

S 24  
1990

ISSN-0132-1647  
საქართველოს  
მეცნიერებათა აკადემიის

საქართველოს სსრ  
მეცნიერებათა აკადემიის

**მოამბე**

**СООБЩЕНИЯ**

АКАДЕМИИ НАУК  
ГРУЗИНСКОЙ ССР

**BULLETIN**

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE GEORGIAN SSR

108

ტომი 138 том

№ 3

ივნისი 1990 ИЮНЬ

თბილისი • ТБИЛИСИ • TBILISI



524  
1990  
ქ. 138  
ა 3

საქართველოს სსრ  
მეცნიერებათა აკადემიის

გზაგაზა

СООБЩЕНИЯ

АКАДЕМИИ НАУК  
ГРУЗИНСКОЙ ССР

BULLETIN

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE GEORGIAN SSR

108

ტომი 138 ტომ

№ 3

036060 1990 ივნისი

ქართული დაარსებულია 1940 წელს  
Журнал основан в 1940 году

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

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

ს ა რ ე დ ა ტ ო რ ო კ ო ლ ე გ ი ა

მ. ალექსიძე, თ. ანდრონიკაშვილი, თ. ბერიძე (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), ე. გამყრელიძე,  
თ. გამყრელიძე, გ. გველესიანი, ვ. გომელაური, რ. გორდენიანი (მთავარი რედაქტორის მოადგილე),  
მ. ზაალიშვილი, ა. თავხელიძე (მთავარი რედაქტორი), გ. კვეციანი, ი. კოლტრაძე (მთავარი  
რედაქტორის მოადგილე), თ. კობახიძე, ჯ. ლომინაძე, რ. მეტრეველი, დ. მუსხელიშვილი,  
(მთავარი რედაქტორის მოადგილე), ბ. ნანეიშვილი, თ. იონანი, მ. სალუქვაძე (მთავარი რედაქ-  
ტორის მოადგილე), ე. სეხნიაშვილი, თ. ურუშაძე, გ. ციციშვილი, გ. ჭოგოშვილი, მ. ხენიანი

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

М. А. Алексидзе, Т. Г. Андроникашвили, Т. Г. Беридзе (заместитель главного редак-  
тора), Т. В. Гамкрелидзе, Э. П. Гамкрелидзе, Г. Г. Гвелесиани, В. И. Гомелаури,  
Р. Б. Гордзениани (заместитель главного редактора), М. М. Заалишвили, Г. И. Кве-  
ситадзе, И. Т. Кигურაძე (заместитель главного редактора), Т. И. Копаленишвили,  
Д. Г. Ломинадзе, Р. В. Метревели, Д. Л. Мухелишвили (заместитель главного редак-  
тора), Б. Р. Нанеишвили, Т. Н. Овиანი, М. Е. Салуквадзе (заместитель главного  
редактора), Э. А. Сехниашвили, А. Н. Тавхелидзе (главный редактор), Т. Ф. Урушадзе,  
М. В. Хвингия, Г. Ш. Цицишвили, Г. С. Чогошвили

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

რედაქციის მისამართი: 380060, თბილისი, კუტუზოვის ქ. 19, ტელ. 37-22-16.  
საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის სტამბა 380060, კუტუზოვის 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 15.5.1990. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 2.8.1990. ფორმატი  
70×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. მაღალი ბეჭდვა. პირობითი ნაბ. თ. 18.55  
სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 13.34, ტირაჟი 1200.  
შეკვ. № 1307, ფასი 1 მ. 90 კაპ.

Сдано в набор 15.5.1990. Подписано к печати 2.8.1990. Формат 70×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Печать высокая. Усл. печ. л. 18.55, уч.-изд. л. 13.34  
Тираж 1200. Зак. № 1307. Цена 1 р. 90 к.

შ ი ნ ა ა რ ს ი

გ ა თ ე მ ა ბ ი კ ა

19.625

*ნ. ვეკუა (საქ. სსრ მეცნ. აკად. აკადემიკოსი), კარლემანის ინტეგრალურ განტოლებათა შესახებ	468
*ა. ხარაზიშვილი. ბერის თვისების არმქონე სიმრავლეების არსებობისათვის	472
თ. ალიაშვილი. სამი ცვლადის ფუნქციათა ზოგიერთი წყვილის უნიფორმიზაციის შესახებ	473
*ვ. ბულაძე. ნული ზომის სიმრავლეებზე ფურიე — ჰაარის მწკრივების განშლადობის შესახებ	479
*გ. ჯაფარიძე. დამტკიცებადობის ლოგიკა არითმეტიკული სირთულეების მოდალობებით	483
*მ. მესხიშვილი. გამოსხივების მქონე ბერტოტი — რობინსონის განზოგადებული სივრცეების მეტრიკული თვისებები	488
*თ. ბარბაქაძე. ბანახის ბანახის სივრცეზე განმარტებული E-წესიერ ფუნქციონალთა სპეციალური კლასის რამდენიმე თვისება	492
*ო. ცხადაია. მაღალი რიგის ფუნქციონალურ-დიფერენციალური განტოლებებისათვის ერთი სასაზღვრო ამოცანის შესახებ	495
*ე. ბალაძე. ლოკალურად კომპაქტური მატარებლების მქონე შეიპების შესახებ	500
*გ. სოხაძე. გაუსის შემოთვებებიანი არაწრფივი განტოლებების ამონახსნთა პროგნოზირების შესახებ	504
*თ. ოზგაძე. ზეავის ტიპის ნაკადების (ზტნ) მათემატიკური მოდელირება	507

მ ე მ ა ნ ი კ ა

ნ. ლონიაშვილი. მრავალფენოვანი წინაღობის გამჭოლი ნამსჯერევის ამოცანის დინამიკური მოდელირება	511
*თ. გოჩიტაშვილი, ბ. ტურაბელიძე. მრავალსაფეხურიანი ჰიდროსატრანსპორტო სისტემის ზეშაობის უნარიანობის პირობა	516

დ რ ე კ ა დ მ ი კ ი ს თ ი ო რ ი ა

*ლ. დობორჯგინიძე. ბრტყელი არაწრფივი ამოცანა განივი ძერის ველში ბზარების შესახებ	519
---	-----

კ ი ბ ი რ ნ ე მ ტ ი კ ა

*ა. გაბელია. დინამიური სისტემების რეგულირების მინიმალურ ველთა განსაზღვრის შესახებ	524
*გ. ჩოგოვაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), თ. ხარბავეა. ნაკადური ტიპის მომსახურების სისტემებში ზოგიერთი ოპტიმალური განრიგის შესახებ	528

\* ვარსკვლავით აღნიშნული სათაური ეკუთვნის წერილის რეზიუმეს.

ფიზიკა

- \*რ. ჭანგოზეგოვი. რენტგენგამტარების ოპტიკა 532
- \*ლ. გლუზჯიძე, მ. სტამატელი, თ. ლოჩოშვილი, ე. დოკაძე, ზ. ჯაბუა, თ. დადიანი. იშვიათმიწა ელემენტების ზოგიერთი ანიონიდის თხელი ფირების ელექტროფიზიკური თვისებები 535

გეოფიზიკა

- \*თ. ხელაძე, გ. ლორთქიფანიძე, მ. ელიზბარაშვილი. მიწისპირა ტემპერატურის ველის მათემატიკური მოდელირება საქართველოს ტერიტორიისათვის 539
- \*ლ. კიზირია, ნ. ვორფოლომეევა, ი. ფელდშტეინი. წრიული დენის მაგნიტური ველის ვარიაციის შესწავლა ინტენსიური მაგნიტური ქარიშხლის დროს 544

ანალიზური ქიმია

- ზ. სვანიძე. თუთიის კონცენტრირების სორბციული მეთოდი ბუნებრივ წყლებში 545

ჯოგადი და არაორგანული ქიმია

- \*გ. ცინცაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ი. გარსევანიშვილი. სპილენძის (II) სოლვატოკომპლექსები დიშეთილსულფოქსიდ-ნ-პროპანოლის შერეულ გამსხნელში 551

ორგანული ქიმია

- მ. გვერდწითელი, გ. გამზიანი, ი. გვერდწითელი. ნორმალური ალკანების ალგებრული გამოკვლევა 553
- \*ჯ. კერესელიძე, შ. სამსონია, ი. ჩიქვაიძე. ე. ფიშერის მიხედვით არილპიდრაზონების ინდოლიზაციის რეაქციის საწყის სტადიაში მიმდინარე პროცესების კვანტურქიმიური შესწავლის საკითხისათვის 559
- \*რ. გიგაური, გ. ჩაჩავა, ნ. გურგენიძე, მ. ინჯია. დი-პ-ტოლილ-კილარსინების ახალი სინთეზი 564

ფიზიკური ქიმია

- ზ. წეროძე, ნ. მახაროზლიშვილი, ე. ერისთავი. მანგანუმის (II) კონცენტრაციის წონასწორული განაწილება „მანგანუმშემცველი ხსნარი — ოქსალატ-იონებით მოდიფიცირებული ანიონის“ სისტემაში 565

ელემენტარული ქიმია

- ლ. გეგეშიძე, ვ. შავგულიძე. ტყვიის ჰალოგენიდ- და თიოცაანატ-კომპლექსების პოტენციომეტრული შესწავლა 1,3-პროპილენგლიკოლში (პროპანდიოლში) 569

ფიზიკური გეოგრაფია

- რ. გოზეჯიშვილი. მდ. ტიბერის აუზის მყინვარების მორფოლოგია და დინამიკა (ცენტრალური კავკასიონი) 573

ქობულაძე  
ივანე

გეოლოგია

- \*ფ. მახსაძე, რ. ახვლედიანი. კავკასიონის სამხრეთი ფერდის პალეოგენური ფლავის დოლომიტების შესახებ 579

გეოქიმია

- \*მ. ნაცვლაშვილი. ლარის Cu—Mo მადანგამოვლინების ზოგიერთი მინერალ-გეურ-გეოქიმიური თავისებურება 584

მეტალურგია

- \*ა. გაბისაიანი, ბ. მარგივევი, ნ. გონჯილაშვილი, დ. მადლაკელიძე, ვ. იმერლიშვილი. საბოლოო მარტენის წილით სხვადასხვა მარკის სამილე ფოლადების ლემელგარეშე დამუშავება 587
- \*ნ. ვაშაკაძე, ა. ვაშაკიძე. ლითონის გლინებზე წნევის განსაზღვრა ბრტყელი ოვალური ზოლის მრგვალ კალიბრში გლინვისას 592

მანქანათმშენებლობა

- ბ. ბათიაშვილი, გ. მამულაშვილი, დ. ბუცხრიკიძე, ვ. ქარსელაძე. დაბალტემპერატურიანი პრეციზიული ხეხვის პროცესის კინემატიკა და კრის ძალები 593

ჰიდროტექნიკა

- \*თ. ვოინიჩ-სიანოუენცკი, კ. არობელიძე, ზ. ასკურავა. ქალაქების და საწარმოო ობიექტების წყლის მიწოდების და განაწილების მდგრადობის პირობები 600

ატომატური მართვა და გამოთვლითი ტექნიკა

- \*ი. ქასრაშვილი, დ. გერშუნი. აბონენტთა განაწილების ალგორითმი ორარხიანი ლოკალური გამოთვლითი ქსელისათვის 604

აღამიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

- \*რ. ქაშაკაშვილი, ი. ოჩერაშვილი. ბარიუმის იონების გავლენა კატის თავის ტვინის ქერქის პირდაპირ პასუხზე 607

ბიოქიმია

- \*თ. ლომსაძე, მ. საბახტარაშვილი. ფოსფოლიპიდებისა და ქოლესტერინის რაოდენობრივი ცვლილება ვირთავის სათესლეებში ექსპერიმენტული სიმსუქნის დროს 611

ფიტოპათოლოგია

- \*ც. მამუკაშვილი. ცილინდროკარპონოზით დაავადების სიმპტომები და გავრცელება აღმოსავლეთ საქართველოს ტყის სანერგეებში 614
- მ. მატარალი, თ. ქუფარაშვილი. თესლის შესაწამლი პრეპარატების შედარებითი ტოქსიკურობა სიმინდის ფუზარიოზული ლზობის წინააღმდეგ 618

## ენტომოლოგია

\*ვ. მგვლაძე. კოლოს (Diptera, Culicidae) ახალი სახეობა საქართველოს ფაუნაში 622

## ზოოლოგია

\*ნ. ამირანაშვილი. ხმელეთის კუს კარაპაქსის ძელოვანი ფირფიტების პოსტ-ემბრიონალური მორფოგენეზი 628

## მეცხერიმენტული მიწისფრები

გ. დანელია, მ. ჯაფარიძე. კუჭკუჭეშა ჭირკვლის მორფოლოგიური მონაცემები დიდი მასის მქონე ნაყოფებში 629

\*ლ. ვარაზაშვილი, ლ. პაშინცევა, დ. ფირადაშვილი. გალაქტოზილ-ტრანსფერაზა საკვერცხის კიბოს დიაგნოსტიკაში 634

\*ა. ისაკაძე. პროპანოლოლით და იზოსორბიდ დინიტრატით კომბინირებული მკურნალობის გავლენა სისხლის მიმოქცევის სისტემაზე ფიზიკური დატვირთვის დროს გულის ქრონიკული იშემიური დაავადებისას 639

ნ. ჯანაშია, ვ. ბახუტაშვილი (საქ. სსრ მეცნ. აკად. წევრ-კორესპონდენტი), დ. შიქელაძე, ლ. კარტოზია. ახალი სამედიცინო პრეპარატის პლაფერონის მოქმედება უჯრედთა ალფა- და ბეტა-ადრენერგულ რეცეპტორულ სისტემებზე 643

## ფილოლოგია

\*ნ. კვანტალიანი. ესთეტიკური მოთხოვნლება და ხელოვნება ა. მოლის ინფორმაციის თეორიის შუქზე 647

## ენათმეცნიერება

\*თ. გვასალია. ლ. მიჩელენას ეტიმოლოგიური მიდგომა ბ.ს.კ. ilargi „მთავარ“-სადმი (გამოქვეყნებული და გამოუქვეყნებელი მასალის მიხედვით) ექსპონაცია 651

## ისტორია

ი. ნაჭყებია. ამედე ჟობერის ზოგიერთი ცნობა ირანის შესახებ 653

## არქეოლოგია

ვ. სადრაძე. სამთავროს სამაროვნის შუაბრინჯაოს ხანის ძეგლების ქრონოლოგია-პერიოდიზაცია 657

## ხელოვნების ისტორია

ლ. ქობალავა. ოთხმიანობა ქართულ ხალხურ სიმღერაში 661

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИКА

Н. П. Векуа (академик АН ГССР). Об одном интегральном уравнении Карлемана	465
А. Б. Харазишвили. К существованию множеств, не обладающих свойством Бэра	469
* Т. М. Алиашвили. Об униформации некоторых пар функции от трех переменных	476
В. М. Бутадзе. О расходимости рядов Фурье—Хаара на множествах меры нуль	477
* Г. К. Джапаридзе. Логика доказуемости с модальностями для арифметических сложностей	484
* М. Р. Месхишвили. Метрические свойства обобщенных пространств Бертолли—Робинсона с излучением	488
Т. Н. Барбакадзе. Некоторые свойства E-правильных функционалов, определенных на банаховом пространстве с базисом	489
О. Т. Цхадая. Об одной краевой задаче для функционально-дифференциальных уравнений высших порядков	493
В. Х. Баладзе. О шейпах с локально компактными носителями	497
Г. А. Сохадзе. О прогнозировании решений нелинейных уравнений с гауссовским возмущением	501

### МЕХАНИКА

Т. А. Обгадзе. Математическое моделирование динамики лавинообразных потоков (ЛОП)	505
Н. Э. Гоннашвили. Динамическое моделирование задачи в проникании осколка в многослойную преграду	509
Т. Ш. Гочиташвили, В. Г. Турабелидзе. Условие работоспособности многоступенчатой гидротранспортной системы	513

### ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

Л. Г. Доборджинидзе. Плоская нелинейная задача о трещинах в поле поперечного сдвига	517
---	-----

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



## КИБЕРНЕТИКА

- А. Г. Габелая. К проблеме определения минимальных путей регулирования динамических систем 521
- Г. Г. Чоговадзе (член-корреспондент АН ГССР), Т. В. Харебава. О некоторых оптимальных расписаниях в системах обслуживания точного типа 525

## ФИЗИКА

- Р. П. Джангобегов. Оптика рентгеновдов 529
- Л. Н. Глаурджидзе, М. Ю. Стаматели, Т. С. Лочошвили, Э. В. Дюкадзе, З. У. Джабуа, Т. О. Дадвани. Электрофизические характеристики пленок некоторых антимонидов редкоземельных элементов 533

## ГЕОФИЗИКА

- Т. В. Хеладзе, Г. П. Лордкипанидзе, М. Э. Элизбарашвили. Математическое моделирование приземного поля температуры для территории Грузии 537
- Л. В. Кизирия, Н. Г. Ворфоломеева, Я. И. Фельдштейн. Вариация магнитного поля кольцевого тока в период интенсивной магнитной бури 541

## АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- \* З. С. Сванидзе. Сорбционный метод концентрирования цинка в природных водах 545

## ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Г. В. Цинцадзе (член-корреспондент АН ГССР), И. Г. Гарсеванишвили. Сольватоккомплексы меди (II) в смешанном растворителе диметилсульфоксид (ДМСО)-н-пропанол 549

## ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- \* М. И. Гвердцители, Г. А. Гамзиани, И. М. Гвердцители. Алгебраическое исследование нормальных алканов 555
- Дж. А. Кереселидзе, Ш. А. Самсония, И. Ш. Чиквадзе. К вопросу квантовохимического изучения процессов, протекающих в начальной стадии индолизации арилгидразонов по Э. Фишеру 557

- Р. Д. Гигаури, Г. И. Чачава, Н. И. Гургенидзе, М. А. Инджия. Новый синтез ди-п-толилалкиларсинов

561

## ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- \* Х. О. Церодзе, Н. Г. Махароблишвили, В. Д. Эристави. Равновесное распределение концентрации марганца (II) в системе «марганец-содержащий раствор — аннонит, модифицированный оксалат ионами»

567

## ЭЛЕКТРОХИМИЯ

- \* Л. В. Гегешидзе, В. В. Шавгулидзе. Потенциометрическое изучение галогенидных и тиоцианатных комплексов свинца в 1,3-пропиленгликоле (пропандиоле)

571

## ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

- \* Р. Г. Гобеджишвили. Морфология и динамика ледников бассейна р. Твибери (Центральный Кавказ)

576

## ГЕОЛОГИЯ

- Ф. Д. Майсадзе, Р. А. Ахвледиани. О доломитах палеогенового флиша Южного склона Большого Кавказа

577

## ГЕОХИМИЯ

- М. П. Нацвлишвили. Некоторые минералого-геохимические особенности гартинского Cu-Mo рудопроявления

581

## МЕТАЛЛУРГИЯ

- А. Г. Габисиани, Б. Г. Маргиев, Н. Д. Гонджилашвили, Д. Л. Маглакелидзе, В. Г. Имерлишвили. Внепечная обработка трубных марок сталей с использованием конечного мартеновского шлака

585

- Н. А. Вашакидзе, А. С. Вашакидзе. Определение давления металла на валки при прокатке плоскооальной полосы в круглом калибре

589

## МАШИНОВЕДЕНИЕ

- \* Б. И. Батнашвили, Г. Л. Мамулашвили, Д. С. Буцхрикидзе, В. В. Карселадзе. Кинематика и силы резания низкотемпературного прецизионного шлифования

596

## ГИДРОТЕХНИКА

- Т. Г. Войнич-Сяноженцкий, К. А. Аробелидзе, З. И. Аскурава. Условия устойчивости функционирования систем подачи и распределения воды городов и промышленных комплексов 597

## АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ВЫЧИСЛИТ. ТЕХНИКА

- И. С. Касрашвили, Д. С. Гершуни. Алгоритм распределения абонентов в двухканальной ЛВС 601

## ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

- Р. П. Кашакашвили, И. В. Очерашвили. Влияние ионов бария на прямой ответ коры головного мозга кошки 605

## БИОХИМИЯ

- Т. Э. Ломсадзе, М. А. Сабахтарашвили. Изменение фосфолипидного состава и количества холестерина в семенниках крыс при алиментарном ожирении 609

## ФИТОПАТОЛОГИЯ

- Ц. И. Мамукашвили. Симптомы болезни цилиндрокорпоноза и ее распространение в лесных питомниках Восточной Грузии 613

- Матар Али, О. Г. Купарашвили. Сравнительная токсичность протравителей семян в отношении фузариозной гнили кукурузы 617

## ЭНТОМОЛОГИЯ

- В. М. Мгеладзе. Новый для фауны Грузии вид комара — Diptera, Culicidae 621

## ЗООЛОГИЯ

- Н. Г. Амиранашвили. Постэмбриональный морфогенез элементов купольной части карапакса сухопутных черепах 625

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

- \* Г. С. Данелия, М. Г. Джапаридзе. Морфологические показатели поджелудочной железы у крупновесных плодов 631

- Л. М. Варазашвили, Л. П. Пашинцева, Д. З. Пирадашвили. Галактозилтрансфераза в диагностике рака яичников 633

- А. Л. Исакадзе. Влияние комбинированной терапии пропранололом и изосорбид динитратом на систему кровообращения при физической нагрузке у больных хронической ишемической болезнью сердца 637

- Н. Н. Джанашиа, В. И. Бахуташвили (член-корреспондент АН ГССР), Д. Г. Микеладзе, Л. Б. Картозия. Действие нового медицинского препарата плаферона на альфа- и бета-адренергические рецепторные системы клеток

641

#### ФИЛОСОФИЯ

- Н. К. Кванталиани. Эстетическая потребность и искусство в свете теории информации А. Моля

645

#### ЯЗЫКОЗНАНИЕ

- Т. Л. Гвасалия. Баск. *ilargi* «луна» в этимологическом подходе Л. Мичелены (по опубликованным и неопубликованным материалам). Экспозиция

649

#### ИСТОРИЯ

- \* И. Н. Начкешиа. Некоторые сведения Амедея Жобера об Иране

656

#### АРХЕОЛОГИЯ

- \* В. Г. Садрадзе. Хронология-периодизация памятников эпохи средней бронзы из могильника Самтавро

660

#### ИСТОРИЯ ИСКУССТВА

- \* Л. Д. Кобалава. Четырехголосие в грузинской народной песне

664

## C O N T E N T S

### MATHEMATICS

N. P. Vekua. On one Carleman integral equation	486
A. B. Kharazishvili. Towards the existence of sets which do not possess the Baire property	472
T. M. Aliashvili. On the uniformization of some function couples of three variables	476
V. M. Bugadze. On divergence of Haar—Fourier series on zerodimensional sets	479
G. K. Dzhaparidze. Provability logic with modalities for arithmetical complexities	480
M. R. Meskhishvili. Metric properties for generalized radiating Bertotti-Robinson spaces	484
T. N. Barbakadze. Some properties of $E$ -correct functionals defined on the Banach space	492
O. T. Tskhadava. On a multi-point boundary-value problem for high-order functional-differential equations	495
V. H. Baladze. On shapes with locally compact supports	500
G. A. Sokhadze. On the prediction of solutions of nonlinear equations with Gaussian perturbations	504

### MECHANICS

T. A. Obgadze. Mathematical modelling of the dynamics of avalanche-like currents (ALC)	507
N. E. Goniashvili. Dynamic modelling of the problem on fragment penetration into a multilayer obstacle	512
T. Sh. Geohitaschvili, V. G. Turabelidze. Conditions of serviceability of multistage hydraulic transport system	516

### THEORY OF ELASTICITY

L. G. Doborjginidze. Plane nonlinear problem of cracks in a field of transverse shear	520
---	-----

### CYBERNETICS

A. G. Gabelaia. On the problem of defining minimal control fields for dynamic systems	524
G. G. Chogovadze, T. V. Kharebava. On some optimal schedules in the production-line service systems	528

### PHYSICS

R. P. Jangobegov. X-ray guides optics	532
L. N. Glurjidge, M. Yu. Stamateli, T. S. Lochoshvili, E. V. Dokadze, Z. U. Jabua, T. O. Dadiani. Electrical properties of rare-earth antimonide films	536

## GEOFYSICS

- T. V. Kheladze, G. P. Lordkipanidze, M. E. Elizbarashvili. Mathematical modelling of surface temperature pattern for the territory of Georgia 540
- L. V. Kiziria, N. G. Vorfolomeyeva, Ya. I. Feldshtein. Variation of the magnetic field of ring current during intensive magnetic storm 544

## ANALYTICAL CHEMISTRY

- Z. S. Svanidze. The sorption method of zinc concentration in natural waters 548

## GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

- G. V. Tsintsadze, I. G. Garsevanishvili. Solvate-complexes of copper (II) in mixed solvents of dimethylsulphoxide (DMSO)-n-propanol 551

## ORGANIC CHEMISTRY

- M. I. Gverdtsiteli, G. A. Gamziani, I. M. Gverdtsiteli. Algebraic investigation of normal alkanes 556
- J. A. Kereselidze, Sh. A. Samsonia, J. Sh. Chikvaidze. The problem of quantum-chemical study of the processes at the early stage of arylhydrazones indolization according to E. Fisher 559
- R. D. Gigauri, G. N. Chachava, N. I. Gurgenidze, M. A. Injia. New synthesis of di-p-tolylalkylarsines 564

## PHYSICAL CHEMISTRY

- Kh. O. Tserodze, N. G. Makharoblishvili, V. D. Eristavi. Equilibrium distribution of manganese (II) concentration in the system of manganese-containing solution—anonite, modified by oxalate ions 567

## ELECTROCHEMISTRY

- L. V. Gegeshidze, V. V. Shavgulidze. Potentiometric study of halogenide and thiocyanate complexes of lead in 1,3-propylene glycol (propandiol) 571

## PHYSICAL GEOGRAPHY

- R. G. Gobejishvili. Morphology and dynamics of glaciers in the river Tveri basin (Central Caucasus) 576

## GEOLOGY

- F. D. Maisadze, R. A. Akhvediani. On Paleogene flysch dolomites of the southern slope of the Greater Caucasus 580

## GEOCHEMISTRY

- M. P. Natsvlishvili. Some mineralogical-geochemical peculiarities of the Garta Cu-Mo ore manifestation 584

## METALLURGY

- A. G. Gabisiani, B. G. Margiev, N. D. Gonjilashvili, D. L. Maglakelidze, V. G. Imerlishvili. Off-furnace treatment of tube types of steel using the final open-hearth slag 588

- N. A. Vashakidze, A. S. Vashakidze. Determination of metal<sub>1</sub> pressure on rolls during the rolling of a flat-oval strip in a round pass 592

#### MACHINE BUILDING SCIENCE

- B. I. Batiashvili, G. L. Mamulashvili, D. S. Butskhrikidze, V. V. Karseladze. Kinematics and cutting forces of low-temperature precision grinding 596

#### HYDRAULIC ENGINEERING

- T. G. Voinich-Syanozhentsky, K. A. Arobelidze, Z. I. Askurava. Stability conditions of water supply systems functioning in cities and industrial complexes 600

#### AUTOMATIC CONTROL AND COMPUTER ENGINEERING

- I. S. Kasrashvili, D. S. Gershuni. Station assignment algorithm for bichannel LANs 604

#### HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

- R. P. Kashakashvili, I. V. Ocherashvili. The influence of barium ions on the direct response of the cat's cerebral cortex 608

#### BIOCHEMISTRY

- T. E. Lomsadze, M. A. Sabakhtarashvili. Phospholipid and cholesterol quantitative changes in rat testes in experimental obesity 611

#### PHYTOPATHOLOGY

- Ts. I. Mamukashvili. Symptoms of cylindrocarponosis and its distribution in forest nurseries of eastern Georgia 615

- Mohammed Ali Matar, O. G. Kuparashvili. Comparative toxicity of seed fungicides in relation of foot rot of corn 619

#### ENTOMOLOGY

- V. M. Mgeladze. A new species of mosquito (*Diptera, Culicidae*) in the fauna of Georgia 622

#### ZOOLOGY

- N. G. Amiranashvili. Post-embryonal morphogenesis of bone elements of carapace of land turtles 628

#### EXPERIMENTAL MEDICINE

- G. S. Danelia, M. G. Japaridze. Morphometric indices of the pancreas in the overweight newborn infants 632

- V. M. Varazashvili, L. I. Pashintseva, D. Z. Diradashvili. Galactosyltransferase in ovarian cancer diagnosis 635

- A. L. Isakadze. The effect of combined therapy with propranolol and isosorbide dinitrate on the circulation system under physical load in patients with chronic ischemic heart disease 639

- N. N. Janashia, V. I. Bakhutashvili, D. G. Mikeladze, L. B. Kartozia. The effect of a new medical preparation plapheron on  $\alpha$ - and  $\beta$ -adrenoreceptor systems of cells 644

## PHILOSOPHY

- N. K. Kvantaliani. Aesthetic requirement and art in the light of A. Moll's theory of information 648

## LINGUISTICS

- T. L. Gvasalia. Basque "ilargi" (moon) (etymology) as seen by L. Michelena 652

## HISTORY

- I. N. Nachkebia. Some information about Iran by A. Jaubert 656

## ARCHAEOLOGY

- V. G. Sadradze. Chronology of the monuments of the Middle Bronze Age from the Samtavro cemetery 660

## HISTORY OF ART

- L. D. Kobalava. Four-part singing in Georgian folk songs 664





МАТЕМАТИКА

Н. П. ВЕКУА (академик АН ГССР)

ОБ ОДНОМ ИНТЕГРАЛЬНОМ УРАВНЕНИИ КАРЛЕМАНА

§ 1. Рассмотрим уравнение вида

$$\alpha(t_0)u(t_0) + \beta(t_0) \int_L \frac{u(t) - u(t_0)}{t - t_0} dt = f(t_0), \quad (1)$$

где  $L$  обозначает разомкнутую гладкую дугу  $L=ab$ ,  $\alpha(t_0)$ ,  $\beta(t_0)$ ,  $f(t_0)$  — заданные функции, удовлетворяющие условию  $H$ , а искомую функцию  $u(t_0)$  будем искать в классе  $H^*$  (см. [1, 2]).

Уравнение типа (1) было рассмотрено Т. Карлеманом [3] в том случае, когда  $\beta(t_0)=1$  и  $\alpha(t_0)$  — действительная функция. Он решение и в этом частном случае получает весьма сложным путем. Как будет показано ниже, общее решение уравнения (1) получается довольно просто обыкновенным методом (см. [1]) эффективно (в явном виде).

Очевидно, уравнение (1) можно переписать так:

$$A(t_0)u(t_0) + \beta(t_0) \int_L \frac{u(t) dt}{t - t_0} = f(t_0), \quad (2)$$

где

$$A(t_0) = \alpha(t_0) + \beta(t_0) \ln \frac{t_0 - a}{t_0 - b}. \quad (3)$$

Уравнение (2) решается как характеристическое уравнение в случае незамкнутого контура (см. [1], § 83). То, что коэффициент  $A(t_0)$  в уравнении (2) имеет логарифмическую особенность, не имеет значения. Под  $\ln \frac{t_0 - a}{t_0 - b}$  подразумевается значение, принимаемое на левой стороне  $L$  функцией  $\ln \frac{z - a}{z - b}$ , голоморфной на разрезанной вдоль  $L$  плоскости и исчезающей при  $z = \infty$ .

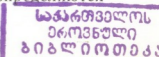
Введем в рассмотрение кусочно-голоморфную функцию

$$\Phi(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{u(t) dt}{t - z}. \quad (4)$$

На основании формул Сохоцкого—Племеля будем иметь

$$\begin{aligned} \Phi^+(t_0) - \Phi^-(t_0) &= u(t_0), \\ \Phi^+(t_0) + \Phi^-(t_0) &= \frac{1}{\pi i} \int_L \frac{u(t) dt}{t - t_0}. \end{aligned} \quad (5)$$

Здесь и в дальнейшем  $(+)$  и  $(-)$  обозначают левую и правую стороны контура  $L$ , в котором положительным направлением принимается направление от  $a$  к  $b$  (левая и правая стороны на  $L$  определяются этим направлением).





В силу (5) уравнение (2) можно записать в виде

$$\Phi^+(t_0) = G(t_0) \Phi^-(t_0) + \frac{f(t_0)}{A(t_0) + \pi i \beta(t_0)}, \quad (6)$$

где

$$G(t_0) = \frac{A(t_0) - \pi i \beta(t_0)}{A(t_0) + \pi i \beta(t_0)}. \quad (7)$$

Будем предполагать, что  $A(t_0) + \pi i \beta(t_0)$  и  $A(t_0) - \pi i \beta(t_0)$  нигде на  $L$  в нуль не обращаются. Мы получили неоднородную задачу (6). Решая задачу (6) известным методом (см., например, [1]), можно найти общее решение уравнения (2) и (1).

Рассмотрим сперва однородную задачу, соответствующую (6):

$$\Phi^+(t_0) = G(t_0) \Phi^-(t_0). \quad (8)$$

Индекс  $\kappa$  коэффициента задачи (8), т. е.

$$\kappa = \text{ind } G(t), \quad (9)$$

будем называть индексом задачи (6) и соответствующего уравнения (1) и (2).

Легко получается, что определенное частное решение задачи (8) можно записать следующим образом (см. [1], § 83):

$$X(z) = (t - b)^{-\kappa} \exp \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{\ln G(t) qt}{t - z}, \quad (10)$$

где под  $\ln G(t)$  понимается значение, непрерывно изменяемое на  $L$ , и  $\ln G(a) = 0$ . Величина  $\kappa$  определяется формулой (9)

$$\kappa = \frac{1}{2\pi i} \left[ \ln G(t) \right]_a^b = \frac{1}{2\pi i} \left[ \ln \frac{A(t) - \pi i \beta(t)}{A(t) + \pi i \beta(t)} \right]_a^b. \quad (11)$$

Легко проверить, что

$$G(t_0) = \frac{X^+(t_0)}{X^-(t_0)}, \quad (12)$$

и граничное условие (6) можно переписать в виде

$$\frac{\Phi^+(t_0)}{X^+(t_0)} - \frac{\Phi^-(t_0)}{X^-(t_0)} = \frac{f(t_0)}{[A(t_0) + \pi i \beta(t_0)] X^+(t_0)}. \quad (13)$$

Эта формула дает все решения  $\Phi(z)$  задачи (6), имеющие конечный порядок на бесконечности, а именно

$$\Phi(z) = \frac{X(z)}{2\pi i} \int_L \frac{f(t) dt}{X^+(t)[A(t) + \pi i \beta(t)](t-z)} + X(z) P(z), \quad (14)$$

где  $P(z)$  — произвольный полином.

Найдя функцию  $\Phi(z)$ , можем написать явное решение уравнения (2):

$$u(t_0) = \Phi^+(t_0) - \Phi^-(t_0),$$

именно при  $\kappa \geq 0$

$$u(t_0) = K^* f(t_0) + B^*(t_0) P_{\kappa-1}(t_0), \quad (15)$$

где

$$K^* f = A^* f(t_0) - \frac{B^*(t_0) Z(t_0)}{\pi i} \int_L \frac{f(t) dt}{Z(t)(t-t_0)}, \quad (16)$$

$$A^* = \frac{A(t_0)}{A^2(t_0) + \pi^2 \beta^2(t_0)}, \quad \beta^* = \frac{\pi i \beta(t_0)}{A^2(t_0) + \pi^2 \beta^2(t_0)},$$

$$Z(t_0) = [A(t_0) + \pi i \beta(t_0)] X^+(t_0) = [A(t_0) - \pi i \beta(t_0)] X^-(t_0),$$

$P_{\kappa-1}(t_0)$  обозначает произвольный полином степени не выше  $\kappa-1$ .

При  $\kappa \leq 0$  решение существует при соблюдении условий

$$\int_L \frac{t^k f(t) dt}{[A(t) + \pi i \beta(t)] X^+(t)} = 0 \quad (k=0, 1, \dots, \kappa-1), \quad (17)$$

и это решение дается той же формулой (15) при  $P_{\kappa-1}(z) = 0$ .

Очевидно, все изложенные выше результаты в силе и в том случае, когда  $\alpha(t_0)$  и  $\beta(t_0)$  — рациональные функции.

§ 2. Рассмотрим уравнение Карлемана в случае системы

$$\alpha(t_0) u(t_0) + \beta(t_0) \int_L \frac{u(t) - u(t_0)}{t - t_0} dt = f(t_0), \quad (18)$$

где  $L$ , как в предыдущем параграфе, обозначает разомкнутую дугу  $L=ab$ ,  $\alpha(t_0) = \|\alpha_{ij}\|$ , элементы которой  $\alpha_{ij}$  — рациональные функции,  $\beta(t_0) = \|\beta_{ij}\|$ , причем  $\beta_{ij}$  — рациональные функции,  $f = (f_1, f_2, \dots, f_n)$  и  $u = (u_1, u_2, \dots, u_n)$  — векторы. Как в предыдущем параграфе, вектор  $u(t_0)$  будем искать в классе  $H^*$ .

Очевидно, систему (18) можно переписать так:

$$A(t_0) u(t_0) + \beta(t_0) \int_L \frac{u(t) dt}{t - t_0} = f(t_0), \quad (19)$$

где, как в предыдущем параграфе,

$$A(t_0) = \alpha(t_0) + \beta(t_0) \ln \frac{t_0 - a}{t_0 - b}. \quad (20)$$

Введем в рассмотрение кусочно-голоморфный вектор  $\Phi(z)$ , определенный формулой (4). Получим, как в предыдущем параграфе, формулу (5), и систему (19) можно записать в виде

$$A(t_0) [\Phi^+(t_0) - \Phi^-(t_0)] + \pi i \beta(t_0) [\Phi^+(t_0) + \Phi^-(t_0)] = f(t_0). \quad (21)$$

Из этого равенства имеем

$$\Phi^+(t_0) = G(t_0) \Phi^-(t_0) + [A(t_0) + \pi i \beta(t_0)]^{-1} f(t_0), \quad (22)$$

где

$$G(t_0) = [A(t_0) + \pi i \beta(t_0)]^{-1} [A(t_0) - \pi i \beta(t_0)]. \quad (23)$$

Будем предполагать, что  $\det [A(t) + \pi i \beta(t_0)]$  и  $\det [A(t_0) - \pi i \beta(t_0)]$  нигде на  $L$  в нуль не обращаются.

Рассмотрим на основании (20) матрицу

$$R^+(z) = \alpha(z) + \beta(z) \ln \frac{z - a}{z - b}.$$

Очевидно,

$$R^+(t) = R^-(t), \quad R^-(t) = R^+(t) + 2\pi i \beta(t).$$

На основании (22) будем иметь

$$[R^{-1}(t_0) \Phi(t_0)]^+ - [R^{-1}(t_0) \Phi(t_0)]^- = [R^+(t_0) R(t_0)]^{-1} f(t_0). \quad (24)$$

Решая задачу (24) в явном виде методом, изложенным в статье [4], получаем окончательно явное решение уравнения (18) (и следовательно, (19)).

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

(Поступило 20.4.1990)

მათემატიკა

ბ. შიპუა (საქ. სსრ მეცნ. აკად. აკადემიკოსი)

კარლემანის ინტეგრალურ განტოლებათა უმსახეზ

რეზიუმე

განხილულია (1) ანუ, რაც იგივეა, (2) განტოლება. მოცემულია მისი ამოხსნა ეფექტური (ცხადი) სახით, შემდეგ მიღებული შედეგები განზოგადებულია (18) სისტემისათვის, სადაც  $\alpha(t_0)$  და  $\beta(t_0)$  რაციონალურემენტებიანი მატრიცებია; ამოხსნა მოიძებნება  $H^+$  კლასში.

METHEMATICS

N. P. VEKUA

### ON ONE CARLEMAN INTEGRAL EQUATION

Summary

Equation (1) (or the same equation (2)) is considered and its solution is given explicitly. The obtained results are generalized for the system (18) where the functions  $\alpha(t_0)$  and  $\beta(t_0)$  are the matrices with rational elements. The solution is sought in the class  $H^+$ .

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. И. Мухелишвили. Сингулярные интегральные уравнения. М., 1962.
2. Н. П. Векуа. Системы сингулярных интегральных уравнений. М., 1970.
3. T. Carleman. Arkiv für Math., Abstr. Och. Phys., 16. № 26, 1928.
4. Н. П. Векуа. Сообщения АН ГССР, 135, № 2, 1989.

А. Б. ХАРАЗИШВИЛИ

## К СУЩЕСТВОВАНИЮ МНОЖЕСТВ, НЕ ОБЛАДАЮЩИХ СВОЙСТВОМ БЭРА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. Н. Вахания 3.4.1990)

Известны различные конструкции множеств на вещественной прямой  $R$ , не обладающих свойством Бэра относительно обычной евклидовой топологии. В процессе построения таких множеств используются (наряду с несчетными формами аксиомы выбора) те или иные конкретные свойства вещественной прямой. Например, анализируя классические конструкции Витали и Бернштейна (см. [1]), нетрудно убедиться, что в обеих этих конструкциях в конечном счете существенно используется полнота вещественной прямой. Цель настоящей статьи состоит в том, чтобы дать один достаточно общий критерий существования множеств, которые не обладают свойством Бэра. При этом вместо вещественной прямой  $R$  мы будем рассматривать здесь произвольное топологическое пространство, не являющееся множеством первой категории на самом себе. Очевидно, что последнее требование необходимо для существования в указанном пространстве множеств, не обладающих свойством Бэра.

Пусть  $E$  — любое топологическое пространство. Будем обозначения:

$I_0(E)$  — класс всех тех подмножеств пространства  $E$ , мощности которых строго меньше мощности самого пространства  $E$ ;

$I_1(E)$  — класс всех тех подмножеств пространства  $E$ , которые имеют первую категорию в  $E$ .

Предложение 1. Пусть  $E$  — бесконечное топологическое пространство, удовлетворяющее приводимым ниже условиям:

1)  $I_0(E) \subset I_1(E)$ ;

2) некоторый базис идеала  $I_1(E)$  имеет мощность, не превосходящую  $\text{card}(E)$ .

Далее, пусть  $X$  — произвольное подмножество в  $E$ . Тогда следующие два соотношения эквивалентны:

а)  $X$  есть множество первой категории в  $E$ ;

б) всякое подмножество множества  $X$  обладает свойством Бэра в  $E$ .

В частности, если исходное пространство  $E$  не является множеством первой категории на самом себе, то оно обязательно содержит подмножества, не обладающие свойством Бэра.

Мы видим, что предложение 1 дает критерий существования множеств, не обладающих свойством Бэра, исключительно в терминах идеала  $I_1(E)$ .

Пример 1. Пусть  $a$  — первое измеримое в широком смысле кардинальное число,  $E$  — множество мощности  $a$  и  $\mu$  — какая-нибудь вероятностная рассеянная мера, определенная на множестве всех частей от  $E$ . Наделим множество  $E$  топологией фон Неймана, ассоциированной с мерой  $\mu$ . Тогда мы получим бэрвское топологическое пространство  $E$  (в частности, не являющееся множеством первой категории на самом себе), все подмножества которого обладают свойством Бэра. Здесь выполняется условие 1), но не выполняется условие 2).



Пример 2. Обозначим топологическое пространство, рассмотренное в предыдущем примере, символом  $E_1$ . Пусть  $E_2$  — произвольное топологическое пространство первой категории, имеющее мощность  $2^a$ , и пусть  $E$  — топологическая сумма пространств  $E_1$  и  $E_2$ . Тогда  $E$  не является множеством первой категории на самом себе и в то же время все подмножества в  $E$  обладают свойством Бэра. Здесь выполняется условие 2), но не выполняется условие 1).

Доказательство предложения 1 существенно основывается на одном вспомогательном утверждении из комбинаторной теории бесконечных множеств. Это вспомогательное утверждение относится к так называемым почти дизъюнктым семействам множеств и формулируется следующим образом:

Лемма 1. Пусть  $E$  — любое бесконечное множество и пусть  $\Phi_1$  — такое семейство частей множества  $E$ , что

$$\text{card}(\Phi_1) \leq \text{card}(E),$$

$$(\forall Y) (Y \in \Phi_1 \Rightarrow \text{card}(Y) = \text{card}(E)).$$

Тогда найдется инъективное семейство  $\Phi_2$  подмножеств множества  $E$ , такое, что

$$1) \text{card}(\Phi_2) > \text{card}(E);$$

2) семейство  $\Phi_2$  почти дизъюнктивно, т. е. пересечение любых двух различных множеств из семейства  $\Phi_2$  имеет мощность, строго меньшую мощности исходного множества  $E$ ;

3) каково бы ни было множество  $Y \in \Phi_1$  и каково бы ни было множество  $Z \in \Phi_2$ , справедливо равенство

$$\text{card}(Y \cap Z) = \text{card}(E).$$

Доказательство только что сформулированной леммы см. в работе [2]. О некоторых применениях этой чисто комбинаторной леммы к теории меры (в частности, к теории продолжений классической лебеговой меры) и к теории булевых алгебр см. в работе [3].

Помимо леммы 1, в процессе доказательства предложения 1 используется следующее хорошо известное утверждение, принадлежащее Банаху (теорема Банаха о категории):

Лемма 2. Пусть  $E$  — произвольное топологическое пространство и пусть  $(V_j)_{j \in J}$  — произвольное семейство открытых подмножеств в  $E$ , каждое из которых имеет первую категорию в  $E$ . Тогда открытое множество  $V = \bigcup_{j \in J} V_j$  тоже является множеством первой категории в  $E$ .

$$j \in J$$

С помощью приведенных выше лемм доказательство предложения 1 получается без особого труда.

Пусть теперь топологическое пространство  $E$  совпадает с вещественной прямой  $R$ , наделенной обычной евклидовой топологией. Тогда, вообще говоря, нельзя утверждать, что выполняется включение

$$I_0(R) \subset I_1(R).$$

Справедливость этого включения вытекает из некоторых дополнительных теоретико-множественных аксиом (например, из аксиомы Мартина). Несмотря на такое обстоятельство, предложение 1 применимо и в классическом случае вещественной прямой  $R$ . Действительно, если указанное включение выполняется, то все очевидно. Если же существует подмножество  $X$  вещественной прямой, имеющее мощность, строго меньшую мощности континуума, и не являющееся множеством первой категории, то легко установить, что такое множество  $X$  не может обладать свойством Бэра.

Предложение 2. Пусть множество вещественных чисел  $R$  наделено некоторой топологией  $T$ , удовлетворяющей приводимым ниже соотношениям:

1)  $R$  не является множеством первой категории относительно топологии  $T$ ;

2) для топологии  $T$  выполняется условие Суслина, т. е. всякое дизъюнктивное семейство непустых открытых (относительно  $T$ ) подмножеств пространства  $R$  не более чем счетно;

3) некоторая несчетная группа  $G$  параллельных переносов прямой  $R$  сохраняет категорию (относительно  $T$ ) подмножеств этой прямой.

Тогда можно утверждать, что в  $R$  существуют множества, не обладающие свойством Бэра относительно топологии  $T$ .

Во избежание недоразумений, поясним, что соотношение 3) предложения 2 означает следующее: каково бы ни было преобразование  $g \in G$  и каково бы ни было множество  $X \subset R$ , для них имеет место эквивалентность

$$X \in I_1(R, T) \iff g(X) \in I_1(R, T),$$

где  $I_1(R, T)$  — класс множеств первой категории относительно топологии  $T$ .

Коротко наметим доказательство предложения 2. Пусть  $\omega_1$  — первое несчетное кардинальное число и пусть  $J$  — множество индексов, мощность которого равна  $\omega_1$ . Считая, что мощность группы  $G$  также равна  $\omega_1$ , и рассматривая какой-нибудь селектор для разбиения прямой  $R$  на классы интранзитивности группы  $G$ , легко убедиться, что существует дизъюнктивное семейство  $(X_j)_{j \in J}$  подмножеств в  $R$ , являющихся  $G$ -транслятами друг друга и в совокупности покрывающих прямую  $R$ . Теперь, воспользовавшись известной трансфинитной матрицей Улама, нетрудно установить, что объединение некоторого подсемейства семейства  $(X_j)_{j \in J}$  представляет собой множество, не обладающее свойством Бэра относительно топологии  $T$ .

Пример 3. Предположим, что справедлива гипотеза континуума, и пусть прямая  $R$  наделена топологией  $T$ , удовлетворяющей следующим соотношениям:

а)  $R$  не является множеством первой категории относительно  $T$ ;

б) для  $T$  выполняется условие Суслина;

в) всякое счетное подмножество в  $R$  есть множество первой категории относительно  $T$ .

Тогда с помощью той же трансфинитной матрицы Улама можно показать, что в  $R$  непременно существуют подмножества, не обладающие свойством Бэра относительно топологии  $T$ . Мы видим, таким образом, что при справедливости гипотезы континуума соотношение 3) предложения 2 фактически оказывается ненужным.

