньше, чем

Изменения количества аминокислот и включения в них  $^{15}\text{N}$  при ассимиляции  $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

| Вариант опыта  | Аминокислоты          | Количество аминокислот, мкмоль/г фикс. листьев |       | $^{15}\text{N}$ , атом % |     |
|--|-----------------------|--|-------|--------------------------|-----|
|  |                       | Экспозиция, ч                                  |       | Экспозиция, ч            |     |
|  |                       | 3  | 5     | 3                        | 5   |
| $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$                      | Глутамин              | 42,5   | 34,2  | 6,4                      | 5,2 |
|  | Глутаминовая кислота  | 36,7   | 40,8  | 2,0                      | 1,7 |
|  | Аспарагин             | 65,9   | 57,6  | 1,6                      | 1,5 |
|  | Аспарагиновая кислота | 135,3  | 126,2 | 1,5                      | 1,4 |
|  | Аланин                | 8,4  | 6,6   | 1,0                      | 0,9 |
| $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ + метионинсульфоксид | Глутамин              | 28,7   | 26,0  | 3,0                      | 2,6 |
|  | Глутаминовая кислота  | 28,6   | 27,2  | 1,4                      | 1,2 |
|  | Аспарагин             | 81,8   | 72,7  | 1,4                      | 1,3 |
|  | Аспарагиновая кислота | 99,2   | 91,7  | 1,4                      | 1,4 |
|  | Аланин                | 12,5   | 11,7  | 0,9                      | 1,2 |

без ингибитора. Уменьшаются и количество глутаминовой кислоты и интенсивность включения в нее  $^{15}\text{N}$ .

Таким образом, ингибирование глутаминсинтетазы метионинсульфоксидом приводит к уменьшению синтеза глутамина, что сопровождается уменьшением синтеза глутаминовой кислоты. Накопление при этом аммиака указывает на подавление процесса ассимиляции аммония. Тот факт, что активность глутаматдегидрогеназы в этих условиях не увеличивается, указывает на ее несущественную роль в первичной ассимиляции аммония.

На основе проведенного исследования можно заключить, что первичная ассимиляция аммония в листьях фасоли осуществляется через глутамин при участии глутаминсинтетазы.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт биохимии растений

(Поступило 24.12.1987)

ბიოქიმია

ბ. ბჰარლიანი, თ. საღუნოვილი, ა. მაზიაშვილი, ნ. ნუცუბიძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი)

მონაცემები ლობიოს ფოთლებში ამონიუმის ასიმილაციის შესახებ გლუტამინის გავლით

რეზიუმე

ნაჩვენებია, რომ მეთიონინსულფოქსიმიდის წინასწარი ინფილტრაცია ლობიოს ფოთლებში ამონიუმის ასიმილაციისას იწვევს გლუტამინისინთეტაზის ინჰიბირებას, ამონიაკის დაგროვებას და  $^{15}\text{N}$  ჩართვის ინტენსივობის შემცირებას გლუტამინსა და გლუტამინის მქაეაში. ამასთან გლუტამატდეჰიდროგენაზის აქტივობა არ იცვლება. გაკეთებულია დასკვნა, რომ გლუტამინისინთეტაზის მიერ კატალიზებული გლუტამინის სინთეზის შეუქცევადი რეაქცია არის ლობიოს ფოთლებში ამონიუმის ასიმილაციის ძირითადი გზა. გლუტამატდეჰიდროგენაზა არ ასრულებს არსებით როლს ამ პროცესში.



N. Z. GVARLIANI, T. A. SADUNISHVILI, M. I. MAZIASHVILI, N. N. NUTSUBIDZE

## THE DATA OF AMMONIA ASSIMILATION VIA GLUTAMINE IN KIDNEY BEAN LEAVES

### Summary

It is shown that methionine sulphoximine preinfiltration in kidney bean leaves during  $^{15}\text{NH}_4^+$  assimilation leads to the inhibition of glutamine synthetase, to a decrease of  $^{15}\text{N}$  incorporation intensity into glutamine and glutamate and subsequent accumulation of ammonia. Glutamate dehydrogenase activity, however, does not change. It is suggested that the irreversible reaction of glutamine synthesis by means of glutamine synthetase is the main route of ammonia assimilation.

### შეხვედრები — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. B. J. Millin, P. J. Lea. *Phytochemistry*, 15, 6, 1976.
2. M. G. Berger, M. I. Sprengart. *Plant Physiol.*, 81, 2 1986.
3. K. R. Shubert, G. T. Coker, R. Firestone. *Plant Physiol.*, 67, 4, 1981.
4. E. Pahlisch, Ch. Gerlitz. *Phytochem.*, 19, 1, 1980.
5. Т. Охуама, К. Кимазава. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 26, 1, 1980.
6. Т. А. Садунишвили, Н. Н. Нуцубидзе. *Прикл. биохим. и микробиол.*, 22, № 3, 1986.
7. Т. А. Садунишвили, Н. Н. Нуцубидзе. *Биохимия*, 50, № 5, 1985.
8. B. M. Shapiro, E. R. Stadman. *Methods in Enzymology* N. Y. Acad Press. 17A, 1970.
9. O. H. Lowry, N. J. Rosenbrough, A. L. Farr, R. J. Randall. *J. Biol. Chem.*, 193, 1, 1951.
10. В. И. Любимов, Н. П. Львов, Б. Э. Кирштейне. *Прикл. биохим. и микробиол.*, 4, № 1, 1968.
11. Э. В. Успенская, В. Л. Кретович. *Методика количественной бумажной хроматографии сахаров, органических кислот и аминокислот у растений*. М.—Л., 1962.
12. А. Н. Белозерский, Н. И. Проскуряков. *Практическое руководство по биохимии растений*. М., 1951.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

А. Л. ИСАКАДЗЕ

ВЛИЯНИЕ НИФЕДИПИНА НА СИСТЕМУ КРОВООБРАЩЕНИЯ  
ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ У БОЛЬНЫХ ХРОНИЧЕСКОЙ  
ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. И. Деканосидзе 21.10.1988)

Влияние нифедипина (Н) на систему кровообращения при физической нагрузке у больных ХИБС изучалось главным образом при однократном введении его или после короткого (2—3-недельного) курса лечения. Лишь в единичных исследованиях продолжительность лечения превышала 2—3 месяца. Целью настоящего исследования было изучение характера гемодинамических сдвигов у больных ХИБС при коротком и длительном амбулаторном применении Н.

Амбулаторно обследованы 44 мужчины со стабильной стенокардией напряжения II и III функционального классов в возрасте 41—57 лет. Коринфар (К) — нифедипин (ГДР) применялся в суточной дозе 30—40 мг. До, через 2—3 недели и 4—6 месяцев лечения проводились повторные исследования центральной гемодинамики в покое и при дозированной физической нагрузке на велоэргометре. Определялись: высота АД — аускультативным методом по Короткову, величина сердечного выброса — тетраполярной реографией по Кубичеку, общее периферическое сопротивление кровотоку — по формуле Франка—Пуазейля, ЧСС — по ЭКГ. Нагрузка прекращалась в соответствии с общепринятыми критериями ВОЗ.

Как показали наши исследования (табл. 1), систолическое АД (АДс) было более низким, чем до лечения. Аналогичные результаты при остром приеме и коротком курсе лечения К получены рядом авторов [1, 2]. При длительном применении К авторы не находили достоверных изменений в высоте АДс при нагрузке или поддержание более низкого уровня АДс требовало повышения дозы препарата [3]. Нами показано (табл. 1), что при длительном лечении К более низкий уровень АДс сохранялся, причем и прирост его (в  $\Delta$  %) был меньше, чем до лечения. Как при коротком, так и при длительном лечении К при нагрузке отмечается более низкий уровень и диастолического АД (АДд). Частота сердечных сокращений была достоверно выше и практически не различалась как при коротком, так и при длительном курсе лечения. Аналогичные результаты получены и другими исследователями [3]. Лишь в единичных работах отмечено урежение ЧСС на фоне приема К [1] или неизменность ее, обычно у больных IV функционального класса [4]. Наличие антиангинального эффекта указывает на то, что, несмотря на прирост ЧСС, уменьшение потребления кислорода превосходит нарастание потребности в нем.

Удельное периферическое сопротивление (УПС) на фоне лечения было достоверно ниже исходного на всех ступенях нагрузки (табл. 2). Клинические наблюдения ряда авторов не выявили снижения сократительности миокарда даже при длительном применении [5]. Это подтверждается и нашими данными о характере изменений сердечно-

Изменения высоты АД и ЧСС при физической нагрузке у больных ХИБС на фоне короткого и длительного лечения коринфаром

| Показатели       | Покой $M \pm m$ | Нагрузка        |                      |                 |                      |                  |                      |
|------------------|-----------------|-----------------|----------------------|-----------------|----------------------|------------------|----------------------|
|                  |                 | 25 кг $M \pm m$ | $\Delta$ % $M \pm m$ | 75 кг $M \pm m$ | $\Delta$ % $M \pm m$ | 125 кг $M \pm m$ | $\Delta$ % $M \pm m$ |
| АДс (мм рт. ст.) |                 |                 |                      |                 |                      |                  |                      |
| До лечения       | 124 ± 2,9       | 139 ± 2,8*      | 12,4 ± 2,1           | 152 ± 4,2*      | 15,1 ± 2,9           | —                | —                    |
| Короткий курс    | 121 ± 2,2       | 131 ± 2,1**     | 8,4 ± 1,2**          | 144 ± 3,9**     | 10,9 ± 1,4**         | 155 ± 4,4*       | 27,9 ± 3,8           |
| Длительный курс  | 123 ± 2,3       | 132 ± 3,2**     | 7,8 ± 1,1**          | 147 ± 3,7*      | 11,3 ± 1,2**         | 156 ± 3,1*       | 26,8 ± 3,2           |
| АДд (мм рт. ст.) |                 |                 |                      |                 |                      |                  |                      |
| До лечения       | 80 ± 1,8        | 88 ± 2,1*       | 9,9 ± 1,3            | 97 ± 3,2*       | 20,0 ± 3,9           | —                | —                    |
| Короткий курс    | 76 ± 1,7        | 85 ± 1,9*       | 11,8 ± 1,1           | 95 ± 2,9*       | 19,8 ± 3,4           | 98 ± 3,4*        | 21,2 ± 4,8           |
| Длительный курс  | 77 ± 1,7        | 87 ± 1,8*       | 12,9 ± 1,8           | 93 ± 2,8*       | 19,9 ± 4,2           | 97 ± 4,8*        | 20,6 ± 4,1           |
| ЧСС (уд/мин)     |                 |                 |                      |                 |                      |                  |                      |
| До лечения       | 68 ± 1,8        | 85 ± 1,9*       | 24,1 ± 1,2           | 105 ± 2,8       | 48,2 ± 2,9*          | —                | —                    |
| Короткий курс    | 74 ± 1,3        | 95 ± 2,1**      | 28,1 ± 1,1**         | 114 ± 2,9**     | 54,8 ± 2,1**         | 128 ± 3,9*       | 73,8 ± 5,1           |
| Длительный курс  | 74 ± 1,4        | 94 ± 2,3**      | 27,4 ± 1,2**         | 112 ± 2,7**     | 53,8 ± 2,0**         | 124 ± 4,1*       | 72,1 ± 4,8           |

Примечание:  $\Delta$ %—среднее от индивидуальных процентных сдвигов, различия статистически достоверны ( $p < 0,05$ ), \*—относительно покоя, \*\*—относительно показателей до лечения.