Пример 4. Предположим теперь, что мощность континуума измерима в широком смысле. Пусть  $\mu$  — какая-нибудь вероятностная рассеянная мера, определенная на множестве всех частей от  $R$ , и пусть  $T$  — топология фон Неймана, ассоциированная с  $\mu$ . Тогда для  $T$  выполняется условие Суслина,  $R$  не является множеством первой категории относительно  $T$  и в то же время все подмножества в  $R$  обладают свойством Бэра относительно  $T$ . Таким образом, при измеримости мощности континуума соотношение 3) предложения 2 оказывается нужным для того, чтобы само это предложение имело место.

Отметим под конец, что предложение 2 непосредственно обобщается на случай топологического пространства  $E$ , удовлетворяющего условию Суслина, не являющегося множеством первой категории на

самом себе и надделенного несчетной группой преобразований, действующей свободно в пространстве  $E$  и сохраняющей категорию подмножеств этого пространства.

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

(Поступило 5.4.1990)

მათემატიკა

ა. ხარაზიშვილი

ბერის თვისების არმქონე სიმრავლეების არსებობისათვის

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია ბერის თვისების არმქონე სიმრავლეების არსებობის საკითხი. ტოპოლოგიურ სივრცეთა საკმარისად ზოგადი კლასისათვის დადგენილია ასეთი სიმრავლეების არსებობა და მათი კავშირი არაზომად კარდინალურ რიცხვებთან.

MATHEMATICS

A. B. KHARAZISHVILI

TOWARDS THE EXISTENCE OF SETS WHICH DO NOT POSSESS  
 THE BAIRE PROPERTY

Summary

The question of the existence of sets which do not possess the Baire property is considered in the paper. For certain classes of topological spaces the existence of such sets and their connection with non-measurable cardinals are established.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Дж. Окстоби. Мера и категория. М., 1974.
2. А. Б. Харазшвили. Элементы комбинаторной теории бесконечных множеств. Тбилиси, 1981.
3. А. Б. Харазшвили. Топологические аспекты теории меры. Киев, 1984.





თ. ალიაშვილი

სამი ცვლადის ფუნქციონალთა ზოგიერთი წყვილის  
 უნიფორმობის შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ. ქოლშვილმა 20.3.1990)

აღნიშნოთ  $C_n = C[x_1, \dots, x_n]$ -თ  $n$  ცვლადზე დამოკიდებულ კომპლექსურ კოეფიციენტებიან პოლინომთა რგოლი. ჩვენ გვაინტერესებს შემდეგი სიტუაცია.

ვთქვათ, მოცემული გვაქვს  $f_1, \dots, f_n \in C_n$  ალგებრულად დამოკიდებულ პოლინომთა სისტემა [1]. მოითხოვება გამოვიკვლიოთ შესაბამისი არასრული თანაკვეთა [2], ე. ი.  $X = \{f_1 = \dots = f_n = 0\}$ . კერძოდ, გვინდა გამოვითვალოთ მის განსაკუთრებულობათა ძირითადი ინვარიანტები. როგორც სირსმამ აჩვენა [3], ამისთვის სასურველია გვექონდეს მოცემულ პოლინომებს შორის ცხადი თანაფარდობა.

ანალოგიურ საკითხებს იკვლევენ სხვადასხვა ავტორები [4—6]. მაგრამ აქამდე ალგებრულ ლიტერატურაში არ მოიძებნება მითითება თანაფარდობათა ეფექტური მოძებნის თაობაზე და არც ე. წ. უნიფორმობის აგებაზე. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ლიუროთის პრობლემისგან განსხვავებით, პოლინომთა რგოლისთვის უნიფორმობის პრობლემას ყოველთვის აქვს დადებითი გადაწყვეტა [6]. უფრო ზუსტად რომ ვთქვათ, სამართლიანია შემდეგი

დებულება [6]. ყოველი  $f_1, \dots, f_n \in C_n$  ალგებრულად დამოკიდებულ პოლინომთა სისტემისთვის არსებობენ  $k < n$  რიცხვი და  $g_1, \dots, g_k$  ისეთი პოლინომები, რომ  $C[f_1, \dots, f_n] \subset C[g_1, \dots, g_k]$ .

ასეთ დროს ვიტყვი, რომ  $g_1, \dots, g_k$  პოლინომები ახდენენ  $f_1, \dots, f_n$  სისტემის უნიფორმობას. ვინაიდან ამ დებულების დამტკიცება არაეფექტურია, ამიტომ უნიფორმობის პრობლემა არ შეიძლება ჩაითვალოს ბოლომდე გადაწყვეტილად. უფრო მეტიც, არა გვაქვს პასუხი კითხვაზე: როდის შეიძლება  $g_1, \dots, g_k$ -ს როლში ავიღოთ ნაწილი  $f_1, \dots, f_n$ -დან. შემდეგი მაგალითი გვიჩვენებს, რომ ასეთი რამ ყოველთვის ვერ ხერხდება:  $f_1 = x^2, f_2 = xy, f_3 = y^2$ .

წინამდებარე ნაშრომში ვეძებთ პასუხს უკანასკნელ კითხვაზე სამი ცვლადის პოლინომთა ზოგიერთი სისტემისათვის. ძირითადი შედეგი მდგომარეობს შემდეგში: წირთა მარტივ განსაკუთრებულობათა წყვილისათვის მ. ჯუსტის სიიდან [2], ეს საკითხი დადებითად წყდება.

თეორემა. ვთქვათ  $(f, g)$  წყვილი წარმოადგენს წირის მარტივ განსაკუთრებულობას მ. ჯუსტის სიიდან; მაშინ ყოველი  $h$  პოლინომისთვის, რომლისთვისაც  $J(f, g, h) = 0$ , არსებობს ისეთი  $P \in C_2$ , რომ  $h = P(f, g)$ .

დამტკიცებამდე შევნიშნოთ, რომ მოყვანილი დებულების თანახმად, არსებობენ ისეთი  $\varphi, \psi \in C_2$ , რომ  $f = P(\varphi, \psi), g = Q(\varphi, \psi)$  და  $h = R(\varphi, \psi)$ , სადაც  $P, Q, R \in C_2$ .

ცხადია, რომ პოლინომთა წყვილისთვის უნიფორმობიად უნდა მივიჩნიოთ აგრეთვე ასეთი ტავტოლოგიური წარმოდგენა:  $\varphi = f, \psi = g$  ან პირიქით; ამას ვუწოდებთ ტრივიალურ უნიფორმობას.



ამასთან ერთად გავიხსენოთ, რომ არსებობს ფუნქციური დამოკიდებულების დადგენის საკმაოდ ეფექტური იაკობიანის კრიტერიუმი [4]:  $f_1, \dots, f_n$  სისტემა ალგებრულად დამოკიდებულია მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა  $J(f_1, \dots, f_n) = 0$ , სადა  $J(f_1, \dots, f_n)$  ჩვეულებრივი იაკობიანია:  $J(f_1, \dots, f_n) = \det(\partial f_i / \partial x_j)$ .

დამტკიცება. მოვიყვანოთ მ. ჯუსტის სია სტანდარტულ აღნიშვნებში:

$$\begin{aligned} S_{14} &= (x^2 + y^2 + z^4, yz), & T_7 &= (x^2 + y^3 + z^3, yz), & T_8 &= (x^2 + y^3 + z^4, yz) \\ T_9 &= (x^2 + y^3 + z^5, yz), & U_7 &= (x^2 + yz, xy + z^3), & U_8 &= (x^2 + yz, xy + xz^2), \\ U_9 &= (x^2 + yz, xy + z^4), & W_8 &= (x^2 + y^3, y^2 + xz), & W_9 &= (x^2 + yz^2, y^2 + xz), \\ Z_9 &= (x^2 + z^3, y^2 + z^3), & Z_{10} &= (x^2 + yz^2, y^2 + z^3). \end{aligned}$$

შევნიშნოთ, რომ S, T, U, W სერიათა განსაკუთრებულობების წყვილთაგან ერთ-ერთი ფუნქცია კოორდინატთა სისტემის გარდაქმნამდე სიზუსტით წარმოადგენს კვადრატების ჯამს; ამიტომ შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ  $f = x^2 + y^2 + z^2$  ანდა  $f = y^2 + z^2$ . შემდგომი მსჯელობა ჩატარდება ყველასთვის ერთნაირად. ასე რომ ჩვენ დაწვრილებით განვიხილავთ ერთ-ერთ მათგანს.

ავიღოთ, მაგალითად, განსაკუთრებულობა  $U_7$ :

$$f = x^2 + yz, \quad g = xy + z^3.$$

რადგან მოცემული წყვილი (და საერთოდ ყველა წყვილი ჯუსტის სიიდან) კვაზიერთგვაროვანია, უნიფორმიზაციის აგების დროს შეიძლება ვიგულისხმობთ, რომ  $\varphi$  და  $\psi$  ერთგვაროვნები არიან. ამასთან, ცხადია, რომ თუ  $f = P(\varphi, \psi)$  და  $g = Q(\varphi, \psi)$ , მაშინ საინტერესოა მხოლოდ ის შემთხვევა, როცა  $\varphi$  და  $\psi$  არიან პირველი რიგის მრავალწევრები, ხოლო დანარჩენ შემთხვევებში  $\varphi$  და  $\psi$  გვაძლევენ მხოლოდ ტრივიალურ უნიფორმაციას ანდა  $f$  და  $g$  არიან მათი წრფივი კომბინაციები. ყოველივე ამის გათვალისწინებით ( $\varphi, \psi, P$  და  $Q$  ვეძიოთ განუზღვრელ კოეფიციენტთა მეთოდით:

$$\begin{aligned} \varphi &= \alpha_1 x + \beta_1 y + \gamma_1 z, & \psi &= \alpha_2 x + \beta_2 y + \gamma_2 z, \\ P(u, v) &= Au^2 + Buv + Cv^2, \\ Q(u, v) &= au^3 + bu^2v + cuv^2 + dv^3 + tu^2 + muv + lv^2. \end{aligned}$$

ახლა გამოვიყენოთ ის ფაქტი, რომ ჯუსტის განსაკუთრებულობებს აქვთ საკმაოდ მდიდარი სიმეტრიის ჯგუფები.

ლემა. ამონახსნთა სიმრავლე პირველი ფუნქციისათვის წარმოადგენს  $f$  ფუნქციის სიმეტრიის ჯგუფის ორბიტას, ხოლო  $\varphi$  და  $\psi$ -ს კოეფიციენტები წარმოადგენენ ორთოგონული  $(3 \times 3)$ -მატრიცის სტრუქტურას.

ცხადია, რომ მოცემულ შემთხვევაში სიმეტრიის ჯგუფი არის  $O(3, \mathbb{C})$  ორთოგონული ჯგუფი. ამასთანავე უნიფორმიზაციის პირობა ეკვივალენტურია  $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \alpha_2, \beta_2, \gamma_2$  უცნობების მიმართ სამგანტოლებიანი სისტემისა. ადვილი დასაანახია, რომ ეს განტოლებები დამოუკიდებელია და ამიტომ ამონახსნთა სიმრავლე იქნება სამგანზომილებიანი. შევნიშნოთ, რომ  $O(3, \mathbb{C})$  ჯგუფი ( $\varphi, \psi$ ) სახის წყვილებზე მოქმედებს სტანდარტული წრფივი წესით და რომ ამონახსნთა სიმრავლე შეიცავს თავისი ნებისმიერი წერტილის მთელ ორბიტას, რომლის განზომილებაც ისევ სამის ტოლია. ამის შემდეგ ლემის სამართლიანობა უშუალოდ გამომდინარეობს  $O(3, \mathbb{C})$ -ს ბმულობიდან.

პოლინომ  $Q$ -ს მიმართ მივიღებთ 13-უცნობიან 16 განტოლებისაგან შემდგარ სისტემას, სადაც  $\varphi$  და  $\psi$ -ს კოეფიციენტები კვლავ მიიღება ორთოგონული ჯგუფის მოქმედების შედეგად. აღნიშნული სისტემა შეიცავს შემდეგი სახის ქვესისტემას:

$$\begin{cases} t\alpha_1^2 + m\alpha_1\alpha_2 + l\alpha_2^2 = 0, \\ t\beta_1^2 + m\beta_1\beta_2 + l\beta_2^2 = 0, \\ t\gamma_1^2 + m\gamma_1\gamma_2 + l\gamma_2^2 = 0, \end{cases}$$

რომელსაც, ცხადია,  $t$ ,  $m$  და  $l$  უცნობების მიმართ აქვს არანულოვანი ამონახსნი მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა სისტემის დეტერმინანტი ნულია. თუ  $(\alpha_i, \beta_i, \gamma_i)$ ,  $i=1, 2$ , ვექტორებისთვის გავითვალისწინებთ ორთოგონალობის პირობასაც, მივიღებთ ასეთ სისტემას:

$$\begin{cases} \alpha_1^2 + \beta_1^2 + \gamma_1^2 = 1, \\ \alpha_2^2 + \beta_2^2 + \gamma_2^2 = 1, \\ \alpha_1\alpha_2 + \beta_1\beta_2 + \gamma_1\gamma_2 = 0, \\ (\alpha_1\beta_2 - \alpha_2\beta_1)(\alpha_1\gamma_2 - \alpha_2\gamma_1)(\beta_1\gamma_2 - \beta_2\gamma_1) = 0. \end{cases}$$

ამ სისტემის ამონახსნთა სიმრავლე წარმოადგენს მართკუთხა კონუსებს, რომლებიც სიმეტრიულია კოორდინატთა ღერძების მიმართ და სათავე აქვთ კოორდინატთა სათავეში. ეს ამონახსნები არის მოპირდაპირე მსახველები და დამოკიდებულია მხოლოდ ერთ პარამეტრზე,  $\tau$  მობრუნების კუთხეზე. ცხადია, რომ სისტემის ამონახსნადობა არ არის დამოკიდებული  $\tau$  კუთხეზე, ამიტომ ავიღოთ უქანასკნელი სისტემის ერთ-ერთი ამონახსნი, მაგალითად:

$$(\alpha_1, \beta_1, \gamma_1) = (1/2, -1/2, \sqrt{2}), \quad (\alpha_2, \beta_2, \gamma_2) = (-1/2, 1/2, \sqrt{2}).$$

ამ პირობებში საწყისი სისტემა მიიღებს ასეთ სახეს:

$$\begin{cases} a - b + c - d = 0, \\ a + b + c + d = 1, \\ 3a - b - c + 3d = 0, \\ 3a + b - c - 3d = 0, \\ t - m + l = 0, \\ t + m + l = 0, \\ t - m + l = 1, \\ t - l = 0. \end{cases}$$

ამ სისტემის ბოლო ოთხი განტოლება წინააღმდეგობრივია, ე. ი. სისტემა არათავსებადია.

ამგვარად, მივიღეთ, რომ ჯუსტის სიიდან აღებული  $(f, g)$  წყვილისთვის არ არსებობს არატრივიალური უნიფორმიზაცია, ე. ი. არ არსებობს  $\varphi, \psi \in \mathbb{C}_2$  ისეთი, რომ  $\deg \varphi < \deg f$ ,  $\deg \psi < \deg g$  და  $f = P(\varphi, \psi)$ ,  $g = Q(\varphi, \psi)$ .

თუ გავიხსენებთ პირველ შენიშვნას, ადვილად დავინახავთ, რომ საძებნი უნიფორმიზაციის წყვილი  $((\varphi, \psi)$  ემთხვევა ჩვენს  $(f, g)$  წყვილს ასე რომ  $h$  პოლინომი წარმოიდგინება როგორც პოლინომი  $f$  და  $g$  პოლინომებისაგან, რ. დ. გ.

დარჩენილი  $Z_9$  და  $Z_{10}$  ფუნქციათა წყვილებისთვის სიმეტრიის ჯგუფი არ ემთხვევა ორთოგონულ ჯგუფს, მაგრამ შესაძლებელია მისი გამოთვლა კვაზი-ერთგვაროვნების გათვალისწინებით, რის შემდეგაც დამტკიცება ტარდება ცვლილების გარეშე.

ბოლოს შევნიშნოთ, რომ აღგებრულად დამოკიდებული პოლინომები დიდ როლს თამაშობენ ე. წ. იაკობიანის პრობლემაში [7]. კერძოდ, ზემოთ მოყვა-

ნილი შედეგების ორგანოზომილებიანმა ანალოგებმა საშუალება მოგვცეს დავე-  
 მტყიცებინა კელერის ჰიპოთეზა ზოგიერთი კერძო შემთხვევისათვის [8, 9].

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

(შემოვიდა 30.3.1990)

МАТЕМАТИКА

Т. М. АЛИАШВИЛИ

ОБ УНИФОРМИЗАЦИИ НЕКОТОРЫХ ПАР ФУНКЦИИ ОТ  
 ТРЕХ ПЕРЕМЕННЫХ

Резюме

В рамках подхода Сирсмэ [3] к изучению особенностей неполных пересечений доказано, что все полиномы, алгебраически зависящие от уравнений простых особенностей кривых, являются полиномами от соответствующих левых частей из списка М. Джусти.

MATHEMATICS

T. M. ALIASHVILI

ON THE UNIFORMIZATION OF SOME FUNCTION COUPLES  
 OF THREE VARIABLES

Summary

In the connection with D. Siersma's approach to the investigation of non-complete intersection singularities it is proved that all polynomials algebraically dependent on equations of simple curve singularities are polynomials of the corresponding left-hand sides from the list of M. Giusti.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. С. Ленг. Алгебра. М., 1968.
2. В. И. Арнольд, А. Н. Варченко, С. М. Гусейн-Заде. Особенности дифференцируемых отображений. М., 1982.
3. D. Siersma. Vanishing cycles and special fibres. Preprint Univ. Utrecht. Nr. 575, 1989.
4. A. Flatto. L'Ens. Math. V. 24, № 2, 1978.
5. Б. Л. Вандер Варден. Алгебра. М., 1976.
6. ი. გუბელაძე. სადოქტორო დისერტაციის ავტორეფერატი. თბილისი, 1989.
7. J. Nowicki. J. Pure Appl. Algebra. V. 50, № 2, 1988.
8. Т. Алиашвили. Сообщения АН ГССР, 136, № 3, 1989.
9. Г. Химшиашвили. Сообщения АН ГССР, 136, № 2, 1989.



В. М. БУГАДЗЕ

## О РАСХОДИМОСТИ РЯДОВ ФУРЬЕ—ХААРА НА МНОЖЕСТВАХ МЕРЫ НУЛЬ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. В. Жижишвили 21.3.1990)

Работа касается вопросов расходимости рядов Фурье—Хаара на множествах меры нуль.

Для тригонометрических рядов вопросы расходимости давно были предметом исследований.

Дю Буа-Реймон [1] построил пример непрерывной функции, тригонометрический ряд Фурье которой расходится в некоторых точках.

Н. Н. Лузин [2] построил степенной ряд

$$S = \sum_{k=0}^{\infty} c_k z^k \quad \text{с} \quad |c_k| \rightarrow 0,$$

расходящийся на окружности  $T = \{z: |z|=1\}$ . Он доказал также, что действительная часть ряда  $S$  расходится почти всюду на  $T$ . С. Б. Стечкин [3, 4] доказал, что в примере Лузина как действительная, так и мнимая части ряда расходятся всюду на  $T$ .

А. Н. Колмогоров [5] построил суммируемую функцию, тригонометрический ряд Фурье которой расходится всюду на  $[0, 2\pi]$ .

Меру Лебега некоторого измеримого по Лебегу множества  $A$  будем обозначать через  $\mu A$ .

Если некоторый функциональный ряд расходится в каждой точке некоторого множества  $A$ , то говорят, что ряд расходится на  $A$ .

С. Б. Стечкин [3] доказал, что для любого множества  $E$ ,  $E \subset [0, 2\pi]$ , с  $\mu E = 0$  существует функция  $f \in L^2(0, 2\pi)$ , тригонометрический ряд Фурье которой расходится на  $E$ .

Л. В. Тайков [6] доказал, что для любого числа  $p \geq 1$  и любого множества  $E$ ,  $E \subset [0, 2\pi]$  с  $\mu E = 0$  существует такая функция  $f \in L^p(0, 2\pi)$ , что ее тригонометрический ряд Фурье и ряд сопряженный к нему неограниченно расходятся на  $E$ .

Кахан и Кацнельсон [7] доказали, что для любого множества  $E$ ,  $E \subset [0, 2\pi]$ , с  $\mu E = 0$  существует комплекснозначная непрерывная функция действительного переменного, тригонометрический ряд Фурье которой неограниченно расходится на  $E$ .

В. В. Буздалин [8] перенес предыдущий результат на случай действительной функции.

Перейдем, теперь, к рассмотрению рядов Фурье—Хаара.

Прежде всего отметим, что исторические сведения, современное состояние и проблематику тематики рядов по системе Хаара можно

смотреть в работах Б. И. Голубова [9], П. Л. Ульянова [10] и Уэйда [11].

Ряд Фурье-Хаара функции  $f \in L(0, 1)$  имеет вид

$$f(t) \sim \sum_{m=1}^{\infty} a_m(f) \chi_m(t), \quad (1)$$

где

$$a_m(f) = \int_0^1 f(t) \chi_m(t) dt, \quad m=1, 2, \dots;$$

$\{\chi_m\}$ —система Хаара (см. [12, с. 54] или [13, с. 77]).

Хаар [14] доказал, что для каждой непрерывной на  $[0, 1]$  функции  $f$  ряд (1) равномерно сходится к  $f$  на  $[0, 1]$ . Он [14] доказал также, что для каждой суммируемой функции  $f$  ряд (1) сходится к  $f(t)$  для почти всех  $t \in [0, 1]$  (см. также [12, с. 54—58] или [13, с. 80]).

В. И. Прохоренко [15] доказал, что для любого множества  $E$ ,  $E \subset [0, 1]$ , с  $\mu E = 0$  существует функция  $f \in \bigcap_{p>1} L^p$ , ряд Фурье-Хаара которой расходится на  $E$ .

Множество  $E$ ,  $E \subset [0, 1]$  называется множеством типа  $\tilde{G}_\delta$  если оно представимо в виде

$$E = \bigcap_{k=1}^{\infty} \tilde{G}_k, \quad \tilde{G}_{k+1} \subset \tilde{G}_k, \quad k=1, 2, \dots, \quad \tilde{G}_k = \bigcup_{i=1}^{\infty} \langle \alpha_i^{(k)}, \beta_i^{(k)} \rangle,$$

где промежутки  $\langle \alpha_i^{(k)}, \beta_i^{(k)} \rangle$ ,  $i=1, 2, \dots$  (под промежутком  $\langle a, b \rangle$  понимается одно из множеств:  $(a, b)$ ,  $(a, b]$ ,  $[a, b)$ ,  $[a, b]$ ) попарно не пересекаются, а точка  $\alpha_i^{(k)}$  ( $\beta_i^{(k)}$ ) может принадлежать  $\tilde{G}_k$ , только если  $\alpha_i^{(k)}$  ( $\beta_i^{(k)}$ ) двоично-рациональна (см. [16]).

М. А. Лунина доказала следующее ([16, теорема 2]): Пусть  $\varphi$ —произвольная неубывающая на  $[0, +\infty)$  четная функция с  $\varphi(0) = 0$ .

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \varphi(x) = \varphi(\infty) = +\infty.$$

Тогда для любого множества  $E$  типа  $\tilde{G}_\delta$  с  $\mu E = 0$  существует такая функция  $f$ , заданная на  $[0, 1]$ , что  $f \in L \cap \varphi(L)$  и ее ряд Фурье-Хаара неограниченно расходится на  $E$  и сходится на  $[0, 1] \setminus E$ .

В связи с этими результатами в обзорной работе [11] о рядах по системе Хаара У. Уэйд отмечает, что еще неизвестно, для каждого ли множества меры нуль существует ограниченная функция, ряд Фурье—Хаара которой расходится на этом множестве.

В данной работе дается ответ на этот вопрос. Справедлива

**Теорема 1.** Для любого множества меры нуль из отрезка  $[0, 1]$  существует ограниченная суммируемая на  $[0, 1]$  функция, ряд Фурье—Хаара которой расходится на этом множестве.

Тбилисский государственный университет  
 им. И. А. Джавахишвили

(Поступило 22.3.1990)

3. ბულაძე

ნული ზომის სიმრავლეებზე — ჰაარის მწკრივების  
 განშლადობის შესახებ

რეზიუმე

ნული ზომის ყოველი სიმრავლისათვის არსებობს ისეთი შემოსაზღვრული ფუნქცია, რომლის ფურიე — ჰაარის მწკრივი განშლადია ამ სიმრავლის ყოველ წერტილში.

MATHEMATICS

V. M. BUGADZE

ON DIVERGENCE OF HAAR—FOURIER SERIES ON ZERO-DIMENSIONAL SETS

Summary

For any zero-dimensional set there exists a bounded summable function with Haar—Fourier series divergent at every point of the set.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. P. Du Bois-Reymond. Abh. Akad. Wiss., München. 10, 1876, 1-103.
2. N. Lusin. Rend. circ. Mat. Palermo. 32, 1911, 386-390.
3. С. Б. Стечкин. Успехи матем. наук, т. 6, вып. 2(42), 1951, 148—149.
4. С. Б. Стечкин. Изв. АН СССР, серия матем. 21, № 5, 1957, 711—728.
5. A. Kolmogoroff. C. r. Acad. Sci., Paris, 183, 1926, 1327-1328.
6. Л. В. Тайков. Успехи матем. наук, т. 18, вып. 5 (113), 1963, 191—198.
7. J.-P. Kahane, Y. Katznelson. Studia Math., 26, 1966, 305-306.
8. В. В. Буздалин. Матем. заметки, т. 7, № 1, 1970, 7—18.
9. Б. И. Голубов. Итоги науки. Серия «Математика». Математический анализ. 1970. ВИНТИ, М., 1971, 109—146.
10. P. L. Uljanov. Colloquia Mathematica Societatis Janos Bolyai, 49. Alfred Haar memorial conference, Budapest (Hungary), 1985.
11. W. R. Wade. Colloq. Math. v. 52, № 2, 1987, 213-238.
12. Г. Алексич. Проблемы сходимости ортогональных рядов. М., 1963.
13. Б. С. Кашин, А. А. Саакян. Ортогональные ряды. М., 1984.
14. A. Haar. Math. Ann., 69, 1910, 331-371.
15. В. И. Прохоренко. Изв. высш. учебн. заведений. Математика. № 1, 1971, 62—68.
16. М. А. Лунина. Вестник Московского университета. Серия I, Математика, Механика. т. 31, № 4, 1976, 13—20.



G. K. DZHAPARIDZE

## PROVABILITY LOGIC WITH MODALITIES FOR ARITHMETICAL COMPLEXITIES

(Presented by G. S. Chogoshvili, Member of the Academy, 15.2.1990)

We deal with the propositional modal language with the unary modalities:  $\Box$ ,  $\Sigma_1$ ,  $\Sigma_1^+$ ,  $\Sigma_2$ ,  $\Sigma_2^+$ , ... Formulas of such a language will be mentioned as HGL-formulas. It is assumed for simplicity that HGL-formulas contain no Boolean connectives others than  $\neg$  and  $\vee$ .

$\Sigma$ ,  $\Sigma'$  will be used as variables for the expressions from the sequence  $\Sigma_1$ ,  $\Sigma_1^+$ ,  $\Sigma_2$ ,  $\Sigma_2^+$ , ...;  $\Sigma < \Sigma'$  means that  $\Sigma$  in this sequence is to the left of  $\Sigma'$ , and  $\Sigma \leq \Sigma'$  means that  $\Sigma < \Sigma'$  or  $\Sigma = \Sigma'$ .

We define System HGL in the language of HGL-formulas as Classical Propositional Logic plus: 1)  $A \vdash \Box A$ ; 2)  $\Box(A \rightarrow B) \rightarrow (\Box A \rightarrow \Box B)$ ; 3)  $\Box(\Box A \rightarrow A) \rightarrow \Box A$ ; 4)  $\Sigma A \wedge \Sigma B \rightarrow \Sigma(A \wedge B) \wedge \Sigma(A \vee B)$ ; 5)  $\Sigma_n^+ A \rightarrow \Sigma_n^+ \neg A$ ; 6)  $\Sigma A \rightarrow \Sigma' A$ , where  $\Sigma < \Sigma'$ ; 7)  $\Sigma A \wedge \Box(A \leftrightarrow B) \rightarrow \Sigma B$ ; 8)  $\Sigma A \rightarrow \Box \Sigma A$ ; 9)  $\Sigma \perp$ ; 10)  $\Sigma \Box A$ ; 11)  $\Sigma \Sigma' A$ ; 12)  $\Sigma_1 A \rightarrow \Box(A \rightarrow \Box A)$ .

A HGL-model is a system  $\langle W, R, R\Sigma_1, R\Sigma_1^+, R\Sigma_2, R\Sigma_2^+, \dots, \models \rangle$ , where  $W$  is a finite nonempty set,  $R$  and  $R\Sigma$  are binary relations on  $W$ ,  $\models$  is a relation between the elements of  $W$  and HGL-formulas; at the same time, the following claims are supposed to be satisfied;

1.  $R$  is transitive and irreflexive;
2. if  $wR\Sigma u$  and  $w'R\Sigma'u'$  then  $\{w, u\} = \{w', u'\}$  or  $\{w, u\} \cap \{w', u'\} = \emptyset$ ;
3. a) if  $wR\Sigma_n u$ , then for each  $\Sigma < \Sigma_n^+$ ,  $wR\Sigma'u$  and  $uR\Sigma'w$ ; b) if  $wR\Sigma_n^+ u$ , then for each  $\Sigma \leq \Sigma_n^+$ ,  $wR\Sigma u$  and  $uR\Sigma w$ ;
4. if  $wR\Sigma u$ , then  $w \neq u$ , non  $wRu$ , non  $uRw$ ;
5. if  $wR\Sigma u$ , then for any  $v$ : a)  $vRu \iff vRw$ ; b)  $uRv \implies wRv$ ;
6. a)  $w \models A$  iff non  $w \models \neg A$ ;
- b)  $w \models A \vee B$  iff  $w \models A$  or  $w \models B$ ;
- c)  $w \models \Box A$  iff for any  $wRu$ ,  $u \models A$ ;
- d)  $w \models \Sigma A$  iff for any  $wRu$ ,  $v$ , where  $u \models A$ , we have: 1)  $R\Sigma v \implies v \models A$  and 2) if  $\Sigma = \Sigma_1$ , then  $uRv \implies v \models A$  as well.

$\langle W, R, R\Sigma_1, R\Sigma_1^+, R\Sigma_2, R\Sigma_2^+, \dots, \models \rangle$  is said to be a HGL-countermodel for a HGL-formula  $A$ , iff non  $w \models A$  for some  $w \in W$ .

Lemma 1.  $\text{HGL} \vdash A$  iff there is no HGL-countermodel for  $A$ ; hence, System HGL is decidable.

Here we give notations for some Arithmetic (PA) terms and formulas:

' $E$ ' is the numeral for the Gödel number of formula  $E$ ;

$x \leftrightarrow y$ ,  $\neg x$  are the standard terms for the equivalence and the negation, respectively;

$\text{Pf}_1(y, x)$  is Gödelian primitive recursive formula expressing that  $y$  is the Gödel number of a PA-proof of the formula with Gödel number  $x$ ;





$\text{Pr}(x) \equiv \exists y \text{Pi}(y, x)$ ;

$\Sigma_n(x)$  (resp.  $\Sigma_n^+(x)$ ) is a primitive recursive formula expressing that  $x$  is the Gödel number of a  $\Sigma_n$ -formula (resp. of a Boolean combination of  $\Sigma_n$ -formulas, see [1]);

$^{PA}(\Sigma x) \equiv \exists y (\Sigma(y) \wedge \text{Pr}(x \leftrightarrow y))$ ;

$\Sigma_n\text{-Tr}(z)$  (resp.  $\Sigma_n^+\text{-Tr}(z)$ ) is a formula expressing that  $x$  is the Gödel number of a true  $\Sigma_n$ -formula (resp. of a true Boolean combination of  $\Sigma_n$ -formulas). We assume that:  $\Sigma_n\text{-Tr}(z)$  (resp.  $\Sigma_n^+\text{-Tr}(z)$ ) is a  $\Sigma_n$ - (resp.  $\Sigma_{n+1}$ -) formula,  $\text{PA} \vdash \forall z (\Sigma(z) \rightarrow \text{Pr}(z \leftrightarrow \Sigma\text{-Tr}(z)))$  and  $\text{PA} \vdash \forall z (\Sigma_n^+(z) \rightarrow (\neg \Sigma_n^+\text{-Tr}(z) \leftrightarrow \Sigma_n^+\text{-Tr}(\neg z)))$ ;

$\Sigma_1\text{-tr}(t, z)$  is the very primitive recursive formula for which  $\Sigma_1\text{-Tr}(z) \equiv \exists t \Sigma_1\text{-tr}(t, z)$ .

An interpretation  $f$  is a mapping of HGL-formulas to closed Arithmetic formulas such that:

$$f \neg A \equiv \neg f A; f(A \vee B) \equiv f A \vee f B;$$

$$f \Box A \equiv \text{Pr}(f A);$$

$$f \Sigma A \equiv ^{PA} \Sigma(f A).$$

Let  $A^* \equiv \bigwedge \{ \Box B \rightarrow B, C \wedge \Sigma_1 C \rightarrow \Box C : \Box B, \Sigma_1 C \text{ are subformulas of } A \}$ .

Lemma 2. a) If there is a HGL-countermodel for  $A$ , then there exists an interpretation  $f$  such that  $\text{non PA} \vdash f A$ ;

b) if there is a HGL-countermodel for  $A^* \rightarrow A$ , then there exists an interpretation  $f$  such that  $f A$  is false.

Sketch of the proof: Assume that:  $\langle W', R', R' \Sigma_1, R' \Sigma_1^+, R' \Sigma_2, R' \Sigma_2^+, \dots, |= \rangle$  is a HGL-model;  $W' = \{1, \dots, k\}$ ; for each  $1 < w \leq k$ ,  $1R'w$ ;  $\{ \Sigma : R' \Sigma \neq \emptyset \}$  is finite;  $\text{non } 1 |= A$  or  $\text{non } 1 |= A^* \rightarrow A$ .

Let us define a new HGL-model  $\langle W, R, R \Sigma_1, R \Sigma_1^+, R \Sigma_2, R \Sigma_2^+, \dots, |= \rangle$ :  $W = W' \cup \{0\}$ ;  $R = R' \cup \{(0, w) : w \in W'\}$ ; for all  $\Sigma$ ,  $R \Sigma = R' \Sigma$ ; for any  $w \in W$  and any atomic  $p$ ,  $w |= p$  iff: 1)  $w \in W'$  and  $w |= p$ , or 2)  $w = 0$  and  $1 |= p$ .

Let  $w R \Sigma ! u$  mean that  $w R \Sigma u$  and for every  $\Sigma < \Sigma'$   $\text{non } w R \Sigma' u$ .

Correctness of the following simultaneous definition is guaranteed by Diagonal Lemma (cf. [2]) and the properties of HGL-models:

1.  $D_w!(y, z) \equiv D_w(y, z) \wedge \forall y' < y \forall z' < z' (\neg D_w(y', z') \wedge \neg D_u(y', z'))$ , if  $w R \Sigma_1 u$ , and  $\equiv \perp$ , if there is no  $u$  such that  $w R \Sigma_1 u$ , where:

2.  $D_w(y, z) \equiv \Sigma(z) \wedge z < y \wedge \forall \{ \text{Pi}(y, z \leftrightarrow [ \vee \{ S_r : r \in M \} ]) : M \subseteq W, w \in M, u \notin M \}$ , if  $w R \Sigma_1 u$  and  $\equiv \perp$ , if there is no  $u$  such that  $w R \Sigma_1 u$ , where:

3. a) if  $w R \Sigma_1 u$  and  $u R \Sigma_1' w$  then

$$S_w \equiv (l = w \wedge \neg \exists y \exists z (D_w!(y, z) \wedge \Sigma\text{-Tr}(z))) \vee (l = u \wedge \exists y \exists z (D_u!(y, z) \wedge \Sigma'\text{-Tr}(z)));$$

b) if there is no  $u$  such that both  $w R \Sigma_1 u$  and  $u R \Sigma_1' w$ , then  $S_w \equiv l = w$ , where:

4.  $l = w$  is the formula expressing that  $w$  is the limit of the (Solovay-like [3]) function  $h(x)$ , where

5.  $h(0) = 0$  and  $h(x+1)$  is determined by:

a) if  $h(x) R v$  and  $\text{Pi}(x, [\neg S_v])$ , then  $h(x+1) = v$ ;

b) else, if  $h(x) R \Sigma_1 ! u$ ,  $\text{non } u R \Sigma_1' h(x)$ ,  $D_{h(x)}!(y, z)$  and  $\Sigma_1\text{-tr}(t, z)$  for some  $y, z, t \leq x$ , then  $h(x+1) = u$ ;

c) else,  $h(x+1)=h(x)$ .

Lemmas:

2.1.  $PA \vdash \bigvee \{S_r : r \in W\}$ .

2.2. If  $w \neq u$ , then  $PA \vdash \neg(S_w \wedge S_u)$ .

2.3. If  $wRu$ , then  $PA \vdash S_w \rightarrow \neg \text{Pr}(\neg S_u)$ .

2.4. If  $w \neq 0$  and non  $wRu$ , then  $PA \vdash S_w \rightarrow \text{Pr}(\neg S_u)$ .

2.5. Suppose  $\Sigma, M \subseteq W, w \in W$  are such that for some  $wRu, v$ , where  $u \in M$ , we have: 1)  $uR\Sigma v$  and  $v \notin M$ , or 2)  $\Sigma = \Sigma_1, uRv$  and  $v \notin M$ . Then

$$PA \vdash S_w \rightarrow \neg^{PA} \Sigma (\bigvee \{S_r : r \in M\}')$$

2.6. Suppose  $\Sigma, M \subseteq W$  are such that for any  $u, v \in W$ , where  $u \in M$ , we have: 1)  $uR\Sigma v \Rightarrow v \in M$  and 2) if  $\Sigma = \Sigma_1$ , then  $uRv \Rightarrow v \in M$  as well. Then

$$PA \vdash {}^{PA} \Sigma (\bigvee \{S_r : r \in M\}')$$

2.7.  $S_0$  is true.

Let for any atomic  $p$ ,  $f p \equiv \bigvee \{S_r : r \models p\}$ .

The following lemma can be proved by induction on the complexity of  $B$ , using Lemmas 2.1–2.6:

Lemma 2.8. If  $w \neq 0$ , then for any subformula  $B$  of  $A$ : 1)  $w \models B \Rightarrow PA \vdash S_w \rightarrow fB$ , and 2) non  $w \models B \Rightarrow PA \vdash S_w \rightarrow \neg fB$ ; if  $1 \models A^*$ , then this holds in the case  $w=0$  as well.

Lemma 2 follows now from Lemmas 2.3, 2.7, 2.8.

It follows from Lemmas 1 and 2 the following

Theorem. a)  $HGL \vdash A \Leftrightarrow PA \vdash fA$  for every interpretation  $f$ ;

b)  $HGL \vdash A^* \rightarrow A \Leftrightarrow fA$  is true for every interpretation  $f$ .

Institute of Philosophy  
Georgian Academy of Sciences

(Received on 22.2.1990)

მათემატიკა

ბ. ჯაფარიძე

დამტკიცებადობის ლოგიკა არითმეტიკული სირთულეების  
მოცულობებით

რეზიუმე

განხილულია მოდალური პროპოზიციული ენა ერთადგილიანი მოდალობებით  $\square, \Sigma_1, \Sigma_1^+, \Sigma_2, \Sigma_2^+, \dots$  ამ ენის ფორმულები გაგებულია როგორც არითმეტიკის (PA) ფორმულათა სქემები, სედაც  $\square A$  ინტერპრეტირდება როგორც (ფორმალისტური მტკიცების) „ $A$  PA-დამტკიცებადი“,  $\Sigma_n A$  როგორც „ $A$  არის  $\Sigma_n$ -ფორმულის PA-ეკვივალენტური“ და  $\Sigma_n^+(A)$  როგორც „ $A$  არის  $\Sigma_n$ -ფორმულების ბულის კომბინაციის PA-ეკვივალენტური“. ნაჩვენებია ამოხსნადობა მოდალურ ფორმულათა სიმრავლეებისა, რომლებიც წარმოადგენენ: 1) PA-დამტკიცებად, 2) ჰერმარიტ არითმეტიკულ ფორმულათა სქემებს.

Г. К. ДЖАПАРИДЗЕ

## ЛОГИКА ДОКАЗУЕМОСТИ С МОДАЛЬНОСТЯМИ ДЛЯ АРИФМЕТИЧЕСКИХ СЛОЖНОСТЕЙ

Резюме

Формулы модального пропозиционального языка с одноместными модальностями  $\Box$ ,  $\Sigma_1$ ,  $\Sigma_1^+$ ,  $\Sigma_2$ ,  $\Sigma_2^+$ , ... рассматриваются как схемы формул арифметики (РА), где  $\Box A$  интерпретируется как: (формализация утверждения)  $A$  доказуема в РА,  $\Sigma_n A$  как:  $A$  РА-эквивалентна  $\Sigma_n$ -формуле, и  $\Sigma_n^+ A$  как:  $A$  РА-эквивалентна булевой комбинации  $\Sigma_n$ -формул. Доказана разрешимость множеств модальных формул, которые являются схемами 1) РА-доказуемых, 2) истинных арифметических формул.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. K. Smorinski. In: "Handbook of Mathematical Logic", Part 4. New York, 1977.
2. G. Boolos. The Unprovability of Consistency. Cambridge, 1979.
3. R. M. Solovay. Israel J. of Mathematics, v. 25, 1976.



M. R. MESKHISHVILI

METRIC PROPERTIES FOR GENERALIZED RADIATING  
 BERTOTTI-ROBINSON SPACES

(Presented by G. S. Chogoshvili, Member of the Academy, 22.3.1990)

This paper deals with a problem of metric, connection and curvature determination for certain four-dimensional Riemannian locally Lorentzian manifolds of degenerate Petrov types II and D within the framework of General Relativity. It is essential to know the metric while describing spacetime symmetries, their geodesic (including focusing) properties, while making their physical and geometrical interpretation etc. But due to the complex structure of the Einstein equations (which are quasi-linear system of partial differential ones of hyperbolic type) their explicit integration could present a considerable body of complications, and this is just the point why Riemannian manifolds corresponding to various model processes are of particular interest [1]. A reciprocal impact of the Isaacson type radiation (high-frequency perturbations or ripple [2]) upon symmetrical slowly varying background of Petrov type *D* representing a product of two-dimensional spaces of constant curvature is considered below. The background spaces of that sort are referred to as the generalized Bertotti-Robinson spaces after Bertotti-Robinson metric representing a single conformally flat solution to the Einstein-Maxwell source-free equations. This metric because of its unique geometrical properties (it corresponds to the single homogeneous, i. e., admitting a transitive group of motions, Einstein-Maxwell field with a homogeneous non-null electromagnetic field tensor) has been studied thoroughly enough up to now; the [generalizations for a case where the cosmological term  $\tilde{\Lambda}g_{ij}$  ( $\tilde{\Lambda} = \text{constant} \neq 0$ ) is present in the Einstein equations are discussed in [1]. Hereafter, a formalism of quasi-orthonormal null tetrads [3—5] in notations [4] close to the original ones by Newman and Penrose [3] is used without any explanations.

So let the metric tensor  $g_{ij}$  be governed by the field equations

$$\begin{cases} R_{ij} - \frac{1}{2} Rg_{ij} + \tilde{\Lambda}g_{ij} = \frac{1}{2} g_{ij}F_{kl}F^{kl} - 2F_{ik}F_{jl}g^{kl} + 2S\delta_{ij} \\ F_{;i}^{+j} = 0 \end{cases}$$

where the indices  $i, j, \dots$  stand for values 0, 1, 2, 3;  $R_{ij}$  is the Ricci tensor representing one-time contraction of the Riemannian tensor ( $R_{ij} \equiv R_{ikj}^k$ );  $R$  is the scalar curvature ( $R \equiv R_i^i$ );  $F^{ij}$  is a self-dual electromag-

netic field bivector  $\left(\overset{+}{F}_{ij} \equiv \frac{1}{2} F_{ij} + \frac{i}{4} \varepsilon_{ijkl} F^{kl}\right)$ ;  $\varepsilon_{ijkl} = \varepsilon_{[ijkl]}$  is the skew symmetric symbol of Levi-Civita;  $F_{ij}$  is the real Maxwell bivector);  $l^i$  is the null geodesic shear-free vector field ( $l^i l_i = 0$ ,  $\kappa = \sigma = 0$ ). Sign of the curvature tensor is fixed by the relation  $V^k{}_{;j;l} - V^k{}_{;l;j} = R^k{}_{ijl} V^i$  which is valid for an arbitrary 4-vector  $V^i$ . The vector  $l^i$  out of the Newman-Penrose tetrad is supposed to be chosen to coincide with the double eigenvector of the Riemannian tensor ( $\Psi_0 = \Psi_1 = 0, \Psi_2 \neq 0$ ) and with the Ruse-Syngé vector of a non-null electromagnetic field ( $\mathcal{O}_0 = 0, \mathcal{O}_1 \neq 0$ ). Choosing another real vector  $n^i$  out of the null tetrad to coincide with the second Ruse-Syngé vector one can deduce  $\mathcal{O}_2 = 0$ . For the homogeneous electromagnetic field (invariant derivatives of the tetrad component for the Maxwell tensor towards each of the four independent directions are equal to zero, i. e.,

$$D\mathcal{O}_1 = \Delta\mathcal{O}_1 = \delta\mathcal{O}_1 = \bar{\delta}\mathcal{O}_1 = 0 \Rightarrow \mathcal{O}_1 = e + ig = \text{constant};$$

$\rho = \mu = \tau = \pi = 0$ ), corresponding to the generalized background Bertotti-Robinson spaces, the integration procedure of the Newman-Penrose system of equations is discussed in [6]; in our case, among the tetrad components of the Ricci tensor, in addition to the value of  $\Phi_{11} = 2\mathcal{O}_1 \bar{\mathcal{O}}_1$ , the value of  $\Phi_{22} \equiv \Phi_{ij} n^i n^j = S$  ( $2\Phi_{ij}$  is the deviator of the tensor  $R_{ij}$ ) also happens to be a non-vanishing one. Therefore, our consideration generalizes [6] for a case of spacetime with the Isaacson radiation available.

Under the above-mentioned choice of the Newman-Penrose tetrad, the six-parameter Lorentz group, acting in tangent space, is reduced to space-like rotations in the  $m^i - \bar{m}^i$ -plane,

$$\bar{m}^i = \exp[iH(x^0, x^1, x^2, x^3)] m^i, \quad H = \bar{H}, \quad (1)$$

and to boosts in the  $l^i - n^i$ -plane,

$$\bar{l}^i = G(x^0, x^1, x^2, x^3) l^i, \quad \bar{n}^i = G^{-1} n^i; \quad G = \bar{G}, \quad (2)$$

since the isotropic rotations (under  $l^i$  or  $n^i$  fixed) violate the gauge conditions for the tetrad components of the Maxwell tensor. The transformations (1—2) can be applied to further specify the field variables, e. g., the spin coefficient  $\varepsilon$  can be turned into zero:

$$\tilde{\varepsilon} = G \left( \varepsilon + \frac{1}{2} DA \right) = 0, \quad A \equiv \ln G + iH.$$

Having confined ourselves to the consideration of the semiclosed background electromagnetic Universes, the wave surfaces  $x^0 = \text{constant}$ ,  $x^1 = \text{constant}$  being presented by spheres (corresponding case is  $3\Lambda + 2(e^2 + g^2) > 0$ ), we get

$$m^i = \frac{1}{\sqrt{2}} [4(e^2 + g^2) - \tilde{\Lambda}]^{1/2} \left\{ 0; 0; 1; \frac{i(1 + \sqrt{\tilde{\zeta}})}{2(\sqrt{\tilde{\zeta}})^{1/2}} \right\},$$

where the stereographic coordinates  $\zeta$  and  $\bar{\zeta}$  are related to the polar coordinates  $\Theta$  and  $\Phi$  on the unit sphere by the expression  $\zeta = e^{i\Phi} \cot \frac{\Theta}{2}$ .

Reducing the Newman-Fenrose system of equations via permissible tetrad and coordinate transformations, we obtain

$$ds^2 = \left\{ -2U^* - \frac{1}{2} [3\Lambda + 2(e^2 + g^2)]^{-1} (f^2 + h^2 \sin^2 \Theta) + 2[(e^2 + g^2) - 3\Lambda] r^2 \right\} du^2 + \\ + 2dudr + [6\Lambda + 4(e^2 + g^2)]^{-1} [2fdud\Theta + 2h\sin^2 \Theta dud\varphi - (d\Theta^2 + \sin^2 \Theta d\varphi^2)],$$

where the following notation is accepted:

$$n^2 \equiv f \equiv a(u) \cos \varphi + b(u) \sin \varphi,$$

$$n^2 \equiv h \equiv \cot \Theta \frac{\partial f}{\partial \varphi} + c(u) \left( \cot \Theta \operatorname{cosec} \Theta \ln \left| \cot \frac{\Theta}{2} \right| \right),$$

and the values  $U^*(u, \zeta, \bar{\zeta})$ ,  $v(u, \zeta, \bar{\zeta})$ ,  $\psi_1^*(u, \zeta, \bar{\zeta})$ , and  $\Phi_{22}(u, \zeta, \bar{\zeta})$  satisfy the system of equations:

$$(\Delta + 3\gamma^* - \bar{\gamma}^*)\lambda - (\bar{\delta} + 3\alpha + \bar{\beta})v + \psi_1^* = 0, \quad (3)$$

$$(\bar{\delta} + 3\beta + \alpha)v - \lambda\bar{\lambda} = \Phi_{22}, \quad (4)$$

$$\delta U^* = -\bar{v}, \quad (5)$$

expressly,

$$\beta = -\alpha = -\frac{1}{4} [3\Lambda + 2(e^2 + g^2)]^{1/2} (\zeta \bar{\zeta})^{-1/2} (1 - \zeta \bar{\zeta}),$$

$$\gamma^* = -\frac{i}{8} (1 + \zeta \bar{\zeta}) \{ [a(u) + ib(u)]/\zeta - [a(u) - ib(u)]/\bar{\zeta} - c(u)(1 + \zeta \bar{\zeta})^2/\zeta \bar{\zeta} \},$$

$$\lambda = ic(u)(1 + \zeta \bar{\zeta})^2/4\zeta \bar{\zeta}.$$

To analyze the system (3-5) we stress, that  $\Phi_{22} = \bar{\Phi}_{22}$ , therefore, applying the formula for the commutator  $\bar{\delta}\delta - \delta\bar{\delta}$ , we get an arbitrarily real function  $U^*(u, \zeta, \bar{\zeta})$  as the general solution for our system.

Let us finally exhibit, in explicit form, the above-mentioned solution for the case of Petrov type  $D$  fields, i. e., provided that

$$\psi_0 = \psi_1 = \psi_3 = \psi_4 = 0, \quad \psi_2 = -2\Lambda; \quad c(u) \equiv 0.$$

In this case, the arbitrary real functions  $a(u)$  and  $b(u)$  do not contribute to the curvature, therefore, they can be excluded from the metric by performing suitable coordinate transformations. The solution is:

$$v = -\frac{1}{2} [3\Lambda + 2(e^2 + g^2)]^{1/2} d(u) \sin \Theta,$$

$$\Phi_{22} = -[3\Lambda + 2(e^2 + g^2)] d(u) \cos \Theta,$$

$$U^* = d(u) \sin^2 \frac{\Theta}{2},$$

with  $d(u)$  standing for an arbitrary real function of the null retarded coordinate  $u$ .

The author is grateful to V. I. Khlebnikov for valuable discussions.

A. M. Razmadze Institute of Mathematics

Georgian Academy of Sciences

(Received on 23.3. 1990)

მ. მესხიშვილი

გამოსხივების გონივრული — რობინსონის განზოგადოებული  
 სივრცეების მეტრიკული თვისებები

რეზიუმე

ნიუმენ — პენროუსის ფორმალიზმის გამოყენებით აღწერილია რიმანის სივრცე, რომელსაც წარმოქმნის ელექტრომაგნიტური ველი და აიზაქსონის გამოსხივება. დადგენილია აიზაქსონის გამოსხივების სახე განზოგადებული ბერტოტი — რობინსონის სივრცის შემთხვევაში.

МАТЕМАТИКА

M. P. MESKHISHVILI

### МЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОБОБЩЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ БЕРТОТТИ—РОБИНСОНА С ИЗЛУЧЕНИЕМ

Резюме

С применением формализма Ньюмена—Пенроуза описано риманово пространство, которое порождается электромагнитным полем с айзаксоновским излучением. Определен вид айзаксоновского излучения, соответствующего обобщенным пространствам Бертотті—Робинсона.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. D. Kramer et al. Exact Solutions of Einstein's Field Equations. Ed. by E. Schmutzer. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1980. 425 p.
2. R. A. Isaacson. Phys. Rev. 1968. v. 166, №5. p. 1263-1280.
3. E. T. Newman, R. Penrose. Journ. Math. Phys., 1962, v. 3, № 3. p. 566—578.
4. G. A. Alekseejev, V. I. Khlebnikov. Sov. Journ. Particles and Nucl., 1978. v. 9, № 5. P.421—451.
5. R. Penrose, W. Rindler. Spinors and Space-Time, Vol. 1: Two-spinor calculus and relativistic fields. Cambridge, London, New York, New Rochelle, Melbourne, Sydney, CUP, 1986, 458 p.
6. V. I. Khlebnikov. Class. Quantum Gravity. 1986, V. 3, № 2. 169-173.

Т. Н. БАРБАКАДЗЕ

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА  $E$ -ПРАВИЛЬНЫХ ФУНКЦИОНАЛОВ,  
 ОПРЕДЕЛЕННЫХ НА БАНАХОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ  
 С БАЗИСОМ

(Представлено академиком И. В. Прангитшвили 28.12.1989)

1. В работе [1] Н. А. Бобылевым была установлена теорема об инвариантности минимума при деформациях специального класса  $H$ -правильных функционалов, определенных на гильбертовых пространствах. Деформационная теорема базировалась на специальных леммах о свойствах  $H$ -правильных функционалов. В настоящей работе вводится понятие  $E$ -правильного функционала, являющегося обобщением понятия  $H$ -правильного функционала и устанавливаются свойства  $E$ -правильных функционалов.

Результаты этой работы применимы при исследовании конечномерных оптимизационных задач, задач вариационного исчисления, бесконечномерных задач с изолированными экстремалиями.

2. Пусть  $E$ —вещественное банахово пространство со счетным базисом и  $E^*$ —его сопряженное. Значение функционала  $f \in E^*$  на элементе  $u \in E$  будем обозначать через  $\langle f, u \rangle$ . Ниже через  $B(\rho, v)$  обозначается шар

$$B(\rho, v) = \{u \in E : \|u - v\| \leq \rho\};$$

через  $\partial B(\rho, v)$ —его граница. Кроме того, используются также обозначения

$$B(\rho, 0) = B(\rho), \quad B(1, 0) = B.$$

Определенный на шаре  $B(\rho, v) \subset E$  функционал  $f(u)$  назовем  $E$ -правильным, если  $f(u)$  непрерывно дифференцируем по Фреше на  $B(\rho, v)$ , а его градиент  $\nabla f(u) : E \rightarrow E^*$  ограничен на  $B(\rho, v)$  и удовлетворяет следующему условию: если последовательность  $u_n$  слабо сходится к  $u_0$  и

$$\overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \langle \nabla f(u_n), u_n - u_0 \rangle \leq 0,$$

то

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \|u_n - u_0\| = 0.$$

(2.1)

Рассмотрим на  $B(\rho, v)$   $E$ -правильные функционалы  $f_0(u)$  и  $f_1(u)$ . Пусть  $u_0 \in \text{int } B(\rho, v)$ —критическая точка функционала  $f_0(u)$ , а  $u_1 \in \text{int } B(\rho, v)$ —критическая точка функционала  $f_1(u)$ .

Однопараметрическое семейство  $E$ -правильных на  $B(\rho, v)$  функционалов  $f(u, \lambda)$  ( $0 \leq \lambda \leq 1$ ) назовем деформацией функционала  $f_0(u)$  в функционал  $f_1(u)$ , если

а)  $f(u, 0) = f_0(u)$ ,  $f(u, 1) = f_1(u)$ ;

б) функционал  $f(u, \lambda)$  непрерывен на  $B(\rho, v) \times [0, 1]$  вместе с градиентом  $\nabla_u f(u, \lambda)$ , причем  $f(u, \lambda)$  и градиент  $\nabla_u f(u, \lambda)$  непрерывно по  $\lambda$  равномерно относительно  $u \in B(\rho, v)$ .



Деформацию функционала  $f_0(u)$  в функционал  $f_1(u)$  назовем  $B(\rho, \nu)$ -невырожденной, если при каждом  $\lambda \in [0, 1]$  функционал  $f(u, \lambda)$  имеет непрерывно зависящую от  $\lambda$  критическую точку  $u(\lambda) \in \text{int } B(\rho, \nu)$ , которая единственна в  $B(\rho, \nu)$  и  $u(0) = u_0$ ,  $u(1) = u_1$ .

3. Приведем без доказательства некоторые свойства  $E$ -правильных функционалов.

Лемма 3.1.  $E$ -Правильный функционал  $f(u)$  ( $u \in B(\rho, \nu)$ ) слабо полунепрерывен снизу на  $B(\rho, \nu)$ .

Поскольку для слабополунепрерывных снизу функционалов, определенных на слабо компактных множествах, справедлива теорема Вейерштрасса, то из леммы 3.1 вытекает

Лемма 3.2.  $E$ -Правильный функционал  $f(u)$ , определенный на шаре  $B(\rho, \nu)$ , достигает на этом шаре своей нижней границы.

Лемма 3.3. Пусть  $u_*$  — точка абсолютного строгого минимума на шаре  $B(\rho, \nu)$   $E$ -правильного функционала  $f(u)$ .

Тогда

$$\inf_{v \in \partial B(\rho, \nu)} f(v) > f(u_*).$$

Пусть  $f(u; \lambda)$  ( $u \in B(\rho, \nu)$ ,  $0 \leq \lambda \leq 1$ ) —  $B(\rho, \nu)$ -невырожденная деформация  $E$ -правильного функционала  $f_0(u) = f(u; 0)$  в  $E$ -правильный функционал  $f_1(u) = f(u; 1)$ . Рассмотрим расширяющуюся последовательность конечномерных подпространств  $E_1 \subset E_2 \subset \dots \subset E_n \subset \dots$ , для которой

$$\bigcup E_n = E. \quad (3.1)$$

Как показано в [2], каждый элемент  $u \in E$  единственным образом представлен в виде

$$u = \sum_{i=1}^{\infty} \eta_i(u) l_i,$$

где  $\{l_i\}$  — базис в пространстве  $E$ , а  $\eta_i(u)$  являются линейными непрерывными функционалами, нормы которых в совокупности ограничены. Более того, ограничены в совокупности нормы линейных проекционных операторов

$$P_n u = \sum_{i=1}^n \eta_i(u) l_i \quad (u \in E) \quad (*)$$

Каждый оператор  $P_n$  проектирует на конечномерное подпространство  $E_n$  с базисом  $l_1, l_2, \dots, l_n$ .

Обозначим через  $f_n(u; \lambda)$  сужения функционала  $f(u, \lambda)$  на  $E_n \times [0, 1]$  ( $n = 1, 2, \dots$ ). Функционалы  $f_n(u; \lambda)$  непрерывно дифференцируемы по  $u$  на шарах  $B_n = B(\rho, \nu) \cap E_n$  и

$$\nabla_u f_n(u; \lambda) = P_n^* \nabla_u f(u; \lambda_n) \quad (n = 1, 2, \dots),$$

где  $P_n^*$  — сопряженный к  $P_n$  оператор.

Теорема. Пусть  $V(\rho, \rho_0)$  ( $0 < \rho_0 < \rho$ ) — шаровой слой:

$$V(\rho, \rho_0) = \{u \in E : \rho_0 \leq \|u - v\| \leq \rho\},$$

и

$$V_n(\rho, \rho_0) = V(\rho, \rho_0) \cap E_n \quad (n = 1, 2, \dots).$$

Тогда для каждого  $\rho_0 \in (0, \rho)$  существует такое  $n(\rho_0)$ , что

$$\inf_{u \in V_n(\rho, \rho_0), n \geq n(\rho_0), 0 < \lambda < 1} \|\nabla_n f_n(u; \lambda)\| > 0.$$

Доказательство. Пусть  $\rho = 1$ ,  $v = 0$ ,  $V_n(\rho_0) = V_n(1, \rho_0)$ . Предположим, что утверждение теоремы не верно. Тогда найдется  $\rho_1 \in (0, 1)$ , последовательность индексов  $n_k$ , точек  $u_k \in V_{n_k}(\rho_1)$  и чисел  $\lambda_k \in [0, 1]$ , для которых

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \|\nabla_{u_k} f_{n_k}(u_k; \lambda_k)\| = 0. \quad (3.2)$$

Поскольку шар  $B$  слабо компактен и  $u_k \in B$ , то можно считать, что  $u_k$  слабо сходятся к  $u_0 \in B$ . Будем считать также, что  $\lambda_k \rightarrow \lambda_0$ .

Тогда

$$\begin{aligned} \lim_{k \rightarrow \infty} \langle \nabla_{u_k} f(u_k; \lambda_0), u_k - u_0 \rangle &= \lim_{k \rightarrow \infty} \langle \nabla_{u_k} f_{n_k}(u_k; \lambda_k), u_k - u_0 \rangle + \\ &+ \lim_{k \rightarrow \infty} \langle \nabla_{u_k} f(u_k; \lambda_k), P_{n_k}(u_k - u_0) \rangle + \lim_{k \rightarrow \infty} \langle \nabla_{u_k} f(u_k; \lambda_0) - \nabla_{u_k} f(u_k; \lambda_k), u_k - u_0 \rangle. \end{aligned}$$

Оценим отдельно каждое слагаемое в правой части. Из (3.2) вытекает равенство

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \langle \nabla_{u_k} f_{n_k}(u_k; \lambda_k), u_k - u_0 \rangle = 0. \quad (3.3)$$

Из соотношения (3.1) и из (\*) вытекает сходимость проекторов  $P_{n_k}$  к единичному оператору.

Поэтому

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \langle \nabla_{u_k} f(u_k; \lambda_k), P_{n_k}(u_k - u_0) \rangle = 0. \quad (3.4)$$

Наконец, из свойства  $\delta$  невырожденной деформации следует, что

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \langle \nabla_{u_k} f(u_k; \lambda_0) - \nabla_{u_k} f(u_k; \lambda_k), u_k - u_0 \rangle = 0. \quad (3.5)$$

Тогда в силу (2.1) имеет место сходимость

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \|u_k - u_0\| = 0.$$

Поэтому, учитывая сильную сходимость  $P_{n_k}^*$  к единичному оператору, имеем

$$\begin{aligned} \|\nabla_{u_0} f(u_0; \lambda_0)\| &= \lim_{k \rightarrow \infty} \|P_{n_k}^* \nabla_{u_k} f(u_k; \lambda_0)\| \leq \lim_{k \rightarrow \infty} \|\nabla_{u_k} f(u_k; \lambda_0) - \nabla_{u_k} f(u_k; \lambda_k)\| + \\ &+ \lim_{k \rightarrow \infty} \|\nabla_{u_k} f(u_k; \lambda_k) - \nabla_{u_k} f(u_k; \lambda_k)\| + \lim_{k \rightarrow \infty} \|\nabla_{u_k} f_{n_k}(u_k; \lambda_k)\| = 0. \end{aligned}$$

Следовательно,  $u_0 = 0$ . С другой стороны, в силу  $u_k \in V_{n_k}(\rho_1)$  справедливо неравенство

$$\|u_0\| \geq \rho_1.$$

Мы пришли к противоречию.  
Теорема доказана.

Академия наук СССР  
Институт проблем управления

თ. ბარბაკაძე

ბანახის ბანახის სივრცეში განმარტებული  $E$ -წესიერ ფუნქციონალთა სპეციალური კლასის რამდენიმე თვისება

რეზიუმე

განხილულია ფუნქციონალთა სპეციალური კლასი და დამტკიცებულია აღნიშნული კლასის ფუნქციონალთა რამდენიმე მნიშვნელოვანი თვისება.

MATHEMATICS

T. N. BARBAKADZE

SOME PROPERTIES OF  $E$ -CORRECT FUNCTIONALS DEFINED  
ON THE BANACH SPACE

Summary

Some properties of a special class of functionals defined on the Banach space are established.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. А. Бобылев. Матем. заметки, т. 34, вып. 3, 1983.
2. Л. И. Люстерник, В. И. Соболев. Элементы функционального анализа. М., 1965.



О. Т. ЦХАДАЯ

ОБ ОДНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧЕ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ВЫСШИХ ПОРЯДКОВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии И. Т. Кигурадзе 2.3.1990)

Пусть  $R^m$  —  $m$ -мерное вещественное евклидово пространство,  $C^m([a, b])$  — пространство  $m$  раз непрерывно дифференцируемых функций  $y: [a, b] \rightarrow R$  с нормой

$$\|y\|_m = \max \left\{ \sum_{i=0}^m |y^{(i)}(t)| : a \leq t \leq b \right\},$$

$\tilde{C}^m([a, b])$  — пространство функций  $u: [a, b] \rightarrow R$ , абсолютно непрерывных вместе со своими производными до порядка  $m$  включительно, а  $L([a, b])$  — пространство интегрируемых по Лебегу функций  $z: [a, b] \rightarrow R$  с нормой

$$\|z\| \rightarrow \int_a^b |z(t)| dt.$$

Рассмотрим задачу об отыскании решения  $u \in \tilde{C}^{n-1}([a, b])$  функционально-дифференциального уравнения

$$u^{(n)}(t) = f(u)(t), \tag{1}$$

удовлетворяющего краевым условиям

$$I_k(u) = \varphi_k(u) \quad (k=1, \dots, n-1), \quad u^{(n-1)}(b) = \varphi_n(u), \tag{2}$$

где  $f: C^{n-1}([a, b]) \rightarrow L([a, b])$  — непрерывный оператор, имеющий интегрируемую по Лебегу мажоранту на каждом ограниченном множестве пространства  $C^{n-1}([a, b])$ ;  $\varphi_k: C^{n-1}([a, b]) \rightarrow R$  ( $k=1, \dots, n$ ) — непрерывные, а  $I_k: C^{n-1}([a, b]) \rightarrow R$  ( $k=1, \dots, n-1$ ) — линейные непрерывные функционалы такие, что однородная задача

$$V^{(n-1)}(t) = 0; \quad I_k(v) = 0 \quad (k=1, \dots, n-1)$$

имеет только нулевое решение.

В настоящей заметке установлены новые признаки разрешимости задачи (1), (2) дополняющие результаты работ [1—3].

**Теорема 1.** Пусть существуют функционалы  $r_i: C^{n-1}([a, b]) \rightarrow R$  ( $i=1, 2$ ) и оператор  $h: C^{n-1}([a, b]) \rightarrow L([a, b])$  такие, что для любой  $u \in C^{n-1}([a, b])$  соблюдаются неравенства

$$r_2(u) \leq \varphi_n(u) \leq r_1(u)$$

$$u \quad -h(u(t)|u^{(n-1)}(t)| - r_1(u)) \leq f(u(t)) \leq \\ \leq h(u(t)|u^{(n-1)}(t)| - r_2(u)).$$

Пусть, кроме того,

$$\lim_{\|u\|_{n-1} \rightarrow +\infty} \frac{r_i(u)}{\|u\|_{n-1}} = 0 \quad (i=1, 2), \quad \lim_{\|u\|_{n-1} \rightarrow +\infty} \frac{\varphi_k(u)}{\|u\|_{n-1}} = 0. \\ (k=1, \dots, n-1).$$

Тогда задача (1), (2) разрешима.

Сформулированная теорема доказывается методом априорных оценок, при этом существенно применяется следующая

Л е м м а 1. Пусть  $r_1$  и  $r_2: C^{n-1}([a, b]) \rightarrow R$ —произвольные функционалы, удовлетворяющие неравенству

$$-\varphi(\|u\|_{n-1}) \leq r_2(u) \leq r_1(u) \leq \varphi(\|u\|_{n-1}) \quad \text{при } u \in C^{n-1}([a, b]),$$

где функция  $\varphi: [0, +\infty[ \rightarrow [0, +\infty[$  непрерывна и

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{\varphi(x)}{x} = 0.$$

Тогда существует положительное число  $r^*$  такое, что, каков бы ни был оператор  $h: C^{n-1}([a, b]) \rightarrow L([a, b])$ , любая функция  $u \in \widetilde{C}^{n-1}([a, b])$ , удовлетворяющая неравенствам

$$-h(u(t)|u^{(n-1)}(t)| - r_1(u)) \leq u^{(n)}(t) \leq h(u(t)|u^{(n-1)}(t)| - r_2(u)) \\ \text{при } a < t < b$$

и

$$|I_k(u)| \leq \varphi(\|u\|_{n-1}) \quad (k=1, \dots, n-1), \quad r_2(u) \leq u^{(n-1)}(b) \leq r_1(u),$$

допускает оценку

$$\|u\|_{n-1} \leq r^*.$$

Частным случаем функционально-дифференциального уравнения (1) является дифференциальное уравнение с отклоняющимися аргументами

$$u^{(n)}(t) = g(t, u(t), \dots, u^{(n-1)}(t), s_{\gamma_1, \tau_1}(u)(t), \dots, s_{\gamma_n, \tau_n}(u^{(n-1)}(t))), \quad (3)$$

где

$$s_{\gamma_k, \tau_k}(u^{(k-1)}(t)) = \begin{cases} u^{(k-1)}(\tau_k(t)) & \text{при } \tau_k(t) \in [a, b] \\ \gamma_k(t) & \text{при } \tau_k(t) \notin [a, b] \end{cases},$$

$\tau_k: [a, b] \rightarrow R$  ( $k=1, \dots, n$ )—измеримые функции,  $\gamma_k: [a, b] \rightarrow R$  ( $k=1, \dots, n$ )—существенно ограниченные измеримые функции, а  $g: [a, b] \times R^{2n} \rightarrow R$ —функция из класса Каратеодори.

На основе теоремы 1 и леммы 1 доказывается

Т е о р е м а 2. Пусть существуют числа  $r_1$  и  $r_2$  такие, что  $r_2 \leq \varphi_n(u) \leq \leq r_1$  при  $u \in C^{n-1}([a, b])$  и на  $[a, b] \times R^{2n-1}$  соблюдается неравенство

$$g(t, x_1, \dots, x_{n-1}, r_2, y_1, \dots, y_n) \leq 0 \leq g(t, x_1, \dots, x_{n-1}, r_1, \dots, y_n).$$

Пусть, кроме того,

$$\lim_{\|u\|_{n-1} \rightarrow \infty} \frac{\varphi_k(u)}{\|u\|_{n-1}} = 0 \quad (k=1, \dots, n-1).$$

Тогда задача (3), (2) разрешима.

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

(Поступило 11.3.1990)

მათემატიკა

ო. ცხადაია

მაღალი რიგის ფუნქციონალურ-დიფერენციალური  
 განტოლებებისათვის ერთი სასაზღვრო ამოცანის შესახებ

რეზიუმე

დადგენილია (1), (2) და (3), (2) სახის სასაზღვრო ამოცანების ამოხსნა-  
 ლობის პირობები.

MATHEMATICS

O. T. TSKHADAIA

ON A MULTI-POINT BOUNDARY-VALUE PROBLEM FOR  
 HIGH-ORDER FUNCTIONAL-DIFFERENTIAL EQUATIONS

Summary

The sufficient conditions of solvability of boundary-value problems  
 (1), (2) and (3), (2) are stated.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. О. Т. Цхадая. Дифф. уравн. 15, № 8, 1979, 1450—1456.
2. О. Т. Цхадая. Сообщения АН ГССР, 113, № 2, 1984, 257—259.
3. О. Т. Цхадая. Сообщения АН ГССР, 117, № 3, 1985, 469—472.

В. Х. БАЛАДЗЕ

О ШЕЙПАХ С ЛОКАЛЬНО КОМПАКТНЫМИ НОСИТЕЛЯМИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Д. О. Баладзе 22.12.1989)

Собственная шейповая теория, построенная в [1—3], является продолжением собственной гомотопической теории с категории локально компактных метризуемых ANR-пространств и собственных отображений на категорию локально компактных метризуемых пространств и собственных отображений.

Целью настоящей работы является, во-первых, построение собственной шейповой теории для категории любых локально компактных пространств и собственных отображений, во-вторых, распространение полученной шейповой теории на категорию хаусдорфовых пространств и совершенных отображений с помощью аппроксимации хаусдорфова пространства локально компактными замкнутыми подмножествами.

Пусть  $\mathbf{K}$  — собственная гомотопическая категория локально компактных пространств, а  $\mathbf{P}$  — полная подкатегория, объектами которой являются пространства, имеющие собственный гомотопический тип локально конечных полиэдров.

Обратную систему  $\underline{X} = \{X_\alpha, [p_{\alpha\alpha'}], A\} \in \text{pro} - \mathbf{P}$  [4] назовем собственно ассоциированной (ср. [2]) с локально компактным пространством  $X$ , если:

РА1) существуют такие собственные гомотопические классы  $[p_\alpha]: X \rightarrow X_\alpha$ , что  $[p_{\alpha\alpha'}] \circ [p_\alpha] = [p_\alpha]$  при  $\alpha' \geq \alpha$ ;

РА2) для каждого собственного гомотопического класса  $[f]: X \rightarrow Q \in \mathbf{P}$  имеется такой собственный гомотопический класс  $[f_\alpha]: X_\alpha \rightarrow Q$ , что  $[f] = [f_\alpha] \cdot [p_\alpha]$ ;

РА3) если  $[f_\alpha] \cdot [p_\alpha] = [f_{\alpha'}] \cdot [p_{\alpha'}]$ , где  $[f_\alpha], [f_{\alpha'}]: X \rightarrow Q \in \mathbf{P}$  — собственные гомотопические классы, то существует такой индекс  $\alpha' \geq \alpha$ , что  $[f_\alpha] \cdot [p_{\alpha\alpha'}] = [f_{\alpha'}] \cdot [p_{\alpha\alpha'}]$ .

**Теорема 1.** Морфизм  $\underline{p} = \{[p_\alpha]\}: X \rightarrow \underline{X}$  категории  $\text{pro} - \mathbf{K}$  является  $\mathbf{P}$ -представлением (ср. [4]) локально компактного пространства  $X$  тогда и только тогда, когда обратная система  $\underline{X}$  собственно ассоциирована с  $X$ .

**Теорема 2.** Для всякого локально компактного пространства  $X$  существует обратная система  $\underline{X}$  категории  $\mathbf{P}$ , которая собственно ассоциирована с пространством  $X$ .

Доказательство теоремы 2 опирается на леммы (ср. [5]):

**Лемма 1.** Для любого собственного отображения  $f: X \rightarrow Q$  локально компактного пространства  $X$  в локально конечный полиэдр  $Q$  существуют такие нормальное [4] локально конечное покрытие  $U$ , состоящее из подмножеств с компактным замыканием в  $X$ , собственное отображение  $f_\alpha: |N(U)| \rightarrow Q$  нерва  $|N(U)|$  в  $Q$ , что  $f_\alpha \circ p_U$  и  $f$  собственно гомотопны (здесь  $p_U: X \rightarrow |N(U)|$  — собственное каноническое отображение).

**Лемма 2.** Пусть  $U$  — нормальное локально конечное покрытие локально компактного пространства  $X$  из открытых множеств с компактным замыканием, а  $f_\alpha, f_{\alpha'}: |N(U)| \rightarrow Q \in \mathbf{P}$  — такие собственные отображения, что  $f_\alpha \circ p_U$  и  $f_{\alpha'} \circ p_U$  собственно гомотопны. Тогда существует вписанное в  $U$  такое нормальное локально конечное покрытие  $V$  пространства  $X$  из открытых множеств с компактным замыканием, что  $f_\alpha \cdot p_{UV}$



и  $f'_\alpha \cdot p_{UV}$  собственно гомотопны (здесь  $p_{UV}: |N(V)| \rightarrow |N(U)|$  — собственная проекция, индуцированная вписанностью покрытия  $V$  в покрытие  $U$ ).

В качестве обратной системы  $\underline{X}$ , ассоциированной с локально компактным пространством  $X$ , можно брать систему из локально конечных полиэдров, являющихся геометрической реализацией нервов нормальных локально конечных покрытий пространства  $X$  из открытых множеств, имеющих компактное замыкание.

Объектами собственной шейповой категории  $SH_p$  являются локально компактные пространства. Морфизмы между объектами  $X$  и  $Y$  задаются тройками  $(\underline{p}, \underline{q}, \underline{f})$ , где  $\underline{p}: X \rightarrow \underline{X}$  и  $\underline{q}: Y \rightarrow \underline{Y}$  —  $\mathbf{P}$ -представления соответственно  $X$  и  $Y$ , а  $\underline{f}: \underline{X} \rightarrow \underline{Y}$  — морфизм категории  $\text{pro-}\mathbf{K}$ .

**Теорема 3.** Пусть  $\mathbf{A}$  — произвольный собственно гомотопический функтор из  $\mathbf{P}$  в  $\mathbf{L}$ , в котором любая обратная система обладает пределом. Тогда функтор  $\mathbf{A}$  порождает функтор  $\tilde{\mathbf{A}}: \mathbf{K} \rightarrow \mathbf{L}$  по формуле

$$\tilde{\mathbf{A}}(X) = \lim_{\leftarrow} \text{pro-}\mathbf{A}(\underline{X}),$$

где  $\underline{X}$  —  $\mathbf{P}$ -представление локально компактного пространства  $X$ , а  $\text{pro-}\mathbf{A}$  — функтор, сопоставляющий любой обратной системе  $\underline{X} = \{X_\alpha, p_{\alpha\alpha'}, A\}$  обратную систему  $\{\mathbf{A}(X_\alpha), \mathbf{A}(p_{\alpha\alpha'}), A\}$ .

**Замечание.** Собственный шейп локально компактного пространства  $X$  можно охарактеризовать с помощью собственных резольвент пространства  $X$ . Теоремы типа Гуревича и Уайтхеда [11] справедливы и для собственной шейповой категории.

Следуя [3], локально конечное нормальное открытое покрытие  $\{U_i\}_{i \in I}$  локально компактного пространства  $X$  будем называть «хорошим» покрытием, если замыкание  $\bar{U}_i$  множества  $U_i$  компактно для каждого  $i \in I$ . Положим, что  $\dim_p X = -1 \iff X = \emptyset$ . Пусть  $n \geq 0$ . Скажем, что  $\dim_p X \leq n$ , если в каждое «хорошее» покрытие можно вписать «хорошее» покрытие кратности  $\leq n+1$ .

**Предложение 1.** Если  $X$  — локально компактное паракомпактное пространство, то  $\dim_p X = \dim X$ .

**Предложение 2.** Пусть  $f: X \rightarrow Y$  — собственное отображение локально компактного пространства  $X$  на локально компактное метризуемое пространство  $Y$  и  $\omega(Y) \geq \kappa_0$ . Тогда существуют такие локально компактное метризуемое пространство  $Z$  и такие собственные отображения  $g: X \rightarrow Z$ ,  $h: Z \rightarrow Y$ , что  $f = h \cdot g$ ,  $\dim_p Z \leq \dim_p X$  и  $\omega(Z) \leq \omega(Y)$ .

**Определение 1.** Пусть  $\mathbf{P}_n$  — полная подкатегория категории  $\mathbf{K}$ , объектами которой являются все пространства, которые собственно доминируются  $n$ -мерными локально конечными полиэдрами. Скажем, что локально компактное пространство  $X$  имеет собственную шейповую размерность  $sd_p X \leq n$ , если  $X$  обладает  $\underline{p}: X \rightarrow \underline{X}$   $\mathbf{P}_n$ -представлением.

**Теорема 4.** Для каждого локально компактного пространства  $X$  следующие условия эквивалентны:

- 1)  $sd_p X \leq n$ ;
- 2) для любого собственного отображения  $f: X \rightarrow P \in \mathbf{P}$  существуют такие локально конечный полиэдр  $P'$  и собственные отображения  $g: X \rightarrow P'$ ,  $h: P' \rightarrow P$ , что  $\dim P' \leq n$ ,  $f$  и  $h \cdot g$  собственно гомотопны;
- 3) если  $P: X \rightarrow \underline{X} = \{X_\alpha, [p_{\alpha\alpha'}], A\}$  —  $\mathbf{P}$ -представление, то для каждого  $\alpha \in A$  существуют такие индекс  $\alpha' > \alpha$ , локально конечный полиэдр  $P$ , соб-



ственные отображения  $\varphi: P_{\alpha'} \rightarrow P$  и  $\psi: P \rightarrow P_{\alpha}$ , что  $\dim P \leq n$ ,  $\rho_{\alpha\alpha'}$  и  $\psi \circ \varphi$  собственнo гомотопны;

4) пространство  $X$  допускает такое  $P$ -представление  $\underline{p}: X \rightarrow \underline{X} = \{X_{\alpha}, [P_{\alpha\alpha'}], A\}$ , что  $\dim X_{\alpha} \leq n$  для каждого  $\alpha \in A$ .

Теорема 5. Для локально компактного пространства  $X$  верно неравенство  $sd_p X \leq \dim_p X$ .

Теорема 6. Если локально компактные пространства  $X$  и  $Y$  имеют один и тот же собственный шейп, то  $sd_p X = sd_p Y$ .

Теперь построим теорию шейпов с локально компактными носителями для категории хаусдорфовых пространств и их совершенных отображений. Сначала определим вспомогательную категорию  $\text{dir}(SH_p)$ , объектами которой являются прямые системы  $\bar{M} = \{M^{\lambda}, \varphi^{\lambda\lambda'}, \Lambda\}$  собственной шейповой категории  $SH_p$ , а морфизмами—такие системы  $\bar{f} = \{f^{\lambda}, f\}: \bar{M} \rightarrow \bar{N} = \{N^{\mu}, \psi^{\mu\mu'}, M\}$  собственных шейповых морфизмов  $f^{\lambda}: M^{\lambda} \rightarrow N^{f(\lambda)}$  ( $\lambda \in \Lambda$ ) и убывающей функции  $f: \Lambda \rightarrow M$ , что для любых  $\lambda \leq \lambda'$  справедливо равенство  $\psi^{f(\lambda) f(\lambda')} \circ f^{\lambda} = f^{\lambda'} \circ \varphi^{\lambda\lambda'}$ .

Композиция морфизмов  $\bar{f}: \bar{M} \rightarrow \bar{N}$  и  $\bar{g} = \{g^{\mu}, g\}: \bar{N} \rightarrow \bar{K} = \{K^{\omega}, \chi^{\omega\omega'}, \Omega\}$  определяется как система  $\bar{g} \circ \bar{f} = \{g^{f(\lambda)} f^{\lambda}, g \circ f\}: \bar{M} \rightarrow \bar{K}$ . Единичным морфизмом является система  $1_{\bar{M}} = \{1_{M^{\lambda}}, 1_{\Lambda}\}$  тождественных собственных шейповых морфизмов  $1_{M^{\lambda}}: M^{\lambda} \rightarrow M^{\lambda}$  и тождественной функции  $1_{\Lambda}: \Lambda \rightarrow \Lambda$ .

Морфизмы  $\bar{f} = \{f^{\lambda}, f\}$ ,  $\bar{g} = \{g^{\lambda}, g\}: \bar{M} \rightarrow \bar{N}$  назовем гомотопными,  $\bar{f} \simeq \bar{g}$ , если для любого  $\lambda \in \Lambda$  существует такой индекс  $\mu \geq f(\lambda)$ ,  $g(\lambda)$ , что  $\psi^{f(\lambda)\mu} \circ f^{\lambda} = \psi^{g(\lambda)\mu} \circ g^{\lambda}$ . Отношение гомотопности морфизмов категории  $\text{dir}(SH_p)$  является отношением эквивалентности. Рассмотрим фактор-категорию  $\text{dir}(SH_p)/\simeq$ , объектами которой являются прямые системы  $\bar{M}$  категории  $\text{dir}(SH_p)$ , а морфизмами—классы эквивалентности  $F = [\bar{f}]$  морфизмов  $\bar{f}$  категории  $\text{dir}(SH_p)$ .

Скажем, что объекты  $\bar{M}$  и  $\bar{N}$  категории  $\text{dir}(SH_p)/\simeq$  имеют один и тот же гомотопический тип ( $\bar{M} \simeq \bar{N}$ ), если они изоморфны как объекты категории  $\text{dir}(SH_p)/\simeq$ .

Пусть  $X$ —хаусдорфово пространство, а  $lc(X) = \{A | A \subset X\}$ —семейство всех его локально компактных замкнутых подмножеств, упорядоченное по включению. Рассмотрим прямую систему  $LG(X) = \{A, \underline{i}_{AA'}, lc(X)\}$ , где  $\underline{i}_{AA'}$ —собственный шейповый морфизм, индуцированный включением  $A \subset A'$ .

Теорема 7. Всякое совершенное отображение  $f: X \rightarrow Y$  индуцирует морфизм  $F: LG(X) \rightarrow LG(Y)$  прямых систем  $LG(X)$  и  $LG(Y)$ . Кроме того, если существует  $h: X \times I \rightarrow Y$  совершенное отображение, связывающее отображения  $f, g: X \rightarrow Y$ , то индуцированные ими морфизмы  $F, G: LG(X) \rightarrow LG(Y)$  совпадают.

Теорема 8. Если морфизмы  $F: LG(X) \rightarrow LG(Y)$  и  $G: LG(Y) \rightarrow LG(Z)$  индуцированы соответственно совершенными отображениями  $f: X \rightarrow Y$  и  $g: Y \rightarrow Z$ , то морфизм  $G \circ F: LG(X) \rightarrow LG(Z)$  индуцирован отображением  $gf: X \rightarrow Z$ .

Определение 2. Скажем, что пространства  $X$  и  $Y$  имеют один и тот же шейп с локально компактным носителем, ( $SH_{lc}(X) = SH_{lc}(Y)$ ), если прямые системы  $LG(X)$  и  $LG(Y)$  имеют один и тот же гомотопический тип.

Определение 3 (ср. [6]). I. Покрытие  $O$  пространства  $X$  назовем  $LG$ -конфинальным, если существует функция  $t: lc(X) \rightarrow O$ , удовлетворяющая условиям: а) если  $G \in lc(X)$ , то  $G \subset t(G)$ ; б) если  $G, G' \in lc(X)$  и  $G \subset G'$ , то  $t(G) \subset t(G')$ . II. Покрытие  $O$  назовем локально компактным,

если каждый его элемент является замкнутым локально компактным подмножеством пространства  $X$ .

Пусть  $G^* = \{G, \underline{i}_{GG'}, O\}$ , где  $\underline{i}_{GG'}$  — собственный шейповый морфизм, индуцированный включением  $G \subset G'$ .

**Теорема 9.** Пусть локально компактное покрытие  $O$  пространства  $X$   $LG$ -конфинально. Тогда  $G^* = \{G, \underline{i}_{GG'}, O\}$  и  $LG(X)$  прямые системы имеют один и тот же гомотопический тип.

**Следствие 1.** Если  $X$  и  $Y$  — локально компактные пространства, то  $SH_{lc}(X) = SH_{lc}(Y)$  тогда и только тогда, когда  $SH_p(X) = SH_p(Y)$ .

Пусть  $X \oplus Y$  — сумма локально компактных пространств  $X$  и  $Y$ .

**Лемма 3.** Пусть  $\underline{f}: X \rightarrow Z$  и  $\underline{g}: Y \rightarrow Z$  — собственные шейповые морфизмы. Тогда существует единственный такой собственный шейповый морфизм  $\underline{h}: X \oplus Y \rightarrow Z$ , что  $\underline{h} \circ \underline{i} = \underline{f}$ ,  $\underline{h} \circ \underline{j} = \underline{g}$ , где  $\underline{i}: X \rightarrow X \oplus Y$  и  $\underline{j}: Y \rightarrow X \oplus Y$  — собственные шейповые морфизмы вложения.

**Теорема 10.** Если  $SH_{lc}(X) = SH_{lc}(Y)$ ,  $SH_{lc}(X') = SH_{lc}(Y')$ , то  $SH_{lc}(X \oplus X') = SH_{lc}(Y \oplus Y')$ ,  $SH_{lc}(X \times X') = SH_{lc}(Y \times Y')$ .

Вышеизложенная конструкция позволяет распространять сильную собственную шейповую теорию (см. [7]) на произвольные хаусдорфовы пространства. С применением метода К. Борсука [8], а также с помощью аппроксимации метризуемого пространства с компактными подпространствами, сильные шейповые теории, построенные в [9, 10], можно продолжать на категорию метризуемых пространств (ср. [6]). Инвариантами этой теории являются гомологические [12] и гомотопические группы с компактными носителями.

Тбилисский государственный университет

им. И. А. Джавахишвили

(Поступило 5.1.1990)

მათემატიკა

3. ბალაძე

ლოკალურად კომპაქტური მატარებლების მკონე შეიპების შესახებ რეზიუმე

აგებულია საკუთრივი შეიპური თეორია ლოკალურად კომპაქტური სივრცეების და საკუთრივი ასახვების კატეგორიაზე. საკუთრივი შეიპური თეორია გავრცელებულია ჰაუსდორფის სივრცეთა და სრულყოფილ ასახვათა კატეგორიაში.

MATHEMATICS

V. H. BALADZE

ON SHAPES WITH LOCALLY COMPACT SUPPORTS

Summary

The proper shape theory for the category of locally compact spaces and proper maps is constructed in the paper. The proper shape theory is extended on the category of Hausdorff spaces and perfect maps.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. B. J. Ball, R. B. Sher. Bull. Amer. Math. Soc., 79, 1973.
2. B. J. Ball. Studies in Topology, Academic Press, 1975.
3. R. E. Goad. Fund. Math., 59, 1980.
4. S. Mardesic, T. Segal. Shape Theory. North-Holland, Amsterdam, 1982.
5. K. Morita. Fund. Math., 87, 1975.
6. L. R. Rubin, T. J. Sanders. Gen. Top. and its Appl., 1974.
7. В. Х. Баладзе. V Тираспольский симпозиум по топологии. Тирасполь, 1985
8. K. Borsyk. Shape Theory. Warszawa, 1975.
9. Ю. Т. Лисица. ДАН СССР, 236, № 1, 1977.
10. Y. Kodama, J. Ono. Fund. Math., 105, 1979.
11. J. I. Extremiana et al. Fund. Math., 132, 1989.
12. П. С. Александров. Труды Матем. ин-та им. В. А. Стеклова, 54, 1959.



Г. А. СОХАДЗЕ

О ПРОГНОЗИРОВАНИИ РЕШЕНИЙ НЕЛИНЕЙНЫХ  
 УРАВНЕНИЙ С ГАУССОВСКИМ ВОЗМУЩЕНИЕМ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. Н. Вахания 4.1.1990)

Пусть  $\{\Omega, F, P\}$  — вероятностное пространство;  $H$  — сепарабельное вещественное гильбертово пространство со скалярным произведением  $(x, y)$  и нормой  $\|x\|$ ,  $x, y \in H$ . В  $H$  рассмотрим уравнение вида

$$A\eta + B(\eta) = \xi, \quad (1)$$

где  $A$  — линейный обратимый оператор с плотной в  $H$  областью определения  $D(A)$ ;  $B$  — нелинейное отображение  $H$  в  $H$ , а  $\xi$  — гауссовский элемент со значениями в  $H$ , со средним  $\theta$  и ядерным корреляционным оператором  $R$ . Пусть  $\theta$  — линейный оператор в  $H$ . Задача, которая рассматривается в этой работе, состоит в оптимальном прогнозировании функционала  $\lambda: H \rightarrow R$  от решения уравнения (1)  $\eta$  по наблюдениям  $\eta^* = \theta\eta$ .

Для решения поставленной задачи наряду с (1) рассмотрим линейное уравнение

$$A\zeta = \xi.$$

Ясно, что  $\zeta$  является гауссовским случайным элементом в  $H$  со средним  $\theta$  и корреляционным оператором  $A^{-1} R A^{-1*}$ . Пусть  $\sigma$  является  $\sigma$ -алгеброй, порожденной случайным элементом  $\theta\zeta$ . Обозначим  $\zeta^* = E\{\zeta|\sigma\}$  и представим  $\zeta$  в виде суммы

$$\zeta = \zeta^* + \zeta^0.$$

Здесь  $\zeta^0$  есть независимый от  $\sigma$  гауссовский элемент в  $H$ . Применяя результаты работ [1, 2] (см. также [3]) можем убедиться в справедливости утверждения.

**Теорема 1.** Пусть для уравнения (1) выполнены условия:

- 1)  $\xi$  — гауссовский случайный элемент в  $H$  с нулевым средним и ядерным корреляционным оператором  $R$ . Пусть  $K$  такой линейный оператор, что  $R = KK^*$ ;
- 2)  $B$  — нелинейный дифференциальный оператор такой, что  $C(x) = K^{-1} B'(x)$  является ограниченным оператором при  $x \in H$ ;
- 3)  $A$  — линейный, может быть неограниченный, оператор в  $H$  с плотной в  $H$  областью определения, имеющий ограниченный обратный и такой, что  $A^{-1} B'(x)$  является гильбертово-шмидтовским оператором в  $H$ ;
- 4)  $\zeta^0 = A^{-1} \xi^0 = A^{-1} \xi - E(A^{-1} \xi / \theta A^{-1} \xi)$ .

Тогда оптимальный в среднеквадратическом смысле прогноз функционала  $\lambda(\cdot)$  от случайной величины  $\eta$  по наблюдениям  $\eta^* = \theta\eta$  дается формулой

$$\lambda^*(\zeta) = \left\{ E \lambda(x + \zeta^0) \tilde{\Delta}(I + B'(x + \zeta^0)) \exp \left[ -l_{K^{-1}}^{(R)} (C \circ A^{-1}) (Ax + A\zeta^0) - \frac{1}{2} \|C(x + A\zeta^0)\|^2 \right] \cdot \left\{ E \tilde{\Delta}(I + B'(x + \zeta^0)) \exp \left[ -l_{K^{-1}}^{(R)} (C \circ A^{-1}) Ax + A\zeta^0 - \frac{1}{2} \|C(x + A\zeta^0)\|^2 \right] \right\}^{-1} \right\}_{x=\zeta^*},$$

где среднее берется по  $\zeta^0$  и после вычисления подставляется наблюдение  $\zeta^*$ .

Следствие 1. Если в условиях теоремы 1  $A^{-1}B'(x)$  является ядерным оператором, то тогда

$$\lambda^*(\zeta) = \left\{ E \lambda(x + \zeta^0) \Delta(I + B'(x + \zeta^0) A^{-1}) \exp \left[ -(K^{-1}AC(x + \zeta^0), x + \zeta^0) - \frac{1}{2} \|C(x + \zeta^0)\|^2 \right] \right\} \cdot \left\{ E \Delta(I + B'(x + \zeta^0) A^{-1}) \exp \left[ -(K^{-1}AC(x + \zeta^0), x + \zeta^0) - \frac{1}{2} \|C(x + \zeta^0)\|^2 \right] \right\}^{-1} \Big|_{x=\zeta^*}.$$

Приведенная теорема дает возможность находить эффективные формулы для прогнозирования решений различных классов дифференциальных уравнений с гауссовскими возмущениями. В качестве примера приведем один результат для стохастических эволюционных уравнений.

В гильбертовом пространстве  $H$  рассмотрим стохастическое дифференциальное уравнение

$$dy(t) - A(t)y(t)dt + f(t, y(t))dt = dw(t), \quad (2)$$

$$0 \leq t \leq a, \quad y(0) = 0 \pmod{p},$$

для которого выполнены условия:

I.  $A(t)$  — линейный, вообще говоря, неограниченный оператор с плотной в  $H$  не зависящей от  $t$  областью определения  $D(A) \subset H$ . Пусть, кроме того,  $A(t)$  является производящим оператором эволюционного семейства  $u(t, s)$ . Введем оператор  $U$  из равенства

$$(U\varphi)(t) = \int_0^t u(t, s) \varphi(s) ds, \quad \varphi \in L_2.$$

II. Функция  $f(t, y) : [0, a] \times H \rightarrow H$  имеет равномерно ограниченную норму, дифференцируема по  $y$  и  $f'_y(t, y)$  является оператором Гильберта—Шмидта для  $(t, y) \in [0, a] \times H$ .