Таблица 2

Изменения сердечного выброса и периферического сопротивления кровотоку при физической нагрузке у больных ХИБС на фоне короткого и длительного лечения коринфаром

| Показатели                                      | Покой $M \pm m$ | Нагрузка        |                      |                 |                      |                  |                      |
|---|-----------------|-----------------|----------------------|-----------------|----------------------|------------------|----------------------|
|   |                 | 25 кг $M \pm m$ | $\Delta$ % $M \pm m$ | 75 кг $M \pm m$ | $\Delta$ % $M \pm m$ | 125 кг $M \pm m$ | $\Delta$ % $M \pm m$ |
| СИ (л/мин·м <sup>2</sup> )                      |                 |                 |                      |                 |                      |                  |                      |
| До лечения                                      | 2,58 ± 0,2      | 3,80 ± 0,12*    | 48,2 ± 2,7           | 4,90 ± 0,18*    | 83,2 ± 3,1           | —                | —                    |
| Короткий курс                                   | 3,12 ± 0,2      | 4,18 ± 0,14*    | 34,9 ± 2,1**         | 5,31 ± 0,19**   | 73,4 ± 2,9**         | 6,10 ± 0,4*      | 96,2 ± 4,8           |
| Длительный курс                                 | 2,60 ± 0,2      | 3,98 ± 0,10*    | 43,5 ± 1,9**         | 5,10 ± 0,2*     | 81,2 ± 3,1           | 5,95 ± 0,3*      | 106,2 ± 8,9          |
| УИ (мл/м <sup>2</sup> )                         |                 |                 |                      |                 |                      |                  |                      |
| До лечения                                      | 40,4 ± 1,8      | 44,8 ± 1,9      | 10,1 ± 2,1           | 47,2 ± 1,9*     | 18,2 ± 2,2           | —                | —                    |
| Короткий курс                                   | 43,4 ± 1,3      | 45,1 ± 1,8      | 5,1 ± 3,8            | 49,4 ± 2,0*     | 12,2 ± 1,1           | 48,1 ± 2,2*      | 11,2 ± 1,8           |
| Длительный курс                                 | 39,6 ± 1,2      | 42,7 ± 1,4      | 8,2 ± 2,6            | 45,8 ± 1,7      | 14,2 ± 1,8           | 47,2 ± 2,4*      | 14,2 ± 3,8           |
| УПС (дин·сек·см <sup>-3</sup> ·м <sup>2</sup> ) |                 |                 |                      |                 |                      |                  |                      |
| До лечения                                      | 2720 ± 181      | 2300 ± 151*     | -14,2 ± 2,8          | 1912 ± 121*     | 28,2 ± 3,4           | —                | —                    |
| Короткий курс                                   | 2430 ± 162      | 2120 ± 140*     | -12,4 ± 2,9          | 1790 ± 137*     | -30,1 ± 3,6          | 1610 ± 127*      | -33,4 ± 3,8          |
| Длительный курс                                 | 2610 ± 149      | 2210 ± 136*     | -11,5 ± 2,2          | 1810 ± 132*     | -32,2 ± 3,9          | 1690 ± 132*      | -35,9 ± 3,6          |

Условные обозначения те же, что в табл. 1.



го (СИ) и ударного (УИ) индексов при нагрузке (табл. 2). Как при коротком, так и при длительном лечении К величины СИ были более высокими, чем до лечения, величины УИ не различались. Полагают, что при приеме К, вследствие периферической вазодилатации и снижения постнагрузки, происходит усиление симпатической стимуляции, что компенсирует депрессивное влияние К на миокард.

Таким образом, лечение К улучшает и стабилизирует гемодинамику больных ХИБС.

Тбилисский государственный  
медицинский институт

(Поступило 27.10.1988)

მასპარეზობის მდივანი

ა. ისაკაძე

წინამდებარე მკურნალობის გავლენა სისხლის მიმოქცევის  
სისტემაზე ფიზიკური დატვირთვის დროს გულის ქრონიკული  
რეზერვულის დაზარალების დროს

რეზიუმე

კორინფარით ხანგრძლივი მკურნალობის დროს ჰემოდინამიკური ძვრები დატვირთვისას ხასიათდება არტერიული წნევის, გულის შეკუმშვათა სიხშირის და გულის ინდექსის მატებით, სისხლის დინებისადმი პერიფერიული წინააღმდეგობის მნიშვნელოვანი შემცირებით.

EXPERIMENTAL MEDICINE

A. L. ISAKADZE

## THE EFFECT OF NIFEDIPIN ON THE CIRCULATION SYSTEM UNDER PHYSICAL LOAD IN PATIENTS WITH CHRONIC ISCHEMIC HEART DISEASE

Summary

Under long-term treatment with Corinfar hemodynamic shifts under physical load are characterized by a less pronounced increase in arterial blood pressure, greater increase in heart rate and cardiac index and more significant decrease in peripheral resistance to the blood flow as compared to the period before treatment.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. С. З. Костко, У. А. Арифджанова, М. А. Вахидова, Р. Х. Григулова, А. Ш. Косымходжаева. Тер. арх., т. LVIII, № 5, 1986.
2. L. G. Sherman, G. S. Liang. Amer. J. Cardiol., v. 51, № 5, 1983.
3. Н. К. Фуркало, Л. Г. Воронков, В. И. Зайцева. Клин. мед., т. LXV, № 2, 1987.
4. Л. И. Абасова, Е. Б. Гельфгат. Кардиология, т. 26, № 12, 1986.
5. M. De Buitteir, E. Rowland, D. M. Kröckler. Amer. J. Cardiol., v. 55, № 12, 1985.



УДК 616—089.843:611—018:591.413

მასპერმენტული მედიცინა

მ. ლუღუშაური (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი),  
რ. გუგუშვილი, რ. ჩიხლაძე, ლ. ლონდაძე, ბ. ხარაზინაშვილი

არადექვატური დატვირთვის როლი ოსტეოქონდროზის  
განვითარების მექანიზმში

იმ მრავალ ფაქტორთან, რომელთაც სავარაუდო როლი აქვთ ოსტეოქონდროზის ეტიოლოგიასა და პათოგენეზში, უკანასკნელ დროს განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა ხერხემლის სვეტზე სტატიკურ-დინამიკური დატვირთვის ფაქტორს. ამ მიმართულებით მიღებულია მრავალი დამაჯერებელი ფაქტი, რომლებიც მეტყველებენ, რომ არადექვატურ დატვირთვის მთავარი მნიშვნელობა აქვს ხერხემლის ოსტეოქონდროზის მექანიზმში [1—4].

აქედან გამომდინარე, ჩვენ მიზნად დავისახეთ შეგვექმნა ხერხემლის ოსტეოქონდროზის მოდელი, რომელშიც არადაქვატური დატვირთვით მივიღებდით ოსტეოქონდროზისათვის დამახასიათებელ დეგენერაციულ-დისტროფიულ ცვლილებებს, რაც საშუალებას მოგვცემდა დინამიკაში შეგვესწავლა ამ დაავადების განვითარებისა და მექანიზმის ძირითადი საკითხები. მოდელის შექმნისას გამოვიყენეთ ა. ოსტაპჩუკის მიერ [1] მოწოდებული მეთოდიკა, საკუთარი მოდიფიკაციით.

ექსპერიმენტს ვატარებდით 30 თეთრ ვირთავაზე წონით 180—200 გ.

I სერიას შეადგენდნენ ინტაქტური ცხოველები. II სერია წარმოადგენდა საცდელ ჯგუფს, რომელშიც ქლოროფორმის ნარკოზის ქვეშ ცხოველებს ვათავებდით სპეციალური ფორმის ყუთებში, სადაც მათ ვამაგრებდით ვერტიკალურ მდგომარეობაში 2 სთ-ით. ექსპერიმენტს ვატარებდით ყოველდღე, გარდა უქმე დღეებისა. ცხოველებს ვსწავლობდით დინამიკაში ექსპერიმენტის მე-20, 30-ე და 40-ე დღეზე.

მასალა შესწავლილია ჰისტოლოგიურად და ჰისტოქიმიურად.

ჰისტოლოგიურ პრეპარატებზე მალთაშუა დისკი მთლიანად ავსებს მალთაშუა სივრცეს და წარმოდგენილია ორი ერთმანეთისაგან კარგად გამოყოფილი ქსოვილით: პულპოზური ბირთვით, რომელიც მალთაშუა დისკოში ცენტრალურად მდებარეობს და პერიფერიულად განლაგებული ფიბროზული რგოლით.

პულპოზური ბირთვის ქსოვილი წარმოდგენილია ამორფულ ნივთიერებაში გაბნეული მრგვალი უჯრედებით. დიფერენცირების სხვადასხვა ხარისხით, მეზენქიმიურად ხრტილოვან უჯრედებამდე.

ფიბროზული რგოლის ქსოვილი შედგება კონცენტრიულად განლაგებული კოლაგენური ბოჭკოებისაგან, რომელთა შორის აღინიშნება ფიბროციტების ტიპის უჯრედები. მალთაშუა დისკი ორივე მხარეს ესაზღვრება ზედა და ქვედა მალების სასახსრე ხრტილებს სწორი, შედარებით თანბარი ზედაპირით.

ტოლუიდინის ლურჯით pH 4,4 შეღებვისას ინტენსიურ β-მეტაქრომაზის ამქადავებს სახსრის თითქმის ყველა ქსოვილი. განსაკუთრებით ძლიერი β-მეტაქრომაზით გამოირჩევა სასახსრე ხრტილი და პულპოზური ბირთვის ქსოვილი, აგრეთვე ფიბროზული რგოლის პერიფერიული ნაწილი. პრეპარატების



საკონტროლო დამუშავება ტესტიკულარული ჰიპოთონიდაზით გვიჩვენებს, რომ მეტაქრომაზია შენარჩუნებულია მხოლოდ სასახსრე ხრტილის ძირთად ნაწილებში, მაშინ როდესაც სახსრის ყველა დანარჩენი კომპონენტიდან იგი გამქრალია ან რეაქცია მასზე ძალიან შესუსტებულია. ეს იმაზე მეტყველებს, რომ პულპოზური ბირთვის და სახსრის სხვა კომპონენტებშიც, გარდა სასახსრე ხრტილისა, გლიკოზამინოგლიკანების ძირითად წარმომადგენლად გვევლინება ჰიპოთონის მჟავა და ქონდროიტინსულფატ-4. შეღებვა შიფ-მაკმანუსით ავლენს ნეიტრალური მუკოპოლისახარიდების ზომიერ რაოდენობას დისკის ყველა ქსოვილში და გლიკოგენს — დისკისა და სასახსრე ხრტილის უჯრედებში.

ექსპერიმენტის მე-20 დღეზე ჰისტოლოგიურ პრეპარატებზე აღინიშნება დისკის ქსოვილის რეაქციული გარდაქმნა. ფიბრილარიზაცია აღინიშნება როგორც პულპოზურ ბირთვში, ისე ფიბროზულ რგოლში. ხშირია კისტოზური წარმონაქმნები როგორც პულპოზური ბირთვის, ისე ფიბროზული რგოლის ქსოვილში.

ჰისტოქიმიური მეთოდებით დამუშავებისას დისკის ქსოვილები ხასიათდება ძლიერი, არათანაბარი რეაქციით. განსაკუთრებით ეს მეღვენდება ტელუიდინის ლურჯით (pH 4,4) შეღებვისას. დეგენირირებული პულპოზური ბირთვის ცალკეულ უბნებში, აგრეთვე სასახსრე ხრტილში რეაქცია შემცირებულია ან სულ არ არის.

ექსპერიმენტის 30-ე დღეზე დისკის ქსოვილში ღრმავდება დეგენერაციულ-დისტროფიული ცვლილებები, რაც კარგად ჩანს ჰისტოლოგიურ პრეპარატებზე. ერთ შემთხვევაში ეს პროცესი მიდის დისკის ქსოვილის სრულ ან ნაწილობრივ რეზორბციამდე. ამ შემთხვევაში დისკის ქსოვილი ფრაგმენტებისა და ზონარების სახით არის წარმოადგენილი. მეორე შემთხვევაში დისკის ქსოვილი შენარჩუნებულია, მაგრამ მასში დეგენერაციულ-დესტრუქციული ცვლილებები მე-20 დღესთან შედარებით მეტად არის გამოხატული. სუბქონდრალურ ძვალში ოსტეოპოროზის ფონზე ჩნდება სკლეროზული უბნები.

ჰისტოქიმიური მეთოდებით დამუშავებისას დისკის ქსოვილები იძლევა გაძლიერებულ არათანაბარ რეაქციას. პრეპარატების საკონტროლო დამუშავება ტესტიკულარული ჰიპოთონიდაზით მიგვანიშნებს გლიკოზამინოგლიკანების ახალ ფორმებზე. კერძოდ, კერატან-სულფატის ტიპის გლიკოზამინოგლიკანების გაჩენაზე.

ექსპერიმენტის მე-40 დღეზე ჰისტოლოგიურ პრეპარატებზე მალთაშუა სივრცე ძლიერ შევიწროებულია იმდენად, რომ ზოგ პრეპარატში დისკის ქსოვილის ძლიერი გასრუტვისა და გადაადგილების გამო მალეების ზედა და ქვედა სასახსრე ზედაპირები უშუალოდ ეხება ერთმანეთს, ზოგ შემთხვევაში მალთაშუა სივრცე ამოვსებულია ვერტიკალურად მსვლელი ფიბრილებით, რომლებიც ერთი სასახსრე ზედაპირიდან მეორე სასახსრე ზედაპირზე გადადის. ნაწილი ამ ფიბრილებისა წარმოადგენს სასახსრე ზედაპირების განზოკოვანების შედეგად გამოთავისუფლებულ სტრუქტურებს, რაც განსაკუთრებით კარგად ჩანს ჰისტოქიმიურ პრეპარატებზე.

სასახსრე ხრტილებში დეგენერაციულ-დისტროფიული ცვლილებების შემდგომი გაღრმავება ჰისტოქიმიურად ვლინდება გლიკოზამინოგლიკანების არათანაბარ განაწილებასა და მათ შემადგენლობაში კერატან-სულფატის წილის გაზრდაში. მიუხედავად გლიკოგენის შემცირებისა უჯრედებში შიფ-მაკმანუსის რეაქცია დისკის ყველა ქსოვილში გაზრდილია.

ამგვარად, ჩვენს მიერ ექსპერიმენტში თეთრ ვირთავებზე წარმოებულ იარაღეკატური დატვირთვით მიღებულია ოსტეოქონდროზის მოდელი. ჰის-

ტოლოგიური და ჰისტოქიმიური ცვლილებები ექსპერიმენტულ ცხოველთა დისკის ქსოვილებში ანალოგიურია დისკის ცვლილებებისა ხერხემლის ოსტეოქონდროზის დროს.

საქართველოს სსრ ჯანმრთელობის დაცვის სამინისტრო  
ტრავმატოლოგიისა და ორთოპედიის სამეცნიერო-  
პედაგოგიური, კლინიკურ-ექსპერიმენტული ცენტრი

(შემოვიდა 11.2.1988)

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

О. Н. ГУДУШАУРИ (академик АН ГССР), Р. М. ГУГУШВИЛИ, Р. Т. ЧИХЛАДЗЕ,  
Л. Р. ГОНГАДЗЕ, Г. Д. ХАРАЗИШВИЛИ

## РОЛЬ НЕАДЕКВАТНОЙ НАГРУЗКИ В МЕХАНИЗМЕ РАЗВИТИЯ ОСТЕОХОНДРОЗА

### Резюме

Применением вертикального положения под развившейся неадекватной нагрузки у молодых белых крыс была создана модель остеохондроза.

Гистологические и гистохимические данные подтверждают аналогичность изменений у экспериментальных животных с изменениями при остеохондрозе позвоночника у людей.

### EXPERIMENTAL MEDICINE

O. N. GUDUSHAURI, R. M. GUGUSHVILI, R. T. CHIKHLADZE, L. R. GONGADZE,  
G. D. KHARAZISHVILI

## THE ROLE OF INADEQUATE LOADING IN THE MECHANISM OF OSTEOCHONDROSIS

### Summary

A model of osteochondrosis has been developed in young white rats, using the vertical position under inadequate loading. Histological and histochemical data confirm similar changes in experimental animals with osteochondrosis of vertebra.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. Д. Остапчук, Е. П. Подрушняк. Ортоп. травм. протез., № 7, 1976, 51—57.
2. Я. Г. Овсячич, В. Х. Раихинштейн. Ортоп. травм. № 8, 1984, 26—29.
3. Р. Г. Перц. XVI симпозиум Европейского общества ортопедов «Деструкция суставов». Сочи, 1987.
4. J. P. G. Urban, S. Holm. In vivo rates of Proteoglycan Synthesis in different regions of the canine intervertebral disc. Miniposteus version. May 23, 1986. Articular cartilage and of her joint structures in relation to loading and movement.



Р. В. РАТИАНИ

## КИМЕРИДЖСКАЯ ФАУНА ПЛАСТИНЧАТОЖАБЕРНЫХ БАССЕЙНА р. БЕЛОЙ (СЕВЕРНЫЙ КAVKAZ)

(Представлено академиком Л. К. Габуния 26.5.1988)

Материалом для статьи послужили сборы верхнеюрских пластинчатожаберных из бассейна р. Белой (Адыгейская АО), проводившиеся Н. Г. Химшашвили совместно с автором. Данные литературы по изучению верхнеюрских отложений западной части Северного Кавказа довольно многочисленны. Изучением фауны здесь занимались О. К. Григорьева [1], М. Г. Ломизе [2], Г. А. Логинова [3] и др. Но следует обратить внимание на то, что собранная в исследованном разрезе фауна еще никем не описана. Вообще, кимериджские отложения Северного Кавказа редко содержат остатки ископаемой фауны. Кимеридж и титон в бассейне р. Белой представлены в основном мощной пачкой красных и зеленовато-серых песчаников, хорошо обнажающихся на левом берегу р. Белой в районе ст. Каменноостской. В верхней части долины левого притока р. Белой, ручья Рубфабго, обнажаются слоистые известняки, в одном из слоев которых удалось собрать фауну пластинчатожаберных. Известняки выше перекрываются красноцветными песчаниками кимеридж-титона и, таким образом, соответствуют низам этой толщи, обнажающейся ниже по течению Белой и датировавшейся ранее по стратиграфическим соображениям. Теперь, благодаря нашим находкам, удается палеонтологически обосновать кимериджский возраст изученных известняков. Прежде чем перейти к разбору исследованных двустворок, необходимо вкратце коснуться стратиграфии района.

Южнее ст. Каменноостской по обоим берегам Белой обнажаются отложения келловеев, охарактеризованного богатой фауной аммонитов (базальный конгломерат — 0,5 м, глинистые песчаники, довольно мощный слой — до 5 м, песчаные глины — до 3 м).

Выше обнажаются оксфордские известняки без фауны по обоим склонам ущелья р. Рубфабго и лишь в верховьях ручья сменяются относительно тонкослонистыми известняками, переслаивающимися с песчанистыми известняками и мергелями. Выше, после некоторого перерыва, обнажаются пестроцветные песчаники, условно датировавшиеся титоном. Вдоль русла ручья Рубфабго известняки оксфорда образуют два водопада, а у третьего и последнего водопада в долине Рубфабго в одном из слоев известняка сохранилась довольно обильная по числу экземпляров фауна двустворчатых. Отсюда нами описаны: *Lima rhomboidalis* Contejean, *L. astartina* Contejean, *L. mutabilis* Arkell, *L. cf. corallina* Arkell, *Lucina plebeia* Thurmann, *Chlamys quenstedti* (Blake), *Chl. viminea* (Sowerby), *Entolium demissum* (Phillips), *E. cingulatum* (Goldfuss), *Pholadomya elongata* Münster, *Ph. protei* (Brongniart), *Cyprina bertrandi* Lorient, *Hinnites* sp., *Thracia* sp., *Exogyra* sp., *Inoceramus* sp., *Pleuromya* sp., *Isocardia* sp.

Как видно из списка, многие виды имеют широкое вертикальное распространение, встречаясь от бата до титона (*Entolium demissum*, *E.*

cingulatum, *Pholadomya protei*, *Chlamys viminea*), три же вида (*Lima rhomboidalis*, *Cyprina bertrandi*, *Lucina plebeia*) являются характерными формами кимериджа Кавказа, позволяющими с уверенностью датировать включающую фауну слои кимериджским ярусом.

Следует отметить, что, помимо характерных форм, и сам комплекс остальных двусторчатых указывает на кимериджский возраст слоев. Так, например, совместное нахождение *Pholadomya protei* (келловей-кимеридж) и *Chlamys quenstedti* (кимеридж-титон) определенно ограничивает возраст слоев кимериджским ярусом.

Группа пластинчатожаберных моллюсков из отложений кимериджа с западной части Северного Кавказа хоть и отличается в некоторых случаях обилием экземпляров, но из-за редкости местонахождений до настоящего времени остается малопредставительной, о чем свидетельствует список вышеперечисленных форм.

Особо следует обратить внимание на вид *Lima mutabilis* Arkell. Экземпляры этого вида очень многочисленны, хорошей сохранности и в Западной Европе известны с оксфорда. На Кавказе он появляется значительно позже и отличается от западноевропейских представителей вида мелкими размерами, обусловленными, по-видимому, менее благоприятными условиями обитания на данном участке бассейна.

Другой вид, *Cyprina bertrandi* Loriol, известен тоже из оксфорда Западной Европы. По-видимому, оба вида мигрировали с запада на восток, чем и обусловлено их более позднее появление на Кавказе.

Большинство упомянутых выше форм обитало в условиях мелководного бассейна. Так, представители родов *Chlamys*, *Lima*, *Cyprina* обитают обычно на глубинах от 18—20 до 40—50 м. Представители тех же родов предпочитают условия хорошей аэрации, подвижной воды и очень чувствительны к дефициту кислорода, особенно представители рода *Lima*.

Таким образом, на данном участке мы имели мелководный морской бассейн нормальной солености. В ближайших к северу участках бассейна (окр. ст. Каменноостровской) кимеридж представлен уже лагунными отложениями (красноцветными и пестроцветными песчаниками и глинистыми песчаниками) без фауны.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт палеобиологии  
 им. Л. Ш. Давиташвили

(Поступило 9.6.1988)

პალეობიოლოგია

რ. რატიანი

მდ. ბელაიას (ჩრდილო კავკასია) აუზის კიმიტიჯული  
 ორსაგდულიანების ფაუნა

რეზიუმე

შესწავლილია მდ. რუბფაგოს (მდ. ბელაიას მარცხენა შენაკადი) სათავეებში შეგროვილი ორსაგდულიანების ფაუნა. ორსაგდულიანთა შესწავლილი ფორმების ვერტიკალური გავრცელების ანალიზის საფუძველზე პალეონტოლოგიურად დასაბუთებულია მათი შემცველი შრეების კიმიტიჯული ასაკი.

R. V. RATIANI

KIMMERIDGIAN LAMELLIBRANCHS FROM THE BELAYA RIVER  
VALLEY (NORTHERN CAUCASUS)

Summary

In the upper part of the river Rubfabgo valley (the left tributary of the Belaya river) lamellibranchs were collected from limestone outcrops. On the basis of vectorial distribution of the studied representatives of lamellibranchs the Kimmeridgian age of limestones is stated. The list of the studied forms is deduced.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. О. К. Григорьева. Геол. на фронте индустриал., № 1—3, 1935.
2. М. Г. Лемизе. БМОИП, отд. геол., 36, № 1, 1961, 89—98.
3. Г. А. Логинова. Труды ВНИИГАЗ, 7 (15), 1959, 88—101.





УДК 16.21.51

ЯЗЫКОЗНАНИЕ

М. Ш. МГЕЛАДЗЕ

РОЛЬ ПАРАДИГМАТИКИ И СИНТАГМАТИКИ В  
ИССЛЕДОВАНИИ СЕМАНТИЧЕСКОГО ПОЛЯ

(Представлено академиком К. Б. Ломтатидзе 20.4.1988)

Лексические единицы могут входить друг с другом в отношения двух типов. С одной стороны, они объединяются в группы с определенной структурой и образуют один из участков целого словаря. С другой стороны, те же единицы обладают свойством комбинирования с другими единицами в тексте. В первом случае они дают лексико-семантические ряды взаимосопоставленных единиц, вставленные в единую структурную раму, что создает парадигматически организованные семантические поля. Члены таких полей могут входить между собой в отношения антонимии, синонимии, партонимии и др. В другом случае они образуют синтагматически организованные семантические поля, которые уже не подразумевают вышеотмеченных структурных типов.

Рассмотрение этих двух видов взаимоотношений лексических единиц важно при исследовании семантических полей. В предлагаемой статье с этой точки зрения рассматривается семантическое поле «зрения» в грузинском языке (до XVIII века).

Парадигматически организованное поле было составлено нами на материале толкового словаря Сулхан-Саба Орбелиани. Указанный словарь не является простым собранием лексических единиц. В нем часто слова, имеющие сходные значения, представлены как одна единая система и объединены в одну словарную статью. Такие словарные статьи фактически являются парадигматическими семантическими полями. В них слова объединяются по общему нейтральному компоненту, а затем при дефиниции каждой отдельной единицы выявляются отличающие их друг от друга семантические признаки. Это дает возможность на основании данных определений выделить дифференциальные семантические компоненты.

В семантическое поле «зрения» входят слова *xedva*, *mzega*, *ḡvreta*, *skera*, *ḡviroba*, *paхва*, *xilva*. Они содержат в своей семантике следующие дополнительные признаки: семантический компонент «расстояние». Его содержит слово *mzega*. Лексическая единица *ḡvreta* содержит компонент «время», так как это слово употребляется тогда, когда субъект долго смотрит на что-либо. Для слова *skera* выделяется компонент «интенция» (субъект смотрит внимательно на объект для того, чтобы хорошо его разглядеть), а компонент «ограниченное пространство» — для лексической единицы *ḡviroba*. Для слов *paхва* и *xilva* выделяется семантический дополнительный признак «вид». Само значение этих двух последних слов содержит в себе результат процесса видения.

Выделенными дополнительными компонентами каждое данное слово поля противопоставляется всем остальным членам семантической группы.

Кроме того, эти слова дают определенную иерархию с точки зрения маркирования их лексических значений. По своей семантической



структуре самым нейтральным, немаркированным членом данного поля является слово *xedva* (соответствует русскому «видеть»). Оно содержит только сквозной нейтральный компонент поля. Немаркированную семантическую структуру имеют также слова *paхва* и *xilva*. Они противопоставляются единице *xedva* дополнительным семантическим компонентом «совершенный вид», что и является причиной того, что *xedva*, с одной стороны, и *paхва* и *xilva*, с другой, в контекстах находятся в отношении дополнительной дистрибуции. Слова *paхва* и *xilva* употребляются в таких контекстах, где должна была бы появиться грамматическая форма глагола *xedva* в совершенном виде.