Уравнение (2) как обычно понимается как эквивалентная запись соответствующего интегрального уравнения:

$$y(t) + \int_0^t u(t, s) f(s, y(s)) ds = \int_0^t u(t, s) dw(s).$$

Пусть решение (2)  $y(t)$  наблюдается в интервале  $[0, T]$ ,  $T < a$  и надо найти оптимальный в среднеквадратическом смысле прогноз для вы-

ражения  $y(T+h)$ ,  $h>0$ ,  $T+h \in [0, a]$ . Для этого наряду с (2) рассмотрим линейные стохастические уравнения вида

$$\begin{aligned} dx(t) - A(t)x(t) &= dw(t), \\ 0 \leq t \leq a, \quad x(0) &= 0 \pmod{P}. \end{aligned} \quad (3)$$

Ясно, что  $x(t)$  является гауссовским случайным процессом со значениями в  $H$  со средним нуль и корреляционным оператором  $UU^*$ . Пусть  $\sigma_x$  —  $\sigma$ -алгебра, порожденная процессом  $x(t)$  при  $t \in [0, T]$ . Тогда  $x(t)$  представим в виде

$$x(t) = x^*(t) + x^0(t), \quad t \in [0, a],$$

где  $x^*(t) = E\{x(t) | \sigma_x\}$  и  $x^0(t)$  является независимым от  $x(t)$  гауссовским процессом.

**Теорема 2.** Пусть в интервале  $[0, T]$  наблюдается случайный процесс  $y(t)$  — решение стохастического дифференциального уравнения (2) и выполнены вышеперечисленные условия I и II).

Пусть  $x(t)$  — гауссовский случайный процесс, удовлетворяющий уравнению (3), а  $x^*(t)$  — его оптимальный линейный прогноз в  $[0, T]$ ,  $T < a$ . Тогда оптимальный в среднеквадратическом смысле прогноз функционала  $\Phi$  от процесса  $y(t)$  в точке  $T+h \in [0, a]$  можно вычислить по формуле

$$\begin{aligned} \Phi^*(y(T+h)) &= \left\{ E\varphi(z(T+h) + x^0(T+h)) \exp \left[ -I^{(1)}(f \circ U) (U^{-1}(z + \right. \right. \\ &+ x^0(t))) - \frac{1}{2} \int_0^a \|f(t, z + x^0(t))\|^2 dt \left. \left. \right] \right\} \left\{ E \exp \left[ -I^{(1)}(f \circ U) U^{-1}(z + \right. \right. \\ &+ x^0(t))) - \frac{1}{2} \int_0^a \|f(t, z + x^0(t))\|^2 dt \left. \left. \right] \right\}^{-1} \Big|_{\substack{z=y^* \\ z(T+h)=x^*(T+h)}}, \end{aligned}$$

а если дополнительно оператор  $Uf'_y$  является ядерным оператором, то

$$\begin{aligned} \Phi^*(y(T+h)) &= \left\{ E\varphi(z(T+h) + x^0(T+h)) \exp \left[ - \int_0^a \int_0^t (u(t, s) f(s, z + \right. \right. \\ &+ x^0(s)), z + x^0(s))_H ds dt - \int_0^a \|f(t, z + x^0(t))\|_H^2 dt \left. \left. \right] \right\} \times \\ &\times \left\{ E \exp \left[ - \int_0^a \int_0^t u(t, s) f(s, z + x^0(s)), z + x^0(s))_H ds dt - \right. \right. \\ &\left. \left. - \int_0^a \|f(t, z + x^0(t))\|_H^2 dt \right] \right\}^{-1} \Big|_{\substack{z=y^* \\ z(T+h)=x^*(T+h)}}. \end{aligned}$$

Аналогичные результаты можно получить и для других типов уравнений (эллиптических, гиперболических и др.), а также решить задачи фильтрации и экстраполяции.

ბ. სოხადე

გაუსის უმუხროთეობიანი არაწრფივი განტოლებების ამონახსნის  
 პროგნოზირების შესახებ

რეზიუმე

განხილულია (1) არაწრფივი განტოლება ჰილბერტის სივრცეში. მიღებულია ამონახსნის პროგნოზირების ფორმულა. შედეგი ილუსტრირებულია სტოქასტური ევოლუციური არაწრფივი დიფერენციალური განტოლებისათვის.

MATHEMATICS

G. A. SOKHADZE

ON THE PREDICTION OF SOLUTIONS OF NONLINEAR  
 EQUATIONS WITH GAUSSIAN PERTURBATIONS

Summary

Nonlinear equation (1) in a Hilbert space is considered. The prediction formula for the solution is proved. To illustrate this result a formula for the solution of a nonlinear evolution stochastic differential equation is given.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Ю. Л. Далецкий, А. Д. Шаташвили. Теория случайных процессов, вып. 3, 1975, 30—32.
2. Г. А. Сохадзе. Теория вероятностей и мат. статистика, вып. 39, 1988, 116—123.
3. Г. А. Сохадзе. Тезисы докл. VIII конф. математиков вузов ГССР. Кутаиси, 1979, 137—139.



Т. А. ОБГАДЗЕ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ  
 ЛАВИНООБРАЗНЫХ ПОТОКОВ (ЛОП)

(Представлено академиком В. К. Чичинадзе 5.2.1990)

К лавинообразным потокам относятся сели, снежные лавины и камнепады. Общими свойствами этих потоков являются: нестационарность, многофазность и механическая сложность процесса течения.

Для описания динамики ЛОП мы должны, таким образом, учесть многофазность среды. Эту задачу можно решать различными подходами. В одних случаях записываются системы уравнений для каждой из компонент и учитываются взаимодействия фаз с помощью дополнительных членов для каждой компоненты [1], в других случаях стараются представить двухфазный поток, как однородный с осредненными свойствами [2—7]. Преимущество последнего подхода состоит в обзорности уравнений и сравнительной простоте решения практических задач.

В настоящей работе считается, что среда состоит из двух фаз, причем известна начальная концентрация одной из фаз, которая считается постоянной глобально, т. е. мы рассматриваем потоки без фазовых переходов. Хотя из-за диффузии и инерционных эффектов допускаются локальные изменения концентрации  $v$  от точки к точке и от времени в данной точке объема.

Для среды (ЛОП) выделяются две характерные фазы и предлагается воспользоваться формулами осреднения Т. Г. Войнич-Сяноженецкого [2, 8]:

$$\rho = v\rho_v + (1 - v)\rho_w, \tag{1}$$

$$\sigma_{ij} = v\sigma_{ij}^{(v)} + (1 - v)\sigma_{ij}^{(w)}, \tag{2}$$

где  $\rho_v$ ;  $\rho_w$  — плотности диффундирующей и основной компоненты, соответственно;  $\sigma_{ij}^{(v)}$ ;  $\sigma_{ij}^{(w)}$  — компоненты соответствующих тензоров напряжений,  $\rho$  — осредненная плотность,  $\sigma_{ij}$  — компоненты осредненного тензора напряжений среды ЛОП.

Уравнения движения смеси в форме Коши имеют вид

$$\rho \dot{v}_i = \sigma_{ji,j} + \rho b_i, \tag{3}$$

где  $v_i$  — компоненты скорости центра тяжести частицы смеси;  $b_i$  — компоненты вектора внешних массовых сил.

Уравнение неразрывности среды записывается в виде

$$\dot{\rho} + (\rho v_i)_{,i} = 0. \tag{4}$$

Так как  $v = v(t, \bar{x})$ , к системе уравнений (1), (2), (3), (4) добавляется уравнение диффузии



$$\overline{(\rho_v \cdot v)} + (\rho_v \cdot v v_i)_{,i} = -J_{i,i}, \quad (5)$$

где  $J_i$  — плотность диффузионного потока, которая вычисляется по формуле [9]

$$J_i = -\rho_v \cdot D \left( v_{,i} + \frac{K_p}{P} \cdot P_{,i} \right). \quad (6)$$

Здесь  $D$  — коэффициент диффузии;  $DK_p$  — коэффициент бародиффузии;  $P$  — давление в смеси ЛОП.

Для идентификации различных реологических свойств ЛОП, в зависимости от структуры и физических свойств компонент надо выбрать соответствующие выражения для  $\sigma_{ij}^{(v)}$  и  $\sigma_{ij}^{(w)}$  в зависимости от  $\dot{\epsilon}_{ij}$  — тензора скоростей деформации

$$\dot{\epsilon}_{ij} = \frac{1}{2} (v_{i,j} + v_{j,i}). \quad (7)$$

Полученная система уравнений (1)–(7) с соответствующими определяющими соотношениями

$$\sigma_{ij}^{(v)} = -p \delta_{ij} + f^{(v)} (\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_3) \dot{\epsilon}_{ij} + f^{(2)} \cdot \dot{\epsilon}_{ik} \dot{\epsilon}_{kj}, \quad (8)$$

$$\sigma_{ij}^{(w)} = -p \delta_{ij} + f^{(w)} (\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_3) \dot{\epsilon}_{ij} + f^{(w)} \cdot \dot{\epsilon}_{ik} \dot{\epsilon}_{kj}, \quad (9)$$

является уже замкнутым,

где

$$\dot{I}_1 = \dot{\epsilon}_{ii}, \quad (10)$$

$$\dot{I}_2 = \frac{1}{2} (\dot{\epsilon}_{ii} \dot{\epsilon}_{ij} - \dot{\epsilon}_{ij} \dot{\epsilon}_{ij}), \quad (11)$$

$$\dot{I}_3 = \det |\dot{\epsilon}_{ij}| \quad (12)$$

— инварианты тензора скоростей деформации.

Для примера ЛОП из камней, учитывая эксперименты Бегнольда и Сэвиджа [3 10] имеем

$$\sigma_{ij}^{(v)} = -p \delta_{ij} + 2\mu \dot{\epsilon}_{ij}, \quad (13)$$

$$\sigma_{ij}^{(w)} = -p \delta_{ij} + \frac{N \cdot p \cdot \operatorname{tg} \varphi}{I_2^{1/2}} \cdot \dot{\epsilon}_{ij} + 4\mu_0 N \dot{I}_2 \delta_{ij} + 4\mu_1 \dot{I}_2^{1/2} N \dot{\epsilon}_{ij}, \quad (14)$$

где  $\mu$ ,  $\mu_0$ ,  $\mu_1$  — коэффициенты сдвиговой вязкости Ньютона и Сэвиджа соответственно;  $N$  — число Бегнольда;  $\varphi$  — угол внутреннего трения материала камней.

Для снежных лавин предлагаются определяющие соотношения:

$$\sigma_{ij}^{(v)} = -p \delta_{ij} + \frac{N \cdot (c + p \operatorname{tg} \varphi)}{I_2^{1/2}} \cdot \dot{\epsilon}_{ij}, \quad (15)$$

$$\sigma_{ij}^{(w)} = -p \delta_{ij} + 2\mu \dot{\epsilon}_{ij}, \quad (16)$$

где  $c$  — коэффициент сцепления снега.



Для грязе-вода-каменных селей предлагаются соотношения

$$\sigma_{ij}^{(v)} = -p \delta_{ij} + 2\mu \dot{\epsilon}_{ij} + 4\mu_0 N \dot{I}_2 \dot{\epsilon}_{ij} + 4\mu_1 N I_2^{1/2} \dot{\epsilon}_{ij}, \quad (17)$$

$$\sigma_{ij}^{(w)} = -p \delta_{ij} + \frac{c + p \operatorname{tg} \varphi}{I_2^{1/2}} \cdot \dot{\epsilon}_{ij} + \eta \dot{\epsilon}_{ik} \dot{\epsilon}_{kj}, \quad (18)$$

где  $\eta = -\frac{0.3}{I_2^{1/2}}$  — поперечный коэффициент вязкости.

Грузинский технический университет

(Поступило 16.2.1990)

მეცნიერება

თ. ოზგაძე

ზვავის ტიპის ნაკადების (ზტნ) მათემატიკური მოდელირება

რეზიუმე

განხილულია ორფაზა ნაკადების გასაშუალებების ერთი მეთოდი, რომელიც თ. ვოინიჩ-სიანოჟენცკის [2] ეკუთვნის. ამ მეთოდის ბაზაზე აგებულია ზვავური ტიპის ნაკადების მათემატიკური მოდელები, როგორც კერძო შემთხვევა გამოყოფილია ქვათაცვენის, ზვავის და ღვარცოფების დინამიკის მათემატიკური მოდელები.

MECHANICS

T. A. OBGADZE

MATHEMATICAL MODELLING OF THE DYNAMICS OF  
 AVALANCHE-LIKE CURRENTS (ALC)

Summary

The paper discusses a method for averaging of two-phase currents by T. Voinich-Syanozhentsky. On the basis of this method mathematical models of avalanche-like currents are constructed. As a particular case, mathematical models of the dynamics of debris fall, snow avalanches and earth flows are considered.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Р. И. Нигматулин. Основы механики гетерогенных сред. М., 1978.
2. Т. Г. Войнич-Сяноженцкий, Т. А. Обгадзе. Труды Тбил. гос. университета, т. 252, 1984.
3. S. B. Savage. Granular flow down rough incline: review and extension. In: Mech. of Granul. Mat. 1978.
4. M. A. Godman, S. C. Cowin. Archive for Rat. Mech. and Analysis, v. 44, № 4, 1972.

5. И. В. Ширко, А. В. Семенов. Сб. «Астрофизика и геокосмич. исследования». М., 1984.
6. Г. А. Гениев. Стр. мех. и расч. сооруж., 5, 1983.
7. В. Н. Николаевский ПММ, 35, 1971.
8. Т. А. Обгадзе. Элементы математического моделирования. Учебное пособие. Тбилиси, 1989.
9. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Гидродинамика. М., 1986.
10. R. A. Vagnoid. Proc. Roy. Soc., London, A225, 1954.

Н. Э. ГОНИАШВИЛИ

ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧИ  
 О ПРОНИКАНИИ ОСКОЛКА В МНОГОСЛОЙНУЮ  
 ПРЕГРАДУ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Р. Ш. Адамия 11.2.1990)

Рассмотрим многослойную преграду (рис. 1). Введем следующие обозначения:  $i$  — номер слоя;  $h_i$  — толщина слоя номера  $i$  в начальный момент;  $\rho_i$  — плотность материала в соответствующем слое;

$x_3 = H_i = \sum_{k=1}^i h_k$  — координата границы слоя;  $\Phi\left(\frac{x_1}{r}; \frac{x_2}{r}; \frac{x_3}{r}\right) = 0$  — форма поверхности осколка в начальный момент времени;  $r$  — характерный размер осколка.

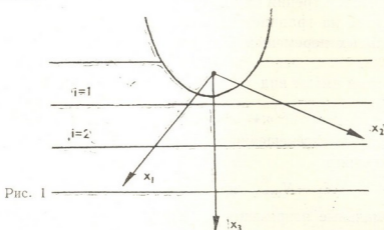


Рис. 1

Будем считать, что осколок в процессе проникания остается жестким и форма его поверхности не меняется. Предполагается, что движение осколка направлено перпендикулярно поверхности преграды.

Рассмотрим следующие неизвестные величины:  $\vec{U}_i(x_1; x_2; x_3; t)$  — вектор перемещений материала слоя номера  $i$ , рассматриваемый в лагранжовой системе координат  $x_i$ ;  $S(t)$  — перемещение осколка, где  $t$  — время.

Тогда математическая постановка задачи может быть сформулирована следующим образом.

Уравнение движения

$$\rho_i \frac{\partial^2 \vec{U}_i}{\partial t^2} = d_i \nu \tilde{S}_i, \quad (1)$$

где  $\tilde{S}_i$  — тензор напряжений в материале слоя  $i$ .

Примем следующую гипотезу относительно связи тензора напряжений с тензором деформаций. Тензор напряжений является некоторым функционалом от тензора деформации и определяется лишь историей деформирования в некотором пространстве деформаций.

Поэтому эту связь условно запишем в виде

$$\tilde{S}_i = E_i G_i \left[ \frac{\partial \vec{U}_i}{\partial x} \right], \quad (2)$$

где  $E_i$  — характерный для каждого слоя множитель, имеющий размерность напряжений (например модуль Юнга), а  $G_i$  — функционал, выражающий зависимость тензора напряжений от истории деформирования.

Рассмотрим условия на поверхности контакта слоев.

Тип а. Жесткое скрепление слоев.

В этом случае принимаем условие равенства перемещений на границе контакта слоев:

$$\vec{U}_i = \vec{U}_{i+1} \quad \text{при} \quad x_3 = H_i, \quad (3)$$

$$\vec{P}_i^v = \vec{P}_{i+1}^v \quad \text{при} \quad x_3 = H_i, \quad (4)$$

где через  $\vec{P}_i^v$  обозначим вектор напряжений, действующий на поверхность, имеющую в лагранжевой системе координат уравнение

$$x_3 = \text{const}$$

Тип б. Отсутствие трения между слоями.

В этом случае на границе контакта слоев принимаем условие равенства нормальных перемещений и равенства нулю касательных напряжений.

Граничные условия имеют вид

$$U_{ni} = U_{ni+1} \quad \text{при} \quad x_3 = H_i, \quad (5)$$

где  $U_{ni}$  — нормальные перемещения на поверхности  $x_3 = \text{const}$  в лагранжевой системе координат

$$N_{vi} = N_{vi+1} \quad \text{при} \quad x_3 = H_i. \quad (6)$$

Здесь  $N_{vi}$  — нормальные напряжения на поверхности  $x_3 = \text{const}$

$$\begin{aligned} \vec{T}_{vi} &= 0 \\ \vec{T}_{vi+0} &= 0 \quad \text{при} \quad x_3 = \text{const}, \end{aligned} \quad (7)$$

где  $\vec{T}_{vi}$  — вектор касательных напряжений на поверхности  $x_3 = \text{const}$ . Заметим, что вектор  $\vec{T}_{vi}$  имеет две координаты.

Необходимо учитывать, что возможно отставание слоев друг от друга, то есть контакт происходит не по всей поверхности слоя, а по некоторой поверхности  $\Sigma_i$ . Граница поверхности контакта в лагранжевой системе координат определяется из условия равенства нулю нормальных напряжений, то есть определяется уравнением

$$N_i = 0 \quad \text{при} \quad x_3 = H_i. \quad (8)$$

Тогда на оставшейся свободной поверхности между слоями, граничные условия примут вид

$$\begin{aligned} \vec{P}_{vi} &= 0 \\ \vec{P}_{vi+1} &= 0 \quad \text{при} \quad x_3 = H_i. \end{aligned} \quad (9)$$

Граничные условия на свободной поверхности  $x_3 = h$ , а также на свободном от контакта с осколком участке поверхности  $x_3 = 0$ , имеют вид

$$P_{v1,n} = 0 \text{ при } x_3 = 0, h. \quad (10)$$

На границе контакта ударника и преграды принимаем условие равенства нулю касательных напряжений и равенство нормальных перемещений поверхности осколка и поверхности слоя. Граничные условия здесь примут вид

$$\vec{T}_{v1} = 0 \text{ при } x_3 = 0 \quad (11)$$

равенство нормальных перемещений

$$\Phi \left( \frac{x_1 + U_1^1}{r}; \frac{x_2 + U_1^2}{r}; \frac{U_1^3 - S}{r} \right) = 0 \text{ при } x_3 = 0, \quad (12)$$

где  $U_1^1; U_1^2; U_1^3$  — соответственно координаты вектора перемещений  $\vec{U}_1$ .

Граница поверхности контакта  $\Sigma_0$  определяется из условия равенства нулю нормальных напряжений.

$$N_{v1} = 0 \text{ при } x_3 = 0. \quad (13)$$

Уравнение движения осколка запишется в виде

$$M \frac{d^2 S}{dt^2} = - \iint_{\Sigma_0} N_{v1} \cos(\nu; x_3) Id \Sigma_0, \quad (14)$$

(правая часть (14) берется при  $x_0 = 0$ )

где  $M$  — масса осколка;  $N_{v1}$  — нормальные напряжения на поверхности  $x_3 = 0$ ;  $\cos(\nu; x_3)$  — косинус угла между нормалью к поверхности  $\varphi = 0$  (в лагранжевой системе координат) и осью  $x_3$ .

$J$  — якобиан перехода от поверхности контакта в лагранжевой системе координат к реальной поверхности контакта.

Будем считать, что имеется боковая осесимметричная граница, на которой перемещения равны нулю

$$\vec{U}_i = 0 \text{ при } x_1^2 + x_2^2 = R^2. \quad (15)$$

В случае разрушения первого слоя соотношения (11) — (14) могут быть аналогичным образом переписаны для последующих слоев.

Начальные условия. При  $t = 0$  имеем

$$\vec{U}_i = 0; \quad \frac{d\vec{U}_i}{dt} = 0; \quad S = 0; \quad \frac{dS}{dt} = V_0, \quad (16)$$

где  $V_0$  — начальная скорость осколка.

Грузинский технический университет

(Поступило 22.2.1990)

მეცნიერება

ბ. ლონიაშვილი

მრავალფენოვანი წინაღობის გამჭოლი ნამსხვრევის ამოცანის  
დინამიკური მოდელირება

რეზიუმე

რეალური კონსტრუქციის ფიზიკურ მოდელზე, დინამიური ექსპერიმენტის პროგრამის განსაზღვრის მიზნით, განხილულია მრავალფენოვანი სინკარის მაღალსიჩქარიანი დეფორმაციის მათემატიკური მოდელირების ამოცანა.

N. E. GONIASHVILI

DYNAMIC MODELLING OF THE PROBLEM ON FRAGMENT  
PENETRATION INTO A MULTI LAYER OBSTACLE

## Summary

The problem of mathematical modelling of high-speed deformation of multi layer plate with the purpose of determining the programme of dynamic experiments on physical models of real constructions is considered.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Л. А. Полоконников. Механика деформируемого твердого тела. М., 1979.
2. В. Гольдсмит. Удар. Теория и физические свойства соударяемых тел. М., 1965.
3. А. А. Ильюшин. Пластичность. Основы общей математической теории. М., 1963.

Т. Ш. ГОЧИТАШВИЛИ, В. Г. ТУРАБЕЛИДЗЕ

## УСЛОВИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МНОГОСТУПЕНЧАТОЙ ГИДРОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

(Представлено академиком А. А. Дзидзигури 16.2.1990)

Вследствие постепенного накопления износа стенок трубопроводов и рабочих колес грунтовых насосов в процессе эксплуатации многоступенчатых гидротранспортных систем, перекачивающих абразивные гидросмеси, появляется опасность заиливания сечения, возникновения неустановившегося движения при характерных колебаниях исходных параметров потока и отказа системы.

Принимая, что развиваемый центробежным насосом в произвольный момент времени напор уменьшается линейно, постепенно до предельного значения в зависимости от степени износа лопатки рабочего колеса, формула для пересчета напорной характеристики грунтового насоса примет вид

$$H_t = \frac{\rho_c}{\rho_0} \left[ H_0 \left( 1 - \frac{K_n t}{T_n} \right) - B(Q + Q_0)^2 \right], \quad (1)$$

где  $H_0$  — напор, развиваемый насосом на воде при нулевой производительности;  $B$  — коэффициент аппроксимации характеристики;  $\rho_c$  и  $\rho_0$  — плотности смеси и воды соответственно;  $Q$  — подача насоса;  $t$  — время эксплуатации насоса;  $T_n$  — ресурс рабочего колеса насоса;  $K_n$  — коэффициент, учитывающий предельное ограничение снижения развиваемого напора;  $Q_0$  — часть подачи промывочной жидкости через гидроуплотнение, прибавляемая к подаче насоса.

Суммарный напор, развиваемый  $n$  последовательно включенными однотипными насосами составит

$$H_\Sigma = \sum_{i=1}^n \frac{\rho_c}{\rho_0} \left[ H_0 \left[ 1 - \frac{K_n t_i}{T_n^i} \right] - B(Q + iQ_0)^2 \right], \quad (2)$$

где  $t_i$  — наработка  $i$ -го ( $i=1, 2, \dots, n$ ) насоса после очередного отказа;  $T_n^i$  — ресурс  $i$ -го насоса.

Учитывая, что

$$\sum_{i=1}^n (Q + iQ_0)^2 = QQ_0 n(n+1) + \frac{1}{6} Q_0^2 [n(n+1)(2n+1)] + nQ^2, \quad (3)$$

из (2) имеем

$$H_\Sigma = \sum_{i=1}^n \frac{\rho_c}{\rho_0} H_0 \left( 1 - \frac{K_n t_i}{T_n^i} \right) - \frac{\rho_c}{\rho_0} BQQ_0 n(n+1) - \frac{1}{6} BQ_0^2 n \frac{\rho_c}{\rho_0} (n+1)(2n+1) - BnQ^2 \frac{\rho_c}{\rho_0}. \quad (4)$$



Развиваемый насосом напор расходуется на преодоление гидравлических сопротивлений по длине транспортирования и разности геодезических отметок

$$H_t = H_r + R_c Q^2, \quad (5)$$

где  $H_r$  — разность геодезических отметок между начальной и конечной точками магистрального трубопровода;  $R$  — коэффициент сопротивления трубопровода.

Определим из условия равенства гидравлических потерь напора по длине трубопровода  $L$  и величины  $RQ^2$  (величиной скоростного напора пренебрегаем). При транспортировании гидросмеси удельные гидравлические сопротивления  $i_c$  складываются из сопротивлений при движении несущей жидкости  $i_0$  и дополнительных сопротивлений  $\Delta i$ , вызванных наличием взвешенных частиц в потоке, определяемых соответственно по формулам [1]:  $i_0 = \lambda V^2 / 2gD$  и  $\Delta i = K_d S^{0.67} Q_{кр} / Q$  (здесь  $Q_{кр} = 6,47 D^{2.33} (S\psi)^{0.165}$  — критическая подача гидросмеси;  $K_d$  и  $\psi$  — коэффициенты, учитывающие крупность транспортируемых частиц;  $D$  — диаметр трубы;  $V$  — скорость гидросмеси;  $\lambda$  — коэффициент гидравлического трения;  $S$  — концентрация смеси) получаем формулу для вычисления  $R$

$$R = \frac{L}{12,1 D^5} \left[ \lambda + \frac{K_d}{3,5 K_Q^3} \left( \frac{SD}{\psi} \right)^{0.33} \right], \quad (6)$$

где  $K_Q$  — коэффициент относительной подачи.

Для всей магистрали трубопроводов с последовательно включенными насосными агрегатами имеем

$$H_\Sigma = H_r + R_1(Q + Q_0)^2 + R_2(Q + 2Q_0)^2 + \dots + R_n(Q + nQ_0)^2, \quad (7)$$

где  $R_i$  — коэффициенты сопротивления участков магистрали между последовательно включенными, рассредоточенными по трассе, смежными грунтовыми насосами длиной  $L_{(i+1)} - L_i$  ( $L_i$  — расстояние от начала трубопровода до месторасположения  $i$ -го насоса по магистрали).

Из (7) с учетом (3) следует

$$H_\Sigma = H_r + R_{cp} \left[ QQ_0 n(n+1) + \frac{1}{6} Q_0^2 n(n+1)(2n+1) + Q^2 n \right], \quad (8)$$

где  $R_{cp}$  — среднее значение коэффициента сопротивления для всей магистрали, определяемое с учетом неравномерного износа трубопровода по длине.

Закономерность износа стенок труб по длине магистрали можно представить эмпирической зависимостью

$$K_L = a_r + (1 - a_r) \exp \left\{ b_r \left( 1 - \frac{v_{cp}}{v_{кр}} \right) L \right\}, \quad (9)$$

где  $K_L$  — коэффициент степени уменьшения износа стенок труб от длины транспортирования;  $L$  — расстояние транспортирования (в км-ах);  $a_r$ ,  $b_r$  — коэффициенты, зависящие от физико-механических свойств транспортируемых абразивных частиц.

Введя обозначение  $K_R = \left[ L\lambda + \frac{LK_d}{3,5 K_Q^3} \left( \frac{SD}{\psi} \right)^{0.33} \right] / 12,1$  с учетом (6) и (9) формула для определения среднего значения коэффициента сопротивления примет вид



$$R_{cp} = \frac{K_R}{L_\Sigma} \int_0^{L_\Sigma} \left\{ D_0 + 2\Delta \left[ a_r + (1-a_r) \exp \left\{ b_r (1-v_{cp}/v_{кр}) L \right\} \right] \right\}^{-5} dL =$$

$$= \frac{K_R L}{M^6 L} \left[ \ln |M+C| + (48 M^3 C + 108 M^2 C^2 + 88 M C^2 + 25 C^4) / 12 (M+C)^4 - \right.$$

$$\left. - \ln |M e^{-qL} + C| - \frac{48 M^3 C e^{-3qL} + 108 M^2 C^2 e^{-2qL} + 88 M C^3 e^{-qL} + 25 C^4}{12 (M e^{-qL} + C)^4} \right], \quad (10)$$

где  $\Delta$ —осредненное значение суммарного линейного износа стенок трубопровода в начале магистрали:  $M = D + 2\Delta a_r$ ;  $C = 2\Delta (1-a_r)$ ;  $q = b_r (1-v_{cp}/v_{кр})$ ;  $D_0$ —диаметр нового (неизношенного) трубопровода.

Из равенства (4) и (8) после несложных преобразований получаем

$$n (R_{cp} + \rho_c B / \rho_0) Q^2 + n(n+1) Q_0 (R_{cp} + B \rho_c / \rho_0) Q + H_r -$$

$$- \sum_{i=1}^n H_0 (1 - K_n t / T_n) \rho_c / \rho_0 + Q_0^2 n(n+1) (2n+1) (R_{cp} + B \rho_c / \rho_0) / 6 = 0. \quad (11)$$

Изменение значений  $Q_{кр}$  вследствие износа стенок и увеличения проходного сечения трубопроводов при неизменных значениях других параметров транспортирования с учетом данных [1] может быть определено зависимостью

$$Q_{кр}(t) = Q_{крн} \left( \frac{D_0 + 2\Delta_t}{D_0} \right)^{2,33}, \quad (12)$$

где  $\Delta_t$ —осредненное значение суммарного линейного износа стенок труб за время  $t$ , определяемое по формуле  $\Delta_t = \delta_n t / T$  (здесь  $\delta_n$ —допустимая толщина износа стенок труб по условиям прочности).

С учетом изложенного получаем условие надежной работы гидротранспортной системы с последовательно включенными грунтовыми насосами, обеспечивающее эксплуатацию трубопроводов без заиливания (и закупорки), независимо от снижения параметров насоса и увеличения сечения трубопроводов в результате их гидроабразивного изнашивания в процессе эксплуатации:

$$\sum_{i=1}^n \{ H_0 \rho_c (1 - K_n t_i / T_n^i) / \rho_0 \} \geq H_r + Q_0^2 n(n+1) (2n+1) (R_{cp} + B \rho_c / \rho_0) +$$

$$+ n (R_{cp} + B \rho_c / \rho_0) Q_{крн}^2 (1 + 2\delta_n t / D_0 T)^{4,66} +$$

$$+ n(n+1) Q_0 (R_{cp} + B \rho_c / \rho_0) Q_{крн} (1 + 2\delta_n t / D_0 T)^{2,33}. \quad (13)$$

Использование условия (13) позволяет также прогнозировать работоспособность системы, при возможном прекращении функционирования  $n$ -го промежуточного насоса (при отключении головного насоса система полностью прекращает функционирование).

Неравенство (13) может быть также рекомендовано для проверки правильности выбора мест расстановки промежуточных насосов проектируемых систем гидротранспорта при последовательном их включении.

Академия наук Грузинской ССР

Институт горной механики

им. Г. А. Цулукидзе

(Поступило 2.3.1990)

თ. გოჩიტაშვილი, ვ. ტურაბელიძე

მრავალსაფეხურიანი ჰიდროსატრანსპორტო სისტემის მუშაობის  
 უნარიანობის პირობა

რეზიუმე

განსაზღვრულია მრავალსაფეხურიანი ჰიდროსატრანსპორტო სისტემის  
 საიმედო მუშაობის პირობა მიმდევრობით ჩართული გრუნტის ტუმბოების და  
 მილსადენების ჰიდროაბრაზიული ცვეთის გათვალისწინებით.

MECHANICS

T. Sh. GOCHITASHVILI, V. G. TURABELIDZE

### CONDITIONS OF SERVICEABILITY OF MULTISTAGE HYDRAULIC TRANSPORT SYSTEM

Summary

Conditions of reliability of multistage hydraulic transport system are  
 determined with regard to hydroabrasive wear in series-connected slurry  
 pumps and pipelines.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Инструкция по гидравлическому расчету систем напорного гидротранспорта  
 грунтов П 59-72. М., 1972.

Л. Г. ДОБОРДЖИНИДZE

ПЛОСКАЯ НЕЛИНЕЙНАЯ ЗАДАЧА О ТРЕЩИНАХ В ПОЛЕ ПОПЕРЕЧНОГО СДВИГА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. В. Бурчуладзе 2.3.1990)

Рассматривается задача об определении напряженного состояния бесконечной плотности из нелинейно-упругого материала гармонического типа [1] с прямолинейными разрезами (щелями), расположенными вдоль одной прямой. На берегах разрезов действуют только касательные антисимметричные нагрузки, т. е. рассматривается случай, когда на разрезах терпят разрывы касательные составляющие вектора упругих перемещений, а нормальные перемещения на разрезах равны нулю.

1. Пусть рассматриваемая физическая область  $S$  представляет собой плоскость переменной  $z = x + iy$  из указанного нелинейно-упругого материала. Обозначим действительную ось через  $L$  и предположим, что вдоль нее расположено конечное число разрезов  $L_k = [a_k b_k]$ , совокупность которых обозначим через  $\Gamma$ , а  $\Gamma' = L \setminus \Gamma$ . Далее принимается, что нормальная составляющая тензора напряжений равна нулю везде на  $L$ , а на краях щелей действуют заданные взаимно уравновешивающие касательные напряжения [2, 3]. На бесконечности реализуется однородное поле напряжений:  $Y_y^{(\infty)} = 0$ ,  $X_x^{(\infty)} = 0$ ,  $X_y^{(\infty)} = \tau_0$ , а вращение там равно нулю.

Граничные условия задачи будут иметь вид

$$Y_y^+ = Y_y^- = 0, \quad X_y^+ = X_y^- = -\tau(x) \quad \text{на } \Gamma, \quad (1.1)$$

где  $Y_y$ ,  $X_x$ ,  $X_y$  — компоненты тензора напряжений Коши;  $\tau(x)$  — заданная на  $\Gamma$  действительная функция, удовлетворяющая там условию Гельдера;  $\tau_0$  — постоянная.

Чтобы свести задачу к соответствующим соотношениям теории функции, воспользуемся комплексными представлениями полей упругих элементов для указанного нелинейного материала через две аналитические в рассматриваемой области  $S$  функции  $\varphi(z)$  и  $\psi(z)$  от комплексного аргумента  $z = r e^{i\theta}$ . Эти представления приведены в работе [4].

Из представлений (1.3) — (1.6) работы [4] и первого равенства (1.1) следует

$$\frac{\varphi(x) \varphi''(x)}{\varphi'^2(x)} - \psi'(x) = \frac{(\lambda + 2\mu)\sqrt{J}}{2\mu(\lambda + \mu)|\varphi'^2(x)|} \left[ -\frac{X_x}{2} + \frac{2\mu(\lambda + \mu)(|\varphi'^2(x)| - 1)}{\lambda + \mu + \mu|\varphi'^2(x)|} \right], \quad (1.2)$$

где

$$\sqrt{J} = \frac{\partial z^*}{\partial z} \frac{\partial \bar{z}^*}{\partial \bar{z}} - \frac{\partial z^*}{\partial \bar{z}} \frac{\partial \bar{z}^*}{\partial z} = 4\mu^2 |\varphi'^2(x)| [2(\lambda + \mu) - \lambda |\varphi'^2(x)|] / (\lambda + 2\mu)(4\mu^2 + X_y^2), \quad (1.3)$$



$$X_x = \{(4\mu^2 - X_y^2)[\lambda + \mu + \mu|\varphi'^2(x)|] - 4\mu^2(\lambda + 2\mu)|\varphi'^2(x)|\} / \mu[\lambda|\varphi'^2(x)| - 2(\lambda + \mu)]. \quad (1.4)$$

Из условия отсутствия нормальных напряжений на  $L$  ( $Y_y=0$  на  $L$ ) и граничных условий (1.1) следует

$$X_y = 2\mu(\lambda + \mu)[|\varphi'^2(x)| - 1] / [\lambda + \mu + \mu|\varphi'^2(x)|] \text{ на } L. \quad (1.5)$$

Тогда будем иметь

$$|\varphi'^2(x)| = F(x) \text{ на } L, \text{ где } F(x) = (\lambda + \mu)(2\mu + X_y) / (\mu[2(\lambda + \mu) - X_y]). \quad (1.6)$$

Следовательно, для определения голоморфной в области  $S$  и ограниченной на бесконечности функции  $\varphi(z)$ , согласно (1.1), получим краевое условие

$$|\varphi'^2(x)|^\pm = F^\pm(x) \text{ на } \Gamma, \quad (1.7)$$

где значками (+) и (-) обозначены краевые значения выражений на верхнем и нижнем краях щелей соответственно.

Рассуждением, совершенно аналогичным приведенному в работе [4], убеждаемся, что решение класса  $h_0$  (решение, не ограниченное на концах линии интегрирования) имеет вид ( $F_0^+(x) = F_0^-(x)$  на  $\Gamma$ )

$$\varphi'(z) = \exp \left[ \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma} \frac{F_0(x) X(x) dx}{x-z} + \frac{P_n(z)}{X(z)} \right], \quad (1.8)$$

где

$$F_0(x) = \ln F = \ln \left( \frac{\lambda + \mu}{\mu} \cdot \frac{2\mu - \tau(x)}{2(\lambda + \mu) + \tau(x)} \right) \quad (1.9)$$

— заданная на  $\Gamma$  действительная функция класса Гельдера;  $X(z)$  — каноническая функция указанного класса:

$$X(z) = \sqrt{(z - a_1)(z - b_1) \cdots (z - a_n)(z - b_n)}, \quad (1.10)$$

а  $P_n(z)$  — произвольный полином степени не выше  $n$ :

$$P_n(z) = C_0 z^n + C_1 z^{n-1} + \cdots + C_n. \quad (1.11)$$

Однозначная ветвь функции (1.10) фиксируется условием  $\lim_{z \rightarrow \infty} X(z) = z^n$ , а под  $X(x)$  подразумеваются значения:  $X(x) = X^+(x)$ .

Из сравнения формулы (1.9) работы [4] с (1.8) при достаточно больших  $|z|$  находим  $C_0 = \ln a_0^2$ ,  $C_1 = 0$ , а остальные постоянные  $C_2, C_3, \dots, C_n$  должны быть определены из условий однозначности смещений,

$$a_0^2 = 2(\lambda + \mu)(2\mu + \tau_0) / [\lambda\tau_0 + 4\mu(\lambda + \mu)].$$

Определяя таким образом, согласно (1.8), функцию  $\varphi(z)$  из (1.2), согласно (1.3), (1.4), получим краевую задачу для определения в области  $S$  функции  $\psi(z)$  по заданным на краях  $\Gamma$  граничным значениям. Найдя эту функцию, решение задачи можно считать завершенным.

2. Рассмотрим случай одной щели и предположим, что  $\tau(x) = \tau = \text{const}$ , а на бесконечности по-прежнему  $Y_y^{(\infty)} = 0$ ,  $X_x^{(\infty)} = 0$ ,  $X_y^{(\infty)} = \tau_0 = \text{const}$ . Тогда из (1.8) — (1.10) после некоторых вычислений получим ( $a_1 = a$ ,  $b_1 = b$ ,  $n = 1$ )

$$\varphi'(z) = \sqrt{\frac{\lambda + \mu}{\mu} \cdot \frac{2\mu - \tau}{2(\lambda + \mu) + \tau}} \exp \left[ \frac{(a+b-2z) F_0 + 4 \ln a_0^2}{4 \sqrt{(z-a)(z-b)}} \right], \quad (2.1)$$

где

$$F_0 = \ln \left( \frac{\lambda + \mu}{\mu} \cdot \frac{2\mu - \tau}{2(\lambda + \mu) + \tau} \right). \quad (2.2)$$

Наша основная цель — вычислить значения касательного усилия  $X_y$  на  $L$  при  $x < a$  и  $x > b$ . Поэтому мы не приводим здесь реализацию алгоритма определения другой искомой функции  $\psi(z)$ , отмечая, что для этой цели достаточно определить граничные значения функции (2.1) на  $\Gamma$ , а затем использовать формулу (1.2).

Вернемся к намеченной цели. Поскольку

$$|\varphi'(x)| = \sqrt{\frac{\lambda + \mu}{\mu} \cdot \frac{2\mu - \tau}{2(\lambda + \mu) + \tau}} \exp \left[ \frac{(a+b-2x) F_0 + (a+b) F_0}{4 \sqrt{(x-a)(x-b)}} \right] \quad (2.3)$$

при  $x < a$ ,  $x > b$ , то, согласно (1.5), будем иметь

$$X_y = \frac{2\mu \left[ \left( \frac{\lambda + \mu}{\mu} \cdot \frac{2\mu - \tau}{2(\lambda + \mu) + \tau} \right) \exp \left( \frac{(a+b-2x) F_0 + 4 \ln a_0^2}{2 \sqrt{(x-a)(x-b)}} \right) - 1 \right]}{1 + \frac{2\mu - \tau}{2(\lambda + \mu) + \tau} \exp \left[ \frac{(a+b-2x) F_0 + 4 \ln a_0^2}{2 \sqrt{(x-a)(x-b)}} \right]}. \quad (2.4)$$

Эта формула, которая дает распределение касательных напряжений на  $L$  вне разреза  $[ab]$ , по сравнению с линейным классическим аналогом примечательна тем, что она зависит от упругих свойств материала и, во-вторых, в окрестности концов щели дает конечные значения напряжений  $X_y$ . В частности,  $\lim X_y = 2(\lambda + \mu)$  при  $x \rightarrow a_-$  или при  $x \rightarrow b_+$ . Этот результат теоретически доказывает наличие пластических участков в указанных местах, что и имеет место в действительности.

Вернемся к формуле (1.5) работы [4] и продифференцируем по  $x$  указанное соотношение. Тогда с использованием (1.2) получим на  $L$

$$u'_x = \left( \frac{\mu}{\lambda + 2\mu} + \frac{\lambda + \mu}{\lambda + 2\mu} \frac{1}{|\varphi'^2(x)|} \right) \operatorname{Re} \varphi'^2(x) + \frac{\sqrt{J} X_x}{4\mu |\varphi'^2(x)|} - 1, \quad (2.5)$$

$$v'_x = \left( \frac{\mu}{\lambda + 2\mu} + \frac{\lambda + \mu}{\lambda + 2\mu} \frac{1}{|\varphi'^2(x)|} \right) \operatorname{Im} \varphi'^2(x) + \frac{(\lambda + \mu)(|\varphi'^2(x)| - 1) \sqrt{I}}{2\mu |\varphi'^2(x)| (\lambda + \mu + \mu |\varphi'^2(x)|)}. \quad (2.6)$$

Подставляя в (2.5) граничные значения (2.1) на  $[ab]$ , получаем значения разрыва касательного упругого перемещения на краях щели.

Грузинский технический университет

(Поступило 8.3.1990)

დოკუმენტი თეორია

ლ. ლომოჯვინიძე

ბრტყელი არაწრფივი ამოცანა განივი ძვრის ველში გზარების  
შესახებ

რეზიუმე

განხილულია არაწრფივად დრეკადი ჰარმონიული ტიპის მასალის მქონე უსასრულო სიბრტყის დრეკადი წონასწორობის ამოცანა, როცა იგი შეიცავს



ერთი წრფის გასწვრივ განლაგებულ ბზარებს. ბზარების ნაპირებზე მოქმედებენ მხოლოდ ანტისიმეტრიული მხები ძალები. მიღებულია ამოცანის ზუსტი ამონახსენი. დამტკიცებულია, რომ ბზარების გარეთ მათი ბოლოების მახლობლობაში მხები ძაბვები შემოსაზღვრულია.

## THEORY OF ELASTICITY

L. G. DOBORJGINIDZE

### PLANE NONLINEAR PROBLEM OF CRACKS IN A FIELD OF TRANSVERSE SHEAR

#### Summary

The problem determining the stress state of an infinite plane of harmonic-type nonlinear elastic material with rectilinear cuts situated along one line is considered. Tangential skew-symmetric loads only act at the cut boundaries. The exact solution of the problem is obtained. It is proved that in the neighbourhood of slot ends, outside cuts, the tangential stresses are bounded.

#### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. И. Лурье. Нелинейная теория упругости. М., 1980.
2. Г. П. Черепанов. Механика хрупкого разрушения. М., 1974.
3. Л. И. Слепян. Механика трещин. Л., 1981.
4. Л. Г. Доборджинидзе. Изв. АН СССР, МТТ, № 4, 1989.



А. Г. ГАБЕЛАЯ

К ПРОБЛЕМЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНИМАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

(Представлено академиком В. К. Чичинадзе 21.3.1990)

Рассмотрим систему управления, описываемую уравнением

$$\dot{x} = Ax + Bu, \quad (1)$$

где  $x \in R^n$ ,  $u \in R^m$ , ( $m < n$ ) — вектора состояния и управления;  $A$  и  $B$  — постоянные матрицы соответствующих размерностей.

Будем предполагать, что матрица  $A$  не является гурвицевой (см. [1]), но при этом система (1) стабилизируема с помощью обратной связи вида

$$u = Cx,$$

где  $C$  — постоянная  $m \times n$  матрица; т. е. будем считать, что выполняется критерий стабилизируемости систем вида (1) (см. [2])

$$\text{rank}(A - sE_n, B) = n, \quad \forall s, \text{Res} \geq 0 \quad (2)$$

где  $E_n$  —  $n$ -мерная единичная матрица, а  $s$  — комплексный параметр. Будем изучать задачу определения минимальных полей регулирования [3] для систем вида (1).

Введем, вслед за [3, 4], следующие определения.

Определение 1. Совокупность  $x_{i_1, \dots, i_l}^T = (x_{i_1, \dots, i_l}, \dots, x_{i_1, \dots, i_l})$ , ( $1 \leq i_1 < \dots < i_l \leq n$ ) будем называть полем регулирования размерности  $l$  системы (1), если существует управление вида

$$u = Cx_{i_1, \dots, i_l}, \quad (3)$$

где  $C$  —  $m \times l$ -постоянная матрица, стабилизирующая систему (1).

Определение 2. Поле минимального измерения, на котором существует управление вида (3), стабилизирующее систему (1), будем называть минимальным, а ее размерность обозначать через  $l_0$ .

В работе [4] были найдены достаточные условия существования стабилизирующей обратной связи над заданным полем.

Предложим один общий подход решения поставленной проблемы.

Обозначим через  $H_{i_1, \dots, i_l}^{(l)}$  —  $l \times n$  матрицу, строки которой  $h_j^{(l)T}$  определяются следующим образом:

$$h_j^{(l)T} = l_j^T; \quad j = 1, 2, \dots, l, \quad (4)$$

где  $l_j$  — единичный вектор,  $i_j$ -ая компонента которой равняется единице.

Из определения матрицы  $H_{i_1, \dots, i_l}^{(l)}$  непосредственно следует справедливость следующего соотношения:

$$x_{i_1, \dots, i_l} = H_{i_1, \dots, i_l}^{(l)} \cdot x.$$

Отсюда, в свою очередь, следует справедливость следующих утверждений.

Утверждение 1.  $x_{i_1, \dots, i_l}^T$  является полем регулирования системы (1) тогда и только тогда, когда система с неполной информацией



$$\dot{x} = Ax + Bu,$$

$$y = H_{i_1, \dots, i_l}^{(l)} \cdot x, \quad (5)$$

стабилизируема в классе управлений вида

$$u = Cy, \quad (6)$$

где  $C$  —  $m \times l$ -матрица.

Утверждение 2. Размерность минимального поля регулирования системы (1) определяется выражением

$$l_0 = \min_k \{l_k\},$$

где  $l = l_k$  — числа, для которых система с неполной информацией (5) стабилизируема (при соответствующем выборе  $i_1, \dots, i_l$ ;  $1 \leq i_1 < \dots < i_l \leq n$ ) в классе управлений вида (6).

Таким образом, задача определения минимальных полей регулирования системы (1) сводится к выяснению стабилизируемости нескольких систем с неполной информацией вида (5).

Это очевидно, имеет смысл, так как в настоящее время существует большое количество работ, посвященных изучению стабилизируемости систем с неполной информацией (см. [5]).

С другой стороны, вышеизложенное позволяет наглядно представить себе сложность задачи определения минимальной размерности полей регулирования данной системы.

Таким образом, для нахождения минимальных полей регулирования систем вида (1) в случае  $n=2$  и  $n=3$ , могут быть использованы результаты работ [6, 7].

В общем же случае можно использовать следующую оценку  $l_0$ :

$$\min(m, l_0) \geq n - \min_s \text{rank}(A - sE_n, \text{Res} > 0),$$

которая является обобщением систем с неполной информацией результата работы [8].

Кроме того, можно применить необходимое условие стабилизируемости систем с неполной информацией в классе управлений вида (6) (см. [9]), которое в данном случае примет вид

$$\begin{cases} \text{rank}(A - sE_n, B) = n \\ \forall s, \text{Res} > 0 \\ \text{rank}(A^T - sE_n, H_{i_1, \dots, i_l}^{(l)T}) = n \\ \forall s, \text{Res} > 0 \end{cases} \quad (7)$$

Проиллюстрируем вышесказанное на простых примерах.