На стадии изучения лексических единиц в их парадигматическом измерении можно высказать теоретическое предположение о том, что немаркированные члены поля дают большую свободу писателю или говорящему, чем макированные члены. Они не ограничивают контекст и обогащают свою «обедневшую» семантическую структуру с помощью контекста. А маркированные слова поля, наоборот, ограничивают контекст соответственно своей семантической структуре. Так, например, адресат не может свободно употреблять слово *čviroba* во всех контекстах, где говорится о процессе видения, так как значение этого слова маркировано семантическим компонентом «ограниченное пространство», что и сводит употребление этой единицы только к тем контекстам, в которых описывается такая ситуация, когда субъект смотрит из ограниченного пространства — из окна, из скважины и т. п.

Горизонтальная ось поля, т. е. перенос из парадигматического в синтагматическое измерение, дает возможность проверить вышеизложенную точку зрения. Лексические единицы данного поля нами были изучены в контекстах, взятых из памятников древнегрузинского языка и произведений Сулхан-Саба Орбелиани. Немаркированные слова поля «зрения» встречаются в самых разнообразных контекстах, но сфера их употребления не безгранична, она лимитирована. Каков радиус их употребления? Чтобы дать ответ на этот вопрос, нами был использован метод компонентного анализа для тех единиц, с которыми слова поля «зрения» связываются в текстах. Обнаружилось, что их можно разделить на две группы:

1) объекты, которые содержат компонент материальности, предопределяющий возможность их зрительного восприятия, и

2) объекты, не обладающие этим компонентом.

Этот факт оказался важным с точки зрения изучения поля. Связываясь с объектами первой группы, они выражают процесс видения, как перцепции, восприятия, а во втором случае изменяется компонентный состав поля, их значения уже не связаны с органом зрения, а выражают процессы, связанные с мыслительной деятельностью.

Приведем несколько примеров:

- uḡetu švili mamisagan ḡetilsa xedvides*  
(и если сын видит доброту отца своего),  
*matši sibrzne da ḡkua verara vḡaxe*  
(в них не смог я увидеть ни мудрости, ни ума),  
*gosa xelḡiḡe čemsā esodensa codnasa paḡavs*  
(когда государь увидит, сколь велики мои знания).

Во всех этих примерах немаркированные слова поля «зрения» связываются со словами, которые в своем значении не содержат компонент материальности (эти слова — доброта, мудрость, ум, знание). Вследствие этого изменяется их парадигматически фиксированное значение — они уже не связаны с органом зрения, а выражают разные ментальные процессы.

Таким образом, можно заключить, что парадигматика контролирует свободу появления той или иной единицы в контексте, а синтагматика, в свою очередь, является оператором определенного парадигматического поля. В нашем случае не слова, входящие в семантическое поле «зрения», влияют на лексические единицы, с которыми они связываются в тексте, а наоборот, эти последние выступают как своего рода операторы и заполняют их новым содержанием.

Парадигматически маркированные слова семантического поля жестко определяют смысл своего синтаксического (шире синтагматического) окружения, тогда как немаркированные слова того же поля, наоборот, предоставляют гораздо большую свободу автору текста и вбирают в себя информацию в виде коннотаций, определяемых контекстом, что является источником развития их значений.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт языкознания  
им. А. С. Чикобава

(Поступило 29.4.1988)

ენათმეცნიერება

მ. მგელაძე

პარადიგმატიკისა და სინტაგმატიკის როლი სემანტიკური ველის  
შესწავლაში

რეზიუმე

ქართულ ენაში „ხედვის“ სემანტიკური ველის მაგალითზე შესწავლილია პარადიგმატიკისა და სინტაგმატიკის როლი სემანტიკური ველების კვლევაში. გაკეთებულია დასკვნა, რომ პარადიგმატიკა აკონტროლებს ამა თუ იმ ლექსიკური ერთეულის კონტექსტში ხმარების თავისუფლებას, სინტაგმატიკა კი, თავის მხრივ, გარკვეული პარადიგმატული ველის ოპერატორს წარმოადგენს.

LINGUISTICS

M. Sh. MGELADZE

## THE ROLE OF PARADIGMATICS AND SYNTAGMATICS IN THE STUDY OF SEMANTIC FIELDS

### Summary

The role of paradigmatic and syntagmatic relationships in the study of semantic fields is discussed, with the semantic field of "vision" used as an example. It is concluded that paradigmatics controls the freedom of the occurrence of a lexical unit in the context, and syntagmatics, in its turn, is a kind of operator of a certain paradigmatic field.



А. А. СИЛАГАДZE

## ГРУЗИНСКОЕ СТИХОСЛОЖЕНИЕ В СВЕТЕ ПРОБЛЕМ ОБЩЕЙ МЕТРИЧЕСКОЙ ТИПОЛОГИИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии А. А. Гвахариа 10.8.1988)

Нами уже была высказана мысль о том, что ритмическая организация грузинского стиха основана на факторе ритмического раздела [1]. Ритмические единицы грузинского стиха (из них минимальная представлена 15-элементной подсистемой, создающей базу для остальных единиц и всей целостной структуры) представляют собой бинарные структуры, определяемые действующим между двумя составляющими ритмическим разделом. Иерархическая система грузинского стихосложения содержит четыре уровня (двучлен, строка, двустрочник, строфа; единица каждого нижнего уровня является составляющей единицу соответствующего верхнего уровня), ей соответствует четырехступенчатая система ритмических разделов. Наконец, общая, принципиальная структура стиха обусловлена принципом дихотомии, который создается одновременным действием ритмических разделов всех уровней, когда в завершённом ритмическом отрезке одновременно представлены все единицы.

Выявляемые в грузинском стихе другие характеристики не создают структурного просодического фактора. 1) Силлабическая длина (количество слогов) является внешним признаком, которым описывается только сегмент или колено — составляющая двучлен дифференциальная величина (точнее, вторая составляющая); что касается ритмических единиц (единиц, выражающих самостоятельное ритмическое содержание), то их структура однозначно определяется местом ритмического раздела. 2) Связанное с количеством слогов явление изосиллабизма, проявляющееся в части стихотворного корпуса, образует признак ритмической избыточности (можно говорить о том, что реально мы имеем основанные на ритмическом разделе автоморфизм и изоморфизм). 3) Организованное распределение ударений — суть сопутствующее явление с локальной, вспомогательной функцией, актуализирующейся в определенных условиях [2].

Таким образом, ритмообразующим, структурным фактором в грузинском стихе выступает ритмический раздел (ритмические разделы создаются на базе части словоразделов, являющихся постоянными в данном отрезке, в котором присутствуют и другие словоразделы со свободными позициями). А это означает, что грузинское стихосложение не соответствует принципам ни одной из четырех известных типологических систем стихосложения (о них см. [3], а также [4]), конкретно ни силлабической, ни силлабо-тонической системы, которые обычно упоминаются в грузинском стиховедении в данном контексте.

С позиций метрической типологии функциональный фактор, схожий с тем, что мы называем ритмическим разделом, можно обнаружить в части силлабических систем (из европейских систем это в пер-



вую очередь польская и французская, в меньшей мере другие, например итальянская в определенных образцах, см. [5]; то же самое отмечено в тюркских и некоторых других стихосложениях, например в индонезийских, см. [6]). Однако в этих системах такой фактор не выступает в роли главного, практически единственного структурного признака. Кроме того, и это главное, специфика грузинского стихосложения заключается в том, что оно представляет собой систему бинарных ритмических единиц, здесь ритмический раздел — фактор, действующий внутри бинарной структуры (а не граница между единицами), который на уровне общей, принципиальной структуры стиха создает принцип дихотомии или бинарного деления сверху вниз по уровням.

Диахронический анализ грузинского стиха позволяет реконструировать ступень, на которой единицы (структура  $n+k$ ) всех уровней делятся ритмическим разделом на равные составляющие ( $n=k$ ). Перед ней предполагается наличие двух стадий развития [1]. На непосредственно предшествующей строка не сегментируется бинарно на единицы более низкого уровня (это явление изосиллабизма, проявляющееся и в дальнейшем в виде избыточного признака). На начальной же стадии ритмические периоды подчиняются членению на интонационно-синтаксические отрезки при определенной актуализации языковых норм. Такие структуры свойственны древним тюркоязычным формам. Интересно, что «интонационно-синтаксический стих» предполагается и для европейских языков как начальная, примитивная форма [7]. Тогда грузинский стих следует считать архаичным типологически: в нем на последующих, исторических ступенях развития сохраняется проявляемый в какой-то мере на древнейшей стадии общий принцип деления, придается функция главного ритмического фактора разделу интонационно-синтаксических отрезков и, что главное, словоразделу; в итоге образуется сложная и высокоорганизованная система бинарного членения.

Оформление собственно системы грузинского стихосложения произошло на ступени (реконструированной, второй сверху), когда реализуется принцип бинарного деления на равные составляющие. Дальнейшее развитие является развитием структуры  $n+k$  (универсальной для единиц всех уровней): принцип  $n=k$  заменяется принципом  $n \geq k$ , а на последнем этапе развития уже имеются образцы с принципом  $n < k$ , что в перспективе для бинарной структуры даст все три принципа:  $n=k$ ,  $n > k$  и  $n < k$ . Следовательно, развитие системы можно рассматривать как путь от определенной степени упорядоченности к неупорядоченности в рамках общей упорядоченности (т. е. рост энтропии; это известно в физике в связи с понятием времени положение должно быть реальным для развития всех стихосложений). В общем же анализ диахронии грузинского стиха также указывает на ритмический раздел как структурный фактор.

Таким образом, грузинский стих следует считать организованным фактором ритмического раздела. При таком определении он не входит ни в одну из известных групп стихосложений. Однако с позиций метрической типологии, учитывая задачи определенной общей классификации, не исключается условная возможность включения грузинского стихосложения в одну из универсальных групп, скажем в силлабическую, но при этом оно обнаружит свою специфику, резко противопоставляющую его любому другому представителю этой же группы. Кроме того, квалификация этой группы потребует определенных изменений с позиций ритмообразующего фактора (попытки чего-





для силлабической системы уже предпринимаются, см. [8]); в частности, может встать вопрос о выделении двух подгрупп: в первой решающим фактором является количество слогов (принцип изосиллабизма), во второй — словораздел (со стихотворно-ритмической функцией); грузинский стих создаст третью подгруппу (по-видимому, с единственным представителем) с ритмической организацией, основанной на таком ритмическом разделе, который образует бинарные структуры единиц и общий принцип дихотомии. Также с позиций метрической типологии в диахронии грузинское стихосложение можно рассматривать как результат развития в определенной сторону, а на одном из начальных этапов увидеть какую-либо известную систему, скажем ту же силлабическую.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 8.9.1988)

ფილოლოგია

ა. სილაგაძე

ქართული ლექსთა ფორმის მემორიკული ტიპოლოგიის  
პრობლემების შესახებ

რეზიუმე

ქართული ლექსის რიტმული ორგანიზაცია ორიგინალურია — იგი ეფუძნება ბინარულ სტრუქტურებში მოქმედი რიტმული ვასაყარის ფაქტორს. მემორიკული ტიპოლოგიის პოზიციებიდან არ გამოირიცხება პირობითი შესაძლებლობა ქართული ლექსთწყობის შეტანისა რომელიმე უნივერსალურ ჯგუფში — ვთქვათ, სილაბურში, მაგრამ ამ შემთხვევაში იგი თავისი სპეციფიკით მკვეთრად დაუპირისპირდება ამავე ჯგუფის ნებისმიერ სხვა წარმომადგენელს. ამავე პოზიციებიდან დიაქრონიკაში ქართული ლექსთწყობა შეიძლება განვიხილოთ როგორც გარკვეული განვითარების შედეგი, ხოლო საწყის ეტაპთან რომელიმეზე დავინახოთ ერთ-ერთი ცნობილი სისტემა, ვთქვათ, იგივე სილაბური.

PHILOLOGY

A. A. SILAGADZE

GEORGIAN VERSIFICATION IN TERMS OF GENERAL METRIC  
TYPOLOGY PROBLEMS

Summary

The rhythmic organisation of the Georgian verse is original, being based on the factor of rhythmic division which operates in binary structures. From the standpoint of metric typology, the tentative inclusion of Georgian versification in one of the universal groups, e. g. syllabic, is not ruled out. Even so, it will manifest its specificity being sharply contrasting to any other representative of the same group. Furthermore, in diachrony the Georgian verse may be viewed as [the result] of development in a certain direction, and in one of its initial stages any of the familiar systems may be perceived, e. g. the same syllabic group.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. А. Силагадзе. О принципах стиховедческого анализа. Тбилиси, 1987.
2. А. А. Силагадзе. Изв. АН ГССР, сер. языка и литературы, № 4, 1986, 5—18.
3. J. Lotz. Style in Language, Cambridge, Massachusetts, 1966, p. 135-148.
4. R. Jakobson. Style in Language, Cambridge, Massachusetts, 1966, p. 350—377.
5. W. Th. Elwert. Versificazione italiana dalle origini al giorni nostri, Firenze, 1933.
6. В. И. Брагинский. Эволюция классического малайского стиха. М., 1983.
7. В. Е. Холшевников. Теория стиха. Л., 1968, 24—58.
8. М. Л. Гаспаров. Проблемы теории стиха. Л., 1984, 174—178.



М. Г. НИОРАДЗЕ, А. К. ВЕКУА

### ПЕЩЕРНАЯ СТОЯНКА ОРТВАЛА И ЕЕ ФАУНА

(Представлено членом-корреспондентом Академии О. К. Джаларидзе 28.10.1988)

Пещера Ортвала расположена в с. Годогани (Терджольский р-он), в ущелье р. Цхалцитела, на ее левом берегу, на абсолютной высоте ~250 м. Пещера карстового происхождения, выработана в ургонских известняках. Ее вход имеет вид арки шириной 4 м, высотой 2 м. Пещера состоит из передней части и двух галерей, размеры которых 3,5×1,5×70 м; 3×1,3×20 м [1, 2]. Планомерные раскопки Ортвала, начатые с 1980 г. Центром археологических исследований АН ГССР, дали четкую стратиграфию пещерных отложений. На сегодня в пещере установлено наличие культурных слоев энеолита и более позднего времени, а также верхнего и среднего палеолита. Наиболее полно представлена серия мустьерских слоев, общая мощность которых 1,5 м. Слои эти содержат орудия труда (различные скребла, остроконечники, ножи, зубчато-выемчатые орудия и др., изготовленные как на леваллуазских, так и на нелеваллуазских заготовках) и отбросы производства из кремня, а в единичных случаях из аргиллита, базальта, мергеля, песчаника. В результате исследования добытого материала прослеживается постепенное развитие техники обработки каменных орудий от среднего мустье до его переходного этапа к верхнему палеолиту. Дается также возможность сделать некоторые выводы как в отношении статистики, так и техники обработки камня и типологии. Получены следующие технические показатели (по Франсуа Борду) [3].

Данные свидетельствуют о преобладании леваллуазской техники и фацетированной индустрии. Индекс пластин возрастает в вышележащих мустьерских слоях 3<sup>a</sup> и 3<sup>b</sup>. Материалы предварительно относятся к типичному мустье, где преобладают как зубчатые формы орудий, так и разные скребла. Коллекция аналогична материалам из мустьерских слоев пещер Сакажиа [4], Чахати [5], находящихся недалеко от пещеры Ортвала и др.

| Слой           | ИЛ<br>(индекс леваллуа),<br>% | Иам<br>(индекс пластин),<br>% | IF strict<br>(индекс тонкой под-<br>правки) % | IF large<br>(общий индекс под-<br>правки), % |
|----------------|-------------------------------|-------------------------------|---|--|
| 3 <sup>a</sup> | 40,9                          | 18,4                          | 29,6  | 40,7   |
| 3 <sup>b</sup> | 29,4                          | 11,7                          | 47,6  | 62   |
| 3 <sup>c</sup> | 28                            | 3,2                           | 34,2  | 55,2   |
| 3 <sup>d</sup> | 28,6                          | 8,3                           | 30,5  | 64,4   |

В пещере собран богатый и разнообразный палеонтологический материал, позволяющий восстановить природную среду обитания человека из пещеры Ортвала. Наибольший интерес для нас представляют мустьерские слои, откуда происходит основная часть остеологического материала. Всего из мустьерских слоев извлечено 2114 костей, принадлежащих преимущественно крупным млекопитающим.

## Видовой состав млекопитающих из пещеры ортвала

| В и д ы                                 | С л о и |             |        |      |     |                |                | Общее количество |
|---|---------|-------------|--------|------|-----|----------------|----------------|------------------|
|   | энеолит | в. палеолит | Мустье |      |     |                |                |                  |
|   |         |             | 1      | 2    | 3   | 3 <sup>a</sup> | 3 <sup>b</sup> |                  |
| Дикие животные                          |         |             |        |      |     |                |                |                  |
| 1. <i>Erinaceus europaeus</i>           | —       | —           | —      | —    | —   | 1              | —              | 1                |
| 2. <i>Lepus europaeus</i>               | —       | 1           | —      | 1    | 1   | —              | —              | 3                |
| 3. <i>Hystrix</i> sp.                   | —       | —           | —      | 5    | —   | 1              | 1              | 7                |
| 4. <i>Rodentia</i> (ближе не опред.)    | —       | —           | —      | —    | 2   | 2              | 1              | 5                |
| 5. <i>Canis lupus</i>                   | 1       | —           | 3      | 4    | 1   | 5              | 2              | 16               |
| 6. <i>Vulpes vulpes</i>                 | 1       | 1           | —      | 2    | 3   | 1              | 2              | 10               |
| 7. <i>Ursus spelaeus</i>                | —       | 7           | 139    | 1071 | 175 | 213            | 253            | 1858             |
| 8. <i>Ursus arctos</i>                  | —       | —           | —      | —    | 1   | —              | 1              | 2                |
| 9. <i>Meles meles</i>                   | —       | —           | —      | —    | —   | —              | 1              | 1                |
| 10. <i>Vormela</i> cf. <i>peregrina</i> | —       | —           | —      | 1    | —   | —              | —              | 1                |
| 11. <i>Sus scrofa</i>                   | —       | —           | 1      | 2    | 1   | 2              | 2              | 8                |
| 12. <i>Capreolus capreolus</i>          | —       | —           | —      | 2    | —   | —              | —              | 2                |
| 13. <i>Cervus elaphus</i>               | 1       | 1           | 7      | 36   | 33  | 20             | 15             | 113              |
| 14. <i>Megaloceros giganteus</i>        | —       | —           | —      | —    | —   | 3              | 1              | 4                |
| 15. <i>Capra caucasica</i>              | —       | 1           | 4      | 12   | 11  | 7              | 7              | 42               |
| 16. <i>Bison prisus</i>                 | —       | —           | 3      | 16   | 5   | 15             | 13             | 52               |
| Домашние животные                       |         |             |        |      |     |                |                |                  |
| 17. <i>Bos taurus</i>                   | 6       | —           | —      | —    | —   | —              | —              | 6                |
| 18. <i>Sus domesticus</i>               | 6       | —           | —      | —    | —   | —              | —              | 6                |
| 19. <i>Capra et Ovis</i>                | 4       | —           | —      | —    | —   | —              | —              | 4                |
| 29. <i>Aves</i>                         | 3       | —           | —      | —    | 1   | 1              | 1              | 6                |
| Всего                                   | 22      | 11          | 157    | 1152 | 234 | 271            | 300            | 2147             |

По предварительным данным фауна пещеры Ортвала содержит кости пещерного (*Ursus spelaeus*) и бурого (*U. arctos*) медведей, волка (*Canis lupus*), лисицы (*Vulpes vulpes*), барсука (*Meles meles*), перевязки (*Vormela* cf. *peregrina*), зайца-русака (*Lepus europaeus*), дикобраза (*Hystrix* sp.), европейского ежа (*Erinaceus europaeus*), кабана (*Sus scrofa*), косули (*Capreolus capreolus*), благородного (*Cervus elaphus*) и гигантского (*Megaloceros giganteus*) оленей, кавказского тура (*Capra caucasica*) и первобытного зубра (*Bison prisus*). Пока еще до вида не определены 8 костей, принадлежащих мелким грызунам (5 костей) и воробьиным (3 кости).

Мустьерские слои пещеры Ортвала не отличаются друг от друга по составу фауны. Во всех слоях присутствуют характерные для плейстоцена Западной Грузии формы.

Почти одинаково и количественное соотношение остатков отдельных представителей фауны. Наибольшее количество костных остатков собрано в мустьерском слое 3а.

Судя по кухонным отбросам, излюбленным объектом охоты мустьерцев из пещеры Ортвала были все те же пещерный медведь, благородный олень, кавказский тур и празубр. В мустьерских слоях пещеры Ортвала собрано 1851 костей пещерного медведя, что составляет около 87,4% от общего исследованного материала. По числу остатков все остальные млекопитающие значительно уступают пещерному медведю.

Из хищных относительно чаще встречаются кости волка и лисицы. Единичными находками представлены здесь барсук, бурый медведь, перевязка и грызуны, за исключением, может быть, дикобраза, зубы которого обнаружены в мустьерских слоях 3<sup>a</sup>, 3<sup>c</sup> и 3<sup>d</sup>.

С точки зрения палеозоолога заслуживает упоминания находка нижней челюсти перевязки. Наиболее древняя находка остатков этого редкого зверя связана с нижнеплейстоценовыми отложениями Ахалкалаки [6, 7]. Затем кости перевязки были обнаружены в культурных слоях пещер Цуцхвати [8] и Кударо [9]. Эти данные подтверждают ранее высказанное нами предположение о том, что перевязка, по-видимому, широко была представлена в плейстоценовой фауне млекопитающих Юга СССР.

В мустьерских слоях 3с и 3d обнаружены 4 кости гигантского оленя. Единичные находки костей гигантского оленя отмечены в среднеплейстоценовых отложениях Квемо-Кеди и Орозмани (Восточная Грузия). На территории Западной Грузии остатки этого животного связаны исключительно с палеолитической культурой. Так, остатки гигантского оленя обнаружены среди кухонных отбросов палеолитического человека в пещерных стоянках Цуцхвати, Самгле Клде, Швалиети и Орвала Клде.

В мустьерском слое 3а обнаружены три коренных зуба древнего человека. Естественно, что эти находки в пещере Орвала представляют особый интерес. Подробному исследованию зубов палеоантропа будет посвящена специальная статья. Пока же можем лишь отметить, что по ряду арханческих признаков, особенно строению жевательной поверхности коренных зубов, их предположительно можно отнести к неандерталоиду.

Экологический анализ рассмотренной фауны млекопитающих из пещеры Орвала свидетельствует о значительном преобладании в ней обитателей лесных стаций. Последние, скорее всего, занимали обширные площади территорий Западной Грузии, чему способствовало наличие в этом регионе в мустьерское время относительно теплого и влажного климата.

Сравнимая фауна Орвала с мустьерскими фаунами Западной Грузии мы находим почти полную аналогию как в составе, так и в соотношении численности отдельных групп млекопитающих. Мы привыкли к тому, что в плейстоценовой фауне Западной Грузии отсутствовали хоботные и другие бореальные формы. Не является исключением в этом отношении и фауна Орвала. Однако обращает на себя внимание отсутствие лошади и носорога, остатки которых, хотя и редкими находками, обнаружены почти во всех мустьерских памятниках (Цуцхвати, Джрүчүла, Сакажиа и др.) Имеретинского нагорья.

Академия наук Грузинской ССР

Институт истории,

археологии и этнографии

им. И. А. Джавахишвили

Центр археологических исследований

(Поступило 28.10.1988)

არქეოლოგია

ა. ნიორაძე, ა. შავაშა

მეცნიერული სადგომი ორთვალა და მისი ფაუნა

რეზიუმე

მეცნიერული ორთვალა მდებარეობს სოფ. გოდგანში (თერჯოლის რ-ნი), მდ. წყალწითელის ხეობაში. არქეოლოგიური გათხრების შედეგად მეცნიერებმა დადგინდეს ენეოლითური და უფრო გვიანი ხანის ზედაპალეოლითური და მუსტეიური დროის კულტურული ფენები. მუსტეიური ფენებში ქვის იარაღთა



დამუშავების ტექნიკა ლევალუურია, ინდუსტრია-ფაქტირებული. მასალა დამახასიათებელია ტიპური მუსტიესათვის, სადაც ჭარბობს იარაღთა დაკბილული ფორმები, სხვადასხვა სახის საზოგებო. ნაპოვნი ძვლების შესწავლის შედეგად ირკვევა, რომ ამ მიდამოებში ბინადრობდა დასავლეთ საქართველოს მუსტიესათვის დამახასიათებელი სითბოს მოყვარული ძუძუმწოვართა ფაუნა, რომელშიც გაბატონებული ადგილი ეჭირა მღვიმურ დათვის.

## ARCHAEOLOGY

M. G. NIORADZE, A. K. VEKUA

### THE DWELLING CAVE ORTVALA AND ITS FAUNA

#### Summary

Cave Ortvala is situated in the canyon of Tskaltsitela, in the vicinity of village Godogani (Terjola region). Archaeological excavations in the cave revealed Eneolithic, Upper Paleolithic and Mousterian cultural layers. In the Mousterian layers one can see the Levallois stone treatment technique and faceted industry. The material is typical for the Mousterian. The study of bony materials showed that the area under consideration was inhabited with thermophilous mammalian fauna in which the cave bear prevailed.

#### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. M. G. Ниорадзе. Сообщения АН ГССР, 84, № 2, 1976.
2. M. G. Ниорадзе. Археология и палеогеография раннего палеолита Крыма и Кавказа. М., 1978.
3. F. Bordes. Essai de classification des industries "mousteriennes" BSPF, t L, F. 7-8, 1953, p. 459.
4. M. G. Ниорадзе. Сообщения АН ГССР, 84, № 1, 1976.
5. Н. З. Бердзенишвили. Новый памятник каменного века в ущелии Цхалцитела. Тбилиси, 1964.
6. A. K. Векуа. Ахалкалакская нижнеплейстоценовая фауна млекопитающих. Тбилиси, 1962.
7. A. K. Vekua. The Lower Pleistocene Mammalian Fauna of Akhalkalaki (Southern Georgia, USSR), *Palaentographia Italica*, vol. 74, Pisa, 1987.
8. A. K. Векуа. Изучение пещер Колхиды. Тбилиси, 1978.
9. Н. К. Верещагин, Г. Ф. Барышников. Кударские пещерные палеолитические стоянки в Юго-Осетии. М., 1980.