Пример 1. Рассмотрим систему вида (1), где

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}; \quad B = b = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

В этом случае

$$(A - sE_2, b) = \begin{pmatrix} 1-s & 0 \\ 0 & -s \end{pmatrix}$$

и как легко проверить, условие (2) выполняется.

Посмотрим, является ли нет данная система стабилизируемой при неполной информации вида

$$H_1 = h_1^T = (1 \ 0). \quad (8)$$

В этом случае

$$(A^T - sE_2, h_1) = \begin{pmatrix} 1-s & 0 \\ 0 & -s \end{pmatrix}.$$



Ранг этой матрицы при  $s=0$  равняется единице, т. е. не выполняется необходимое условие стабилизируемости (7). Следовательно,  $x_1$  не является полем регулирования данной системы.

Возьмем сейчас

$$H_2 = h_2^T = (0 \quad 1). \quad (9)$$

В этом случае

$$(A^T - sE_2, h_2) = \begin{pmatrix} 1-s & 0 & 0 \\ 0 & -s & 0 \end{pmatrix},$$

ранг которой при  $s=1$  равно единице. Следовательно, не выполняется необходимое условие стабилизируемости т. е.  $x_2$  также не является полем регулирования.

Таким образом, для данной системы  $l_0=2$ .

Пример 2. Рассмотрим систему, где

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}; \quad B = b = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

В этом случае условие (2) выполняется.

Рассмотрим случай неполной информации типа (8).

В этом случае имеем

$$A = bch_1^T = \begin{pmatrix} 1+c & 0 \\ c & -1 \end{pmatrix}.$$

Следовательно, в этом случае замкнутая система становится асимптотически устойчивой при  $c < -1$ , т. е.  $x_1$  является полем регулирования системы. Следовательно, для данной системы  $l_0=1$ .

Интересно отметить, что при этом  $x_2$  не является полем регулирования системы.

Действительно, при неполноте информации вида (9), матрица

$$(A^T - sE_2, h_2) = \begin{pmatrix} 1-s & 0 & 0 \\ 0 & -1-s & 1 \end{pmatrix}$$

имеет ранг, равный единице при  $s=1$ . Следовательно, нарушается необходимое условие стабилизируемости (7).

Пример 3. Рассмотрим систему вида (1), где

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & -1 \end{pmatrix}; \quad B = b = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Матрица  $A$  не является гурвицевой; ее собственные значения

$$\lambda_1 = 0; \quad \lambda_{2,3} = \frac{-1 \pm \sqrt{3}j}{2}.$$

Условие (2) выполняется.

Рассмотрим случай неполной информации

$$H_1^{(1)} = h_1^T = (1 \quad 0 \quad 0).$$

В этом случае матрица замкнутой системы имеет вид

$$A + bch_1^T = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ c & -1 & -1 \end{pmatrix}.$$

Найдем условия гурвицевости этой матрицы (см. [7]).

$$\operatorname{tr}(A + bch^T) = -1 < 0$$

$$|A + bch^T| = c < 0$$

(10)

$$|\overline{A + bch^T}| = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 1 \\ -c & 1 & 1 \end{vmatrix} = -c - 1 < 0,$$

где «—» обозначает «перекрестную сумму матрицы с самим собой» [10].

Из (10) находим

$$-1 < c < 0.$$

Таким образом, приходим к выводу:  $x_1$  является минимальным полем регулирования системы (т. е.  $l_0 = 1$ ).

Институт управления  
 народным хозяйством  
 при Совете Министров ГССР

(Поступило 22.3.1990)

კიბერნეტიკა

ა. გაბელაია

დინამიური სისტემების რეგულირების მინიმალურ ველთა  
 განსაზღვრის შესახებ

რეზიუმე

დინამიური სისტემებისათვის რეგულირების მინიმალური ველის განსაზღვრის ამოცანა დაყვანილია ამ სისტემის სტაბილიზებადობის ამოცანებზე ინფორმაციის არასრულობის პირობებში.

CYBERNETICS

A. G. GABELAIA

## ON THE PROBLEM OF DEFINING MINIMAL CONTROL FIELDS FOR DYNAMIC SYSTEMS

Summary

The problem of defining minimal control fields for dynamic systems is reduced to the problem of stabilizability in the case of incomplete information.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Ф. Р. Гантмахер. Теория матриц. М., 1967.
2. А. Г. Габелая, В. И. Иваненко, О. Н. Одарич. Кибернетика, № 3, 1975.
3. А. М. Летов. Диффер. уравнения, № 4, 1970.
4. В. Н. Розова. Автоматика и телемеханика, № 3, 1973.
5. И. К. Асмыкович, Р. Габасов, Ф. М. Кириллова, В. М. Марченко. Автоматика и телемеханика, № 11, 1986.
6. А. Г. Габелая. Сообщения АН ГССР, 112, № 1, 1983.
7. А. Г. Габелая. Сообщения АН ГССР, 116, № 3, 1984.
8. Р. Габасов, Ф. М. Кириллова, В. М. Марченко, И. К. Асмыкович. Математические проблемы управления линейными конечномерными системами. Препринт. Минск: Ин-т математики АН БССР, № 20, 1983.
9. А. Г. Габелая, В. И. Иваненко, О. Н. Одарич. Сб. «Адаптивные системы автоматического управления». Киев, 1974.
10. Э. Джурн. Иноры и устойчивость динамических систем. М., 1979.



Г. Г. ЧОГОВАДЗЕ (член-корреспондент АН ГССР), Т. В. ХАРЕБАВА

## О НЕКОТОРЫХ ОПТИМАЛЬНЫХ РАСПИСАНИЯХ В СИСТЕМАХ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОТОЧНОГО ТИПА

Пусть имеется множество из  $N$  требований, которое обслуживается последовательными приборами, число которых равно  $M$ . Последовательность обслуживания каждого требования приборами одна и та же. Будем считать, что она определяется номером соответствующего прибора. Одновременное обслуживание любого требования несколькими приборами не допускается. Каждый прибор обслуживает не более одного требования одновременно. Предполагается, что требования поступают в систему обслуживания не одновременно и для  $i$ -го требования задан момент поступления в систему  $d_i \geq 0$  ( $i = \overline{1, N}$ ). Известны также длительности обслуживания каждого требования каждым прибором  $t_{iL} \geq 0$  ( $i = \overline{1, N}$ ;  $L = \overline{1, M}$ ).

В процессе обслуживания каждого требования возможны прерывания, т. е.  $i$ -е требование может обслуживаться  $L$ -м прибором по частям при условии, что суммарное время обслуживания равно  $t_{iL}$ . При этом предполагается, что на прерывание не расходуется дополнительное время. Процесс обслуживания  $i$ -го требования любым прибором может быть прерван в произвольный момент времени и затем возобновлен. Предполагается, что число прерываний неограниченно, но конечно и после каждого прерывания  $L$ -й прибор может обслуживать любое требование, готовое к обслуживанию. В то же время требование, обслуживание которого прервано, не обслуживается  $(L+1)$ -м прибором до окончания обслуживания  $L$ -м прибором.

Будем обозначать через  $Z(N, M)$  описанные выше системы обслуживания поточного типа с различными сроками поступления требований и допустимыми прерываниями процесса обслуживания.

Одним из возможных критериев построения расписаний для рассматриваемых систем поточного типа является оптимизация по быстродействию. Это соответствует такой стратегии планирования, когда требуется как можно быстрее выполнить все плановые задания для того, чтобы, например, получить премию за скорейшее их выполнение. Оптимальным по быстродействию расписанием будем называть расписание, минимизирующее значение

$$\overline{t_{\max}}(S) = \max \{ \overline{t_{iL}}(S); i = \overline{1, N}, L = \overline{1, M} \},$$

где  $t_{iL}$  — момент полного завершения обслуживания  $i$ -го требования  $L$ -м прибором в расписании  $S$ .

Приведем некоторые свойства оптимальных по быстродействию расписаний для рассматриваемых систем обслуживания поточного типа  $Z(N, M)$ .

**Теорема 1.** Пусть заданы система обслуживания  $Z(N, M)$  и  $l$  число различных  $d_i$ , тогда оптимальное по быстродействию расписание  $S^*$  можно искать в классе расписаний, при которых число прерываний не превосходит  $l + (M-2)(N-1)$ , причем  $M$ -й прибор обслуживает требования без прерываний.

**Доказательство.** Покажем сначала, что оптимальное расписание можно искать в классе таких расписаний, при которых  $M$ -й прибор обслуживает требования без прерываний. В самом деле, пусть  $i$ -е требование обслуживается  $M$ -м прибором в интервалах  $[t_1, t_2]$  и  $[\bar{t}_1, \bar{t}_2]$ , ( $t_2 < \bar{t}_1$ ), а в промежутке  $[t_2, \bar{t}_1]$  обслуживается последовательность других требований при некотором расписании  $S$ . Тогда, как показано в [1], можно преобразовать расписание  $S$  в расписание  $S'$  так, что обслуживание  $i$ -го требования не прерывается  $\bar{t}_{\max}(S') = \bar{t}_{\max}(S)$ . Причем процесс преобразования расписания  $S$  в расписание  $S'$  не меняет порядок обслуживания на других приборах, отличных от  $M$ -го.

Положим  $\bar{t}_L(S) = (\bar{t}_{1L}(S), \dots, \bar{t}_{NL}(S))$ , где  $\bar{t}_{iL}(S)$  — момент завершения обслуживания  $i$ -го требования  $L$ -м прибором в расписании  $S$ . Будем писать  $\bar{t}_L(S_1) \geq \bar{t}_L(S_2)$ , если  $\bar{t}_{iL}(S_1) \geq \bar{t}_{iL}(S_2)$  при всех  $i = \overline{1, N}$ .

Из теоремы 1.1 [2] следует, что для любого расписания  $S$  существует расписание  $\tilde{S}_L$ , при котором на  $L$ -м приборе ( $L = \overline{1, M}$ ) процесс обслуживания прерывается лишь в моменты поступления требований на обслуживание данным прибором и  $\bar{t}_L(S) \geq \bar{t}_L(\tilde{S}_L)$ , а значит, и  $\bar{t}_{\max}(S) \geq \bar{t}_{\max}(\tilde{S}_L)$ .

Преобразуем теперь последовательно произвольное расписание  $S$  в  $S'$ , а затем в расписание  $\tilde{S}_1, \tilde{S}_2, \dots, \tilde{S}_{M-1}$ . Обозначим полученное расписание через  $\tilde{S}$ . Число прерываний обслуживания требований 1-м прибором при расписании  $\tilde{S}$  не более  $l$ . В силу условия теоремы ясно, что на остальные приборы, начиная со 2-го, все требования поступают в различные моменты времени. Поэтому число прерываний обслуживания требований приборами со 2-го по  $(M-1)$ -й не превосходит  $N-1$ . Поскольку, как было указано выше,  $\bar{t}_{\max}(S) = \bar{t}_{\max}(S') \geq \bar{t}_{\max}(\tilde{S}_1) \geq \bar{t}_{\max}(\tilde{S}_2) \geq \dots \geq \bar{t}_{\max}(\tilde{S}_{M-1}) = \bar{t}_{\max}(\tilde{S})$ , расписание  $\tilde{S}$  относится к классу расписаний, указанных в условии теоремы.

Рассмотрим другой вариант планирования, когда каждую партию деталей требуется обработать к определенному сроку. В этом случае, естественно, стратегия планирования меняется и наиболее целесообразно строить календарный план так, чтобы выполнить все задания своевременно или минимизировать задержки выполнения.

Сформируем соответствующую задачу теории расписаний. Пусть в обслуживающую систему поточного типа  $Z(N, M, d, D)$ , состоящую из  $M$  приборов, поступает множество из  $N$  требований, длительность обслуживания  $i$ -го требования  $L$ -м прибором равна  $t_{iL} \geq 0$ .

Требования поступают в систему в различные моменты времени  $id \geq 0$ , причем предполагается, что среди чисел  $di$  имеется  $l > 1$  различных. Для каждого  $i$ -го требования задан директивный срок  $D_i$ , к которому желательно завершить обслуживание этого требования всеми приборами. Расписание  $S$  будем называть допустимым, если в соответствии с этим расписанием выполнение  $i$ -го требования заканчивается к моменту времени, заданному директивным сроком  $D_i$ . Таким образом, задача построения календарного плана, в соответствии с которым все задания выполнялись бы своевременно, сводится к задаче нахождения допустимого расписания для данной обслуживаю-

щей системы. Задача же составления календарного плана, минимизирующего задержки выполнения работ, сводится к задаче построения расписания, при котором значение максимального временного смещения  $L_{\max}(S) = \max\{t_{iM}(S) - D_i | i = \overline{1, N}\}$  является наименьшим, либо к построению расписаний, минимизирующего суммарную временную задержку, т. е.

$$\sum_{i \in A} (t_{iM}(S) - D_i) \text{ где } A = \{i : 1 \leq i \leq N \& (t_{iM}(S) - D_i) \geq 0\}$$

Как известно [2], задача построения расписаний указанного типа является  $NP$ -трудной в сильном смысле при  $M \geq 2$ . Поэтому весьма важно попытаться описать некоторые свойства таких расписаний.

**Теорема 2.** Пусть задана система обслуживания  $Z(N, M, d, D)$ . Тогда допустимое расписание можно искать в классе таких расписаний, в которых прерывания обслуживания требований происходят лишь в момент поступления требований на обслуживание приборами.

**Доказательство.** Если  $S$  — некоторое допустимое расписание для системы обслуживания  $Z(N, M, d, D)$ , то, так как в доказательстве теоремы 1 его можно преобразовать в расписание  $\tilde{S}_L$ , при котором на  $L$ -м приборе процесс обслуживания прерывается лишь в моменты поступления требований на обслуживание данным прибором и  $t_L(S) \geq t_L(\tilde{S}_L)$ , следовательно, расписание  $\tilde{S}_L$  также является допустимым. Таким образом, преобразуя последовательно расписание  $S$  в расписания  $\tilde{S}_1, \tilde{S}_2, \dots, \tilde{S}_M$ , получаем расписание из указанного класса, которое является допустимым.

**Следствие 1.** Допустимое расписание для системы обслуживания  $Z(N, M, d, D)$  можно искать в классе расписаний, при которых число прерываний не превосходит  $l + (M-1)(N-1)$ .

Аналогично теореме 2 можно доказать следующую теорему:

**Теорема 3.** Пусть задана система обслуживания  $Z(N, M, d, D)$ . Тогда расписание, оптимизирующее максимальное временное смещение, и расписание, оптимизирующее суммарную временную задержку, можно искать в классе таких расписаний, в которых прерывания обслуживания требований происходят лишь в моменты поступления требований на обслуживание приборами.

**Следствие 2.** Для системы обслуживания  $Z(N, M, d, D)$  расписание, оптимизирующее максимальное временное смещение, и расписание, оптимизирующее суммарную временную задержку, можно искать в классе расписаний, при которых число прерываний не превосходит  $l + (M-1)(N-1)$ .

На основе доказанных утверждений можно строить различные автоматизированные системы оперативно-календарного планирования, которые позволят существенно повысить эффективность использования оборудования.

ბ. ჩოგოვაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის  
 წევრ-კორესპონდენტი), თ. ხარებავა

ნაკადური ტიპის მომსახურების სისტემებში ზოგიერთი ოპტიმალური  
 განრიგის შესახებ

რეზიუმე

ნაპოვნია ნაკადური ტიპის სისტემებისათვის სწრაფქმედების მიხედვით  
 ოპტიმალური განრიგი, დადგენილია მაქსიმალური დროითი წანაცვლების და  
 დაყოვნების ჯამური დროის მათემატიკური განრიგების კლასები.

CYBERNETICS

G. G. CHOGVADZE, T. V. KHAREBAVA

## ON SOME OPTIMAL SCHEDULES IN THE PRODUCTION-LINE SERVICE SYSTEMS

Summary

An optimal speed schedule for a production-line system has been  
 found; a set of schedules to optimize maximal temporal shift and an aggre-  
 gate time delay has been developed.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. С. Танаев, Ю. Н. Сотсков, В. А. Струевич. Теория расписаний. Многостадийные системы. М., 1989.
2. В. С. Танаев, В. С. Гордон, Я. М. Шафранский. Теория расписаний. Одностадийные системы. М., 1984.

Р. П. ДЖАНГОБЕГОВ

## ОПТИКА РЕНТГЕНОВОДОВ

(Представлено академиком И. Г. Гвердцители 16.12.1989)

Большой интерес, проявляемый к волоконным световодам, связан с ними как со средствами гибкой передачи электромагнитных колебаний в видимой, инфракрасной и ультрафиолетовой областях спектра [1]. Логичны поиски соответствующих средств для гибкой канализации излучения и в рентгеновской области спектра — рентгеноводов [2—4].

По аналогии с волоконной оптикой, для полного внутреннего отражения рентгеновского излучения на границе раздела двух сред необходимо, чтобы показатель преломления рентгеноведущей жилы был больше показателя преломления отражающей оболочки. Как известно [5], показатель преломления сред в рентгеновской области спектра обратно пропорционален атомному номеру  $Z$  материалов и соизмерим с величиной  $n \approx 1 - 10^{-6}$ . Для вакуума  $n = 1$ . Поэтому при любой комбинации материалов для сердцевин и оболочки рентгеновод будет иметь ничтожно малый угол полного отражения. Для случая капилляра, т. е. рентгеновода с сердцевиной — воздух и оболочкой — твердое тело, числовая апертура рентгеновода  $A_0 = \sin \theta = 10^{-2} - 10^{-4}$ , где  $\theta$  — угол скользющего отражения.

Традиционно в рентгеновской оптике принят термин «полное внешнее отражение», а углы падения и отражения отсчитываются от луча к поверхности падения. В соответствии с этим, угол полного внешнего отражения рентгеновского луча  $\theta \approx 10^{-2} - 10^{-4}$  радиан. И соответственно

$$A_0 = \sin \theta \approx \theta.$$

Интенсивность волны, многократно отраженной на поверхности рентгеновода [6]

$$R(\theta) = [r(\theta)]^N,$$

где  $r(\theta)$  — коэффициент однократного отражения, а  $N$  — количество отражений.

В прямом рентгеноводе длиной  $L$  и диаметром  $d$  количество отражений

$$N = \frac{L \operatorname{tg} \theta}{d},$$

и соответственно с этим интенсивность выходящего из рентгеновода излучения можно записать в виде

$$R = \int_0^{\theta_{\text{кр}}} [r(\theta)]^{\frac{L \operatorname{tg} \theta}{d}} d\theta.$$

Используя формулу Френеля [7]

$$r(\theta) = [1 - 2\theta / \sqrt{\epsilon - 1}]^2,$$

можно получить коэффициент отражения для скользющего под нулевым углом луча [6]

$$R_0 = [\exp(-\alpha / \sqrt{\varepsilon - 1})]^2, \quad (1)$$

где  $\varepsilon$  — вещественная часть диэлектрической проницаемости стекла (при  $\lambda < 300 \text{ \AA}$   $\varepsilon \approx 1$ );  $\alpha$  — угол разворота излучения относительно входа.

Рентгеноводы особенно эффективны при передаче пучка рентгеновских лучей по криволинейному пути. Учитывая величину  $\Theta$ , в изогнутом рентгеноводе отражение излучения должно происходить только от одной — вогнутой стороны стенки. В противном случае лучи, отраженные от выпуклой стороны рентгеновода, упадут на противоположную сторону под углом, большим  $\Theta_{кр}$ , что нарушит условие полного внешнего отражения.

Для поворота рентгеновского излучения на угол  $\alpha$  необходимо  $\alpha/2\theta$  количество отражений от вогнутой стороны рентгеновода (рис. 1).

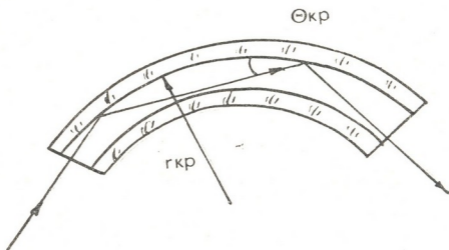


Рис. 1. Ход рентгеновских лучей в изогнутом рентгеноводе, где  $r_{кр}$  — радиус изгиба,  $\Theta_{кр}$  — критический угол полного внешнего отражения

При уменьшении  $\Theta$  число отражений  $N = \alpha/\theta$  возрастает, однако и коэффициент отражения  $r(\theta)$  также приближается к 1, поэтому суммарный коэффициент отражения  $R(\theta)$  — конечная величина (выражение 1).

Как видно из выражения (1), результирующий коэффициент отражения не зависит от радиуса изгиба рентгеновода, ослабление пучка определяется углом разворота луча  $\alpha$ . (Это справедливо, если радиус изгиба рентгеновода больше или равен критическому углу).

Пучок, параллельный касательной к изогнутому рентгеноводу и проходящий касательно выпуклой части рентгеновода, испытывает полное внешнее отражение на вогнутой стороне, падая на нее под углом  $\Theta$

$$\Theta_{кр} = \sqrt{\frac{2d}{r_{кр}}}, \quad (2)$$

где  $d$  и  $r_{кр}$  — диаметр рентгеновода и критический радиус его изгиба.

Экспериментальная проверка вышесказанных положений была осуществлена на пучке капиллярных рентгеноводов, спеченных по образующим сечением  $2 \times 10$  мм и длиной 100 см. Диаметр отдельных рентгеноводов  $d = 80$  мкм, коэффициент полезного заполнения сечения  $k = 0,3$ .

Изгибы рентгеновода проводились на круговых шаблонах различного диаметра с  $5^\circ$ -ным шагом поворота излучения. На рис. 2 пока-



заны результаты измерений пропускания рентгеновода в зависимости от угла поворота излучения (за 100% принято пропускание прямого рентгеновода). Зависимость (график 1) получена теоретически, для чего были использованы зависимости (1) и (2), а также некоторые

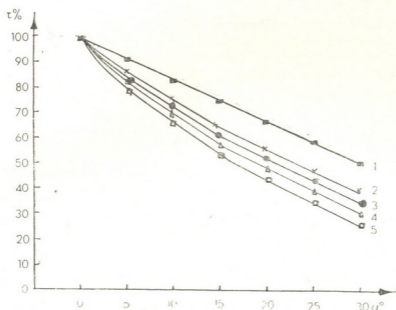


Рис. 2. Зависимость пропускания рентгеновода от угла поворота излучения  $\alpha^\circ$ : 1 — расчетная; 2 — при изгибе радиусом  $r_{кр}$ , 3, 4, 5, — при изгибах  $r > r_{кр}$

упрощения, вытекающие из геометрического приближения распространения излучения.

Как видно из выражения (2) и рис. 1, рентгеновод можно изогнуть под сколь угодно малым радиусом, однако при этом резко уменьшается сечение захвата излучения рентгеноводом. Для передачи пучка лучей диаметром  $D$  по криволинейному пути с минимальным радиусом изгиба по трассе  $r_{кр}$  необходим набор отдельных рентгеновдов в количестве  $M$ .

$$M = \frac{D}{d + \Delta},$$

где  $\Delta$  — толщина стенок рентгеновода.

Малая длина волны рентгеновского излучения накладывает жесткие ограничения на качество отражающей поверхности и, тем более, при скользящем отражении. Материал рентгеновода должен обладать следующими свойствами:

1. Должен состоять из тяжелых элементов.
2. Обладать высокой механической твердостью, обеспечивая высокое качество полировки.
3. Высокой температурой рекристаллизации, препятствующей изменению структуры поверхности в процессе полировки.
4. Низкой пористостью.

Высокое качество полировки поверхности является необходимым условием функционирования рентгеновода.

При соблюдении жестких граничных условий открываются широкие возможности создания большой элементной базы волоконных рентгеновдов для гибкой транспортировки, пространственного и функционального преобразования пучка рентгеновского излучения. К ним относятся: капиллярные прямые рентгеноводы, капиллярные изогнутые рентгеноводы, желобные изогнутые рентгеноводы, капиллярные конические рентгеноводы, многоэлементные фокусирующие «полуволенно-

вые» рентгеноводы, многоэлементные фокусирующие «четвертьволновые» рентгеноводы.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт кибернетики

(Поступило 22.2.1990)

ფიზიკა

რ. ჯანგობეგოვი

რენტგენბამბარების ოპტიკა

რეზიუმე

მოცემულია რენტგენული გამოსხივების ბოჭკოვან ელემენტებში — რენტგენგამბარებში გავრცელების საფუძვლები. განხილულია რენტგენის სხივების დრეკადი გადაცემის ელემენტები.

PHYSICS

R. P. JANGOBEGOV

X-RAY GUIDES OPTICS

Summary

The main principles of X-radiation propagation through fibre elements—X-ray guides are presented in the paper. Such X-ray guides allow to bend radiation, to focus, defocus, collimate convergent and divergent beams of X-radiation.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Б. Д. Вейнберг, Д. К. Саттаров. Оптика световодов. Л., 1977.
2. Р. П. Жангобегов. Тезисы докладов на I Всес. конфер. по оптической обработке информации. 1988.
3. М. А. Кумахов, А. Н. Коломийцев, И. Ю. Пономарев. Тезисы докладов III Всесоюзной конференции по излучению релятивистских частиц в кристаллах. Нальчик, 1988.
- 4.
5. Сб. «Рентгеновские лучи». М., 1960.
6. А. В. Виноградов, С. И. Сагитов. Квантовая электроника, т. 10, № 11, 1983.
7. Л. П. Ландау, Б. М. Лифшиц. Электродинамика сплошных сред. М., 1957.

Л. Н. ГЛУРДЖИДЗЕ, М. Ю. СТАМАТЕЛИ, Т. С. ЛОЧОШВИЛИ,  
 Э. В. ДОКАДЗЕ, З. У. ДЖАБУА, Т. О. ДАДИАНИ

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛЕНОК  
 НЕКОТОРЫХ АНТИМОНИДОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ  
 ЭЛЕМЕНТОВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. И. Савадзе 19.2.1990)

Интенсивное экспериментальное исследование соединений редкоземельных элементов (РЗЭ) с промежуточной валентностью РЗ иона [1] отнюдь не охватило в достаточной мере все группы этих материалов. К малоизученным соединениям РЗЭ относятся пниктиды, хотя и характеризуются нетривиальными электрофизическими параметрами [2, 3], своеобразием в строении энергетических состояний [4].

В сообщении представлены температурные зависимости основных электрофизических параметров ( $\rho$ ,  $R_H$ ,  $\mu_H$ ,  $\alpha$ ) пленок моноантимонида тулия, диантимонидов самария и иттербия. Измерения проводились в области 100—300 К, на постоянном токе и напряженности

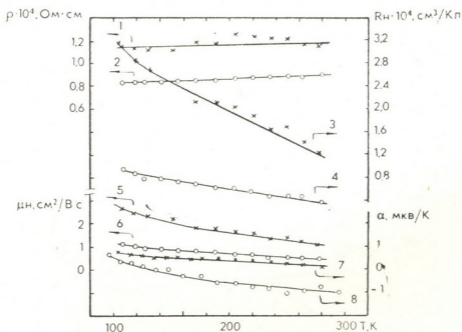


Рис. 1. Температурные зависимости электрических параметров пленок моноантимонида тулия ( $q = +2,2-1,3,5,7; +2,7-2,4,6,8$ )

магнитного поля 20 кЭ. Температура образца, а также градиент температур (при измерении термо-э.д.с.) стабилизировались автоматически. Шесть медных контактных площадок (с подслоем из хрома для улучшения адгезии) напылялись на свежеприготовленные (с холловской конфигурацией) пленки, которые были получены вакуумным термическим напылением из двух независимых источников (подложки — ситалл, сапфир) [5—7]. Обсуждаемые результаты обобщены по данным, полученным от однофазных, кристаллических (текстурированных), хорошей однородности 14 пленок TmSb, 10 YbSb<sub>2</sub> и 15 SmSb<sub>2</sub>

(для контроля использовались рентгенодифрактометрические, электронографические методы, рентгеновский микронд, Оже-спектроскопия). Толщина измерялась микроинтерферометром МИИ-4. Основные сведения о пленках приведены в таблице. Там же указано валентное состояние  $q$  и ионов Tm и Yb [10, 11], определенное абсорбционной рентгеновской  $L_3$ -спектроскопией. Величина  $q$  коррелирует с окраской пленки (следует учитывать, что на поверхности пленки валентность, видимо, существенно отличается от усредненной по объему). Для Sm валентность не определялась, однако имеющиеся данные свидетельствуют скорее о ее нецелочисленности, тем более что тут могут быть получены слои отличающейся окраски.

Параметры исследуемых пленок

Соединения	Синг. структур. тип	Толщина, мкм	Параметры решетки, Å						Валентность	Цвет поверхности	
			пленки			объем. крист.					
			a	b	c	a	b	c			лнтра
TmSb	Куб.,	0,1—	6,07			6,083			8	+2,2,	Фиолетовый Золотистый
	NaCl	0,4	+ 0,01							+2,7 +0,1	
YbSb <sub>2</sub>	Ромб.,	0,1—	4,54	16,63	4,27	4,563	16,63	4,27	9	+2,2,	Фиолетовый Коричневый
	ZrSi <sub>2</sub>	0,6	+ 0,02	+ 0,03	+ 0,03					+2,5 +0,1	
SmSb <sub>2</sub>	Ромб.,	0,1—	6,20	6,06	17,84	6,171	6,051	17,89	9		
	LaSb <sub>2</sub>	0,4	+ 0,02	+ 0,02	+ 0,03						

Для большинства соединений наблюдается близкая к линейной температурная зависимость удельного сопротивления (рис. 1—3) с положительным температурным коэффициентом. Лишь у пленок YbSb<sub>2</sub>

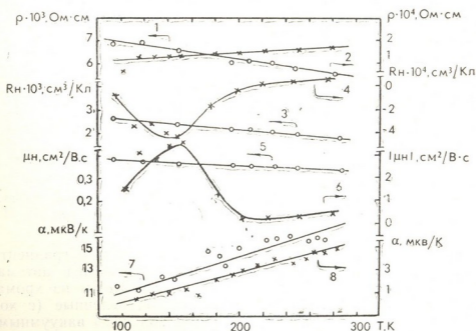


Рис. 2. Температурные зависимости электрических параметров пленок диантимонида иттербия ( $q = +2,2-1,3,5,7; +2,5-2,4,6,8$ )

с  $q = +2,2$  он отрицателен, а величина  $\rho$  значительно превышает ее значение в пленках с  $q = +2,5$ . Минимальной величиной сопротивления обладают пленки  $\text{SmSb}_2$ .

Корреляция между холловскими данными и валентностью проявляется в пленках  $\text{TmSb}$  и  $\text{YbSb}_2$ . Как видно из рисунков, при увеличении валентности значения постоянных Холла и холловской подвижности существенно уменьшаются, а в пленках диантимонида иттербия

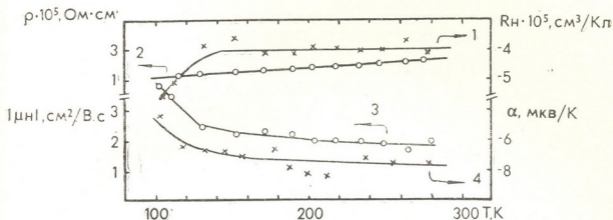


Рис. 3. Температурные зависимости электрических параметров пленок диантимонида самария

с  $q = +2,5$  наблюдаются формирование максимума и изменение знака  $R_H$ . Аномалии постоянной Холла, ее температурной зависимости часто сопутствуют явлению переменной валентности. Наличие широких, хорошо сформированных экстремумов  $R_H(T)$ , изменение знака  $R_H$  связаны со своеобразием процессов рассеяния, вкладом различных механизмов [12]. Знаки постоянной Холла и коэффициента Зеебека совпадают у пленок диантимонида самария, в других исследуемых соединениях это наблюдается не всегда. Чувствительность знака термо-э.д.с. к валентному состоянию РЗ иона определяется особенностями  $g(E)$  (плотности f-состояний), локализацией уровня Ферми — попаданием его в область, где  $\partial g/\partial E$  больше или меньше нуля [13].

В заключение отметим, что величины электрофизических параметров пленок  $\text{TmSb}$  согласуются со значениями, полученными на объемных образцах [8]. Кристаллы диантимонидов РЗЭ не исследовались, полученные же результаты коррелируют с параметрами материалов с промежуточной валентностью РЗ иона.

Грузинский технический университет

(Поступило 1.3.1990)

ფიზიკა

ლ. გულუჯიძე, მ. სტამბალი, თ. ლორთქიფანი, ე. დოკაძე, ზ. ჯაბუა, თ. ღაღინი

ივნიკატი მიწა ელემენტების ზოგიერთი ანტიმონიდის თხელი ფირების ელექტროფიზიკური თვისებები

რეზიუმე

შესწავლილია  $\text{TmSb}$ ,  $\text{YbSb}_2$ ,  $\text{SmSb}_2$  თხელი ფირების ძირითადი ელექტროფიზიკური პარამეტრების (წინაღობის, ჰოლის კოეფიციენტის, ჰოლის



ძვრადობის, თერმოელექტრომაგნიტური ეფექტების (ძალის) ტემპერატურულ დამოკიდებულებები 100—300 K ტემპერატურულ ინტერვალში. მიღებული შედეგები ეთანხმება ცვლადი ვალენტობის მქონე იშვიათ მიწა იონის შემცველი მასალების პარამეტრების სიდიდეებს.

## PHYSICS

L. N. GLURJIDZE, M. Yu. STAMATELI, T. S. LOCHOSHVILI,  
E. V. DOKADZE, Z. U. JABUA, T. O. DADIANI

ELECTRICAL PROPERTIES OF RARE-EARTH  
ANTIMONIDE FILMS

## Summary

Temperature dependences of the main electrophysical parameters (resistivity, Hall coefficient, Hall mobility, thermoelectromotive force) of TmSb, YbSb<sub>2</sub>, SmSb<sub>2</sub> thin films have been investigated in the temperature range 100—300 K. The values of the parameters are in agreement with those obtained for variable valency systems.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. R. D. Parks. *Hiperfine Interactions*, v. 25, №1-4, 1985, 565.
2. V. Vijayasarathar *et al.* *J. Phys. Soc. Japan*, v. 5, № 1 1981, 19.
3. ლ. ნ. გლურჯიძე, თ. ო. დადიანი, ზ. უ. ჯაბუა, ე. ვ. დოკაძე, მ. ს. ტაკთაქიშვილი, *В. В. Санадзе ФТТ*, т. 28, № 9, 1986, с. 2860.
4. T. Kasuya *et al.* *Metals*, v. 111, 1985, 195.
5. თ. ო. დადიანი, ზ. უ. ჯაბუა, ე. ვ. დოკაძე, ლ. ნ. გლურჯიძე, *В. В. Санадзе. Сообщения АН СССР*, 126, № 2, 1987, 357.
6. თ. ო. დადიანი, ზ. ვ. დოკაძე, ზ. უ. ჯაბუა, თ. ს. ლოქოშვილი, ლ. ნ. გლურჯიძე, *В. В. Санадзе. Сообщения АН ГССР*, 134, № 2, 1989, 366.
7. ზ. უ. ჯაბუა, ე. ვ. დოკაძე, ლ. ნ. გლურჯიძე. *Сообщения АН ГССР*, 1990, 138, № 1.
8. Г. В. Самсонов, М. И. Абдусалимова, Х. Шокиров, С. А. Прихина. *Изв. АН СССР, Неорг. матер.*, т. 10, № 11, 1974, 1951.
9. R. E. Vodnar, H. Steinfink. *Inorganic Chem.*, v. 6, № 2, 1967, 328.
10. ლ. ნ. გლურჯიძე, თ. ო. დადიანი, ზ. უ. ჯაბუა, თ. ლ. პლავინსკი, ა. ვ. გიგინეიშვილი, ე. ვ. დოკაძე, *В. В. Санадзе, ლ. დ. Финкельштейн, Н. Н. Ефремова. Материалы 4-го советско-западногерманского семинара. Сухуми, 1987, Тбилиси, 1988, 167.*
11. ლ. ნ. გლურჯიძე, თ. ო. დადიანი, ზ. უ. ჯაბუა, თ. ლ. პლავინსკი, ა. ვ. გიგინეიშვილი, *В. В. Санадзе, ლ. დ. Финкельштейн, Н. Н. Ефремова. ФТТ*, т. 30, № 4, 1988, 1171.
12. A. Hamzic *et al.* *JMMM*, v. 78, № 2, 1989, 28.
13. Е. П. Фетисов, Д. И. Хомский. *ЖЭТФ*, т. 92, № 1, 1987, 105.

Т. В. ХЕЛАДЗЕ, Г. П. ЛОРДКИПАНИДЗЕ, М. Э. ЭЛИЗБАРАШВИЛИ

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИЗЕМНОГО ПОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ ГРУЗИИ

(Представлено академиком Б. К. Балавадзе 27.2.1990)

Сложные орографические условия Грузии и редкая густота сети метеорологических станций в горных районах затрудняют получение надежных приземных метеорологических полей, объективно отражающих влияние особенностей рельефа. Выполненные за последние годы работы по горной климатологии Закавказья [1—4] позволили близко подойти к решению этой проблемы, однако разработанный в них подход моделирования метеорологических полей имеет свои граничные условия и пригоден для ограниченной территории Большого Кавказа. В данной статье впервые решается задача математического моделирования приземного поля температуры для всей территории Грузии.

Географическое положение метеорологической станции можно характеризовать тремя координатами в сферической системе координат  $\varphi$ ,  $\lambda$  и  $H$ , где  $\varphi$ —широта местности,  $\lambda$ —ее долгота и  $H$ —высота. Значение температуры ( $T$ ) в дискретной точке рассмотрим как линейную функцию этих координат:

$$T = a_0 + a_1\varphi + a_2\lambda + a_3H, \quad (1)$$

где  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  — коэффициенты регрессии;  $a_0$  — свободный член уравнения.

Коэффициенты регрессии вычисляются по формуле [6]

$$a_j = \frac{S_T}{S_j} \sum_{i=1}^3 \frac{r_{iT}}{r_{ij}}, \quad (2)$$

где  $r_{iT}$ —коэффициент корреляции между температурой и отдельной координатой ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ,  $H$ );  $r_{ij}$ —коэффициент корреляции между координатами;  $S_T$  и  $S_j$ —стандартные отклонения соответственно температуры и координаты.

Свободный член уравнения рассчитывается по формуле [6]

$$a_0 = \bar{T} - \sum_{j=1}^3 a_j \bar{X}_j, \quad (3)$$

где  $\bar{T}$  и  $\bar{X}_j$ —соответственно средние значения температуры и  $j$ -й координаты.

В табл. 1 представлен годовой ход расчетов коэффициентов регрессии, а также коэффициентов множественной корреляции (сводный коэффициент корреляции  $R$ ) по данным 174 станций УГКС ГССР.

Коэффициенты регрессии и множественной корреляции

Коэффици- циенты	Месяцы									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
$a_0$	38,4	26,8	1,4	-7,3	-12,0	-11,2	-17,0	-6,6	14,9	38,4
$a_1$	-0,25	-0,19	0,11	0,10	0,15	0,16	0,20	0,06	0,21	-0,47
$a_2$	-0,54	-0,10	0,06	0,38	0,55	0,60	0,76	0,66	0,34	-0,06
$a_3$ 100	-0,61	-0,63	-0,62	-0,58	-0,56	-0,58	-0,58	-0,57	-0,57	-0,55
R	0,97	0,98	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98

Коэффици- циенты	Месяцы		
	XI	XII	Год
$a_0$	52,6	52,0	14,1
$a_1$	-0,53	-0,42	-0,10
$a_2$	-0,45	-0,65	0,11
$a_3$ 100	-0,56	-0,57	-0,58
R	0,97	0,96	0,99

В соответствии с данными табл. 1 можно написать уравнение регрессии для расчета температуры в зависимости от координат  $\varphi$ ,  $\lambda$  и  $H$ . В частности, для центральных месяцев сезонов года и за год в целом будем иметь

$$\begin{aligned}
 T_1 &= 38,4 - 0,25 \varphi - 0,54 \lambda - 0,0061 H, \\
 T_4 &= -7,3 + 0,10 \varphi + 0,38 \lambda - 0,0058 H, \\
 T_7 &= -17,0 + 0,20 \varphi + 0,76 \lambda - 0,0058 H, \\
 T_{10} &= 38,4 - 0,47 \varphi - 0,06 \lambda - 0,0055 H, \\
 T_{\text{год}} &= 14,1 - 0,10 \varphi + 0,11 \lambda - 0,0058 H,
 \end{aligned} \tag{4}$$

где индексы 1, 4, 7, 10 обозначают порядковый номер месяца;  $T_{\text{год}}$  — средняя годовая температура. Аналогично можно написать уравнения для других месяцев года.

Из табл. 1 следует, что сводный коэффициент корреляции довольно высок. Это свидетельствует о надежности использования формул (1) для расчета температуры в зависимости от широты, долготы и высоты местности. Следует, однако, отметить, что в зимний период сводный коэффициент корреляции несколько уменьшается. Это, очевидно, связано с характерными для этого сезона мощными температурными инверсиями [5].

Коэффициенты  $a_1$ ,  $a_2$  и  $a_3$  представляют собой градиенты температуры, взятые с обратным знаком: соответственно широтный, долготный и вертикальный. Как следует из таблицы, вертикальный температурный градиент меняется в диапазоне 0,55—0,63° на 100 м. Долготный градиент температуры в целом за год отрицателен, что свидетельствует об охлаждающем влиянии Черного моря. В течение года в зависимости от сезона градиент меняет знак. С марта по сентябрь градиент отрицателен, следовательно, за этот период Черное море оказывает охлаждающее влияние. Наибольший охлаждающий эффект отмечается в июле, составляя в среднем 0,7° на 100 км. С октября по февраль долготный градиент положителен, что означает проявление



отепляющего эффекта моря. Наибольшее отепление влияния оказы-  
вается в декабре и составляет 0,6° на 100 км.

Особый интерес представляет характер годового хода широтного градиента температуры. В целом для средней годовой температуры, как и следовало ожидать, широтный градиент положителен, однако весной и летом градиент меняет знак на обратный. Таким образом, в этот период года температура с возрастанием широты местности в пределах территории Грузии не убывает, а, наоборот, возрастает. Хотя величина градиента в данном случае не велика и составляет всего 0,06—0,20°С, все же факт нарушения зональности в распределении температуры заслуживает внимания. Это явление, очевидно, следует объяснить особенностями циркуляции атмосферы за указанный период года. Весной и летом, в отличие от зимы и осени, когда преобладает вторжение воздушных масс с востока, господствующими являются западные и южные процессы, в результате которых теплые воздушные массы распространяются по всей территории Грузии. Кроме того, в этот период года усиливается горно-долинная циркуляция и теплый ветер направлен на север — вверх по ущелью. Эти процессы настолько мощны в приземном слое атмосферы, что оказывают существенное влияние на формирование многолетнего широтного градиента температуры.

В табл. 2 сопоставлены значения температуры, рассчитанные различными способами на независимом материале.

Таблица 2

Значения годовой температуры, рассчитанные различными способами

Станция	По высотной зависимости (5)	По модели (3)	По формулам (4)	Фактическая
Ахмета	10,0	12,0	11,5	11,6
Душети	10,0	9,5	9,5	9,7
Коби	4,0	4,0	3,3	3,5
Мамисонский перевал	-2,0	-2,0	-2,2	-2,4
Шови	5,8	4,5	5,8	5,2

Как видно из таблицы, соответствие расчетных данных с фактическими в целом удовлетворительное, однако наилучший результат дает использование формул (4).

В заключение отметим, что полученные формулы и статистические параметры могут быть использованы при моделировании приземных полей температуры в горных районах Грузии, где отсутствует сеть метеорологических станций.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт геофизики

(Поступило 8.3.1990)

გეოფიზიკა

თ. ხალაში, ზ. ლორთქიფანიძე, ა. ელიზბარაშვილი

მიწის სიღრმეების ტემპერატურის ველის მათემატიკური მოდელირება  
საკართველოს ტერიტორიისათვის

რეზიუმე

გამოთვლილია სტატისტიკური პარამეტრები და მიღებულია წრფივი რეგრესიის განტოლებები ტემპერატურის ველის შეფასებისათვის ადგილის განე-



დის, გრძედისა და სიმაღლის მიხედვით. ტემპერატურის ველის გამოთვლილი მონაცემები კარგ თანხმობაშია ფაქტიურთან და მეთოდი შეიძლება რეკომენდებულ იქნეს მიწისპირა ფენაში ტემპერატურის მოდელირებისათვის მთავორიან რაიონებში, სადაც მეტეოროლოგიური სადგურის ქსელი იშვიათია.

GEOPHYSICS

T. V. KHELADZE, G. P. LORDKIPANIDZE, M. E. ELIZBARASHVILI

MATHEMATICAL MODELLING OF SURFACE TEMPERATURE  
PATTERN FOR THE TERRITORY OF GEORGIA

Summary

Statistical parameters have been calculated and linear regression equations derived to estimate temperature pattern according to the latitude, longitude and altitude of a place. The calculated data are in good agreement with the experimental ones.

The method can be recommended for temperature modelling of the surface layer in mountainous regions where the network of meteorological stations is rather sparse.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. T. V. Kheladze, M. E. Elizbarashvili, D. V. Gogiasvili. Сообщения АН ГССР, 126, № 3, 1987, 533—536.
2. M. E. Elizbarashvili, T. V. Kheladze. Изв. АН СССР, сер. геогр., № 1, 1988, 106—112.
3. M. E. Elizbarashvili, T. V. Kheladze. Метеорология и гидрология, № 3, 1988, 102—103.
4. M. E. Elizbarashvili. Сообщения АН ГССР, 135, № 2, 1989, 325—328.
5. M. E. Elizbarashvili. Изв. АН СССР, сер. геогр., № 4, 1978, 97—104.
6. З. Брандт. Статистические методы анализа наблюдений. М., 1975.



Л. В. КИЗИРИЯ, Н. Г. ВОРФОЛОМЕЕВА, Я. И. ФЕЛЬДШТЕИН

## ВАРИАЦИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ КОЛЬЦЕВОГО ТОКА В ПЕРИОД ИНТЕНСИВНОЙ МАГНИТНОЙ БУРИ

(Представлено академиком Б. К. Балавадзе 2.3.1990)

1. В период магнитных возмущений из солнечного ветра внутрь магнитосферы поступает значительное количество энергии. Согласно существующим представлениям, заметная часть этого потока аккумулируется в магнитосфере на геоцентрических расстояниях в несколько земных радиусов, сопровождаясь специфическими вариациями магнитного поля на низкоширотных магнитных обсерваториях [1]. Мерой интенсивности кольцевого тока ( $DR$ ) принято считать  $D_{st}$  вариацию геомагнитного поля. Однако существующие каталоги значений  $D_{st}$  получены только по данным 3—4 магнитных обсерваторий [2], что следует признать недостаточным для исключения долготных вариаций в  $DR$  при получении симметричной части поля кольцевого тока  $DR_c$ . Кроме того, использование такого ограниченного числа обсерваторий не позволяет вычислять важную характеристику магнитного поля в низких широтах — его асимметрию ( $ASY$ ). Данная краткая заметка посвящена закономерностям магнитного поля в низких широтах в период интенсивной магнитной бури 31 марта — 3 апреля 1973 г.

2. Для анализа использовались магнитограммы 8 низкоширотных обсерваторий, геомагнитные долготы которых указаны в скобках: М. Бур ( $56,4^\circ$ ), Таманрассет ( $80,9^\circ$ ), Тбилиси ( $123,2^\circ$ ), Алибаг ( $144,9^\circ$ ), Багуио ( $190,6^\circ$ ), Какиока ( $207,3^\circ$ ), Гонолулу ( $268,0^\circ$ ), Телюкан ( $328,6^\circ$ ), Сан Жуан ( $04,6^\circ$ ). В каждый кратный 10-минутный момент времени по УТ измерялось отклонение горизонтальной компоненты  $\Delta H$  от соответствующего уровня спокойного дня, за который принят интервал с 00 УТ до 24 УТ 12 апреля 1973 г. Значения  $\Delta H$  на каждой обсерватории делением на  $\cos \Phi$ , где  $\Phi$  — геомагнитная широта, приводились к экватору. Среднее значение  $\Delta H_s$  по долготной цепочке обсерваторий соответствует  $D_{st}$  вариации геомагнитного поля, а разность между максимальным и минимальным значениями  $\Delta H_s$  в данный интервал УТ характеризует асимметрию магнитного поля в низких широтах.