133-ე ტომის ავტორთა საკმეხელი

- აბაშიძე ვ. 304  
 აბდალაძე ზ. 60  
 აგლაძე თ. 95  
 ადამია რ. 507  
 ადამია ტ. 600  
 ადგიშვილი თ. 540, 555  
 აკობიძე რ. 60  
 ალექსანდროვი ა. 540  
 ალექსიძე მ. 304  
 ამილახვარი ზ. 64  
 ანდრონიკაშვილი თ. 71, 307, 575  
 ანდლულაძე მ. 335  
 არველაძე ე. 536  
 არჩვაძე ნ. 536  
 ასათიანი ბ. 364  
 ასათიანი დ. 127  
 აშორდია მ. 264
- ბალაშვილი მ. 403  
 ბალაძე ე. 475  
 ბანაყლაძე ბ. 507, 511  
 ბარდაველიძე თ. 60  
 ბაქრაძე მ. 178  
 ბაღდავაძე ჯ. 327  
 ბაშარაძე მ. 564  
 ბახტაძე ნ. 188  
 ბენაშვილი ე. 583  
 ბერიოჯკინი ე. 575  
 ბეჟიტაძე დ. 119, 127  
 ბეჭკაური მ. 335  
 ბიჩინაშვილი ა. 536  
 ბიჩკოვა ლ. 531  
 ბოროსოვა გ. 296  
 ბოროვინსკაია ი. 119  
 ბორუბაევი ა. 467  
 ბოჭორიშვილი ზ. 356  
 ბუაჩიძე გ. 596  
 ბუღია ნ. 52, 140  
 ბურკიაშვილი ნ. 307
- გაბეშია ა. 540, 555  
 გაბისიანი ა. 359  
 გაბისონია თ. 23  
 გაბიძაშვილი მ. 19  
 გაგუა ა. 195  
 გამყრელიძე ნ. 279  
 გაგეშიძე ლ. 332  
 გაგაძე გ. 531  
 გელაშვილი ნ. 116
- გელაძე გ. 103  
 გვანცელაძე თ. 292  
 გვარლიანი ნ. 639  
 გვასალია ბ. 143  
 გველესიანი გ. 327  
 გველესიანი დ. 64  
 გვერდწითელი დ. 78  
 გიგაური რ. 572  
 გიგოლაშვილი გ. 385  
 გიორგობიანი ლ. 112  
 გიორგობიანი რ. 399  
 გიქორაშვილი გ. 166  
 გოგოლაშვილი ლ. 155  
 გოგიტიძე ნ. 71  
 გოგოლაური ლ. 276  
 გოგოლაძე კ. 587  
 გრადუსოვი ბ. 612  
 გრიშინა თ. 60  
 გუბულაძე ი. 255  
 გუგავა მ. 324  
 გუგუშვილი ლ. 195  
 გულაიევი რ. 531  
 გურგენიძე კ. 624  
 გურგენიძე ნ. 572  
 გურჯია ე. 600  
 გუჯაბიძე ა. 396
- დავარაშვილი თ. 531  
 დავიდენკოვა ე. 624  
 დევაძე ლ. 324  
 დემეტრაშვილი დ. 552  
 დობორჯგინიძე ლ. 524  
 დოლინი ვ. 171  
 დოლიძე ს. 627  
 დრიკი ნ. 31  
 დუმბაძე გ. 147
- ევტუხოვი ვ. 31  
 ერისთავი ვ. 84  
 ერშოვი ი. 152
- ვარდიაშვილი მ. 547  
 ვარდაპატრიკიანი ვ. 604  
 ვარშავსკაია ე. 27  
 ვეკუა ა. 663
- ზაკალაშვილი გ. 311  
 ზარდალიშვილი თ. 64  
 ზედგინიძე ა. 99  
 ზიბინა ტ. 188  
 ზიკოვა ვ. 564
- თავართქილაძე შ. 64  
 თავაძე გ. 119, 127  
 თავაძე დ. 124  
 თარხნიშვილი ა. 64  
 თევდორაშვილი მ. 319  
 თვზაძე ნ. 631  
 თოდუა თ. 205  
 თოფჩიშვილი ა. 55  
 თობაძე ზ. 399
- იაშვილი ნ. 140  
 ინჯია მ. 572  
 ისაკაძე ა. 643  
 იუტალი ე. 564  
 იუხვილი ვ. 119
- კაბისოვი რ. 287  
 კაკაბაძე ნ. 335  
 კაკრაშვილი ნ. 71  
 კალატოზიშვილი ნ. 416  
 კანდელაკი თ. 492  
 დევიანი ი. 618  
 კარაჩენცევა ი. 175  
 კატრანოვა ზ. 95  
 კაციტაძე მ. 87  
 კახელაძე კ. 140  
 კეკელიძე ნ. 531  
 კეკუა მ. 279, 543  
 კესაევი ვ. 287  
 კვითაშვილი კ. 583  
 კიანკო ვ. 124  
 კიკოლაძე ვ. 79  
 კინწურაშვილი ნ. 188  
 კირთაძე ე. 161  
 კოკია მ. 271  
 კოშორიძე მ. 396  
 კორძაძია ნ. 40  
 კრეინგოლი ს. 564  
 კროცენი ვ. 531  
 კურციანი ი. 531

- ლაბარტყავა ე. 536  
 ლანდია ა. 251  
 ლაში ა. 500  
 ლაჩაშვილი ნ. 378  
 ლეხანძე ე. 112  
 ლეკვიშვილი ე. 319  
 ლეჟავა ვ. 376  
 ლევიცი ა. 555  
 ლოგუნოვი ს. 259  
 ლოლაძე ზ. 166  
 ლორია ნ. 600
- მაზიაშვილი მ. 639  
 მაისურაძე ვ. 300  
 მაისურაძე ც. 161  
 მანჯგალაძე ვ. 152  
 მარგიევი ბ. 359  
 მარსაგიშვილი თ. 284  
 მარშუცი ლ. 327  
 მატევეი ე. 547  
 მალაკელიძე დ. 359  
 მაქსიმოვი მ. 271  
 მაჭავარიანი მ. 284  
 მაჭავარიანი ლ. 376  
 მაღლობლიშვილი ბ. 191  
 მგელაძე მ. 655  
 მელიქაძე ლ. 319  
 მერლანი მ. 335  
 მეტრეველი ნ. 75  
 მეუნარგია ნ. 600  
 მილორაგა ვ. 60  
 მიწინი ვ. 84  
 მიქელაძე ა. 124  
 მებაჟანაძე ი. 324  
 მებაჟია გ. 244  
 მუმლაძე მ. 359  
 მუსეროძე მ. 87  
 მუშუქელიანი ზ. 359
- ნადარაია ლ. 40  
 ნადირაძე ი. 427  
 ნადირაძე ნ. 575  
 ნადირაძე რ. 487  
 ნავერიანი თ. 540, 555  
 ნაენსკი ი. 596  
 ნაცვლიშვილი თ. 119, 127  
 ნიორაძე მ. 663  
 ნოსკინი ლ. 624  
 ნუცუბიძე ნ. 639
- ნაკობელაშვილი ნ. 147  
 ნუქუჯავა ვ. 559  
 ნორჯონიძე ზ. 159  
 ნაჭროსცვარიძე ა. 347
- პანჩენკო ი. 528  
 პიტომავილი ი. 608  
 პოლიაკოვა ა. 319  
 პლეტენევა ტ. 752  
 პოლიანკო ნ. 418
- ქერდვი ა. 627  
 ქვანია ი. 271  
 ქუკოვსკაია ნ. 183
- რამიშვილი მ. 439  
 რატიანი რ. 650  
 რაფავა ლ. 383  
 რევაზიშვილი ნ. 79  
 რობაქიძე ა. 572  
 რობაქიძე მ. 246  
 როგავა მ. 559  
 როგავა მ. 559  
 როგავა ნ. 399  
 რომანოვსკი ი. 555  
 რუსიშვილი ვ. 395  
 რუხაძე მ. 559
- საღუნუშვილი თ. 639  
 საფიჩი ა. 304  
 საკოდინსკი კ. 307  
 სალაყაია რ. 159  
 სამსონია ც. 166  
 სეთაშვილი მ. 68  
 სეფაშვილი ნ. 324  
 სილაგაძე ა. 659  
 სიკინავა შ. 407  
 სკვორცოვა ე. 376  
 სლეჰენკო ლ. 547  
 სოკოლოვა ე. 152  
 სოლოლაშვილი ვ. 300  
 სოხაძე გ. 471  
 სტრახოვი ვ. 292  
 სულავა ნ. 441  
 სულაქელიძე მ. 55  
 სულაძე ლ. 412  
 სუპატაშვილი გ. 600  
 სხირტლაძე ნ. 583
- ტაბაღუა გ. 64  
 ტალიანსკი ი. 60  
 ტარტარაშვილი რ. 178  
 ტატიშვილი გ. 64  
 ტურიაშვილი ნ. 75  
 ტურსინა ტ. 376  
 ტყემელაშვილი რ. 316
- უგრეხელიძე ლ. 399  
 ურუშაძე თ. 155
- ფაველიშვილი ე. 300  
 ფანჯიკიძე ლ. 266  
 ფაჩულა ნ. 496  
 ფაციაშვილი რ. 412  
 ფეტიაშვილი დ. 87  
 ფიდლერი ე. 175  
 ფირაშვილი თ. 480  
 ფირცხალავა ა. 423  
 ფირცხალავა ნ. 75  
 ფოფორაძე ნ. 344  
 ფოცხერაშვილი გ. 335  
 ფხაკაძე ლ. 391
- ქავთარაძე ლ. 591  
 ქარჩხაძე მ. 316  
 ქირია დ. 304  
 ქუთელია ე. 127
- ღონდაძე ლ. 645  
 ღოღელიანი ლ. 367  
 ღუღუშაური თ. 645  
 ღუღუნუშვილი გ. 161
- ყანთელაძე ნ. 555  
 ყვავაძე ე. 412  
 ყირმელაშვილი გ. 48, 520  
 ყრუაშვილი ზ. 140  
 ყუბანეიშვილი მ. 335  
 ყრუაშვილი ზ. 140  
 ყურაშვილი ბ. 175  
 ყურაშვილი ვ. 159
- შაგვულაძე ვ. 332, 557  
 შავოშვილი ი. 95  
 შათირიშვილი გ. 635  
 შათირიშვილი ი. 311, 568  
 შალაბერძიძე თ. 161  
 შამციანი ს. 383, 615  
 შანიძე დ. 396  
 შანშაშვილი ნ. 211  
 შარტავა ე. 143  
 შაქარაშვილი თ. 335  
 შეჩენკო ა. 124  
 შენგელია დ. 344  
 შენგელია ზ. 35  
 შიუჯაშვილი თ. 635  
 შოტოვი ა. 531  
 შუმაროვი ე. 136
- ჩანტლაძე თ. 171  
 ჩარაგვი გ. 435

ჩაჩანიძე გ. 93, 579  
 ჩახნაშვილი ც. 203  
 ჩერემსკოი პ. 124  
 ჩიციკოვა ნ. 612  
 ჩირკოვა ს. 191  
 ჩიჩუა გ. 84  
 ჩიხლაძე რ. 645  
 ჩუბინიძე თ. 359  
 ჩუბინიძე ნ. 335  
 ჩუჩაიანი ი. 27  
 ჩხიკვაძე ვ. 431

ცაგურია თ. 304  
 ცალღელაშვილი ა. 427  
 ცარციძე მ. 396  
 ცერცვაძე თ. 383, 615  
 ცხატკოვა ტ. 596  
 ციბროვი გ. 152  
 ცინცაძე დ. 391  
 ციციშვილი გ. 79  
 ცხაღია რ. 327

ძაგანია თ. 140  
 ძანტიევი ბ. 627  
 ძოწენიძე ზ. 87  
 ძოწენიძე ნ. 564

წერეთელი კ. 197  
 წივწივაძე დ. 127  
 წულწუნავა თ. 344

ქანკვეტაძე ბ. 559  
 კიბარეშვილი ე. 112  
 ქუმბურძე თ. 161

ხაბურზანია ი. 296  
 ხანანაშვილი ლ. 316  
 ხარაზიშვილი ა. 504  
 ხარაზიშვილი გ. 645  
 ხაჩატრიანი ს. 356  
 ხაჩიძე მ. 378

ხახუტაშვილი ც. 615  
 ხელაძე ზ. 64  
 ხომასტრიძე თ. 155  
 ხომერიკი რ. 196  
 ხუნდაძე მ. 579  
 ხუციშვილი კ. 612  
 ხუხუნი თ. 132

ჯამარჯაშვილი ვ. 372  
 ჯამრეშვილი ნ. 403  
 ჯანელიძე ვ. 43  
 ჯანჭღაბა ი. 340  
 ჯაფარიძე ვ. 568  
 ჯაფარიძე კ. 324  
 ჯაფარიძე გ. 332, 587  
 ჯაში გ. 64  
 ჯვარაშვილი ი. 423  
 ჯიბარაძე ა. 555  
 ჯიორაშვილი ბ. 75  
 ჯიჯეიშვილი პ. 107  
 ჯოხაძე დ. 385, 403  
 ჯღამაძე ნ. 516

## УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ 133-го ТОМА

Абашидзе В. Г. 301  
 Абдаладзе З. В. 57  
 Агладзе Т. В. 93  
 Адамия Р. Ш. 505  
 Адамия Т. М. 597  
 Адейшвили Т. Г. 537, 553  
 Акобидзе Р. Т. 57  
 Александров А. П. 537  
 Алексидзе М. А. 301  
 Амилахвари З. Л. 61  
 Андгуладзе М. К. 333  
 Андроникашвили Т. Г. 69, 305, 573  
 Арвеладзе И. С. 533  
 Арчвадзе Н. Н. 533  
 Асатиани Б. А. 361  
 Асатиани Д. М. 125  
 Асатиани Л. П. 633  
 Ашordia М. Т. 261

Багдаვაдзе Д. И. 325  
 Бакрадзе М. А. 177  
 Баладзе Э. Д. 473  
 Балашвили М. И. 401  
 Бачдзеладзе Б. Р. 505, 509  
 Бардавелидзе Т. С. 57  
 Бахтадзе Н. Г. 185  
 Башарадзе М. И. 561

Бежитадзе Д. Г. 117  
 Бежитадзе Д. Т. 125  
 Бекаури М. Н. 333  
 Бенашвили Е. М. 581  
 Березкин В. Г. 573  
 Бичинашвили А. И. 533  
 Борисова Г. П. 293  
 Боровинская И. П. 117  
 Бурубаев А. А. 465  
 Буачидзе Г. И. 593  
 Булия И. П. 49, 137  
 Буркиашвили Н. О. 305  
 Бычкова Л. П. 537

Вардиашвили М. Д. 545  
 Вardпатрикан В. А. 601  
 Варшавская Е. В. 25  
 Векуа А. К. 661

Габешия А. А. 537, 553  
 Габидзашвили М. А. 17  
 Габисiani А. Г. 357  
 Габисония О. Д. 21  
 Гагуа А. М. 193  
 Гамкრелидзе Н. У. 277  
 Гванцеладзе Т. А. 289  
 Гварлиани Н. З. 637  
 Гвасалия Б. А. 141

Гвелесиანი Г. Г. 325  
 Гвелесиანი Д. Л. 61  
 Гвердцители Д. Д. 77  
 Гегешидзе Л. В. 329  
 Гегиадзе Г. Г. 537  
 Геладзе Г. Л. 101  
 Гелашвили Н. В. 113  
 Гигаური Р. Д. 569  
 Гиголашвили Г. Г. 387  
 Гикорашвили Г. С. 165  
 Гиоргобანი Л. А. 109  
 Гиоргобანი Р. Э. 397  
 Гогелиანი Л. Д. 365  
 Гоглашвили Л. З. 153  
 Гогитидзе Н. М. 69  
 Гоголадзе П. Г. 585  
 Гоголаური Л. А. 273  
 Градусов Б. П. 609  
 Гришина Т. А. 57  
 Губеладзе И. Дж. 253  
 Гугава М. Т. 321  
 Гугуნიшвили Г. Ш. 164  
 Гузушвили Л. Л. 193  
 Гуджабидзе А. О. 393  
 Гуляев Р. Г. 537  
 Гургенидзе К. К. 621  
 Гургенидзе Н. И. 569  
 Гурджия Ж. Г. 597



- Даварашвили О. И. 537  
 Даавиденкова Е. Ф. 621  
 Девадзе Л. В. 321  
 Деместрашвили Д. И. 549  
 Джамарджашвили В. А. 369  
 Джамришвили Н. В. 401  
 Джанджгава И. К. 337  
 Джанелидзе В. А. 41  
 Джапаридзе В. Д. 565  
 Джапаридзе Дж. И. 329, 585  
 Джапаридзе К. Г. 321  
 Джашин Г. Г. 61  
 Джваршеишвили И. А. 481  
 Джгмадзе Н. О. 513  
 Джиджешшвили П. О. 105  
 Джинчрадзе А. Х. 553  
 Джошшвили Б. Д. 73  
 Джохадзе Д. И. 387, 401, 629  
 Дзаганян Т. Б. 137  
 Дзантисв Б. Б. 625  
 Дзоценидзе З. Г. 85  
 Дзоценидзе Н. Е. 561  
 Доберджинидзе Л. Г. 521  
 Долидзе С. А. 625  
 Долин В. Г. 169  
 Дрик Н. Г. 29  
 Думбадзе Г. Г. 145  
  
 Евтухов В. М. 29  
 Ершов Ю. А. 149  
  
 Жвания И. А. 269  
 Жердев А. В. 625  
 Жуковская Н. А. 181  
  
 Закалашвили Г. Н. 309  
 Зардаляшвили Т. О. 61  
 Зедгинидзе А. Г. 97  
 Зыбина Т. Г. 185  
 Зыкова Г. В. 561  
  
 Инджия М. А. 569  
  
 Кабисов Р. С. 285  
 Кавтарадзе Л. К. 589  
  
 Какабадзе Н. В. 333  
 Какриашвили Н. Д. 99  
 Калатозишвили М. Д. 413  
 Кавделаки Т. К. 489  
 Каптеладзе Н. Г. 553  
 Капанадзе И. С. 617  
 Караченцева Ю. М. 173  
 Карчхадзе М. Г. 313  
 Катранова З. Г. 93  
 Кахеладзе К. Г. 137  
 Кацитадзе М. М. 85  
 Кввадзе Э. Ш. 409  
 Кретаишвили К. Е. 581  
 Кекелидзе Н. П. 529  
 Кекуа М. Г. 277, 541  
 Кесаев В. И. 285  
 Киколадзе В. С. 77  
 Киндурашвили Н. Т. 185  
 Кирья Д. К. 301  
 Кирмелашвили Г. И. 45, 517  
 Киртадзе Э. Г. 164  
 Кириенко В. В. 121  
 Когая М. В. 269  
 Кордзахия Н. Е. 37  
 Крейнгольд С. У. 561  
 Кривцуа В. М. 529  
 Круашвили З. Е. 137  
 Кубаиешшвили М. И. 333  
 Курашвили Б. Е. 173  
 Курашвили В. Е. 157  
 Курциан Ю. А. 529  
 Кутелия Э. Р. 125  
  
 Лабарткава Э. К. 533  
 Лаидия А. Н. 249  
 Лачашвили Н. И. 377  
 Лашхи А. А. 497  
 Лебагидзе Э. С. 109  
 Лежава В. В. 373  
 Леквейшвили Э. Г. 317  
 Лившиц А. И. 553  
 Логунов С. А. 257  
 Лоладзе З. П. 165  
 Лемтагидзе З. Ш. 632  
 Лория Н. В. 597  
  
 Маглакелидзе Д. Л. 357  
 Мазнишвили М. И. 637  
 Майсурадзе Г. М. 297  
 Майсурадзе Ц. М. 164  
 Максимов М. З. 269  
 Манджгаладзе Г. Г. 149  
  
 Маргиев Б. Г. 357  
 Марсагишвили Т. А. 281  
 Маршук Л. А. 325  
 Матвеев В. А. 545  
 Мачавариани Л. Г. 373  
 Мачавариани М. Н. 281  
 Мгалоблишвили Б. И. 189  
 Меликадзе Л. Д. 317  
 Мерлани М. И. 333  
 Метрелии И. Г. 73  
 Меунаргия Н. В. 597  
 Мжаванадзе И. А. 321  
 Мжавия Г. М. 241  
 Микеладзе А. Г. 121  
 Милорава В. А. 57  
 Миндин В. Ю. 81  
 Мумладзе М. В. 357  
 Муссеридзе М. Д. 85  
 Мухшудчани З. А. 357  
  
 Навериани Т. Х. 537, 553  
  
 Надарая Л. Э. 37  
 Надирадзе И. Ш. 425  
 Надирадзе Н. А. 573  
 Надирадзе Р. Г. 485  
 Навелишвили Т. Н. 117, 125  
 Невинский И. О. 593  
 Ниорадзе М. Г. 661  
 Носкин Л. А. 621  
 Ницубидзе Н. Н. 637  
  
 Окрибелашвили Н. Д. 145  
 Окросцваридзе А. В. 345  
 Окуджава В. М. 557  
 Орджоникидзе З. В. 157  
  
 Павленишвили Е. Ш. 297  
 Панджикидзе Л. К. 265  
 Паиченко И. П. 525  
 Пацнашвили Р. А. 409  
 Пацула Н. Л. 493  
 Петвиашвили Д. И. 85  
 Пирашвили Т. И. 477  
 Пирцхалава А. В. 421  
 Пирцхалава Н. И. 73  
 Питимашвили И. А. 605  
 Плетенева Т. В. 149  
 Полякова А. А. 317



- Полянко Н. Я. 417  
 Попорадзе Н. Г. 341  
 Поцхверашвили Г. О. 335  
 Пхакадзе Л. Д. 389  
  
 Рамшвили П. Р. 437  
 Равава Л. П. 381  
 Ревазшвили Н. С. 77  
 Робакидзе М. Г. 245  
 Рогача М. М. 557  
 Романовский Ю. А. 553  
 Рухадзе М. Д. 557  
  
 Савян А. И. 301  
 Садуншвили Т. А. 637  
 Сакодычский К. И. 305  
 Салакая Р. С. 157  
 Салакуадзе М. Е. 53  
 Самсония Ц. И. 165  
 Сетапшвили М. И. 65  
 Силагадзе А. А. 657  
 Сичинава Ш. Г. 465  
 Скворцова Е. В. 373  
 Следченко Л. А. 545  
 Соколова Е. Н. 149  
 Сологашвили Дж. З. 297  
 Сохадзе Г. А. 469  
 Страхов В. Н. 289  
 Сулава И. О. 444  
 Суладзе Л. Ф. 409  
 Супаташвили Г. Д. 597  
 Схиртладзе Н. И. 581  
  
 Табагуа Г. Г. 61  
 Табадзе Г. Ф. 117, 125  
 Тавадзе Ф. Н. 121  
 Таварткиладзе Ш. А. 61  
 Тальянский И. И. 57  
 Таргарашвили Р. В. 177  
 Тархншвили А. Г. 61  
 Татишвили Г. В. 61  
  
 Теодорашвили М. Н. 317  
 Тевзадзе Н. Н. 629  
 Ткешелашвили Р. Ш. 313  
 Тодуа Т. Т. 207  
 Топчашвили А. Л. 53  
 Турчашвили Л. Г. 73  
 Турсина Т. В. 373  
 Тутберидзе Б. Д. 349  
  
 Угрехелидзе Д. Ш. 397  
 Урушадзе Т. Р. 153  
  
 Фидлер Ж. Н. 173  
  
 Хабурдзания И. А. 293  
 Хаванашвили Л. М. 313  
 Харазишвили А. Б. 501  
 Хадуташвили Ц. Е. 613  
 Хачидзе М. Н. 377  
 Хачтриян С. О. 353  
 Хеладзе З. В. 61  
 Хомасуридзе Т. С. 153  
 Хомерики И. О. 133  
 Хундалде М. Г. 577  
 Хухуни Т. В. 129  
 Хуцишвили К. А. 609  
  
 Цагурия Т. А. 301  
 Цалугелашвили А. Р. 425  
 Цветкова Т. В. 593  
 Церетели К. Г. 200  
 Церивадзе Т. А. 381, 613  
 Цицивадзе Д. М. 125  
 Цинцадзе Д. Г. 389  
 Цицишвили В. Г. 77  
 Цуцунავა Т. Н. 341  
 Цхадая Р. А. 325  
 Цыбров Г. Е. 149  
  
 Чапкветадзе Б. Г. 557  
 Чантладзе Т. И. 169  
 Чараев Г. Г. 433  
 Чахнашвили Ц. Г. 201  
 Чачанидзе Г. Д. 89, 577  
 Черемской П. Г. 121  
 Чиабришвили Е. Г. 109  
 Чижикова Н. П. 609  
 Чиркова С. К. 189  
 Чичуа Г. П. 81  
 Чубинидзе Н. Г. 333  
 Чубинидзе Т. А. 357  
 Чумбуридзе Т. С. 164  
 Чучаев И. И. 25  
 Чхиквадзе В. М. 429  
  