$D_{st}$  вариация является суммой полей токов на магнитопаузе ( $DCF$ ) и кольцевого тока в магнитосфере ( $DR$ ):

$$D_{st} = DR_d + DCF_d - (DR + DCF)_q,$$

$$DR = DR_d - DR_q = D_{st} - DCF_d + DCF_q.$$

Разделение эффектов DCF и DR в  $D_{st}$  вариациях магнитного поля на поверхности Земли осуществляется вычислением поля DCF в данный момент из эмпирической зависимости между давлением солнечного ветра на магнитосферу  $p = \rho v^2$  и DCF полем [3]:  $DCF = b/\bar{p}$ .

Плотность ( $\rho$ ) и скорость ( $v$ ) солнечного ветра во время бури и в спокойный день известны из [4], а значения коэффициента пропорциональности  $b$  меняются в пределах от 0,2 до 0,3 нТл/(эВ / см<sup>3</sup>)<sup>1/2</sup> и для вычисления DCF приняты значения  $b$  в зависимости от ориентации ММП по [5].

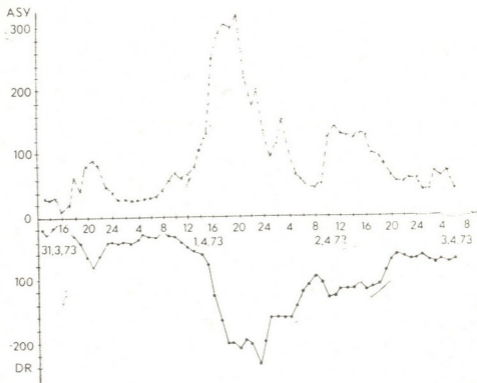


Рис. 1. Вариации интенсивности кольцевого тока (DR) — сплошная линия с точками и долготной асимметрии магнитного поля в низких широтах (ASY) — пунктирная линия с крестиками в период магнитной бури 1—3 апреля 1973 г.

3. На рис. 1 приведены вариации ежечасных значений DR и долготной асимметрии магнитного поля (ASY) в низких широтах в течение интенсивной магнитной бури. 31 марта в 20—22 UT интенсивность DR и примерно равная по значению ASY достигают экстремумов, уменьшаясь до минимальных значений в 1—7 UT 1 марта. Этот экстремум связан с поворотом северо-южной компоненты ММП к югу в 17—21 UT и к северу в 22—03 UT. Усиление DR и ASY после 8 UT 1 апреля началось в связи с ростом напряженности южной ( $B_s$ ) компоненты ММП до  $\sim -21$  нТл в 17—21 UT. Асимметрия растет в опережающем темпе относительно DR и ее максимальные значения  $\sim 300$  нТл в  $\sim 1,5$  раза превышают  $|DR|$ . Спад асимметрии начинается в интервале экстремальных интенсивностей DR и происходит более стремительно. Таким образом, уменьшение асимметрии начинается еще в период развитого кольцевого тока, причем асимметрия более чувствительна на вариации  $B_z$  компоненты ММП,

чем DR. Об этом же свидетельствует экстремум в ASY в 3 UT 2 апреля, отражающий поворот  $B_z$  к югу в 02 UT, но не проявившийся в вариациях DR. С 03 до 08 UT 2 апреля  $B_z$  направлено к северу, DR и ASY спадают, причем DR более плавно, оставаясь на уровне  $\sim -100$  нТ, в то время как ASY  $\sim 40$  нТ. Таким образом, в период магнитной бури: 1) асимметрия магнитного поля в низких широтах и изменения интенсивности кольцевого тока тесно связаны с северо-южной компонентой ММП; 2) асимметрия является более чувствительным индикатором воздействия ММП на магнитосферу, нарастая более быстро в главной фазе бури и уменьшаясь более быстро, чем  $|DR|$ , на фазе восстановления.

В связи с поворотом ММП к югу в 9—10 UT 2 апреля интенсивность ASY и  $|DR|$  снова возрастает, причем рост асимметрии более резкий, чем  $|DR|$ . Это согласуется с отмеченной выше особенностью изменений ASY и  $|DR|$  в главной фазе бури. Спад DR и ASY в конце суток 2 апреля обусловлен новым поворотом ММП к северу. В [6] проводился анализ влияния межпланетных параметров в развитии главной фазы ряда магнитных бурь, в том числе и данной бури. При этом авторам [6] не удалось подтвердить доминирующей роли  $B_z$  компоненты в генерации кольцевого тока на главной фазе магнитной бури. Этот результат в [6] обусловлен тем, что  $B_z$  контролирует поток энергии в кольцевой ток, а не ту энергию, которая в кольцевом токе содержится и в каждый данный момент времени пропорциональна величине DR. Этим и следует объяснить отсутствие корреляции  $B_z$  с  $D_{st}$  вариацией на главной фазе бури, полученное в [6]. Между тем, рисунок вариации DR на главной фазе магнитной бури и в начале фазы восстановления (с 14 UT 1 апреля до 8 UT 2 апреля 1973 г.) очень схож с вариациями  $B_y$  компоненты ММП—монотонный подъем от  $-14$  нТ в 14 UT до  $+21$  нТ в 24 UT и уменьшение до  $+1$  нТ в 07 UT 2 апреля. При таком совпадении характера вариаций не удивительно, что для отдельных магнитных бурь в [7] сделан вывод о контроле  $B_y$  компонентой развития  $D_{st}$  вариаций. Однако и в данной буре начальное усиление DR происходило при  $B_y < 0$  (до 17 UT) и продолжалось после перехода на  $B_y > 0$ . Фаза восстановления бури началась также при  $B_y > 0$ . При рассмотрении большого числа магнитных бурь действительно можно отобрать несколько возмущений, в которых вариации  $D_{st}$  и  $B_y$  протекают подобным образом. Однако для других бурь это подобие не сохраняется. Примером такой бури может служить интенсивная магнитная буря 23—24 марта 1969 г., проанализированная в [8]. Но обе бури хорошо описываются моделью, в которой функция инжекции контролируется  $B_z$  компонентой ММП. Для мартовской бури 1969 г. это продемонстрировано в [8], для апрельской бури 1973 г. — в наших последующих публикациях.



ლ. კიზირია, ნ. ვორფოლომეევა, ი. ფელდშტეინი

წრიული დენის მაგნიტური ველის ვარიაციის შესწავლა ინტენსიური მაგნიტური ქარიშხლის დროს

რეზიუმე

დაკვირვების მასალის ანალიზიდან ჩანს, რომ წრიული დენის მაგნიტური ველის ასიმეტრია (ASY) და წრიული დენის ინტენსივობის (DR) ცვლა მკიდროდაა დაკავშირებული საპლანეტო სივრცის მაგნიტური ველის  $B_z$  კომპონენტის ორიენტაციასთან.

ნაჩვენებია აგრეთვე, რომ DR-ის ინტენსივობასთან შედარებით ასიმეტრია (ASY) უფრო მგრძობიარე ინდიკატორია საპლანეტო სივრცის მაგნიტური ველის მოქმედების მაგნიტოსფეროზე.

GEOPHYSICS

L. V. KIZIRIA, N. G. VORFOLOMEYEVA, Ya. I. FELDSHTEIN

VARIATION OF THE MAGNETIC FIELD OF RING CURRENT DURING INTENSIVE MAGNETIC STORM

Summary

Analysis of the data showed that during magnetic storm the asymmetry (ASY) of magnetic field in low latitudes and changes of ring current intensity (DR) are closely connected with the north-southern component of interplanetary magnetic field (IMF). Besides, the asymmetry is a more sensitive indicator of IMF impact on the magnetosphere than the intensity of DR.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. С. И. Акасофу, С. Чепмен. Солнечно-земная физика, ч. II, М., 1975.
2. M. Sugiura, D. J. Poros. Hourly values of equatorial Dst for the years 1957 to 1970, GSFC, 1971.
3. Ц. Д. Порчхидзе. Автореферат канд. дисс. Тбилиси, 1985.
4. J. King. Interplanetary Medium Data Book. Appendix, NSSDC-A-R-S-04a, GSFC 1977.
5. Т. В. Кузнецова, А. Д. Шевнин. Сб. «Геомагнитные вариации и электрические поля». М., 1984, 35—40.
6. И. В. Ковалевский, М. К. Федосеева. Сб. «Солнечный ветер и околоземные процессы». М., 1986, 43—54.
7. И. В. Ковалевский, А. Е. Левитин, М. К. Федосеева. Геомагнетизм и аэрономия, 24, 1984, 1027—1029.
8. П. В. Сумарук, Я. И. Фельдштейн, Б. А. Белов. Геомагнетизм и аэрономия, 29, 1989.

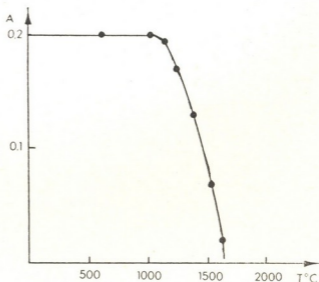
ზ. სვანიძე

თუთიის კონცენტრირების სორბციული მეთოდი გუნებრივ წყლებში

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ცინცაძემ 26.2.1990)

მძიმე ლითონების განსაზღვრა ბუნებრივ წყლებში მეტად მნიშვნელოვანია გარემომცველი გარემოს დაცვის თვალსაზრისით [1]. რთულ და მნიშვნელოვან ამოცანას წარმოადგენს აგრეთვე მიკროელემენტების განსაზღვრა ანალიზური ქიმიისათვის, რაც აიხსნება იმით, რომ მიკროელემენტები დიდ და მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ ბუნებაში მიმდინარე სხვადასხვა პროცესში [2].

მიკროელემენტების მცირე კონცენტრაციის განსაზღვრისათვის ბუნებრივ წყლებში საჭიროა მათი წინასწარი კონცენტრირება. ამ მიზნით გამოიყენება ისეთი მეთოდები როგორცაა ექსტრაქცია, სორბცია, თანდალექვა [3]. უკანასკნელ წლებში ფართოდ გამოიყენება კონცენტრირების სორბციული მეთოდი ქელატწარმომქმნელი სორბენტების გამოყენებით. ეს განხორციელებულია მათი მაღალი ეფექტურობით, ექსპრესულობით, შესრულების აიმარტივით, განსაზღვრის სხვადასხვა მეთოდის შერწყმის შესაძლებლობით [2]. გამოიყენება სხვადასხვა ტიპის ქელატწარმომქმნელი სორბენტები, მათ შორის აღსანიშნავია Chelex-100, Dowex A-1, ზოგიერთი ცელულოზური და ბოქკოვანი სორბენტი. ისინი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მიკროელემენტების კონცენტრირებისათვის სხვადასხვა ტიპის, მათ შორის მაღალმინერალიზებულ წყლებში [4].

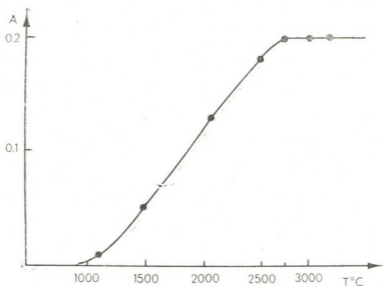


სურ. 1. თუთიის სორბციის ხარისხის დამოკიდებულება pH-ზე:  $v = 1000$  მლ,  $m = 0,5$ ,  $t = 30$  წთ,  $C_{\text{zn}} = 1$  მგ/ლ, სორბენტი ПОЛИОРГС VII M

სამუშაოს მიზანია სორბციული მეთოდით თუთიის წინასწარი კონცენტრირება ბუნებრივ წყლებში ქელატწარმომქმნელი ბოქკოვანი სორბენტის ПОЛИОРГС VII M-ის გამოყენებით. თუთიის შესწავლა კი ინტერესს იწვევს როგორც ტოქსიკური ლითონი, რომლის ზღვრულად დასაშვები ნორმა წყლებში არის 1,0 მგ/ლ [5].

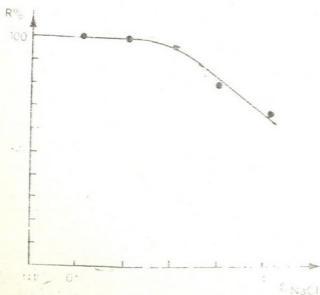
ზემოთ აღნიშნული სორბენტი შეიცავს ამიდოქსურ ჯგუფს. სორბენტი გამოყენებულ იქნა OH-ფორმაში, რომელიც მიღებულია მისი 0,1 მ  $\text{NaOH}$ -ის დამუშავების შედეგად [6, 7]. სორბცია ჩატარებულ იქნა სტატიკურ პირობებში 0,05—0,5 გ სორბენტის გამოყენებით 100—1000 მმ მოცულობის საკვლევ ხსნარში კონტაქტის დრო იცვლება 1-დან 60 წუთამდე. დესორბციისათვის გამოყენებულია აზოტმჟავა.

თუთიის შემცველობა ხსნარებში, მისი წინასწარი კონცენტრირების შემდეგ, განსაზღვრულ იქნა ატომურ-აბსორბციული მეთოდით, ალური ვარიანტით. გამოვიყენეთ სპექტროფოტომეტრი „პერკინ-ელმერი“ მოდელი-603 და სატურნ-2 აცეტილენ-ჰაერის რეჟიმით.



სურ. 2. თუთიის სორბციის ხარისხის დამოკიდებულება დროზე  $v=1000$  მლ,  $m=0,5$  გ,  $\text{pH } 7$ ,  $C_{\text{Zn}}=1$  მგ/ლ, სორბენტი  $\text{ПОЛИЮРС VII M}$

დავადგინეთ თუთიის კონცენტრირების ოპტიმალური პირობები, რისთვისაც შევისწავლეთ აღნიშნული ელემენტის სორბციის ხარისხის დამოკიდებულება  $\text{pH}$ -ზე და დროზე. როგორც ექსპერიმენტმა გვიჩვენა, თუთიის სრული სორბცია მიიღწევა  $\text{pH } 6,5$ -ის დროს (სურ. 1), ხოლო სორბციის დრო საქმარისია 10 წთ. (სურ. 2).



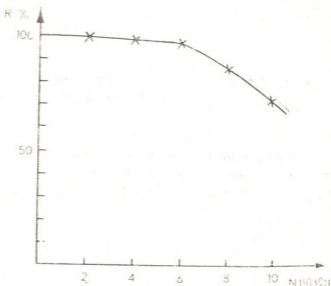
სურ. 3.  $\text{NaCl}$ -ის კონცენტრაციის გავლენა თუთიის სორბციის ხარისხზე:  $v=1000$  მლ,  $m=0,5$  გ,  $\text{pH } 7$ ,  $C_{\text{Zn}}=1$  მგ/ლ

შევისწავლეთ იონური ძალის გავლენა თუთიის სორბციის ხარისხზე. ამასთან დაკავშირებით ვცვალებთ  $\text{NaCl}$ -ის კონცენტრაცია ხსნარში 0,1 მ-დან



5 მ-მდე. შედეგად მივიღეთ, რომ NaCl-ის 1 მ-ის კონცენტრაციის ზევით თუთის სორბციის ხარისხი მნიშვნელოვნად მცირდება (სურ. 3). ისეთ ხსნარებში, სადაც NaCl-ის კონცენტრაცია მეტია 1 მ-ზე, აუცილებელი იქნება მათი წინასწარი განზავება. საანალიზო ხსნარის სორბენტის მასაზე დამოკიდებულების შესწავლის შედეგად დავადგინეთ, რომ 1000 მლ ხსნარში თუთის სორბციისათვის საჭიროა 0,5 გ სორბენტი. დავადგინეთ თუთის დესორბციის ოპტიმალური პირობები. თუთის სრული დესორბციისათვის საჭიროა 10 მლ 1 მ აზოტმჟავა. კონტაქტის დრო 20 წთ.

შევისწავლეთ სორბენტი ПОЛИОРГС VII M-ის მრავალჯერადი გამოყენების პირობები. დავადგინეთ, რომ აღნიშნული სორბენტი ციკლში „სორბცია-დესორბცია-რეგენერაცია“ შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ექვსჯერადად (სურ. 4).



სურ. 4. თუთის სორბციის ხარისხის დამოკიდებულება წყალხსნარებში, სორბენტი ПОЛИОРГС VII M-ის საშუალებით, ციკლთა რიცხვზე „სორბცია-დესორბცია-რეგენერაცია“. პირობები: სორბცია  $v=1000$  მლ,  $m=0,5$  გ,  $C_{zn}=1$  მგ/ლ,  $t=30$  წთ. დესორბცია:  $v=20$  მლ, 1 მ  $HNO_3$ ,  $t=20$  წთ

ჩატარებული გამოკვლევების საფუძველზე დავადგინეთ თუთის კონცენტრირება ოპტიმალური პირობები ბუნებრივ წყლებში, რომელიც მდგომარეობს:

წყალუნქტის ადგილმდებარეობა	თუთის შემცველობა. მგ/ლ
მცხეთა	0,02
ლისი	0,01
რუსთავი	0,1
სამგორი	0,2
თელეთი	0,06
ნორით	0,03
თიანეთი	0,04
მანავი	0,2

როგორც შემდეგში: ვიღებთ 1000 მლ საკვლევ ხსნარს, მასში ვათავსებთ 0,5 გ სორბენტი ПОЛИОРГС VII M-ს, ვანჯღრევთ 30 წთ-ის განმავლობაში, შემდეგ ხსნარს გადმოვღვრით, სორბენტს გავრეცხავთ გამონდილი წყლით, გავწურავთ მინის წკირის საშუალებით და დავასხამთ 10 მლ 1 მ-ის აზოტმჟავას, დავაყოვნებთ 20 წთ-ს, შემდეგ დესორბირებულ ხსნარს გადმოვიტანთ მზომ ცილინდრში და ატომურ-აბსორბციული სპექტროფოტომეტრის საშუალებით

ესაზღვრავთ მასში თუთიის კონცენტრაციას. გამოყენებულ სორბენტს კი ვრცეხავთ 0,1 მ NaOH-ით, შემდეგ გამოხდელი წყლით pH 7-ის მიღებამდე და ვინახავთ შემდგომი გამოყენებისათვის.

ჩვენს მიერ დადგენილი კონცენტრირების მეთოდი გამოყენებულ იქნა თუთიის შემდგომი განსაზღვრისათვის ატომურ-აბსორბციული მეთოდით საქართველოს ზოგიერთ მიწსქვეშა წყლებში. შედეგები მოცემულია ცხრილში. მეთოდის სისწორის შემოწმების მიზნით გამოყენებულია მეთოდი „შეყვანილია — ნაპოვნი“ [7].

საქართველოს ტექნიკური  
 უნივერსიტეტი

(შემოვიღა 2.3.1990)

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

З. С. СВАНИДЗЕ

### СОРБЦИОННЫЙ МЕТОД КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ЦИНКА В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ

Резюме

Изучен сорбционный метод концентрирования цинка в природных водах с использованием хелатообразующего волокнистого сорбента с последующим атомно-абсорбционным определением.

ANALYTICAL CHEMISTRY

Z. S. SVANIDZE

### THE SORPTION METHOD OF ZINC CONCENTRATION IN NATURAL WATERS

Summary

The sorption method of zinc concentration in the natural waters with the use of chelate-forming fibrous sorbent with a subsequent atomic-absorption determination has been studied.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Методы анализа объектов окружающей среды. М., 1988.
2. Г. В. Мясоедова, Н. И. Щербинина, С. Б. Савин. ЖАХ, 38, 1983, 1503—1514.
3. Ю. А. Золотов. УХ, 49, № 7, 1980, 1289—1311.
4. Г. В. Мясоедова, С. Б. Савин. Хелатообразующие сорбенты. М., 1984.
5. М. Т. Дмитриев, Н. И. Казнина, И. А. Пинигина. Справочник санитарно-химического анализа веществ, загрязняющих окружающую среду. М., 1989.
6. Н. И. Щербинина, В. К. Беляев, Г. В. Мясоедова, И. Н. Маров, С. Б. Савин. ЖАХ, 30, № 4, 1985, 959.
7. Г. В. Мясоедова, Н. И. Щербинина, З. С. Сванидзе, Г. М. Варшал, Б. Ф. Мясоедов. ЖАХ, 41, № 3, 1986, 477.



ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Г. В. ЦИЦАДЗЕ (член-корреспондент АН ГССР),  
И. Г. ГАРСЕВАНИШВИЛИ

СОЛЬВАТОКОМПЛЕКСЫ МЕДИ (II) В СМЕШАННОМ  
РАСТВОРИТЕЛЕ ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИД (ДМСО)-  
ПРОПАНОЛ

Проблема влияния растворителя на стехиометрию и устойчивость комплексных соединений [1, 2], несмотря на значительный объем и разнообразие изученных систем, продолжает оставаться малоисследованной. Дело в том, что при замене растворителя изменяется относительный вклад энергий специфической и универсальной сольватаций и, следовательно, как правило, изменяются оба фактора: и состав внутренней координационной сферы, и устойчивость комплекса. В случае же сольватоконплексов изменение состава внутренней координационной сферы с переменной растворителя очевидно.

Разделенный учет влияния изменения названных факторов на свойства сольватоконплексной системы может быть проведен в смешанных растворителях, которые образованы компонентами, существенно различающимися по сольватоактивности.

В данной статье приводятся данные по кондуктометрическому исследованию системы  $\text{CuCl}_2$ -смешанный растворитель ДМСО-и-пропанол. Компоненты растворителя сильно различаются по донорности, т. е. катион  $\text{Cu}^{2+}$  будет преимущественно сольватироваться молекулами ДМСО, в то время как анион, согласно [3], пропанолом (как растворителем, способным к образованию Н-связи). Отметим также, что компоненты растворителя существенно различаются по макро- и микрополярности (диэлектрические проницаемости ДМСО и пропанола равны при 298 К соответственно 46,7 и 20,1, а дипольные моменты 3,96 и 1,66).

Измерялась электрическая проводимость растворов  $\text{CuCl}_2$  концентрацией  $1,950 \cdot 10^{-2}$  М на всем интервале состава смешанного растворителя при температурах 298,15, 308,15 и 323,15 К. Исходные компоненты подвергались необходимой очистке и тщательно высушивались.

Мольная аддитивность молекулярной электрической проводимости [4] позволяет анализировать химические диаграммы отклонения этого свойства от аддитивности ( $\Delta\lambda$ ). На рис. 1 приводится диаграмма  $\Delta\lambda$  — состав смешанного растворителя; величины  $\Delta\lambda$  рассчитывались из аппроксимационного уравнения типа  $\lambda = f(x)$  (которое для 298,15 К имеет вид  $\lambda = 70,33 x^4 + 191,55 x^3 - 213,13 x^2 + 107,37 x + 3,71$ , где  $x$  — мольная доля ДМСО). Из рисунка видно, что экстремум  $\Delta\lambda$  локализуется в области 0,33—0,4 мольной доли ДМСО.

По уравнению для свободной энергии активации процесса электропроводности, приведенному в работе [5], рассчитывались величины  $\Delta G_{\lambda}^{\ddagger}$ , а из температурной зависимости свободной энергии находились значения энтальпии  $\Delta H_{\lambda}^{\ddagger}$  и энтропии активации  $\Delta S_{\lambda}^{\ddagger}$  этого про-

цесса, которые как функции состава смешанного растворителя представлены на рис. 2.

Уменьшение энтропии электропроводности в процессе активации свидетельствует о том, что активация связана с десольватацией ионов. Поскольку термодинамические характеристики процессов активации в

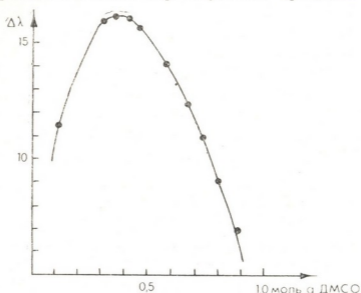


Рис. 1. Диаграмма  $\Delta\lambda$  — состав гольватоконплекса  $\text{CuCl}_2$  в смешанном растворителе ДМСО-н-пропанол

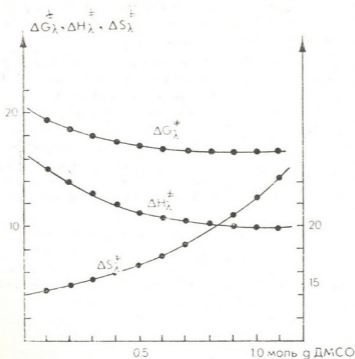


Рис. 2. Свободная энергия ( $\Delta G_{\lambda}^{\ddagger}$ ), энтальпия ( $\Delta H_{\lambda}^{\ddagger}$ ) и энтропия ( $\Delta S_{\lambda}^{\ddagger}$ ) активации электропроводности  $\text{CuCl}_2$  в смешанном растворителе ДМСО-н-пропанол

смешанном растворителе являются мольно-аддитивными [6], то отклонения величины  $\Delta G_{\lambda}^{\ddagger}$ ,  $\Delta H_{\lambda}^{\ddagger}$  и  $\Delta S_{\lambda}^{\ddagger}$  от аддитивности могут указывать на стехиометрию химических процессов в системе. Экстремумы отклонения от аддитивности всех свойств, данные для которых приведены на

рис. 2, приходится на 0,38—0,4 мольной доли ДМСО, т. е. на ту же область, что и максимум значений  $\Delta\lambda$ .

Совокупность всех рассмотренных свойств показывает, что при добавлении ДМСО к пропаноловому раствору  $\text{CuCl}_2$  происходит стехиометрическое замещение молекулы спирта на молекулу ДМСО, завершающееся при эквимолекулярном соотношении компонентов. Некоторый сдвиг экстремумов свойств в сторону спирта связан с преимущественной сольватацией аниона молекулами пропанола (очевидно, что специфическая сольватация аниона высокодонорным ДМСО исключена). О том, что процесс пересольватации пропанола диметилсульфоксидом завершается при эквимолекулярном соотношении компонентов, свидетельствует и практически неизменность величины электропроводности, исправленной на вязкость ( $\lambda\eta$ ) в интервале концентраций смешанного растворителя 0,5—1 мольной доли ДМСО.

Таким образом, процесс пересольватации  $\text{CuCl}_2$  в смешанном растворителе ДМСО-н-пропанол можно представить стехиометрической схемой:



где  $\text{S}^{(1)}$ —н-пропанол, а  $\text{S}^{(2)}$ —ДМСО.

Грузинский технический университет НПО «ИСАРИ»

(Поступило 22.3.1990)

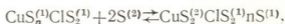
ზოგადი და არაორგანული ქიმია

ბ. ცინცაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი),  
ი. გარსევანიშვილი

სკილენძის(II) სოლვატოკომპლექსები დიმეთილსულფოქსიდ-  
-ნ-პროპანოლის შერეულ გამხსნელში

რეზიუმე

კონდუქტომეტრიული მეთოდით შერეულ დიმეთილსულფოქსიდ-ნ-პროპანოლის ხსნარებში შესწავლილია სკილენძის(II) სოლვატოკომპლექსის წარმოქმნა. დადგენილ იქნა, რომ აღნიშნულ გამხსნელში  $\text{CuCl}_2$ -ის პერესოლვატაციის პროცესი შემდეგი სტექიომეტრიული სქემით შეიძლება წარმოვადგინოთ:



$\text{S}^{(1)}$  არის ნ-პროპანოლი, ხოლო  $\text{S}^{(2)}$ —დიმეთილსულფოქსიდი.

GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

G. V. TSINTSADZE, I. G. GARSEVANISHVILI

SOLVATE-COMPLEXES OF COPPER(II) IN MIXED SOLVENTS OF  
DIMETHYLSULPHOXIDE (DMSO)-n-PROPANOL

Summary

Formation of solvate-complexes of copper(II) in the mixed solvent of DMSO-n-propanol has been studied by the conductometric method.



It has been stated that in the given solvent the process of oversolvation can be presented by the stoichiometric scheme:



where  $\text{S}^{(2)}$  is n-propanol, and  $\text{S}^{(1)}$ —DMSO.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. К. Бургер. Сольватация, ионные реакции и комплексообразование в неводных средах. М., 1984.
2. Ю. Я. Фиалков. Растворитель как средство управления химическим процессом. Л., 1980.
3. А. Паркер. УХ, т. 32, № 10, 1270, 1963.
4. А. В. Городынский, Ю. Я. Фиалков, Д. Б. Черный. ДАН УССР, сер. Б., № 11, 33, 1981.
5. А. Н. Житомирский, В. Н. Эйчис. Укр. хим. ж., т. 41, № 3, 237, 1975.
6. Ю. Я. Фиалков, А. Н. Житомирский, А. А. Квитка. ДАН УССР, сер. Б., № 2, 129, 1968.



ნორმალური ალკანებისათვის (დაწყებული მეთანიდან) ეპ-მატრიცის შესაბამისი დეტერმინანტის მნიშვნელობა გამოთვლება ფორმულით

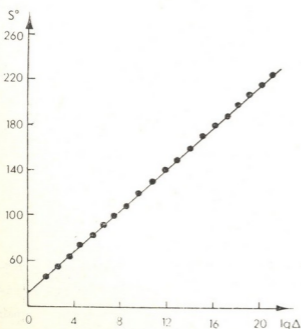
$$\Delta_n = 441 \cdot (10,4)^{n-2}, \quad (1)$$

სადაც  $n$  ნორმალურ ალკანში შემავალი ნახშირბადატომების რიცხვია.

ეპ-მატრიცის დეტერმინანტის ათობითი ლოგარითმის  $\lg \Delta$  მნიშვნელობები ნორმალური ალკანებისათვის მეთანიდან ეიკოზანის ჩათვლით და შესაბამისი სტანდარტული ენტროპიები  $S^0$  და მოლური სითბოტევადობები  $C_p^0$

ნაერთი	$\lg \Delta$	$S^0$	$C_p^0$
$CH_4$	1,63	44,50	8,536
$C_2H_6$	2,64	54,85	12,585
$C_3H_8$	3,66	64,51	17,57
$C_4H_{10}$	4,68	74,12	23,29
$C_5H_{12}$	5,70	83,40	28,73
$C_6H_{14}$	6,71	92,83	34,20
$C_7H_{16}$	7,73	102,24	39,67
$C_8H_{18}$	8,75	111,55	45,14
$C_9H_{20}$	9,76	120,86	50,60
$C_{10}H_{22}$	10,78	130,17	56,07
$C_{11}H_{24}$	11,80	139,48	61,53
$C_{12}H_{26}$	12,81	148,78	67,00
$C_{13}H_{28}$	13,83	158,09	72,47
$C_{14}H_{30}$	14,85	167,40	77,93
$C_{15}H_{32}$	15,87	176,71	83,40
$C_{16}H_{34}$	16,88	186,02	88,86
$C_{17}H_{36}$	17,90	195,33	94,33
$C_{18}H_{38}$	18,92	204,64	99,80
$C_{19}H_{40}$	19,93	213,95	105,26
$C_{20}H_{42}$	20,95	223,26	110,73

ცხრილში მოცემულია ნორმალური ალკანების (მეთანიდან ეიკოზანის ჩათვლით) ეპ-მატრიცების დეტერმინანტების ლოგარითმების მნიშვნელობები და



სურ. 1.  $S^0=9,19 \lg \Delta + 30,96$  დამოკიდებულების გრაფიკი ნ. ალკანებისათვის მეთანიდან ეიკოზანამდე

შესაბამისი ნაერთების სტანდარტული ენტროპიები და მოლური სითბოტევადობები [4].

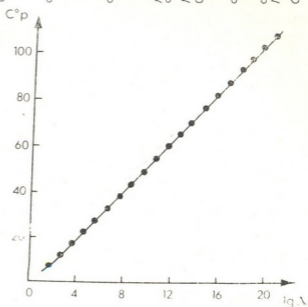


გვმ-ზე, პროგრამა „STAR“-ის გამოყენებით, აგებულია  $S^0 \sim \lg \Delta$  და  $C_p^0 \sim \lg \Delta$  დამოკიდებულების გრაფიკები, რომლებიც აღიწერება განტოლებებით:

$$S^0 = 9,19 \lg \Delta + 30,96, \quad (2)$$

$$C_p^0 = 5,35 \lg \Delta - 21,52. \quad (3)$$

1 და 2 სურათებზე მოცემულია აღნიშნული გრაფიკები. პირველი გრაფიკისათვის კორელაციის კოეფიციენტი  $r=0,9952$ , ხოლო მეორე გრაფიკისათვის  $r=0,9999$  (ორივე შემთხვევაში შეინიშნება თითქმის იდეალური კორელაცია).



სურ. 2.  $C_p^0 = 5,35 \lg \Delta - 21,52$  დამოკიდებულების გრაფიკი ნ. ალკანებისათვის შეთანხმად ეიკოზანამდე

ამგვარად,  $\lg \Delta$  შეიძლება განხილულ იქნეს როგორც ახალი ტოპოლოგიური ინდექსი [5] სტრუქტურა-თვისება კორელაციისათვის ალკანთა ჰომოლოგიურ რიგში.

ე. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის  
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(შემოვიღა 15.3.1990)

## ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

მ. ი. გვერდციელი, გ. ა. გამზიანი, ი. მ. გვერდციელი

## АЛГЕБРАИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НОРМАЛЬНЫХ АЛКАНОВ

### Резюме

Рассмотрен алгебраический метод записи алканов в виде квадратных симметричных матриц, диагональными элементами которых являются электроотрицательности химических элементов, а недиагональными элементами — полярности химических связей (ЭП-матрицы). Для нормальных алканов найдена линейная корреляция между значениями детерминантов ЭП-матриц и соответствующими значениями стандартной энтропии и молярной теплоемкости.

M. I. GVERDTSITELI, G. A. GAMZIANI, I. M. GVERDTSITELI  
ALGEBRAIC INVESTIGATION OF NORMAL ALKANES

Summary

A method of algebraic representation of organic compounds in square matrix form is considered. For normal alkanes a linear correlation was found between the logarithms of the matrix determinants and the values of their standard entropies and molar heat capacity.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

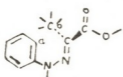
1. К. Б. Яцимирский. Применение теории графов в химии. Киев, 1975.
2. М. И. Гвердцители. Принципы номенклатуры органических соединений. Тбилиси, 1983.
3. М. И. Гвердцители, Р. О. Девдариани. Сообщения АН ГССР, 135, № 1, 1989.
4. Справочник химика, т. 1. Л., 1962.
5. H. Winer. J. Amer. Chem. Soc. 69, 1947, 1947.

Дж. А. КЕРЕСЕЛИДЗЕ, Ш. А. САМСОНИЯ, И. Ш. ЧИКВАИДЗЕ

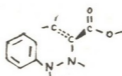
К ВОПРОСУ КВАНТОВОХИМИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ  
 ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ  
 ИНДОЛИЗАЦИИ АРИЛГИДРАЗОНОВ ПО Э. ФИШЕРУ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. М. Хаванашвили 20.2.1990)

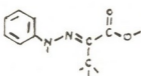
Согласно механизму реакции индолизации арилгидразонов по Э. Фишеру, фенилгидразон пировиноградной кислоты (I) в начальной стадии реакции превращается в энгидазиновый таутомер (II), который для образования новой С—С-связи между атомами (а) и (б) должен располагаться в цисоидной конформации относительно N—N-связи [1].



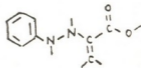
(I)  $E = -52887 \frac{\text{ккал}}{\text{моль}}$



(II)  $E = -52907 \frac{\text{ккал}}{\text{моль}}$



(Ia)  $E = -52961 \frac{\text{ккал}}{\text{моль}}$



(IIa)  $E = -52921 \frac{\text{ккал}}{\text{моль}}$

С целью выяснения энергетически наиболее выгодных конформаций квантовохимическим методом МЧПДП/3 [2] рассчитаны энергетические, электронные и структурные индексы фенилгидразона пировиноградной кислоты (I) и (Ia) и их энгидазиновых таутомеров (II) и (IIa). Расчеты проведены по программе «Викинг» [3] на ЭВМ БЭСМ-6 в Институте прикладной математики ТГУ. В (I) и (II) кетонная часть молекулы расположена в перпендикулярной плоскости относительно фенильного кольца. Такой поворот вокруг С=N- (I) и С=N- (II) связей вызван отталкиванием водородных атомов, связанных с углеродными атомами (а) и (б). В планарной системе расстояние между ними, по нашим расчетам, составляет 0,28 Å, что намного меньше их вандерваальсовых радиусов.

Сравнение полных энергий, приведенных на диаграмме соединений, показывает, что трансоидная форма относительно N—N-связи фенилгидразона пировиноградной кислоты (Ia) энергетически более



выгодна, чем цисоидная (I). Следовательно, исходный фенилгидразон должен рассматриваться в трансоидной конформации (Ia). На основании значений полных энергий можно полагать, что превращения протекают по направлению: (Ia) → (IIa) → (II). Превращение (IIa) → (II) должно осуществляться в результате поворота вокруг N—N- и C—N-связей.

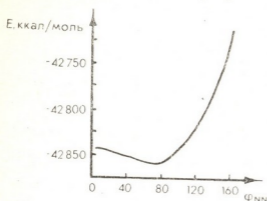
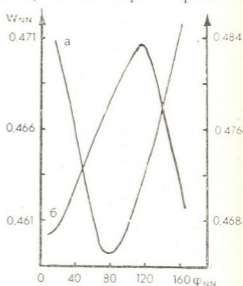


Рис. 1. Зависимость полной энергии от угла вращения вокруг N—N-связи энгидразинового таутомера фенилгидразона пировиноградной кислоты (IIa)

Нами была изучена зависимость полной энергии молекулы и индекса Уайберга (плотность заряда на связи) [4] N—N-связи от угла вращения вокруг нее как протонированной, так и непротонированной

Рис. 2. Зависимость индекса Уайберга от угла вращения вокруг N—N-связи протонированной (а) и непротонированной (б) формы энгидразинового таутомера пировиноградной кислоты (IIa)



формы энгидразинового таутомера (IIa). Протонирование рассматривалось по иминному атому азота [5]. Как видно из рис. 1, полная энергия молекулы имеет минимум при  $\phi = 70-80^\circ$  и дальше резко возрастает из-за отталкивания вышеупомянутых водородных атомов. Из рис. 2 видно, что при вращении вокруг N—N-связи непротонированной формы (IIa) индекс Уайберга на N—N-связи увеличивается и, достигая максимума при  $\phi = 100^\circ$ , начинает убывать. Наоборот, для протонированной формы он уменьшается и, достигая минимума при  $\phi = 70^\circ$ , начинает возрастать. Следовательно, протонирование энгидразинового таутомера может способствовать разрыву N—N-связи. На наш взгляд, именно в этом проявляется влияние кислоты в начальной стадии реакции.

В результате проведенных расчетов можно сделать вывод, что в исходном состоянии фенилгидразон пировиноградной кислоты должен находиться в трансоидной конформации и что протонирование способствует разрыву N—N-связи.

ჯ. კერესელიძე, შ. სამსონია, ი. ჩიკვაიძე

ი. ფირმერის მიხედვით არილჰიდრაზონების ინფორმაციის რეპროდუცირის სარეის სტადიაში მიმდინარე პროცესების კვანთურკირიშური შემსწავლის საკითხისათვის

რეზიუმე

კვანთურკირიშური მეთოდის გამოყენებით გათვლილ იქნა პიროყურძნის მყავას ფენილჰიდრაზონის ელექტრონული, ენერგეტიკული და სტრუქტურული ინდექსები. ნაჩვენებია, რომ ძირითად მდგომარეობაში მას აქვს ტრანსოიდური კონფორმაცია N—N ბმის მიმართ. ნაჩვენებია აგრეთვე, რომ პროტონიზაცია ხელს უწყობს N—N ბმის გახლეჩვას.

ORGANIC CHEMISTRY

J. A. KERESLIDZE, Sh. A. SAMSONIA, J. Sh. CHIKVAIDZE

THE PROBLEM OF QUANTUM-CHEMICAL STUDY OF THE PROCESSES AT THE EARLY STAGE OF ARYLHYDRAZONES INDOLIZATION ACCORDING TO E. FISHER

Summary

The quantum-chemical method of MINDO/3 is used in calculating the electron, energy and structural indices of phenylhydrazones and their enhydrazine tautomeres.

It is shown that in the initial state phenylhydrazone must be in transoid conformation relative to N—N bond and that protonization causes the breaking of N—N bond.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. И. И. Грандберг, В. И. Сорокин. УХ, т. XIII, вып. 2, 1974, 266.
2. N. C. Baird, M. J. S. Dewar. J. Chem. Phys., v. 50, 1969, 1262.
3. Квантовохимические методы расчета молекул. Под ред. Ю. А. Устынюка, М., 1980, 256.
4. K. Wiberg. Tetrahedron, 24, № 3, 1968, 1083.
5. В. В. Зверев, Т. Н. Пылаева, А. П. Столяров, Ю. П. Китаев. Изв. АН СССР, сер. хим., № 6, 1977, 1280.

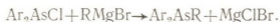
Р. Д. ГИГАУРИ, Г. Н. ЧАЧАВА, Н. И. ГУРГЕНИДЗЕ, М. А. ИНДЖИЯ

## НОВЫЙ СИНТЕЗ ДИ-П-ТОЛИЛАЛКИЛАРСИНОВ

(Представлено членом-корреспондентом Г. О. Чизадзе 20.2.1990)

За последнее время несимметричные третичные арсины типа  $Ar_2AsR$ , где  $Ar$  — арил, а  $R$  — алкил как нормального, так и изо-строения, нашли широкое применение в качестве лигандов при синтезе комплексных соединений [1], исходного материала для получения соответствующих халькогенидов [2] и галогенидов [3], солей арсония [4, 5] и их продуктов превращения [6]. Очевидно, разработка нового, более эффективного способа получения диарилалкиларсинов, в том числе и ди-п-толилалкиларсинов, — актуальная проблема практического значения.

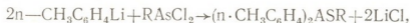
Известно несколько способов получения диарилалкиларсинов [7, 8]. Обменное взаимодействие цинк- и ртутноорганических соединений с хлоропроизводными арсина относится к наиболее давно известным способам синтеза третичных арсинов [8]. Однако из-за легкой доступности цели значительно более широким применением отличается магниорганический синтез, основанный на взаимодействии реактива Гриньяра с алкилдиалоген- или диарилгалогенарсинами. Так, например, ранее нами [9] было показано, что взаимодействием алкилмагниобромидов с ди-л-толилхлорарсином получают соответствующие третичные арсины по схеме



Реакции проводятся в среде диэтилового эфира, а реактив Гриньяра берется в 1,5—2 раза больше по сравнению с теоретическим. Тем не менее, выход целевых продуктов сравнительно низкий и колеблется в пределах 48—72%. Причем выясняется, что он почти не зависит от структуры алкильного радикала. Такой невысокий выход, естественно, уменьшает возможность широкого применения целевых продуктов, тем более что намечаются большие возможности практического использования продуктов химического превращения ди-п-толилалкиларсинов [10].

Настоящая работа посвящается установлению возможности нового синтеза ди-п-толилалкиларсинов с целью повышения выхода целевых продуктов, а также исследованию некоторых физико-химических свойств последних.

Нами показано, что ди-п-толилалкиларсины получают литийорганическим синтезом с хорошим выходом, если вместо ди-п-толилхлорарсинов использовать алкилдихлорарсины и реакцию массу после завершения реакции обработать концентрированным водным раствором хлорида аммония:

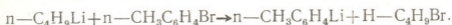


где  $R = C_2H_5$ ,  $C_4H_9$ ,  $C_5H_{11}$  или изо- $C_5H_{11}$ .

Исходные алкилдихлорарсины были синтезированы восстановлением соответствующих алкиларсоновых кислот по методике [8]:

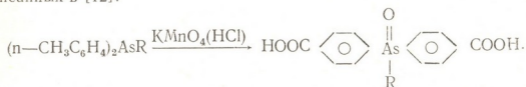


а п-толиллитий — реакцией обмена галоида на литий действием н-бутиллития [11]:



При получении ди-п-толилалкиларсинов реакции проводятся в среде диэтилового эфира. Выход целевых продуктов, который колеблется в пределах 87—93%, значительно выше по сравнению с магнийорганическим синтезом. Этот факт, по-видимому, объясняется большой реакционной способностью алкилдихлорарсинов по сравнению с ди-п-толилхлорарсином [8]. Немаловажное значение имеет и то, что обработка реакционной смеси в этом случае значительно проще, чем при применении реактива Гриньяра.

Поскольку до настоящего времени не разработан метод непосредственного определения качества третичных арсинов, о чистоте синтезированных ди-п-толилалкиларсинов и, следовательно, о содержании основного вещества в конечных продуктах можно судить по результатам анализа продуктов их окисления марганцевокислым калием. Окисление синтезированных соединений проведено в условиях, описанных в [12]:



Основность и эквивалентные массы мышьяксодержащих карбоновых кислот определены алкалиметрическим методом [13]. Данные таблицы показывают, что литийорганическим синтезом не только увеличивается выход целевых продуктов, но и одновременно повышается их качество по сравнению с полученными посредством магнийорганического синтеза.

Таким образом, показано, что удобным методом получения ди-(п-толил)алкиларсинов является взаимодействие п-толиллития с алкилдихлорарсинами в среде диэтилового эфира.

Ди-(п-толил)алкиларсин. Трехгорлую колбу, снабженную газоподводящей и осушительной трубками, откачивают, а затем заполняют сухим, чистым азотом. При пропускании тока азота в колбу помещают 500 мл сухого эфира, а затем при перемешивании и охлаждении (ледяная вода) вносят в нее 49,0 г п-толиллития. Далее к содержимому колбы в течение 30—40 мин при перемешивании и охлаждении по каплям добавляют 35,0 г этилдихлорарсина, растворенного в 100 мл диэтилового эфира. После 3-часового перемешивания при комнатной температуре и 30-минутного кипения смесь осторожно гидролизуют при охлаждении концентрированным водным раствором хлорида аммония. Эфирный слой отделяют, а водный — трижды экстрагируют эфиром. Эфирные вытяжки объединяют, сушат над безводным сульфатом натрия и фильтруют декантацией. После удаления эфира при атмосферном давлении с применением дефлегматора остаток фракционируют в колбе Арбузова в среде углекислого газа. Получают 51,3 г (89,7%) ди-(п-толил)этиларсина в виде бесцветной жидкости. Т. кип. 164—165°C (1 мм),  $d_4^{20}$  1,1751,  $n_D^{20}$  1,6017. Найдено. %: As 26,10.  $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{As}$ . Вычислено, %: As 26,22. По литературным данным [9]: т. кит. 156—157°C (0,5 мм),  $d_4^{20}$  1,1761,  $n_D^{20}$  1,6023.

Некоторые физические константы ди(*n*-толил)арсенатов и продуктов их окисления

Физические константы  $(n\text{-C}_6\text{H}_4)_2\text{AsR}$



R	по литийорганическому синтезу			по магнийорганическому синтезу			посредством литийорганических		посредством магнийорганических	
	Т. кип. °C(Р, ММ)	$d_4^{20}$	$n_D^{20}$	Т. кип. °C(Р, ММ)	$d_4^{20}$	$n_D^{20}$	Эквивалентная масса	Содержание основного веще- ства, %	Эквивалент- ная масса	Содержание основного веще- ства, %
$C_2H_5$	164—165 (1)	1,1751	1,6017	156—157 (0,5)	1,1761	1,6023	180,4	99,7	179,	99,0
$C_4H_9$	193—194 (2)	1,1357	1,5870	196—197 (2)	1,1362	1,5872	194,2	99,6	192,9	98,9
$C_5H_{11}$	191—192 (1)	1,1215	1,5814	203—205 (2)	1,1232	1,5817	200,7	99,4	199,0	98,5
Изо- $C_5H_{11}$	187—188 (1)	1,1188	1,5792	195—196 (2)	1,1181	1,5798	200,5	99,3	697,0	97,5



Таким же путем синтезированы и другие ди(п-толил) алкиларсины, некоторые физико-химические константы которых, а также продукты их окисления перманганатом калия приведены в таблице.

Тбилисский государственный университет  
 им. И. А. Джавахишвили

(Поступило 8.3.1990)

ორგანული ქიმია

რ. გიგაური, გ. ჩაჩავა, ნ. გურგენიძე, მ. ინჯია

დი-პ-ტოლილალკილარსინების ახალი სინთეზი

რეზიუმე

დამუშავებულია დი-პ-ტოლილალკილარსინების სინთეზის ახალი შესაძლებლობა. ნაჩვენებია, რომ მიზნობრივი პროდუქტები მაღალი გამოსავლიანობით (87—93%) მიიღებიან პ-ტოლილითიუმის მოქმედებით ალკილდი-ქლორარსინებზე. დიეთილის ეთერის აერში. გარდა გამოსავლიანობის გაზრდისა, სინთეზირებული დი-პ-ტოლილალკილარსინები გამოირჩევიან მაღალი ხარისხით მავნიორგანული სინთეზით მიღებულ მიზნობრივ პროდუქტებთან შედარებით.

ORGANIC CHEMISTRY

R. D. GIGAUURI, G. N. CHACHAVA, N. I. GURGENIDZE, M. A. INJIA

NEW SYNTHESIS OF DI-P-TOLYLALKYLARSINES

Summary

A new method of synthesis of di-p-tolylalkylarsines has been established. It is shown that the yield of the main products forming by reaction of p-tollyllithium with alkylidichlorarsines in diethyl ether amounts to 87—97%. Moreover, not only the yield of the products increased but their quality improved as well, as compared with the products obtained by the magniorganic method.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

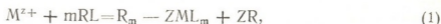
1. М. А. Инджия, Р. Д. Гигаури, Б. Д. Чернокальский, М. М. Угулава, Э. Е. Гвилава. Сообщения АН ГССР, 82, № 1, 1976, 81.
2. А. С. Гельфонд, Ю. Г. Галиметдинов, Н. А. Халикова, Б. Д. Чернокальский. ЖОХ, 46, вып. 9, 1976, 2077.
3. З. М. Измайлова. Автореферат канд. дисс. Горький, 1981.
4. Г. Н. Чачава, Р. Д. Гигаури, М. М. Угулава, Н. И. Гургенидзе. Сообщения АН ГССР, 105, № 1, 1982, 75.
5. Р. Д. Гигаури, Г. Н. Чачава, Б. Д. Чернокальский, М. М. Угулава. ЖОХ, 46, вып. 8, 1976, 1830.
6. Р. Д. Гигаури, Э. П. Доксупуло, Н. В. Натидзе, М. М. Мания. Сообщения АН ГССР, 115, № 1, 1984, 77.
7. Я. Ф. Комиссаров, А. С. Сорокоумов, А. Я. Малсева. ДАН СССР, 56, № 1, 1947, 51.
8. Р. Х. Фрейдлина. Синтетические методы в области металлоорганических соединений мышьяка. М.—Л., 1945.
9. Р. Д. Гигаури, Г. Н. Чачава, Б. Д. Чернокальский, М. М. Угулава. ЖОХ, 44, вып. 8, 1974, 1720.
10. Р. Д. Гигаури, Л. И. Годердзишвили. Материалы межфакультетской конференции по естественным наукам. Тбилиси, 1984, 9.
11. Т. В. Талалаева, К. А. Кочешков. Методы элементоорганической химии. Литий, натрий, калий, рубидий, цезий. М., 1971, 216.
12. Р. Д. Гигаури, Б. Д. Чернокальский, М. А. Инджия, Л. И. Годердзишвили, Э. Е. Гвилава. ЖОХ, 48, вып. 5, 1978, 1080.
13. Губен-Вейль. Методы органической химии, т. 2. Методы анализа. М., 1967, 496.

ბ. წიგნის, ნ. მანანაშვილი, ვ. ერისთავი

მანგანუმის (II) კონცენტრაციის წონასწორული განაწილება  
 „მანგანუმის (II) კონცენტრაციის წონასწორული განაწილება  
 მანგანუმის (II) კონცენტრაციის წონასწორული განაწილება“  
 მოდიფიცირებული ანიონიტის სისტემაში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა თ. ანდრონიკაშვილმა 15.2.1989)

„კათიონშემცველი სხნარი — ლიგანდით მოდიფიცირებული ანიონიტის“ სისტემაში მეტალთა სორბცია მიმდინარეობს მათი ანიონური კომპლექსის წარმოქმნის ხარჯზე უშუალოდ სორბენტის ფაზაში, რომელიც შემდეგ შეკავდება ანიონიტის მატრიცით ელექტროსტატიკური ძალების მეშვეობით [1]. სქემატურად ეს შეიძლება გამოისახოს შემდეგი რეაქციით:



სადაც  $M^{z+}$  სორბირებადი მეტალის კათიონია მუხტით  $z+$ ;  $m-L^-$  ლიგანდების რიცხვი  $k$  ანიონურ კომპლექსში  $ML^{(m-z)-}$ ;  $RL-L^-$  ლიგანდით მოდიფიცირებული ანიონიტი;  $R^+$ —ანიონიტის პოლიმერულ მატრიცაში შემავალი მაკროკათიონი.

მანგანუმის (II) სორბციის მექანიზმის შესწავლამ ოქსალატ-იონების მოდიფიცირებულ სხვადასხვა ფუძიანობის (AB-16, AB-17, ЭДЭ-10) ანიონიტებზე დაამტკიცა კომპლექსწარმოქმნის მექანიზმი [2].

ვინაიდან ხშირ შემთხვევაში კომპლექსწარმოქმნის რეაქცია პრაქტიკულად შეუქცევადია, ლიგანდებით მოდიფიცირებულ ანიონიტებზე მეტალთა კათიონების კომპლექსწარმოქმნელი სორბციის დინამიკის აღწერისას ამოცანის ამოხსნის გამარტივების მიზნით სორბციის იზოთერმა ჩავთვალეთ სწორკუთხად [3].

შემოთავაზებული გამარტივებული თეორიის [3] გამოყენების შესაძლებლობის დადგენის მიზნით ანიონიტების ოქსალატურ ფორმაზე მანგანუმის (II) სორბციის დინამიკის აღწერისათვის გადავიღეთ მანგანუმის სორბციის იზოთერმები ოქსალატ-იონებით მოდიფიცირებულ AB-16, AB-17 და ЭДЭ-10 ანიონიტებზე.

სორბციის იზოთერმებს ვიღებდით შემდეგნაირად: კონუსურ კოლბაში ვათავსებდით 1 გ მშრალ ანიონიტს  $C_2O_4^-$ -ფორმაში და 0,2 ლ მანგანუმის ხულფატის წყალხსნარს სხვადასხვა კონცენტრაციით (0,01 მგ  $Mn^{2+}/მლ$ —1,0 მგ-მდე  $Mn^{2+}/მლ$ ) წონასწორობის დამყარების შემდეგ ვსაზღვრავდით სხნარში მანგანუმის (II) კონცენტრაციას და სხვაობით ვითვლიდით ანიონიტებზე სორბირებული მანგანუმის (II) რაოდენობას.

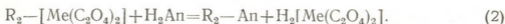
მანგანუმის (II) სორბციის იზოთერმები AB-16, AB-17 და ЭДЭ-10 ანიონიტებზე მოცემულია 1 სურათზე, სადაც  $q$  და  $C'$  მანგანუმის (II) რაოდენობაა მგ-ეკვივალენტებში, სორბირებული 1 გ სორბენტზე და 1 მლ სხნარში არსებული სისტემის წონასწორული მდგომარეობისას.

როგორც სურათიდან ჩანს, რომელზეც მოცემულია ხუთი პარალელური ექსპერიმენტის საშუალო მნიშვნელობები, ოქსალატ-იონებით მოდიფიცირებულ ანიონიტებზე მანგანუმის (II) სორბციის იზოთერმას აქვს მკვეთრად გამოხატული ამოხსნის სახე, რაც საშუალებას იძლევა ამ პროცესის დინამი-

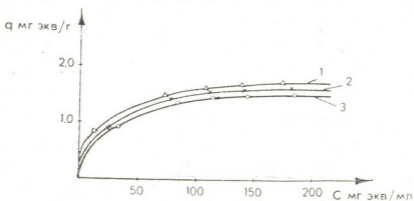


კის გამარტივებულად აღწერისას გამოვიყენეთ პირველი მიახლოვებითი სწორი კუთხა იზოთერმა [4].

[3]-ში ნაჩვენებია იყო, რომ მეჯავა ხსნარებიდან მეტალთა კათიონების სორბციის შემთხვევაში პირველადი კომპლექსწარმოქმნითი ქრომატოგრაფების ფორმირებაზე არსებით გავლენას ახდენს ხსნარის მეჯავიანობის განმსაზღვრელი მეჯავას ანიონით მეტალის კომპლექსის იონმიმოცვლითი გამოძევების პარალელურ-მიმდევრობითი რეაქცია:

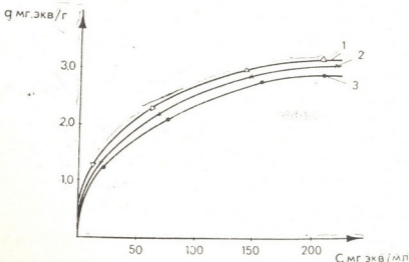


სორბციის იზოთერმების სახეზე მეჯავიანობის გავლენის დასადგენად შემდგომ ეტაპზე შესწავლილ იქნა წონასწორობა „მანგანუმის წყალ-მეჯავიანი ხსნარი — ოქსალატ-იონებით მოდიფიცირებული ანიონიტის“ სისტემაში. ამასთან მანგანუმის საწყისი კონცენტრაცია წყალ-მეჯავას ხსნარებში აღებული



სურ. 1. მანგანუმის (II) სორბციის იზოთერმები AB-16 (1), AB-17 (2) და ZDZ-10 (3) ანიონიტების ოქსალატურ ფორმაზე მანგანუმის სულფატის წყალხსნარის შემთხვევაში

იყო ისეთივე, როგორც კვლევის პირველი ციკლში. მანგანუმშემცველი ხსნარის შემავებისათვის გამოვიყენეთ 0,006 N-ის გოგირდმეჯავა. ამ ექსპერიმენტის შედეგები მოცემულია 2- სურათზე, სადაც როგორც პირველ შემთხვევაში, მოცემულია ხუთი პარალელური ცდის საშუალო მნიშვნელობები.



სურ. 2. მანგანუმის (II) სორბციის იზოთერმები AB-16 (1), AB-17 (2) და ZDZ-10 (3) ანიონიტების ოქსალატურ ფორმაზე მანგანუმის სულფატის წყალ-მეჯავა ხსნარების შემთხვევაში

როგორც ამ სურათიდან ჩანს, ხსნარის მეჯავიანობა არ ახდენს გავლენას იზოთერმების სახეზე. ის ცვლის მხოლოდ სორბენტის ტევადობას მანგანუმის (II) მიმართ, რაც კარგად ეთანადება (2) განტოლებას.

ჩატარებული გამოკვლევების საფუძველზე შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ ლიგანდებით მოდიფიცირებულ ანიონიტებზე მეტად აა კომპლექსსარმომქმნელი სორბციის დინამიკის შემოთავაზებული მიახლოებითი თეორია [3] შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ანიონიტების ოქსალატურ ფორმაზე შეყვე ხსნარიდან მანგანუმის სორბციის შემთხვევაში.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

(შემოვიდა 23.2.1989)

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Х. О. ЦЕРОДЗЕ, Н. Г. МАХАРОБЛИШВИЛИ, В. Д. ЭРИСТАВИ

РАВНОВЕСНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ  
МАРГАНЦА (II) В СИСТЕМЕ «МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩИЙ  
РАСТВОР — АНИОНИТ, МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ОКСАЛАТ-  
ИОНАМИ»

Резюме

Изучено равновесное распределение концентрации марганца (II) в системе «марганецсодержащий раствор — анионит, модифицированный оксалат-ионами».

Установлено, что изотермы сорбции марганца на анионитах АВ-16, АВ-17, ЭДЭ-10 в  $C_2O_4$ -форме имеют выпуклый вид.

Показано, что кислотность раствора не влияет на вид изотермы сорбции, а лишь уменьшает емкость сорбента по марганцу.

PHYSICAL CHEMISTRY

Kh. O. TSERODZE, N. G. MAKHAROBlishvili, V. D. ERISTAVI

EQUILIBRIUM DISTRIBUTION OF MANGANESE (II) CONCENTRATION  
IN THE SYSTEM OF MANGANESE-CONTAINING SOLUTION—  
ANIONITE, MODIFIED BY OXALATE IONS

Summary

Equilibrium distribution of manganese (II) concentration in the system of manganese-containing solution—anionite, modified by oxalate ions is studied.

It is established that isotherms of manganese sorption on anionites AB-16, AB-17, EDE-10 in  $C_2O_4$  are convex in form.

It is shown that acidity of the solution does not affect the shape of sorption isotherms, but only reduces the sorbent capacity according to manganese.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Ф. И. Брючек. Изв. АН ГССР, т. 2, № 4, 1976, 295.
2. В. Д. Эристави, Г. П. Чичуа, Д. Н. Бахия, Ц. Н. Шенгелия, Т. Е. Мачаладзе, Т. А. Гвахария, З. О. Джавахишвили. Изв. АН ГССР, т. 9, № 3, 1983, 210.
3. В. Д. Эристави, В. С. Голубев, Г. П. Чичуа, Д. Н. Бахия, Ц. Н. Шенгелия. ЖФХ, т. LVII, № 2, 1984, 434.
4. В. В. Рачинский. Введение в общую теорию динамики сорбции и хроматографии. М., 1964.



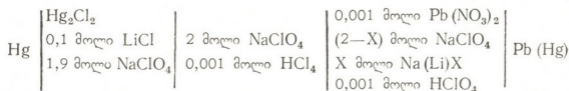
ლ. ზაგვიძე, მ. შავგულიძე

ტყვიის ჰალოგენიდ- და თიოციანატ-კომპლექსების  
 კოტენციომეტრული შესწავლა 1,3-პროპილენგლიკოლში  
 (პროპანდიოლში)

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ლ. ჯაფარიძემ 9.2.1990)

ტყვიის ჰალოგენიდ- და თიოციანატ-კომპლექსები შესწავლილია ეთილენ-გლიკოლში (ეგ) [1] და 1,2-პროპილენგლიკოლში (1,2-პგ) [2]. საინტერესოა დავაკვირდეთ, თუ როგორ იცვლება ამ კომპლექსების შედგენილობა და მდგრადობა 1,3-პგ-ში რომელიც წარმოადგენს ეგ-ს ჰომოლგს და 1,2-პგ-ს იზომერს.

ვზომავდით შემდეგი წრედის ე. მ. დ.



სადაც X—Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, J<sup>-</sup>, CNS<sup>-</sup>.

ინდიკატორულ ელექტროდად გამოვიყენეთ ტყვიის ამალგამა, ხოლო შედარების ელექტროდად — კალმელის ელექტროდი მომზადებული 1,9 მოლი/ლ NaClO<sub>4</sub>+0,1 მოლი/ლ LiCl-ის 1,3 პგ-იან ხსნარზე. ცდის განმავლობაში ხსნარებში ვატარებდით მაღალი სისუფთავის მქონე გამხსნელით გაჯერებულ ჰელიუმს. ელემენტის ე. მ. დ. არ არის დამოკიდებული ამალგამის კონცენტრაციაზე და ხსნარის არევაზე. პოტენციომეტრულ გაზომვებს ვატარებდით P-363-3 პოტენციომეტრზე მუდმივ იონურ ძალასა (μ=2) და ტემპერატურაზე (25°C), ნატრიუმის პერქლორატის ფონზე. ე. მ. დ. გაზომვის სიზუსტეა ± 0,5 მვ. ელემენტის ე. მ. დ.-ს წინასწორულ მნიშვნელობას ვიღებდით საშუალოდ 30 წთ-ის შემდეგ.

სამუშაო ხსნარების დასამზადებლად გამოყენებულ მარილებს ვიღებდით „ქ. ს.“ მარკის მარილების LiCl, LiBr, NaJ, NaNCS და Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> გადაკრისტალებით. უწყლო ხსნარების მოსამზადებლად მარილებს გულდასმით ვაუწყლოვებდით. 1,3-პგ-ს, ლითიუმის ჰიდროქსიდთან წინასწარი შერევის შემდეგ, ვხდიდით ვაკუუმში და ვინახავდით ინერტულ ატმოსფეროში. NaClO<sub>4</sub>-ის ხსნარს ვამზადებდით გადაკრისტალებული და გულდასმით გამოშრობილი „ქ. ს.“ მარკის პრეპარატისაგან.

ხსნარში ქლორიდ-, ბრომიდ-, იოდიდ- და თიოციანატ-იონების კონცენტრაცია იცვლებოდა 0,005-დან 0,5 მოლ/ლ-მდე, რაც უზრუნველყოფდა კომპლექსწარმოქმნის რეაქციაში მონაწილე იონების აქტივობის კოეფიციენტების მუდმივობას და თავიდან ვიცილებდით ე.მ.დ.-ის ცდისეული მონაცემების დიფუზიურ პოტენციალებზე კორექტირების აუცილებლობას.



კომპლექსების შედგენილობა და მდგრადობა განესაზღვრეთ ლედენის  $Pb^{2+}$ -ის თლით.  $\beta_n$ -ის განსაზღვრისას მიღებული ცდომილებები შეფასებულია ლიგანდის ნულოვან კონცენტრაციაზე ლედენის ფუნქციების ექსტრაპოლაციიდან გამომდინარე [4].

ცხრილი 1

$Pb^{2+}$ -1,3-პე სისტემის ე. მ. ძ. გაზომვის შედეგები ტყვიის იონების კონცენტრაციების ცვლილებისას ( $\mu=2$ ;  $25^{\circ}C$ )

$C_{Pb^{2+}}$ , მოლ/ლ	$-E$ , ვ	$-E^0$ , ვ	$C_{Pb^{2+}}$ , მოლ/ლ	$-E$ , ვ	$-E^0$ , ვ
0,0001	0,491	0,372	0,002	0,452	0,373
0,0005	0,471	0,373	0,0036	0,445	0,373
0,001	0,462	0,374	0,005	0,442	0,374
0,0015	0,457	0,374			

როგორც ცხრილიდან ჩანს, 1,3-პე-ში ტყვიის ამაღლამური ელექტროდის პოტენციალები ემორჩილება ნერნსტის განტოლებას ტყვიის ნიტრატის კონცენტრატის ფართო ინტერვალში (0,0001–0,005 მოლ/ლ), რაც ადასტურებს 1,3-პე-ში ამაღლამური ელექტროდების შექცევადობას და ტყვიის იონების აქტივობის კოეფიციენტების მუდმივობას.

დადგენილი იყო, რომ 1,3 პე-ში წარმოიქმნება მხოლოდ ერთბირთვიანი კომპლექსები.

მეორე ცხრილში მოტანილია 1,3 პე-ში ტყვიის პალოგენიდ- და თიოციანატ-კომპლექსების მდგრადობათა საერთო მუდმივები ( $\beta_n$ ). ცხრილის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ 1,3-პე-ში ტყვიის კომპლექსების მდგრადობანი იზრდება ლიგანდების რიგში:  $NCS^- < Cl^- < Br^- < J^-$ . ეს რიგი შენარჩუნებულია როგორც კათიონური, ისე ელექტრონეიტრალური კომპლექსებისათვის.

ცხრილი 2

1,3 პე-ში ტყვიის პალოგენიდ- და თიოციანატ-კომპლექსების მდგრადობათა საერთო მუდმივები ( $\beta_n$ ) ( $\mu=2$ ;  $25^{\circ}C$ )

$\beta_n$	ლიგანდები			
	$J^-$	$Br^-$	$Cl^-$	$NCS^-$
$\beta_1$	$(5,63 \pm 2,4) \cdot 10^3$	$(4,6 \pm 0,25) \cdot 10^2$	$(3,43 \pm 1,1) \cdot 10^2$	$(1,5 \pm 0,5) \cdot 10^4$
$\beta_2$	$(8,83 \pm 2) \cdot 10^5$	$(3,27 \pm 0,25) \cdot 10^4$	$(1,38 \pm 0,26) \cdot 10^4$	$(1,23 \pm 0,4) \cdot 10^2$
$\beta_3$	$(9,23 \pm 0,14) \cdot 10^6$	$(3,83 \pm 0,14) \cdot 10^5$	—	—
$\beta_4$	$(4,30 \pm 1,1) \cdot 10^7$	—	—	—

1,3-პე-ში, ეგ [1] და 1,2-პე-თან [2] შედარებით, კომპლექსების მდგრადობათა მნიშვნელობები საგრძნობლად იზრდება. თუ არ ჩავატარებთ ამ საკითხის დეტალურ ანალიზს, შეიძლება დავაკონკრეტოთ, რომ მიღებული მონაცემები ადასტურებენ ჩვენს მიერ აღრე გამოთქმულ მოსაზრებას იმის შესახებ, რომ კომპლექსწარმოქმნის წონასწორობაში ძირითადი წვლილი შეაქვს სოლ-

ვატაციურ ეფექტებს, და არა გამხსნელის დიელექტრიკული შეღწევადობების (ε) ცვლილებებს წყლიდან (ε=78,5) ეგ-ზე (ε=37,7), 1,2-პგ-ზე (ε=30) და 1,3-პგ-ზე (ε=35) გადასვლისას [5].

იონების სოლვატაციის ენერგიების განსხვავება 1,2-პგ-დან 1,3-პგ-ზე გადასვლისას გაპირობებულია 1,2-პგ-ში შიგამოლეკულური წყალბადური ბმების არსებობით და მისი უქონლობით 1,3-პგ-ში. შესაბამისად ამისა 1,3-პგ-ში კომპლექსების მდგრადობის მუდმივების მნიშვნელობები უფრო მაღალია 1,2-პგ-თან შედარებით.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
არორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი

(შემოვიდა 16.2.1990)

### ЭЛЕКТРОХИМИЯ

Л. В. ГЕГЕШИДЗЕ, В. В. ШАВГУЛИДЗЕ

## ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ГАЛОГЕНИДНЫХ И ТИОЦИАНАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ СВИНЦА В 1,3-ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЕ (ПРОПАНДИОЛЕ)

### Резюме

Установлен состав и рассчитаны константы устойчивости галогенидных и тиоцианатных комплексов свинца (II) в 1,3-пропиленгликоле.

### ELECTROCHEMISTRY

L. V. GEGESHIDZE, V. V. SHAVGULIDZE

## POTENTIOMETRIC STUDY OF HALOGENIDE AND THIOCYANATE COMPLEXES OF LEAD IN 1,3-PROPYLENE GLYCOL (PROPANDIOL)

### Summary

The composition and stability constants of halogenide and thiocyanate complexes of lead in 1,3-propylene glycol have been established.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. П. Г. Гоголадзе. Автореф. канд. дисс. Тбилиси, 1987, 16.
2. Л. В. Гегешидзе, В. В. Шавгулидзе, Дж. И. Джапаридзе. Сообщения АН ГССР, 134, № 3, 1989, 561.
3. Ф. Хартли, К. Бергерс, Р. Олкок. Равновесия в растворах, М., 1983, 63.
4. Ф. Россотти, Г. Россотти. Определение констант устойчивости и других констант равновесия в растворах. М., 1965.
5. В. В. Шавгулидзе, П. Г. Гоголадзе, Л. В. Гегешидзе, Дж. И. Джапаридзе. Тезисы докладов VII Всесоюзной конференции по электрохимии, т. III. Черновцы, 1988, 345.



რ. გოგიჯიშვილი

მდ. ტვიბერის აუზის მყინვარების მორფოლოგია და დინამიკა  
 (ცენტრალური კავკასიონი)

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. ჯაოშვილმა 1.3.1990)

მდ. ტვიბერი მარჯვენა მდგენელია მდ. მულხურისა, რომელიც მდ. ენგურს სოფ. ლატალთან შეერთვის. მდ. ტვიბერის აუზი კარგად გამოხატული მყინვარული ცირკია, მისი ფართობია 95 კვ კმ. ვიუარმული გამყინვარების დროს ცირკი დაკავებული იყო მძლავრი თოვლ-ყინულოვანი საფარით და მყ. ტვიბერის კვების არეს წარმოადგენდა. აქედან გამოსული მყინვარის ენა თითქმის სოფ. ლატალამდე აღწევდა. ძველი მყინვარის სიგრძე დაახლოებით 33—35 კმ იყო.

სენათში 1986—1989 წწ. ჩატარებული გლაციო-გეომორფოლოგიური გამოკვლევების, უახლესი ტოპოგრაფიული რუკების დამუშავებისა და აეროკოსმოსური სურათების დემიფირირების საფუძველზე შევადგინეთ კატალოგი, სადაც მოცემულია მდ. ტვიბერის აუზის მყინვარების მორფოგრაფიული და მორფომეტრიული მაჩვენებლები.

მდ. ტვიბერის აუზი ყველაზე მაღლა აზიდული ცენტრალური კავკასიონის სამხრეთ ფერდობზე მდებარეობს. მიუხედავად ამისა, აქ მდებარე მწვერვალები დიდი სიმაღლით არ გამოირჩევა — უმაღლესი მწვერვალი 4250 მეტრისაა და 600—800 მეტრით დაბალია მეზობლად მდებარე მწვერვალებზე. აუზში მძლავრი გამყინვარების წარმოქმნაში კლიმატურ პირობებთან ერთად დიდ როლს

მორფოლოგიური და მორფომეტრიული მონაცემები მდ. ტვიბერის აუზის ძირითად მყინვარებზე

№№	მყინვარი	მორფოლო- გიური ტიპი	ექსპოზი- ცია	ფართო- ბი, კმ <sup>2</sup>	სიგრძე, კმ	მყინვარის ენის სიმაღ- ლე, მ	აუზის უმაღ- ლესი წერ- ტილის სიმაღ- ლე, მ
1	სერი	ხეობის	ჩა	5,00	4,75	2550	4060
2	ასმაში	ხეობის	ა	7,16	5,90	2450	4120
3	ირითი	ხეობის	ს	2,70	3,12	2650	4150
4	—	კარული	ა	0,32	0,93	3200	3860
5	ლასხედარი	ხეობის	სა	1,45	2,75	2940	4150
6	ლიჩათი	კარულ-ხეობის	სდ	1,70	2,10	3050	4230
7	ძინალი	ხეობის	სდ	3,45	4,80	2610	3960
8	—	დაკიდებული	ჩ	0,30	1,00	2950	3760
9	—	კარული	ჩ	0,31	0,75	2980	3470
10	—	კარული	ს	0,30	1,00	3300	4140
11	ყვითლოდი	ხეობის	დ	11,04	6,55	2450	4250
12	—	დაკიდებული	ჩდ	0,60	1,30	2700	3540

თამაშობს რელიეფის მორფოლოგიური პირობები. მდ. ტვიბერის აუზი ირგვლივ საკმარის მაღალი ქედებითაა გარშემორტყმული. კრისტალური ქანებით აგებულ რელიეფში მყინვარული ფორმები ღრმადია ჩამჯდარი და თოვლ-ყინულოვანი საფარის დაგროვების კარგ პირობას ქმნის.



გასული საუკუნის ბოლოს მდ. ტვიბერის აუზში ოთხი მყინვარია აღრიცხული. მათი ფართობი 43,65 კვ. კმ-ს შეადგენდა [1]. 1960 წლისათვის აქ უკვე 13 მყინვარი იყო 40,08 კვ. კმ ფართობით [2], ხოლო უკანასკნელ წლებში ჩატარებული გამოკვლევა გვიჩვენებს, რომ მდ. ტვიბერის აუზში მყინვარების რაოდენობა 24-ია, რომელთა ფართობია 35, 37 კვ. კმ. არსებული მონაცემების შედარება გვიჩვენებს, რომ უკანასკნელ 100 წელიწადში მყინვარების ფართობი შემცირდა 23,4%-ით, რაოდენობა კი გაიზარდა ექვსჯერ. მყინვარების ფართობის შემცირების მიზეზია პლანეტარული მასშტაბით ჰავის დათბობა, რაც მყინვარების უკან დახევას იწვევს. რაოდენობის გაზრდა კი გამოწვეულია უკან დახევის დროს მყინვარების გაყოფით.

მდ. ტვიბერის აუზში რაოდენობით მცირე ზომის კარული ტიპის მყინვარები ჭარბობენ, ფართობით კი ხეობის ტიპის მყინვარები (მათზე მოდის მთელი აუზის მყინვარების ფართობის 92,0%). კავკასიონის ქედის სამხრეთ კალთაზე განლაგებული მყინვარების ექსპოზიცია ძირითადად სამხრეთულია (ს ან



სურ. 1. მყინვარ ტვიბერის დეგრადაცია ფერნაუს სტადის შემდეგ: I—თანამედროვე მყინვარები: 1. მყინვარის სუფთა ზედაპირი; 2. მორენით დაფარული მყინვარის ზედაპირი. II—მყინვარის ენის შემცირება; 3. 1889—1946 წწ.; 4. 1946—1959 წწ.; 5. 1959—1987 წწ.; III—6. ფერლობები მცეივანებისა და თოვლის ზეგების აქტიური განვითარებით

სდ). გვალდი-ასმაშის ქედის აღმოსავლეთ კალთაზე განლაგებული მყინვარების ექსპოზიცია აღმოსავლურია. მცირე ზომის მყინვარები მდებარეობენ დიდი

მყინვარების აუზების, განედური მიმართულების წყალგამყოფი ქედების კალთებზე.

XIX საუკუნის დასაწყისიდან XX საუკუნის მეორე ნახევარამდე მდ. ტვიბერის აუზის მყინვარები ერთმანეთთან შეერთებული იყო და ხეობის რთული ტიპის მყინვარს ტვიბერს ქმნიდა. მათი ერთიანი ენა 2020 მეტრის სიმაღლემდე ჩამოდიოდა. ამ დროს მყინვარი ტვიბერი ფართობის მიხედვით საქართველოში უდიდესი იყო. მყინვარის მაქსიმალური საზღვრების დადგენა, ფერნაუს სტადიის დროს დიდ სირთულეს არ წარმოადგენს, რადგან რელიეფში შემორჩენილია გლაციალური მორფოსკულპტურული ფორმები (მორენები, ვერძის შუბლები). ისინი უკანასკნელი სტადიალური გამყინვარების დროს მყინვარების წინ წამოწევის შედეგადაა წარმოქმნილი.

1820-იანი წლებიდან კავკასიონის მყინვარები უკან ახევდნენ. 1890 წ. ტობორუჯაზე მყ. ტვიბერი ისევ ერთიანი სისტემით არის წარმოდგენილი. მისი ფართობი 43,09 კვ. კმ-ია, სიგრძე კი 10,24 კმ. მყინვარის ენამ ფერნაუს სტადიის შემდეგ უკან დაიხია 100 მეტრით. მყინვარ ტვიბერის მარჯვენა ტოტს, სერს გამოეყო ერთი კარული მყინვარი. 1959—1960 წლებს აეროსურათების დეშიფრირებამ და ამავე დროის ტობორუჯების ანალიზმა გვაჩვენა, რომ მყინვარმა ტვიბერმა საკმაოდ დიდი ცვლილება განიცადა (სურ. 1). მყინვარის სიგრძე 1890—1960 წ. 2,14 კმ-ით შემცირდა, ფართობი კი 3,0 კვ. კმ-ით. მყინვარის მარცხნიდან გამოეყო მისი უდიდესი ტოტი ყვითლოდი, რომელიც დამოუკიდებელი მყინვარი გახდა. მყ. ყვითლოდის ენა ტვიბერიდან 300—400 მეტრითაა დაცილებული და მთავრდება 2290 მ სიმაღლეზე. მყინვარ ტვიბერის სისტემას გამოეყო აგრეთვე მცირე ზომის ხუთი მყინვარი.

მყინვარ ტვიბერის ენა 1960 წ. მთავრდებოდა 2140 მ სიმაღლეზე. მისი ენის ზედაპირი 1—3 მეტრის სისქის ნაშალი მასალით არის დაფარული, რაც ზედაპირის აბლაციას ძლიერ ამცირებს. ერთიანი ენის არეში მყინვარის სუფთა ზედაპირი უფრო ძლიერ დნობას განიცდის, ვიდრე ნაშალი მასალით დაფარული ზედაპირი. ამიტომაც, რომ მყინვარის ზედაპირის სუფთა მონაკვეთი 10—15 მ-ით დაბლა მდებარეობს. აეროსურათებზე კარგად ჩანს, რომ ზოგიერთი ტოტი (ლიჩათი, სერი) მხოლოდ პასიურ კონტაქტშია ძირითად მყინვართან. გამოთქმულია მოსაზრება, რომ მას ეს ორი ტოტი უახლოეს მომავალში გამოეყოფა [3—6].

1960 წ. მყინვარ ტვიბერის ფართობი 24,66 კვ. კმ იყო, სიგრძე კი 8,1 კმ [2]. მყ. ყვითლოდის ფართობი 12,08 კვ. კმ-ს შეადგენდა, სიგრძე 7,3 კმ-ს. ყვითლოდს კარგად გამოხატული ენა და ფირნის ველი აქვს. მისი ენა მცირედ არის დანაგვიანებულ; ზედაპირზე გვხვდება გრძივი და განავი მიმართულების ნაპრალები, აგრეთვე აბლაციის შედეგად წარმოქმნილი სხვადასხვა ფორმები.

ჩვენმა გამოკვლევებმა და 1987 წ. აეროსურათების დეშიფრირებამ დაგვანახა, რომ ხეობის რთული ტიპის მყინვარი ტვიბერი უკან დახევის შედეგად დაიშალა ხეობის ტიპის მყინვარებად — სერი, ასმაში, ირითი, ლასხედარი, ლიჩათი და ძინალი. მყინვარების ენები ერთმანეთისაგან 200—500 მ-ითაა დაცილებული. ფართობით და სიგრძით მყ. ასმაში ყველაზე დიდია, მისი ენა 2450 მ სიმაღლეზე მთავრდება. მყინვარის ენის ზედაპირის გვერდები დაფარულია 0,5—2,0 მ სისქის ნაშალი მასალით და მათ შორის სოლისებურად შექრილია 200 მეტრის სიგანის სუფთა ყინულის ნაკადი. მისი ზედაპირი 5—10 მეტრით დაბალია გვერდებთან შედარებით. მსგავსი მორფოლოგიური პირობები აქვს მყ. ძინალის ენასაც. დანარჩენი მყინვარების ენები სუსტად არის დაფარული ლოდნარი მასალით. ყველა მყინვარი ვრცელი ფირნის ველიდან გამოსვლის შემდეგ 100—300 მ სიმაღლის ყინულჩანჩქერს (ყინულვარდინოს) ინვითარებს

და რელიეფში მკვეთრად გამოხატულ საფეხურს აჩენს. ამის გამო მყინვარი ორ ნაწილად იყოფა. ზედა საფეხური კვების არეა, ხოლო ქვედა — დნობისა. ზოგიერთი ხეობის ტიპის მყინვარს პატარა ზომის კარული მყინვარები გამოეყო (სურ. 1).

საინტერესო სურათს იძლევა ფირნის ხაზის სიმაღლით გადაადგილება. 1889 წლიდან 1960 წლამდე ფირნის ხაზმა მყინვარ ტვიბერზე მალა აიწია 150 მ-ით, ხოლო 1960 წლიდან 1987 წლამდე კა 50 მ-ით.

სულ ასი წლის განმავლობაში ფირნის ხაზმა მალა აიწია 200 მ-ით, ე. ი. 2 მ/წელიწადში. ამჟამად იგი 3400 მ მდებარეობს.

1889—1987 წწ. მყინვარ ტვიბერს ენამ უკან დაიხია 4,34 კმ-ით, ე. ი. 43,0 მ/წელიწადში. უკან დახევის ასეთი ტემპი დამახასიათებელი იყო სვანეთის მყინვარ ქეიშისათვის [2,3], მაგრამ მისი დაშლის შემდეგ ცალკეული მყინვარების უკან დახევის ტემპი მკვეთრად შემცირდა (10—15 მ/წელიწადში). მსგავსი პროცესი გვექნება ტვიბერის აუზის მყინვარებზე. მყინვარ ტვიბერის ასეთი შემცირება კანონზომიერია და ეთანხმება იმ საერთო სურათს, რაც დამახასიათებელია კავკასიონისა და სხვა მთიანი მხარეების მყინვარებისათვის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
 ვახუშტი ბაგრატიონის სახ. გეოგრაფიის ინსტიტუტი

(შემოვიდა 15.3.1990)

## ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Р. Г. ГОБЕДЖИШВИЛИ

### МОРФОЛОГИЯ И ДИНАМИКА ЛЕДНИКОВ БАССЕЙНА

р. ТВИБЕРИ (Центральный Кавказ)

Резюме

Гляциологические исследования в Сванети и материалы аэрофото-съемок 1987 г. позволили оценить динамику оледенения в бассейне р. Твибери. В настоящее время здесь находится 24 ледника площадью 35,37 кв. км. Площадь ледников в бассейне р. Твибери за 1890—1987 гг. сократилась на 23,4%, а количество ледников увеличилось в шесть раз.

## PHYSICAL GEOGRAPHY

R. G. GOBEJISHVILI

### MORPHOLOGY AND DYNAMICS OF GLACIERS IN THE RIVER TVIBERI BASIN (CENTRAL CAUCASUS)

Summary

The dynamics of glaciation is assessed based on glaciological studies in Svaneti, in the basin of the river Tviberi and the 1987's aerial photography data. At present there are 24 glaciers with the total area of 35, 37 km<sup>2</sup>. In the period of 1890 to 1987 the glacier area in the basin of the river Tviberi decreased by 23,4%, whereas the number of glaciers increased sixfold.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. К. И. Подозерский. Ледники Кавказского хребта, Зап. КОРГО, т. 29, вып. I, 1911.
2. Р. Г. Гобеджашвили. Ледники Грузии. Тбилиси, 1989.
3. П. В. Ковалев. Мат. Кавказ. экспедиц., т. 2 Харьков, 1961.
4. Р. Д. Хазарадзе. Автореферат канд. дисс. Тбилиси, 1971.
5. Ш. В. Ивашвили. Автореферат канд. дисс. Тбилиси, 1975.
6. Г. С. Вартанов. Автореферат канд. дисс. 1978.

Ф. Д. МАЙСАДЗЕ, Р. А. АХВЛЕДИАНИ

## О ДОЛОМИТАХ ПАЛЕОГЕНОВОГО ФЛИША ЮЖНОГО СКЛОНА БОЛЬШОГО КАВКАЗА

(Представлено академиком И. П. Гамкрелидзе 20.3.1990)

Палеогеновые флишевые образования Южного склона Большого Кавказа, развитые в Местийско-Тианетской зоне, наиболее широким распространением пользуются в междуречье Патара Лиахви и Арагви, слагая мульду садзегурской синклинали.

Садзегурская синклинали характеризуется сложным тектоническим строением, особенно в северном крыле, где в результате развитых здесь надвигов наблюдается выпадение из разрезов отдельных стратиграфических единиц. Однако в южном крыле этой синклинали большей частью сохранены полные разрезы палеогеновых отложений, представленных шахветильской (палеоцен), квакеврисхевской (нижний и средний эоцен) и ильдоканской (верхний эоцен) свитами.

Для решения некоторых вопросов палеогеографии интерес представляет присутствие в отдельных разрезах флишевых отложений доломитов. В особенно заметном количестве эти породы присутствуют в разрезах р. Ксани и ее левого притока р. Алеура. В первом разрезе они развиты в верхней части ильдоканской свиты, а во втором — в среднеэоценовой части свиты квакеврисхеви.

Макроскопически доломиты четко выделяются среди палеогеновых флишевых отложений. На выветрелой поверхности они имеют желтовато-зеленую, а на свежем — темную, иногда до черного окраску. Большая их часть бескарбонатная и имеет заметный удельный вес. В латеральном направлении они фашиально замещаются мергелями, известняками и алевролитами, представляя, таким образом, линзообразные тела.

В результате термического, рентгеноструктурного, химического и микроскопического изучения этих пород было установлено, что они представлены известковыми и иногда чистыми доломитами (см. таблицу).

Ниже приводится краткое описание той части разреза р. Ксани, где развиты доломиты, в частности верхней части ильдоканской свиты.

Севернее с. Садзегури Пирвели, вдоль асфальтовой дороги, проходящей параллельно автомобильной, с севера на юг по нисходящему разрезу обнажаются:

1. Толща зеленых сланцеватых мергелей, в которых присутствуют прослой более плотного желтовато-зеленого доломита (обр. 59) мощностью 30 см, известкового доломита (обр. 61, 63) мощностью соответственно 35 и 30 см. Среди них встречаются отдельные прослой карбонатных полевошпатово-кварцевых песчаников. Аз. пад  $15^\circ < 70^\circ$ . Видимая мощность — 95—100 м.

2. Толща сильно рассланцованных карбонатных алевролитов с прослоями карбонатных аргиллитов. В нижней части толщи присутствует алевролитовый известковый доломит (обр. 760) мощностью 50 см. Мощность — 45 м. Перерыв в обнажении — 20 м.

3. Толща, состоящая из чередования темных слабокарбонатных сланцеватых и более плотных карбонатных зеленых мергелей. В ниж-



ней части толщи присутствуют прослой известковых доломитов (обр. 767, 769, 770) мощностью 50—70 см. Мощность — 140—150 м.

4. Чередование зеленых мергелей и темных слабокарбонатных сланцеватых аргиллитов с прослоями граувакково-кварцевых карбонатных песчаников. В мергелях содержится микрофауна верхнего эоцена. В нижней части толщи присутствуют прослой известкового доломита (обр. 777) мощностью 60 см. Видимая мощность — 300—320 м.

Затем после небольшого перерыва в обнажении на дневную поверхность выступают породы ильдоканской свиты, в которых доломиты не встречаются на протяжении около 500 м. После этого обнажается

5. Толща, состоящая из чередования рассланцованных карбонатных песчаников и доломитов (обр. 89, 90, 91, 92). Мощность последних варьирует в пределах 20—60 см. Среди них встречаются прослой карбонатных аргиллитов и известняков. Видимая мощность — 150—160 м.

В разрезе ущелья р. Алеура доломиты встречаются относительно редко и присутствуют в основном в среднеэоценовой части квакеврисхевской свиты и частично в нижней части ильдоканской свиты. Верхняя часть свиты квакеврисхеви, принадлежащая среднему эоцену, представлена чередованием сланцеватых аргиллитов и карбонатных песчаников. Среди них встречаются отдельные пачки и прослой мергелей и песчаных известняков. Примечательно, что в данном разрезе, наряду с вышеупомянутыми породами, присутствуют также прослой кристаллических и пепловых туфов и туфоаргиллитов, мощность которых достигает 2 м. Среди этих пород в виде прослоев встречаются известковые доломиты (обр. 664, 664', 664'', 669', 669'', 679), мощность которых варьирует в пределах 30—60 см.

Минералогическая характеристика доломитов рассматривается в таблице.

На основании исследования валового химического состава пород методом парных корреляций было установлено, что доломитовая фаза представлена изоморфным рядом доломит-анкерита с примесью марганцевой составляющей, не превышающей 1%. В качестве ассоциирующей фазы присутствует кальцит, количество которого варьирует от 0 до 50%.

Минальный состав изученных пород подтверждается термовесовым и рентгеновским анализом, причем приведенные в таблице данные межплоскостных расстояний  $d_{104}$  в отдельности для доломитов и кальцитов свидетельствуют о наличии широкого изоморфизма в ряду доломит-анкерита и незначительного — в кальцитах.

С использованием расчетов, предложенных К. Дж. Хсу [1], нами установлены температуры образования доломитовых пород в условиях диагенетического осадконакопления из карбонатных растворов при избытке солей магния и осадителя (бикарбоната натрия), а также при содержании сульфата Mg меньше 0,2—0,25%, давлении  $CO_2=1$  атм и рН ближе к нейтральному [2, 3]. Такой вывод подтверждается наличием в породах среднего эоцена гипса.

Соотношение  $MgCO_3:CaCO_3:FeCO_3+MnCO_3$  свидетельствует об осадконакоплении на границе аридной и семиаридной климатических

зон в условиях диагенетического распределения вещества, для которого, по данным Г. Н. Перозидо [4], характерной чертой является величина межплоскостного расстояния  $1/104/ = 301 - 2,99 \text{ \AA}$  для кальцита и  $1/104/ = 2,89 - 2,90$  для доломита. Причем последние представлены Fe-доломитами или Fe—Ca-доломитами.

	№ обр.	Состав доломита, %			CaCO <sub>3</sub>	d <sub>104</sub>		T°C
		CaMn (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	CaFe (CO <sub>3</sub> )	CaMg (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>		Доломит	Кальцит	
Ильдоканская свита	59	0,96	37,32	54,04	7,68	2,877	2,99	45
	61	0,94	30,58	40,56	27,92	2,892	3,01	75
	63	0,88	23,20	58,74	17,18	2,893	3,01	45
	760	0,86	21,72	57,14	20,28	2,896	3,01	45
	767	0,80	17,18	68,42	13,60	2,870	2,99	35
	769	0,80	23,24	29,20	46,76	2,870	2,99 7	105
	770	0,80	19,20	51,84	28,16	2,890	3,008	50
	777	0,80	22,22	61,84	15,14	2,890	3,008	40
	89	0,46	11,16	81,14	7,24	2,892	—	25
	90	0,80	31,96	41,0	26,24	2,865	2,982	75
	91	0,86	22,0	26,62	50,52	2,883	3,006	110
	92	0,60	17,32	36,72	45,36	2,877	2,999	100
	Шаветильская свита	664	0,80	24,46	68,88	5,86	2,875	3,01
664'		0,80	24,66	67,84	6,70	2,875	3,01	30
664''		0,62	12,78	86,6	0,0	2,89	—	20
669'		0,54	22,88	58,86	17,72	2,877	2,998	45
669''		0,72	23,22	65,88	10,18	2,877	2,998	35
679		0,82	20,0	62,44	16,74	2,894	3,008	40

Присутствие анкерита в пределах от 11 до 37% может свидетельствовать о лагунно-заливных условиях осадконакопления [5] при смешении пресных и морских вод.

Таким образом, можно заключить, что на определенных участках палеогенового флишевого бассейна в условиях аридного и семиаридного климата моментами образовывались лагунно-заливные условия, обусловившие в процессе диагенеза образование доломитов.

Академия наук Грузинской ССР  
Геологический институт  
им. А. И. Джанелидзе

(Поступило 22.3.1990)

გეოლოგია

ფ. მანსაძე, რ. ახვლედიანი

პავკასიონის სამხრეთი ფერდის პალეოგენური ფლიშის  
დოლომიტების შესახებ

რეზიუმე

პალეოგენურ ფლიშურ ნალექებში გავრცელებული დოლომიტების თერ-  
მული, რენტგენოსტრუქტურული, ქიმიური და მიკროსკოპული შესწავლის შე-

დეგად დადგინდა, რომ ისინი წარმოდგენილია დოლომიტ-ანკერიტის იზომორფული რიგით.

მათი დალექვა ხდებოდა ნახევრად ჩაკეტილ აუზებში არიდული და სემიარიდული კლიმატის პირობებში.

## GEOLOGY

F. D. MAISADZE, R. A. AKHVLEDIANI

### ON PALEOGENE FLYSCH DOLOMITES OF THE SOUTHERN SLOPE OF THE GREATER CAUCASUS

#### Summary

Thermal, roentgenostructural, chemical and microscopic studies of dolomites spread in the Paleogene flysch deposits showed that they are represented by dolomite-ankeritic isomorphous series.

Their sedimentation took place in partly closed basins in arid and semiarid climatic conditions.

#### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. К. Дж. Хсу. Сб. «Науки о земле», т. 2. М., 1971, 123—140.
2. О. К. Янатъева, А. М. Понизовский, Л. Д. Кийно, В. Т. Орлова. I Международный геохимический конгресс, т. 4, книга I. М., 1973, 305—313.
3. Ю. П. Никольская, Г. И. Гордеева. Там же, 314—325.
4. Г. Н. Перо̀зио, Н. Т. Мандрикова. В кн.: «Физические методы исследования минералов осадочных пород». М., 1966, 279—292.
5. М. Р. Лидер. Седиментология. М., 1986, 439.



М. П. НАЦВЛИШВИЛИ

## НЕКОТОРЫЕ МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГАРТИНСКОГО Cu-Mo РУДОПРОЯВЛЕНИЯ

(Представлено академиком Г. А. Твалчредидзе 20.4.1988)

Дзамское рудное поле, в пределах которого расположено Гартинское медно-молибденовое рудопроявление, обладает определенными перспективами в отношении некоторых редких элементов. Они остаются слабо изученными, так же как и вещественный состав руд в целом. Между тем, детальные исследования геолого-минералогических и геохимических особенностей медно-молибденовых руд имеют важное значение для понимания генезиса рудопроявления.

Вопросы геологического строения, структуры и околорудноизмененных пород освещены в работах М. Д. Купарадзе [1]. Рудное тело Гартинского рудопроявления имеет грубо изометричную форму. Оно представлено измененными породами, содержащими оруденение и пространственно приурочено к апикальным частям Квиранского диорит-порфиритового интрузива. Рудные вкрапления, прожилки и гнезда состоят из пирита, халькопирита, молибденита, которые находятся в тесном сростании с гранатом, кварцем, карбонатом и эпидотом. В подчиненном количестве присутствуют магнетит, гематит, пирротин, сфалерит, галенит, блеклые руды. Редкими, но характерными для руд месторождения, являются линнеит-полидимит, кобальтин, висуитин, галено-висмутин, марказит, арсениспирит, теллуриды золота и серебра. Текстурно-структурный анализ руд и детальные исследования сростков рудных минералов позволили выделить следующие парагенетические минеральные ассоциации: гранат-магнетитовую, пирротин-пиритовую, кварц-пирит-молибденитовую, пирит-халькопиритовую, сфалерит-галенитовую, пирит-серпичитовую.