 Шавгулидзе В. В. 329  
 Шавоншвили И. Г. 93  
 Шакарашвили Т. С. 333  
 Шаламберидзе Т. Х. 164  
 Шамциян С. М. 381, 613  
 Шаншашвили Н. Э. 209  
 Шартава Ж. К. 141  
 Шатиришвили Г. Н. 633  
 Шатиришвили И. Ш. 309, 565  
 Шевченко А. Д. 121  
 Шенгелиа Д. М. 341  
 Шенгелия З. И. 33  
 Швукашвили Т. Г. 633  
 Шотов А. П. 529  
 Шумаров Е. В. 133  
  
 Эристави В. Д. 81  
  
 Юталь Е. М. 561  
 Юхвид В. И. 117  
  
 Яшвили Н. Г. 137

## AUTHOR INDEX TO VOLUME 133

- Abashidze V. G. 304  
 Abdaladze Z. V. 60  
 Adamia R. Sh. 508  
 Adamia T. M. 600  
 Adeishvili T. G. 540, 556  
 Agladze T. R. 95  
  
 Akobidze R. T. 60  
 Aleksandrov A. P. 540  
 Aleksidze M. A. 304  
 Amilakhvari Z. L. 64  
 Andguladze M. K. 335  
 Andronikashvili T. G. 71, 308, 576  
  
 Archvadze N. N. 536  
 Arveladze I. S. 536  
 Asatiani B. L. 364  
 Asatiani D. M. 127  
 Asatiani L. P. 636  
 Ashordia M. T. 264

- Bagdavadze J. I. 328  
 Bakhtadze N. G. 188  
 Bakradze M. A. 179  
 Baladze E. D. 475  
 Balashvili M. I. 404  
 Bandzeladze B. R. 508, 511  
 Bardavelidze T. S. 60  
 Basharadze M. I. 564  
 Bekauri M. N. 335  
 Benashvili E. M. 584  
 Beryozkin V. G. 576  
 Bezhitadze D. T. 120, 127  
 Bichinashvili A. I. 536  
 Bochorishvili Z. B. 356  
 Borisova G. P. 296  
 Borovinskaya I. P. 120  
 Borubayev A. A. 467  
 Buachidze G. I. 596  
 Bulia N. P. 52, 140  
 Burkiashvili N. O. 308  
 Bychkova L. P. 531  
 Chachanidze G. D. 92, 579  
 Chakhnashvili Ts. G. 203  
 Chankvetadze B. G. 559  
 Chantladze T. I. 172  
 Charaev G. G. 436  
 Cheremskoy P. G. 124  
 Chjabrlishvili E. G. 112  
 Chichua G. P. 84  
 Chikhladze R. T. 647  
 Chirkova S. K. 192  
 Chizhikova N. P. 612  
 Chkhikvadze V. M. 431  
 Chubinidze N. G. 335  
 Chubinidze T. A. 360  
 Chuchavaev I. I. 27  
 Chumburidze T. S. 164  
 Davarashvili O. I. 531  
 Davidenkova E. F. 624  
 Demetrashvili D. I. 552  
 Devadze L. V. 324  
 Doborjginidze L. G. 524  
 Dolidze S. A. 628  
 Dolin V. G. 172  
 Drik N. G. 32  
 Dumbadze G. G. 147  
 Dzagania T. B. 140  
 Dzantiev B. B. 628  
 Dzotsenidze Z. G. 87  
 Eristavi V. D. 84  
 Ershov Yu. A. 152  
 Evtukhov V. M. 32  
 Fidler Zh. N. 175  
 Gabeshia A. A. 540, 556  
 Gabidzashvili M. A. 20  
 Gabisiani A. G. 360  
 Gabisonia O. D. 24  
 Gagua A. M. 195  
 Gamkrelidze N. U. 279  
 Gegeshidze L. V. 332  
 Gegiadze G. G. 531  
 Geladze G. L. 103  
 Gelashvili N. V. 116  
 Gigauri R. D. 572  
 Gigolashvili G. G. 387  
 Gikorashvili G. S. 166  
 Giorgobiani L. A. 112  
 Giorgobiani R. E. 399  
 Gogeliani L. D. 368  
 Gogilashvili L. Z. 156  
 Gogitidze N. M. 71  
 Gogoladze P. G. 587  
 Gogolauri L. A. 276  
 Gongadze L. R. 647  
 Gradusov B. P. 612  
 Grishina T. A. 60  
 Gubeladze I. J. 255  
 Gudushauri O. N. 647  
 Gugava M. T. 324  
 Gugunishvili G. Sh. 164  
 Gugushvili L. L. 195  
 Gugushvili R. M. 647  
 Gujabidze A. O. 396  
 Gulyayev R. G. 531  
 Gurgeniidze K. K. 624  
 Gurgeniidze N. I. 572  
 Gurjia Zh. G. 600  
 Gvantseladze T. A. 292  
 Gvarliani N. Z. 640  
 Gvasalia B. A. 144  
 Gvelesiani D. L. 64  
 Gvelesiani G. G. 328  
 Gverdtseteli D. D. 80  
 Iashvili N. G. 140  
 Injia M. A. 572  
 Isakadze A. L. 643  
 Jamarjashvili V. A. 372  
 Jamrlishvili N. V. 404  
 Janelidze V. A. 43  
 Janjgava I. K. 340  
 Japaridze J. I. 332, 587  
 Japaridze K. G. 324  
 Japaridze V. D. 568  
 Jashi G. G. 64  
 Jgamadze N. O. 516  
 Jijeishvili P. O. 108  
 Jincharadze A. Kh. 556  
 Jioshvili B. D. 76  
 Jokhadze D. I. 387, 404, 631  
 Jvarsheishvili I. A. 483  
 Kabisov R. S. 287  
 Kakabadze N. V. 335  
 Kakheladze K. G. 140  
 Kakriashvili N. D. 71  
 Kalatozishvili M. D. 416  
 Kandelaki T. K. 492  
 Kanteladze N. G. 556  
 Kapanadze I. S. 619  
 Karachentseva Yu. M. 175  
 Karchkhadze M. G. 316  
 Katranova Z. G. 95  
 Katsitadze M. M. 87  
 Kavtaradze L. K. 591  
 Kekelidze N. P. 531  
 Kekua M. G. 279, 543  
 Kesayev V. I. 287  
 Khaburzanian I. A. 296  
 Khatatryan S. O. 356  
 Khachidze M. N. 379  
 Khakhutashvili Ts. E. 616  
 Khananashvili L. M. 316  
 Kharazishvili A. B. 504  
 Kharazishvili G. D. 647  
 Kheladze Z. V. 64  
 Khomasuridze T. S. 150  
 Khomeriki I. O. 136  
 Khukhuni T. V. 132  
 Khundadze M. G. 579  
 Khutsishvili K. A. 612  
 Kikoladze V. S. 80  
 Kintsurashvili N. T. 188  
 Kiria D. K. 304  
 Kirmelashvili G. I. 48, 520  
 Kirtadze E. G. 164  
 Kiyanenko V. V. 124  
 Kokaia M. V. 272  
 Kordzakhia N. E. 40  
 Koshoridze M. I. 396  
 Kreingold S. U. 564  
 Krivtsun V. M. 53  
 Kruashvili Z. E. 140  
 Kubaneishvili M. I. 335  
 Kurashvili B. E. 175

- Kurashvili V. E. 160  
Kuritsyn I. A. 531  
Kutelia E. R. 127  
Kvavadze E. Sh. 412  
Kvitaishvili K. E. 584
- Labartkava E. K. 536  
Lachashvili N. I. 379  
Landia A. N. 251  
Lashkhi A. A. 500  
Lebanidze E. S. 112  
Lekveishvili E. G. 319  
Lezhava V. V. 376  
Livshits A. I. 556  
Logunov S. A. 259  
Loladze Z. P. 166  
Lomtadze Z. Sh. 636  
Loria N. V. 600
- Machavariani L. G. 376  
Machavariani M. N. 284  
Maglakelidze D. L. 360  
Maisuradze G. M. 300  
Maisuradze Ts. M. 164  
Maksimov M. Z. 272  
Manjavidze G. G. 152  
Margiev B. G. 360  
Marsagishvili T. A. 284  
Marshuk L. A. 328  
Matveev V. A. 547  
Maziashvili M. I. 640  
Melikadze L. D. 319  
Merlani M. I. 335  
Metreveli N. G. 76  
Meunargia N. V. 600  
Mgaloblishvili B. I. 192  
Mgeladze M. Sh. 655  
Mikeladze A. G. 124  
Milorava V. A. 60  
Mindin V. Yu. 84  
Mumladze M. V. 360  
Museridze M. D. 87  
Mushkudiani Z. A. 360  
Mzhavanadze I. A. 324  
Mzhavia G. M. 244
- Nadaraya L. E. 40  
Nadiradze I. Sh. 427  
Nadiradze N. A. 576  
Nadiradze R. G. 487  
Natsvlisvili T. N. 120,  
127  
Naveriani T. Kh. 540, 556  
Nevinsky I. O. 596
- Nioradze M. G. 644  
Noskin L. A. 624  
Nutsubidze N. N. 640
- Okribelashvili N. D. 147  
Okrostsvardize A. V. 347  
Okujava V. M. 559  
Orjonikidze Z. V. 160
- Pachulia N. L. 495  
Panjikidze L. K. 267  
Panchenko I. P. 528  
Patsiashvili R. A. 411  
Pavlenishvili E. Sh. 300  
Petviashvili D. I. 87  
Pirashvili T. I. 480  
Pirtskhalava A. V. 423  
Pirtskhalava N. I. 76  
Pitimashvili I. A. 608  
Pkhakadze L. D. 392  
Pleteneva T. V. 152  
Poliakova A. A. 319  
Polyanko N. I. 418  
Poporadze N. G. 344  
Potskhverishvili G. O. 335
- Ramishvili P. R. 440  
Rapava L. P. 384  
Ratiani R. V. 651  
Revazishvili N. S. 80  
Robakidze A. N. 572  
Robakidze M. G. 247  
Rogava M. M. 559  
Rogava N. K. 399  
Romanovsky Yu. A. 556  
Rukhadze M. D. 559  
Rusieshvili V. N. 396
- Sadunishvili T. A. 640  
Sakodinsky K. I. 308  
Salakaia R. G. 160  
Salukvadze M. E. 55  
Samsonia Ts. I. 166  
Savich A. I. 304  
Sepashvili N. O. 324  
Setashvili M. I. 68  
Shakarashvili T. S. 335  
Shalamberidze T. Kh. 164  
Shamtsyan S. M. 384, 616  
Shanidze D. V. 396  
Shanshashvili N. E. 212  
Shartava J. K. 144  
Shatirishvili G. N. 636
- Shatirishvili I, Sh. 311,  
568  
Shavgulidze V. V. 332,  
587
- Shavoshvili I. G. 95  
Shengelia D. M. 344  
Shengelia Z. I. 36  
Shevchenko A. D. 124  
Shitukashvili T. G. 636  
Shotov A. P. 531  
Shumarov E. V. 136  
Sichinava Sh. G. 408  
Silagadze A. A. 659  
Skhirtladze N. I. 584  
Skvortsova E. B. 376  
Slepchenko L. A. 547  
Sokhadze G. A. 471  
Sokolova E. N. 152  
Sologashvili J. Z. 300  
Strakhov V. N. 292  
Suladze L. F. 412  
Sulava N. O. 444  
Supatashvili G. D. 600
- Tabagua G. G. 64  
Talyansky I. I. 60  
Tarkhnishvili A. G. 64  
Tartarashvili R. V. 179  
Tatishvili G. V. 64  
Tavadze F. N. 124  
Tavadze G. F. 120, 127  
Tavartkiladze Sh. A. 64  
Tevdorashvili M. N. 219  
Tevzadze N. N. 631  
Tkeshelashvili R. Sh. 316  
Todua T. T. 207  
Tokhadze Z. V. 399  
Topchishvili A. L. 55  
Tsguria T. A. 304  
Tsalugelashvili A. R. 427  
Tsartsidze M. A. 396  
Tsereteli K. G. 200  
Tsertsvadze T. A. 384,  
616
- Tsibrov G. E. 152  
Tsintsadze D. G. 392  
Tsitsishvili V. G. 80  
Tsitsivadze D. M. 127  
Tskhadaia R. A. 328  
Tsutunava T. N. 344  
Tsvetkova T. V. 596  
Turiashvili L. G. 76  
Tursina T. V. 376  
Tutberidze B. D. 352

Ugrekhelidze D. Sh. 399  
Urushadze T. R. 156

Yukhvid V. I. 120  
Yutal E. M. 564

Zhukovskaya N. A. 183  
Zhvania I. A. 272  
Zokalashvili G. N. 311  
Zybina T. G. 188  
Zykova G. V. 564

Vardiashvili M. D. 547  
Vardpartrikyan V. A. 604  
Varshavskaya E. V. 27  
Vekua A. K. 664

Zardalishvili T. O. 64  
Zedgenidze A. G. 100  
Zherdev A. V. 628

6 87/82.



ՅՆՆՈ 1 ՅՆԵ. 90 ՅՆՆ.  
ЦЕНА 1 РУБ. 90 КОП.

ИНДЕКС 76181