Гранат-магнетитовая ассоциация является скарновой и пользуется сравнительно ограниченным распространением. К характерным ее особенностям относится преобладание крупнозернистых вкрапленных руд магнетита, цементирующих гранат. Пирротин-пиритовая ассоциация развита в виде мелких гнезд в скарнах. За счет карбонат-пирротинового парагенезиса в результате повышения окислительного потенциала среды [2] образуется пирит-марказит-магнетит-карбонатный парагенезис. Кварц-пирит-молибденовая ассоциация представлена в виде прожилков и пространственно приурочена к филитизированным диорит-порфиритам и флишевым аргиллитам. Пирит-халькопиритовая ассоциация характеризуется высоким отношением халькопирита к пириту (примерно 3:1). Халькопирит вместе с кальцитом замещает гранат и эпидот. Иногда на границе халькопирита с гранатом образуется реакционный гематит. Пирит раздробленный, замещается халькопиритом, кальцитом, теллуридами Au и Ag. Теллуриды Au и Ag образуют мелкие, до 0,1 мм, выделения в халькопирите, пирите, реже в кальците. Здесь иногда наблюдаются мелкие выделения кобальтина, висуитина, галеновисмутина, сульфосолей и теллуридов Ag. Галенит-сфалеритовая ассоциация развита слабо. Здесь доминируют сфалерит и галенит, другие сульфиды и сульфосоли находятся в подчиненном количестве. Халькопирит и галенит ксеноморфны по отношению к пириту и сфалериту. За ними следуют блеклые руды.



Пирит-серцитовая ассоциация имеет повсеместное развитие на рудопроявлении. Она завершает минералообразование и проявлена в виде мелких прожилков и вкрапленников.

На основании более 100 количественных спектральных и атомно-абсорбционных анализов (см. таблицу) получены данные по распределению редких и рассеянных элементов в пирите, халькопирите, сфалерите и галените. Содержание примесных элементов резко меняется не только в различных минералах, но и в одних и тех же, но принадлежащих к различным минеральным ассоциациям.

Пирит (P<sub>y</sub>) наиболее детально изучен в пирит-халькопиритовой, сфалерит-галенитовой и пирит-серцитовой ассоциациях. Содержание Ni и Co достигает максимума в пирите пирит-халькопиритовой ассоциации (до 1000 г/т), тогда как в пиритах других ассоциаций оно не превышает 37 и 85 г/т соответственно. Нами в пиритах всех ассоциаций установлены минералы ряда линнеит-полидимит, а в пирите халькопиритовой ассоциации — кобальтин. Можно предположить, что, кроме самостоятельных минеральных выделений, Ni и Co изоморфно входят в структуру пирита. Содержание Cd весьма незначительно и, видимо, связано с включениями сфалерита. Bi наибольшего значения достигает в пиритах пирит-халькопиритовой и особенно сфалерит-галенитовой ассоциаций. Присутствие последнего обусловлено наличием здесь висмутина, галеновисмутина и небольших включений галенита, который сильно обогащен Bi. Se преобладает над Te. Лишь в пирите пирит-халькопиритовой ассоциации последний достигает максимального значения — 184 г/т. Повышение его содержания сопровождается увеличением здесь содержания Au и Ag до 19 и 119 г/т соответственно. В целом четкой корреляции между элементами не наблюдается (за исключением Au, Ag и Te).

Средние содержания примесных элементов в главных рудообразующих минералах (г/т)

Минеральная ассоциация	Пирит	Пирит	Пирит	Пирит	Пирит	Халькопирит	Халькопирит	Сфалерит	Галенит
	P <sub>y</sub> =P <sub>yt</sub>	Q=P <sub>y</sub> =Mo	P <sub>y</sub> =Chp	Sp=Gn	P <sub>y</sub> =Ser	P <sub>y</sub> =Chp	Sp=Gn	Sp=Gn	Sp=Gn
Au	2,25	нет	6,64	0,92	нет	4,5	1,5	0,25	2,1
Ag	3,0	2,0	61,0	7,83	2,21	146,67	157,5	14,5	435,0
Se	63,0	67,0	74,66	23,33	55,75	33,67	17,0	11,0	154,5
Te	14,0	28,0	110,16	11,67	18,5	58,67	30,00	12,0	180,0
Cd	нет	нет	5,8	13,67	нет	50,00	200,0	6100,0	680,0
Bi	19,0	9,9	180,0	195,27	13,24	19,0	43,0	12,4	1000
Ni	12,0	12,0	356,73	7,6	12,12	55,87	6,0	нет	нет
Co	550,0	12,0	404,09	39,33	42,72	22,44	14,0	нет	нет

Халькопирит (Chp) изучен из пирит-халькопиритовой и сфалерит-галенитовой ассоциаций. По сравнению с пиритом данных ассоциаций они характеризуются более низкими содержаниями всех исследуемых элементов, за исключением Cd и Ag. Последние наблюдаются в халькопиритах обеих ассоциаций приблизительно в равных количествах (от 75 до 240 г/т). Относительно высокий коэффициент вариации Ag указывает на наличие минеральных выделений последнего в халькопирите. Они наблюдаются под микроскопом в тесных сростаниях с телуридами Au. Отдельные значения Au в халькопирит-

тах пирит-халькопиритовой ассоциации на порядок превышают содержание этого элемента в халькопиритах сфалерит-галенитовой ассоциации. Обратная картина наблюдается в них по содержанию Cd. Относительно высокое содержание Cd в обоих халькопиритах связано с микровключениями сфалерита и блеклых руд.

Сфалерит (Sp) распространен на рудопроявлении локально. Наиболее детально изучен из сфалерит-галенитовой ассоциации. К его типоморфным особенностям следует отнести высокую кадмиенность (более 0,5%) и железистость (около 2%). Наиболее интересной особенностью сфалерита является его обогащенность Ga и Ge (средние полуколичественные значения Ga—O,Op, Ge—G,p%). Следует подчеркнуть, что такие элементы, как Au, Ag, Se, Te, Bi, содержат сфалерит в небольших количествах, а Ni и Co не содержат вовсе.

В целом сфалерит наиболее обогащен Fe, Cd, Ag, Ga, Ge. Видимо, необычайно высокое содержание Cd, Ga и Ge в сфалерите связано с включениями редких минеральных форм этих элементов. Высокие значения Cu (до 0,8%) вместе с Fe указывают на содержание мелких включений халькопирита.

Галенит (Gn) относится к сравнительно слабо распространенным минералам, поэтому исследовано небольшое количество образцов. Особенностью его состава является высокое содержание Bi, Cd, Se, Te, Ag. Присутствие Bi, Ag и Te, по-видимому, связано с наличием мелких включений теллуридов, а присутствие Ag и Cd — блеклых руд. Отсутствие собственных минералов Se дает основание предположить их изоморфное вхождение в структуру галенита.

Рассматривая геолого-минералогические особенности Гартинского рудопроявления и учитывая закономерности распределения элементов-примесей, обнаруженных в главных рудообразующих минералах, можно сделать определенные выводы. В ранние стадии рудоотложения растворы, обогащенные кислородом, образуют магнетитовые руды. Постепенное нарастание активности серы вызывает отложение пирротина, а затем пирита. Данная пирит-пирротиновая ассоциация характеризуется небольшим содержанием Ni, Co, Bi, Se, Te, Ag, которые, видимо, изоморфно входят в структуру пирита и пирротина.

В последующий период рудоотложения, помимо пирита, в больших количествах образуется и халькопирит. С данной ассоциацией связано наиболее высокое содержание Ni, Bi, Te, Au, Ag. На этой стадии в филитизированных диорит-порфиритах образуется кварц-пирит-молибденитовая ассоциация, пириты которой характеризуются низким содержанием всех изученных примесных элементов.

На последней стадии рудоотложения, помимо пирита и халькопирита, в значительном количестве образуются сфалерит, галенит, блеклые руды. Для данной ассоциации характерно накопление Ag, Se, Te, Cd, Bi, Ga, Ge. Главными концентраторами указанных элементов являются сфалерит и галенит.

Широкий спектр элементов-примесей в рудах Гартинского рудопроявления и относительно высокое содержание Ag, Au, Se, Te представляют интерес для их комплексного использования.

## მ. ნაცვლიშვილი

 ლართის Cu—Mo მაღანგამოვლინების ზოგიერთი მინერალოგიურ-  
 გეოქიმიური თავისებურება

## რეზიუმე

შესწავლილია ლართის Cu—Mo მაღანგამოვლინების (ძამის მაღნიანი ველი) პარაგენეტული მინერალური ასოციაციები, სულფიდურ მინერალებში მინარევი ელემენტების (Au, Ag, Se, Te, Cd, Bi, Ni, Co) გავრცელების კანონზომიერებანი. დადგენილია სხვადასხვა პარაგენეტული მინერალური ასოციაციის ერთსა და იმავე სულფიდებში მინარევი ელემენტების განაწილების სხვადასხვაგვარი ხასიათი. აღდგენილია მაღანწარმოშობის პროცესი.

## GEOCHEMISTRY

M. P. NATSVLISHVILI

 SOME MINERALOGICAL-GEOCHEMICAL PECULIARITIES OF THE  
 GARTA Cu-Mo ORE MANIFESTATION

## Summary

Paragenetic mineral associations of the Garta Cu-Mo ore manifestation (the Dzama ore field) and distribution regularities of some trace elements (Au, Ag, Se, Te, Cd, Bi, Ni, Co) in sulphides have been studied. It is established that trace element content varies in one and the same sulphides belonging to different mineral associations. Restoration of ore formation process has been carried out.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. М. Д. Купарадзе. Геологическое строение, вещественный состав и условия формирования Дзамского скарново-железородного месторождения. Тбилиси, 1966.
2. Минеральные ассоциации, структуры и текстуры руд как показатели условий гидротермального рудообразования. М., 1984.



МЕТАЛЛУРГИЯ

А. Г. ГАБИСИАНИ, Б. Г. МАРГИЕВ, Н. Д. ГОНДЖИЛАШВИЛИ,  
 Д. Л. МАГЛАКЕЛИДZE, В. Г. ИМЕРЛИШВИЛИ

ВНЕПЕЧНАЯ ОБРАБОТКА ТРУБНЫХ МАРОК СТАЛЕЙ  
 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНЕЧНОГО МАРТЕНОВСКОГО ШЛАКА

(Представлено академиком Г. Г. Гвелесиани 1.3.1990)

В настоящее время широкое развитие получила обработка стали в ковше синтетическими шлаками и экзотермическими шлакообразующими смесями [1, 2]. Несмотря на высокую эффективность этих способов обработки стали в ковше, повсеместное их внедрение затрудняется из-за необходимости наличия специальной шлакоплавильной печи, дефицитности отдельных шлакообразующих материалов и их высокой стоимости.

Исследования, проведенные нами на Руставском металлургическом заводе, показали возможность приготовления активного синтетического шлака с использованием жидкого конечного мартеновского шлака с низким содержанием фосфора (не более 0,6% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

Конечный мартеновский шлак от предыдущей плавки заливается в предварительно прогретый шлакоприемный ковш с основной футеровкой. На шлак присаживаются дробленый плавиковый шпат и шлак алюминиевого производства в количестве 10 и 15% соответственно. Ковш со шлаком устанавливается на специальном стенде, закрывается крышкой и подогревается газо-кислородной фурмой, смонтированной в крышке.

Шлак алюминиевого производства, являющийся побочным продуктом при выплавке вторичного алюминия, содержит более 50% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, до 30% металлического алюминия, 5—10% кремнезема и в незначительном количестве СаО и другие оксиды.

В табл. 1 приведен химический состав мартеновских шлаков до (1, 2, 3) и после (1', 2', 3') присадки шлакообразующих материалов.

Таблица 1

Химический состав мартеновского шлака

№ шлаков	Химический состав, %							
	SiO <sub>2</sub>	CaO	MnO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaF <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
1	22,2	47,5	4,2	10,8	2,7	9,6	—	0,6
1'	16,5	43,4	2,6	8,4	16,8	0,41	7,9	0,4
2	20,6	45,0	4,1	12,9	4,7	9,9	—	0,54
2'	15,4	40,2	3,5	9,4	19,8	0,3	6,5	0,45
3	22,9	46,5	4,2	14,0	3,8	8,9	—	0,3
3'	18,3	41,8	2,9	12,8	18,4	0,4	8,5	0,22



Как видно из таблицы, после присадки плавикового шпата и шлака алюминиевого производства состав мартеновского шлака изменяется в сторону повышения в нем содержания глинозема до 20% и понижения содержания оксида железа до 0,3%.

Такой шлак при температурах 1450—1550°C имеет минимальную вязкость (0,15—0,3 Н·сек·м<sup>-2</sup>) и характеризуется хорошей жидкоподвижностью.

Приготовленный таким образом шлак заливается в ковш следующей плавки к моменту выпуска металла из печи. Одновременно с этим металл на желобе обрабатывается порошком свежееобожженной извести при помощи специального приспособления. Порошок извести (фракции 0,1—1,0 мм) вдувается в металл в струе аргона. Расход порошка при этом составляет 0,8—1,0% от массы металла, расход аргона — 0,03—0,05 м<sup>3</sup>/т стали. Продолжительность продувки — 10—15 мин. Конструкция вдуваемого приспособления позволяет предотвратить вынос порошка в атмосферу и разбрызгивание металла.

При падении струи металла с частицами извести в ковш со шлаком происходит интенсивное перемешивание всех трех фаз (твердой извести, жидких металла и шлака), в результате чего многократно увеличивается контактирующая поверхность металла и шлака и создаются благоприятные условия для рафинирования металла от серы и кислорода. К моменту окончания выпуска металла из печи принимаются меры для предотвращения попадания печного шлака в ковш. Конечный состав синтетического шлака изменяется в сторону повышения содержания извести до 50—55%.

По указанной технологии в условиях Руставского металлургического завода было обработано несколько плавов различных марок трубной стали.

Металл выплавлялся в 200 т мартеновских печах скрап-рудным процессом, выпускался в ковш с шамотной футеровкой и разливался в 7-т изложницы сифонным способом.

В табл. 2 приведены результаты обработки синтетическими шлаками трех мартеновских плавов низко- и среднеуглеродистой, а также низколегированной марок сталей.

Таблица 2

Изменение содержания серы в металле и шлаке при обработке стали синтетическими шлаками в ковше

№ плавки	Марка стали	[S] в металле перед выпуском из печи, %	(S) в шлаке перед выпуском из печи, %	(S)	[S] в готовой стали, %	(S)' в синтетическом шлаке, %	(S)'
				[S]			[S]'
1324	10	0,040	0,25	6,25	0,019	0,234	13,0
1356	45	0,043	0,22	5,37	0,017	0,250	14,7
1382	40X	0,041	0,30	7,3	0,011	0,280	25,4

Как видно из таблицы, обработка мартеновской стали жидким синтетическим шлаком в ковше и порошком извести на желобе способствует снижению содержания серы в металле на 50—70%.

Наиболее высокий процент удаления серы наблюдается при обработке стали марки 40X, что, по-видимому, обусловлено предварительным раскислением металла в печи ферросилицием и феррохромом.

Разливка металла, обработанного синтетическим шлаком, производилась в изложницы под слоем шлака силикомарганца.

Гранулированный, предварительно высушенный шлак силикомарганца (45—50% SiO<sub>2</sub>, 20—25% CaO, 15—20% MnO, 6—9% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 2—5% MgO) в бумажных мешках перед началом разливки помещали на дно изложницы. Соприкасающиеся с жидким металлом нижние слои шлака быстро расплавились, а через 3—4 мин после начала разливки весь шлак находился в жидком состоянии.

Легкоплавкий шлак ( $T_{пл} = 1050—1150^{\circ}\text{C}$ ) со сравнительно низкой вязкостью при температурах разливки стали (0,1—0,2 Н·сек·м<sup>-2</sup>); высокой адгезией к неметаллическим включениям и оптимальной к стенке изложницы очищает металл от алюминатов кальция и обеспечивает образование необходимого шлакового гарнисажа вокруг слитка.

Исследование неметаллических включений в литом и деформированном металле показало, что содержание оксидных частиц в пробах металла из ковша опытных плавов изменяется в пределах 0,01—0,015%. Они представлены в основном в виде глобулярных частиц алюминатов кальция мелких, средних и крупных размеров. В большом количестве встречаются также оксисульфидные частицы глобулярной формы. В пробах из проката содержание оксидных включений в опытных плавках снижается в 3—4 раза и изменяется в пределах 0,003—0,004%. Они представлены в основном в виде мелких недеформированных частиц алюминатов кальция и оксисульфидов глобулярной формы. Строчки корунда при этом не обнаруживаются.

Выход первых сортов труб из опытного металла возрос на 2%, ударная вязкость, стали на 15—20% выше обычной.

Таким образом, комплексная обработка мартеновской стали на желобе, в ковше и изложнице способствует снижению содержания серы на 50—70%, очищению металла от неметаллических включений и улучшению качественных показателей готового проката.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт металлургии

(Поступило 9.3.1990)

მეტალურგია

ა. ზაბისიანი, ბ. მარგივი, ნ. გოჯილაშვილი, დ. მალაქაიძე,  
 ვ. იმერლიშვილი

საბოლოო მარტენის წილით სხვადასხვა მარკის სამილე ფოლადების  
 ღუმელბარებზე დამუშავება

რეზიუმე

რუსთავის მეტალურგიულ ქარხანაში სილიკომანგანუმის წილის ქვეშ ბო-  
 ყვებში სინთეტიკური წილით დამუშავებულ იქნა სხვადასხვა მარკის სამილე  
 ფოლადები.

დამტკიცდა, რომ კომპლექსური დამუშავების შედეგად შემცირდა ფოლა-  
 დებში გოგირდისა და არალითონური ჩანართების შემცველობა.

A. G. GABISIANI, B. G. MARGIEV, N. D. GONJILASHVILI,  
D. L. MAGLAKELIDZE, V. G. IMERLISHVILI

OFF--FURNACE TREATMENT OF TUBE TYPES OF STEEL  
USING THE FINAL OPEN-HEARTH SLAG

Summary

In the casting ladle of the Rustavi Metallurgical Works various marks of tube steel were treated by synthetic slags. Pouring of the treated metal was carried out under a layer of silicomanganese slag.

It has been stated that combined treatment of steel reduces its sulphur content and rids the steel of non-metallic inclusions.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. С. Г. Воинов, А. Г. Шалимов, Л. Ф. Косой, Е. С. Калининков. Рафинирование металла синтетическими шлаками. М., 1970, 279.
2. Н. П. Лякишев, А. Г. Шалимов. Сталь, № 5, 1980, 364—368.



Н. А. ВАШАКИДЗЕ, А. С. ВАШАКИДЗЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛА НА ВАЛКИ ПРИ ПРОКАТКЕ ПЛОСКООВАЛЬНОЙ ПОЛОСЫ В КРУГЛОМ КАЛИБРЕ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. Н. Оклеем 28.2.1990)

При определении давления металла на валки в круглом калибре допускаем, что деформация является плоской и уширение металла отсутствует. Ввиду того что в круглых калибрах мелкосортных и проволочных станов показатель формы очага деформации  $\left(\frac{l}{h_{cp}}\right)$  больше единицы, влиянием внешних зон на давление пренебрегаем.

Уравнение контактного давления при прокатке в гладких валках, когда  $\frac{l}{h_{cp}} = 1 \div 2$ , имеет следующий вид (1):

$$p_{cp} = k \left( A + B \frac{l}{h_{cp}} \right), \quad (1)$$

где  $\frac{k}{2} = \tau_s = \frac{\sigma_{\phi}}{\sqrt{3}}$  — сопротивление чистому сдвигу ( $\sigma_{\phi}$  — фактическое сопротивление простому сжатию и растяжению с учетом влияния температуры, степени и скорости деформации);  $A$  и  $B$  — коэффициенты, зависящие от относительного обжатия (при  $\epsilon = 0,1-0,4$ ,  $A = 1,0037-1,047$ ;  $B = 0,175-0,13$ );  $l$  и  $h_{cp}$  — соответственно длина очага деформации и средняя высота полосы.

Уравнением (1) можно пользоваться также для определения давления в круглом калибре, однако в этом случае  $l$  и  $h_{cp}$  будут переменными величинами.

Тогда полное давление металла на валки при прокатке в круглом калибре будет

$$P = 2k \int_0^{b_0/2} \left( A + B \frac{l_y}{h_{y \cdot cp}} \right) l_y dx. \quad (2)$$

При прокатке плоскоооальной полосы в круглом калибре (рис. 1) можно написать

$$\left. \begin{aligned} h_{y \cdot on} &= 2 \left[ \sqrt{\frac{h_{rp}^2}{4} - x^2} + \frac{h_{on} - h_{kp}}{2} \right], \\ h_{y \cdot kp} &= 2 \sqrt{\frac{h_{kp}^2}{4} - x^2}, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$



$$h_{y, \text{cp}} = 2 \sqrt{\frac{h_{\text{кр}}^2}{4} - x^2} + \frac{h_{\text{ов}} - h_{\text{кр}}}{2} \approx \frac{2}{h_{\text{кр}}} \left( \frac{h_{\text{ов}} h_{\text{кр}}}{2} - x^2 \right), \quad (4)$$

$$l_y = \sqrt{R + \frac{h_{\text{кр}}}{2}} - \sqrt{\frac{h_{\text{кр}}^2}{4} - x^2} (h_{\text{ов}} - h_{\text{кр}}) \approx \sqrt{\frac{\Delta h}{h_{\text{кр}}}} \sqrt{R h_{\text{кр}} + x^2}. \quad (5)$$

После подстановки значений  $h_{y, \text{cp}}$  и  $l_y$  из уравнений (4) и (5) в уравнение (2) получим

$$P = 2kA \sqrt{\frac{\Delta h}{h_{\text{кр}}}} \int_0^{b_0/2} \sqrt{R h_{\text{кр}} + x^2} dx + kB \Delta h \int_0^{b_0/2} \frac{R h_{\text{кр}} + x^2}{\frac{h_{\text{cp}} h_{\text{кр}}}{2} - x^2} dx. \quad (6)$$

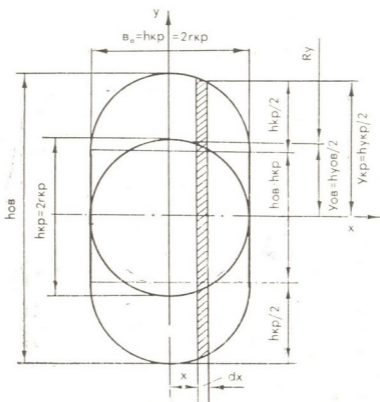


Рис. 1. Схема деформации при прокатке плоскоовальной полосы в круглом калибре

Решая уравнение (6), получаем

$$P = k \left\{ A \sqrt{\frac{\Delta h}{h_{\text{кр}}}} \left[ \frac{b_0}{2} \sqrt{R h_{\text{кр}} + \frac{b_0^2}{4}} + R h_{\text{кр}} \ln \frac{\sqrt{R h_{\text{кр}} + \frac{b_0^2}{4}}}{\sqrt{R h_{\text{кр}}}} \right] + \frac{B \Delta h}{2} \left[ \sqrt{\frac{h_{\text{cp}} h_{\text{кр}}}{2}} \left( \ln \frac{\sqrt{\frac{h_{\text{cp}} h_{\text{кр}}}{2} + \frac{b_0}{2}}}{\sqrt{\frac{h_{\text{cp}} h_{\text{кр}}}{2} - \frac{b_0}{2}}} \left( 1 + \frac{2R}{h_{\text{cp}}} \right) - b_0 \right) \right] \right\}. \quad (7)$$

Если принять, что  $b_0 \approx h_{\text{кр}} = 2r_{\text{кр}}$ , будем иметь

$$P = k \left\{ A \sqrt{\frac{\Delta h}{r_{\text{кр}}}} \left[ r_{\text{кр}} \sqrt{r_{\text{кр}}(2R + r_{\text{кр}})} + 2R r_{\text{кр}} \ln \frac{\sqrt{r_{\text{кр}}(2R + r_{\text{кр}})}}{\sqrt{R r_{\text{кр}}}} \right] + \right.$$

$$+ \frac{B\Delta h}{2} \left[ \sqrt{h_{cp} r_{кр}} \left( \ln \frac{\sqrt{h_{cp} r_{кр}} + r_{кр}}{\sqrt{h_{cp} r_{кр}} - r_{кр}} \left( 1 + \frac{2R}{h_{cp}} \right) - 2r_{кр} \right) \right] \}. \quad (8)$$

где  $\Delta h = h_{ов} - h_{кр}$ ,  $h_{cp} = \frac{h_{ов} + h_{кр}}{2} = \frac{h_{ов} + 2r_{кр}}{2}$ ;  $r_{кр}$  — радиус круглого калибра.

Когда в круглом калибре прокатывается крупная плоскоовальная полоса  $\left( \frac{l}{h_{cp}} < 1 \right)$ , то при определении давления металла на валки необходимо учитывать также влияние внешних зон ( $n_{\sigma}''$ ), т. е. уравнения (7) и (8) надо умножить на  $n_{\sigma}''$  [1, 2].

Среднее контактное давление определяется делением полного давления металла на валки на контактную площадь.

Для определения контактной площади находим максимальную и минимальную длину очага деформации:

$$l = \sqrt{R\Delta h} = \sqrt{R(h_{ов} - 2r_{кр})}, \quad (9)$$

$$l_{\delta} = \sqrt{R_{\delta}\Delta h_{\delta}} =$$

$$= \sqrt{\left( R + r_{кр} - \sqrt{r_{кр}^2 - \frac{b_{ов}^2}{4}} \right) \left( h_{ов} - 2r_{ов} - \sqrt{r_{кр}^2 - \frac{b_{ов}^2}{4}} \right)}. \quad (10)$$

Кривую, ограничивающую контактную площадь с боковой стороны, можно заменить квадратичной параболой

$$x = \sqrt{\frac{y}{p_1}}. \quad (11)$$

Параметр  $p_1$  можно найти из условия

$$x = \frac{b - b_{ов}}{2}, \quad y = l_{\delta},$$

$$p_1 = \frac{2l_{\delta}}{(b - b_{ов})^2}. \quad (12)$$

Кривую, ограничивающую контактную площадь со стороны входа очага деформации, можно также заменить параболой

$$x = \sqrt{p_2 y}, \quad (13)$$

где при

$$x = \frac{b_{ов}}{2}, \quad y = l - l_{\delta},$$

$$p_2 = \frac{b_{ов}^2}{4 \sqrt{l - l_{\delta}}}. \quad (14)$$

Пользуясь уравнениями (11), (12), (13) и (14), определяем контактную площадь:

$$F = b_{ов} l_{\delta} + 2 \int_0^{l_{\delta}} \sqrt{\frac{y}{2p_1}} dy + 2 \int_0^{l - l_{\delta}} \sqrt{p_2 y} dy. \quad (15)$$

После решения уравнения (15) получим

$$F = b_{\text{ов}} \sqrt{R_{\delta} \Delta h_{\delta}} + \frac{2}{3} [(b - b_{\text{ов}}) \sqrt{R_{\delta} \Delta h_{\delta}} + b_{\text{ов}} (\sqrt{R \Delta h} - \sqrt{R_{\delta} \Delta h_{\delta}})], \quad (16)$$

или

$$F = \frac{2}{3} b_{\text{ов}} \sqrt{R \Delta h} + \left( \frac{2}{3} b - b_{\text{ов}} \right) \sqrt{R_{\delta} \Delta h_{\delta}}. \quad (17)$$

Формулами (7), (8), (16) и (17) можно пользоваться при практических расчетах силовых параметров прокатки.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт металлургии

(Поступило 11.3.1990)

მეტალურგია

ბ. შაშაიძე, ა. შაშაიძე

ლითონის გლინებზე წნევის გასაზღვრა ბრტყელი ოვალური ზოლის მრგვალ კალიბრში გლინვისას

რეზიუმე

მიღებულია ლითონის გლინებზე წნევისა და საკონტაქტო ფართის განმსაზღვრელი ახალი ფორმულები ბრტყელი ოვალური ზოლის მრგვალ კალიბრში გლინვისას. ამ ფორმულებით სარგებლობა შეიძლება გლინვის ძალოვანი პარამეტრების პრაქტიკული გათვლისას.

METALLURGY

N. A. VASHAKIDZE, A. S. VASHAKIDZE

## DETERMINATION OF METAL PRESSURE ON ROLLS DURING THE ROLLING OF A FLAT-OVAL STRIP IN A ROUND PASS

### Summary

New formulas for determining the pressure of metal on rolls and contact area during the rolling of a flat oval strip in a round pass have been derived. The formulas can be used for practical calculation of force parameters of the rolling process.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. С. Вашакидзе. Деформация металла и контактные напряжения при прокатке в калибрах. Тбилиси, 1985.
2. Г. С. Бегларшвили, Н. А. Вашакидзе. Сб. «Обработка металлов давлением», вып. 1. Тбилиси, 1989, 35—38.



№ 621.923/924

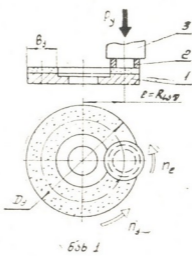
მანქანათმშენობლა

ბ. ბათიაშვილი, ბ. მამულაშვილი, დ. ბუცხრიკიძე, ვ. ქარსლაძე

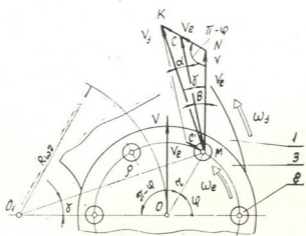
დაბალტემპერატურიანი პრეციზიული ხიზვის პროცესის კინემატიკა და ჭრის ძალები

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა თ. ლოლაშვილმა 2.2.1990)

ბრტყლად ხეხვის ახალი მეთოდი — დაბალტემპერატურიანი პრეციზიული ხეხვა (დპხ) (ს. მ. № 1159765) და მისი შესაბამისი მოწყობილობები (ს. მ. № 1104762, № 1189018) გათვალისწინებულია სალი და მყიდვე მასალების დასამუშავებლად. დპხ-ს პრინციპიალური კინემატიკური სქემა მოყვანილია 1 სურათზე. სახეხი ქარგოლი 1 და კასეტა 3 მასზე დამაგრებული დეტალებით 2



ნახ 1



სურ. 1, 2

ბრუნავენ ხისტ ღერძებზე ერთი მიმართულებით —  $n_z$  ( $\omega_z$ ) და  $n_x$  ( $\omega_x$ ) კასეტა 3 მიეწოდება დასამუშავებელი ზედაპირის მართობულად დაწოლის მუდმივი ძალით  $P_z$ , რაც ჭრის ზონაში ქმნის წნევას  $p = P_z / \Sigma S$  აქ  $\Sigma S$  დეტალების დასამუშავებელი ზედაპირების ჯამური ფართობია.

კასეტის ბრუნვის ღერძი გადის ქარგოლის აღმასის შემცველი ფენის სიგანის ( $B_j$ ) შუაში, ე. ი. ქარგოლისა და კასეტის ბრუნვის ღერძებს შორის მანძილი

$$e = (D_j - B_j) / 2 = R_{\text{საშ}}. \quad (1)$$

ჭრის ზონის ნებისმიერი  $M$  წერტილისათვის (სურ. 2) ჭრის სიჩქარე წარმოადგენს ვექტორულ სხვაობას

$$\vec{V}_{\text{შ}} = \vec{MK} - \vec{MC}' = \vec{V}_j - \vec{V}_{\text{შ}}, \quad (2)$$

მაგრამ, რადგან როგორც  $V_j$ , ისე  $V_{\text{შ}}$  ცვლადია, ამიტომ გამარტივების მიზნით  $\vec{V}_{\text{შ}}$  შეიძლება წარმოვადგინოთ როგორც ორი ვექტორის ჯამი:

$$\vec{V}_{\text{შ}} = \vec{MN} + \vec{NC} = \vec{V} + \vec{NC}, \quad (3)$$

სადაც  $\vec{V}$  მუდმივია და წარმოადგენს ჭრის სიჩქარეს კასეტის  $O$  ცენტრისათვის, რომლის მიმართულება კასეტის  $O$  და ქარგოლის  $O_1$  ცენტრების შემავრთბელი ხაზის მართობია, ხოლო მისი სიდიდე

$$V = R_{\text{საშ}} \cdot \omega_j, \quad (4)$$

რაც ფაქტობრივად წარმოადგენს ქარგოლის სიჩქარეს  $R_{\text{საშ}}$ . რადიუსზე, ე. ი. ჭრის საშუალო სიჩქარეს.

$\vec{NC}$ -ს მნიშვნელობა განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$\vec{NC} = \vec{NK} - \vec{CK}; \quad CK = r \cdot \omega_{\text{შ}}; \quad NK = OM \cdot MN / O_1O = r \cdot \omega_j$$

და

$$NC = r \cdot \omega_j - r \cdot \omega_{\text{შ}} = VK_2 (1 - K_1),$$

სადაც  $K_1$  და  $K_2$  წარმოადგენენ პროცესის კინემატიკური პარამეტრების კოეფიციენტებს.

$$K_1 = \omega_{\text{შ}} / \omega_j; \quad K_2 = r / R_{\text{საშ}}.$$

ამრიგად, ნებისმიერი  $M$  წერტილისათვის ჭრის სიჩქარის სიდიდე  $\Delta MNC$ -დან ტოლია:

$$\begin{aligned} V_{\text{შ}} &= \sqrt{V^2 + NC^2 - 2V \cdot NC \cdot \cos(\pi - \varphi)} = \\ &= V \sqrt{1 + [K_2(1 - K_1)]^2 + 2K_2(1 - K_1) \cos \varphi} \end{aligned}$$

$V_{\text{შ}}$  მინიმალურ და მაქსიმალურ მნიშვნელობებს ღებულობს, როდესაც კუთხე  $\varphi$  შესაბამისად  $O$ -ის და  $\pi$ -ს ტოლია, ხოლო სიჩქარის ცვლილება ჭრის ზონაში

$$\Delta V_{\text{შ}} = V_{\text{შ max}} - V_{\text{შ min}} = 2 \cdot V \cdot K_2 (1 - K_1).$$

გამოვთვალოთ ჭრის ზონაში სიჩქარის ცვლილება  $K_1$  და  $K_2$ -ის რაციონალური მნიშვნელობებისათვის.

ს. მ. № 1159765-ის მიხედვით ქარგოლის მუშა ზედაპირის თანაბარი ცვეთა მიიღწევა, როცა  $K_1 = 0,4 - 0,7$ , ხოლო ჩარხების კონსტრუქციებიდან გამომდინარე  $K_2 = 0,15 - 0,35$ , მაშინ

$$\Delta V_{\text{შ}} = (0,09 \dots 0,42) V$$

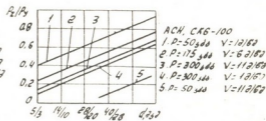
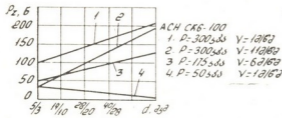
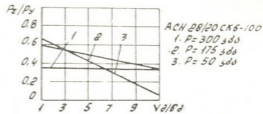
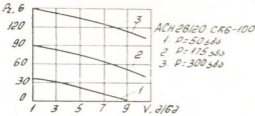
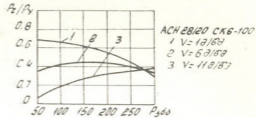
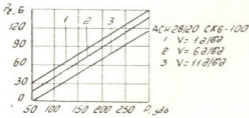
ანუ სიჩქარის ცვლილება ჭრის ზონაში ქარგოლის მუშა ზედაპირის მთელ სივანეზე იცვლება ჭრის საშუალო სიჩქარის  $\sim 10 - 40\%$ -ით.

ღვს პროცესის ძალოვანი დამოკიდებულებების დასადგენად დამუშავებულ იქნა პროცესის სტატიკური მოდელი და მის შესამოწმებლად შეიქმნა სპეციალური პიეზოელექტრული დინამომეტრის კომპლექსი — ორი სამკომპონენტური დინამომეტრით. დამატებით, შემოვლითი გზით განესაზღვრეთ ჭრის ძალის  $P_z$  მდგენელი ჭრაზე დახარჯული სიმძლავრის მიხედვით.

შესწავლილია ჭრის სიმძლავრის ზედრითი მუშაობის, ძალის მდგენელებისა და  $P_z/P_y$  თანაფარდობის დამოკიდებულება ჭრის რეჟიმისა და ალმასის ქარგოლის მარცვლოვანებზე ( $V = 1 - 11$  მ/წმ,  $P = 50 - 350$  კპა,  $d = 5 - 80$  მკმ).

კვლევის შედეგი ჭრის ძალის  $P_z$  მდგენელისა და  $P_z/P_y$  თანაფარდობისათვის წარმოღვენილია მესამე და მეოთხე სურათზე.

წნევის ( $P$ ) და მარცვლოვანების ( $d$ ) გაზრდითა და ჭრის სიჩქარის ( $V$ ) შემცირებით ჭრის ძალის მსგები მდგენელი იზრდება.  $P_z$ -ის ცვლილების ასეთი ხასიათი დაკავშირებულია დასამუშავებელ მასალაში აღმასის მარცვლების



სურ. 3, 4

ჩანერგვის სიდიდესთან. წნევის გაზრდით მარცვლის ჩანერგვის სიდიდე მატულობს, აღმასის (აბრაზიული) მარცვლების ზომის გაზრდის შემთხვევაში ქარგოლზე მეზობელ მარცვლებს შორის მანძილი დიდდება, ხოლო ქარგოლის ზედაპირის ერთეულოვან ფართობზე მოსული მარცვლების რაოდენობა მცირდება. ამიტომაც, ხეხვის ერთნაირ პირობებში, მეტი ზომის მარცვლები დასამუშავებელ მასალაში ჩაინერგება მეტ სიღრმეზე. ჭრის სიჩქარის გაზრდა იწვევს მოსაჭრელი ფენის წინააღმდეგობის გაზრდას, რაც თავის მხრივ ამცირებს მარცვლის ჩანერგვის სიდიდეს და შესაბამისად  $P_z$ -ს.

ჭრის ძალის მდგენელებიდან  $P_y > P_z$ -ზე, ხოლო  $P_z \gg P_x$ -ზე. ჭრის რეჟიმის შესწავილ დიაპაზონში  $P_z$  და  $P_y$ -ს ცვლილებას ერთნაირი ხასიათი აქვთ, მაგრამ ცვლილების ინტენსივობა განსხვავებულია.

ჭრის ძალის მდგენელების მიხედვით პრაქტიკულად ხდება ჩარხების ძირითადი კვანძების გაანგარიშება.  $P_z/P_y$ -ის თანაფარდობა გამოიყენება ზოგიერთი ტექნოლოგიური პროცესის დასავეგმარებლად და ქარგოლის ცვეთის ბუნების დასადგენად.

რადიო, ელექტრონულ და სხვა მრეწველობაში ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა მასალისაგან დამზადებული თხელი ფირფიტები, რომელთა სისქე  $\delta \leq 0,2$  მმ. თხელი ფირფიტების საყრდენ ზედაპირებს, როგორც წესი, მოეთხოვება მაღალი სიზუსტე. ტექნოლოგიურ პროცესში მათი დაწებება ან რომელიმე მექანიკური დამაგრება დამატებითი ცდომილების წყარო ხდება. ამ შემთხვევაში კარგი გამოსავალია ფირფიტების დამაგრება ჭრის ძალით. ამ პი-

რობის დაკმაყოფილება დბპ პროცესისათვის მით ადვილია, რაც მცირეა  $P_z/P_y$  თანაფარდობის მნიშვნელობა. დადგინდა, რომ ჭრის ძალით დამაგრებული კერამიკული თხელი ფირფიტების ოპტიმალურ პირობებში დასამუშავებლად, ჭარგოლის მარცვლოვანებასა და ჭრის რეჟიმს შეესაბამება ინტერვლები  $V=1-3$  მ/წმ,  $P=250-300$  კპა,  $d=5/3-28/20$ .

ჩატარებული კვლევის შედეგები საფუძვლად დაედო დბპ მეთოდით მომუშავე პრეციზიული ბრტყლადსახები ჩარხების დაგეგმარებასა და სხვადასხვა მასალისაგან დამზადებული დეტალების პროგრესული ხეხვის ტექნოლოგიური პროცესების შემუშავებას.

საქართველოს ტექნიკური  
 უნივერსიტეტი

(შემოვიდა 2.3.1990)

### МАШИНОВЕДЕНИЕ

Б. И. БАТИАШВИЛИ, Г. Л. МАМУЛАШВИЛИ, Д. С. БУЦХРИКИДЗЕ,  
 В. В. КАРСЕЛАДЗЕ

## КИНЕМАТИКА И СИЛЫ РЕЗАНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПРЕЦИЗИОННОГО ШЛИФОВАНИЯ

### Резюме

Рассмотрены кинематика и силы резания нового способа—низкотемпературного прецизионного шлифования. Определены оптимальные значения кинематических параметров.

С помощью специального пьезоэлектрического динамометра экспериментально определены составляющие силы резания.

### MACHINE BUILDING SCIENCE

B. I. BATIASHVILI, G. L. MAMULASHVILI, D. S. BUTSKHRIKIDZE,  
 V. V. KARSELADZE

## KINEMATICS AND CUTTING FORCES OF LOW-TEMPERATURE PRECISION GRINDING

### Summary

Cutting forces and the kinematics of a new method of low-temperature precision grinding are considered. The optimum values of kinematic parameters are determined. The components of cutting forces are experimentally determined by means of a special piezoelectric dynamometer.



ГИДРОТЕХНИКА

Т. Г. ВОЙНИЧ-СЯНОЖЕНЦКИЙ, К. А. АРОБЕЛИДЗЕ, З. И. АСКУРАВА

**УСЛОВИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ ПОДАЧИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ ГОРОДОВ И ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ**

(Представлено академиком В. И. Гомеллаури 13.3.1990)

Система подачи и распределения воды (СПРВ) городов представляет сложную иерархическую динамическую систему, функционирующую в нестационарном режиме и эта нестационарность, как минимум, обусловлена чередованием утренних и вечерних максимумов водопотребления.

Иерархическая сложность СПРВ предопределяет необходимость фрагментарного подхода для получения аналитических обзримых результатов, позволяющее как минимум оценить те трудности и факторы, которые могут возникнуть при детальном исследовании всей структуры СПРВ.

Расход, поступающий в систему —  $Q_0$ , согласно принятой схеме подается в головной резервуар А, откуда посредством водовода АВ поступает в кольцевую систему, состоящую из трех параллельно работающих линий 1, 2, 3. Система снабжена контррезервуаром D. Забор воды потребителем осуществляется в точках В и С.

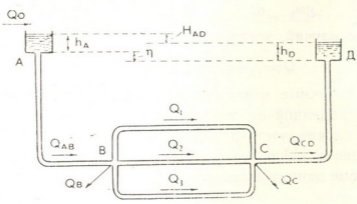


Рис. 1

Применительно к схеме, эскизно изображенной на рис. 1 на основе балансовых уравнений, а также уравнений гидравлических и инерционных потерь, получаем

$$\frac{Q_0 - \sum_{i=1}^3 Q_i - Q_B}{\omega_A} - \frac{\sum_{i=1}^3 Q_i - Q_C}{\omega_D} = \frac{\bar{h}_{WAB}}{\bar{Q}_{AB}^2} \cdot \frac{d \left( \sum_{i=1}^3 Q_i \right)^2}{dt} + \\
 + \frac{\bar{h}_{WAB}}{\bar{Q}_{AB}^2} \frac{dQ_{AB}^2}{dt^2} + \frac{l_{AB}}{g \omega_{AB}} \cdot \frac{d^2 \left( \sum_{i=1}^3 Q_i \right)}{dt^2} +$$





$$\begin{aligned}
 & + \frac{l_{AB}}{g\omega_{AB}} \cdot \frac{d^2 Q_B}{dt^2} + \frac{\bar{h}_{w1}}{\bar{Q}_1^2} \cdot \frac{dQ_1^2}{dt} + \frac{l_1}{g\omega_1} \frac{d^2 Q_1}{dt^2} + \\
 & + \frac{l_{CD}}{g\omega_{CD}} \cdot \frac{d^2 \left( \sum_{i=1}^3 Q_i \right)}{dt^2} - \frac{l_{CD}}{g\omega_{CD}} \cdot \frac{d^2 Q_{CD}}{dt^2}, \quad (1)
 \end{aligned}$$

где  $Q_{AB}$  и  $Q_{CD}$ —подаваемый и выходящий из кольцевой части расход;

$\sum_{i=1}^3 Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3$ —сумма расходов в первой, второй и третьей нитках

магистрального кольца;  $Q_B$  и  $Q_C$ —расходы, потребляемые в точках  $B$  и  $C$ , соответственно;  $h_{wAB}$ ,  $h_1$ ,  $l_{AB}$ ,  $l_1$ ,  $l_{CD}$ ,  $\omega_{AB}$ ,  $\omega_1$ ,  $\omega_{CD}$ —первоначальные потери напора, длины и площади поперечных сечений участков  $AB$ ,  $1$  и  $CD$ , соответственно;  $\Omega_A$  и  $\Omega_D$ —площадь зеркала в резервуарах  $A$  и  $D$ ;  $g$ —ускорение свободного падения;  $t$ —время.

Черточки над значением величины здесь и всюду ниже означают отношение этой величины к установившемуся движению воды.

При известных  $Q_B$  и  $Q_C$  уравнение (1) содержит три неизвестные величины  $Q_1$ ,  $Q_2$  и  $Q_3$ . Следовательно, для замыкания уравнения (1) необходимы еще два уравнения, каковыми являются уравнения (2) и (3)

$$h_{w1} \left( \frac{Q_1}{\bar{Q}_1} \right)^2 + \frac{l_1}{g\omega_1} \cdot \frac{dQ_1}{dt} = h_{w1} \left( \frac{Q_2}{\bar{Q}_2} \right)^2 + \frac{l_2}{g\omega_2} \cdot \frac{dQ_2}{dt}, \quad (2)$$

$$h_{w1} \left( \frac{Q_1}{\bar{Q}_1} \right)^2 + \frac{l_1}{g\omega_1} \cdot \frac{dQ_1}{dt} = h_{w3} \left( \frac{Q_3}{\bar{Q}_3} \right)^2 + \frac{l_3}{g\omega_3} \cdot \frac{dQ_3}{dt}. \quad (3)$$

Рассмотрим случай, когда возмущения в системе имеют вид

$$Q = Q_0 + q_1 \sin \omega t + q_2, \quad (4)$$

где  $Q_0$  и  $q_1$  — конечные известные величины, а величина  $q_2$ , являясь флуктуацией переменной  $q_1$ , мала и ее квадратом можно пренебречь;  $\omega$  — в данном случае частота возмущающей силы. Рассмотрим для простоты кольцевое звено без одной из ветвей. Предполагая трубопроводы в системе одинаковыми, получаем

$$\frac{d^2 q_2}{dt^2} + (T_1 + T_2 \sin \omega t) \frac{dq_2}{dt} + (T_3 + \omega T_2 \cos \omega t) q_2 = F(t), \quad (5)$$

$$T_1 = [\bar{h}_{wAB}(16Q_0 - 4Q_B)] / (\bar{Q}_{AB}^2 + \bar{h}_{w1} 4Q_0 / \bar{Q}_1^2) / A,$$

$$T_2 = q_1(8\bar{h}_{wAB} / \bar{Q}_{AB}^2 + 2\bar{h}_{w1} / \bar{Q}_1^2) / A; \quad T_3 = 2(1/\Omega_D - 1/\Omega_A) / A,$$

$$A = 2(l_{AB} / g\omega_{AB} + l_{CD} / g\omega_{CD}) + l_1 / g\omega_1.$$

Устойчивость движения исследуем по левой части уравнения (5), вводя новый масштаб времени

$$\tau = t \sqrt{T_3}; \quad (6)$$

учитывая, что

$$T_2 \sin \omega t \ll T_1, \quad (7)$$

получаем

$$\frac{d^2 q_2}{d\tau^2} + \frac{T_1}{\sqrt{T_3}} \cdot \frac{dq_2}{d\tau} + \left(1 + \omega \frac{T_2}{T_3} \cos \omega \frac{\tau}{\sqrt{T_3}}\right) \cdot q_2 = 0. \quad (8)$$

Уравнение (8) легко приводится к виду

$$\frac{d^2 \psi}{d\tau_1^2} + \lambda_1 (1 + m \cos 2\tau_1) \psi = 0, \quad (9)$$

где

$$\tau_1 = \frac{\omega \tau}{2\sqrt{T_3}}; \quad \psi = \frac{T_1}{\omega}; \quad m = \frac{2\omega T_2}{2T_3 - T_1^2}; \quad \lambda_1^2 = \frac{8T_3 - T_1^2}{2\omega^2}.$$

Решение (9) может быть представлено в виде (1)

$$\psi = C_1 e^{n\tau_1} \cdot F(\tau_1) + C_2 e^{-n\tau_1} \cdot F(-\tau_1), \quad (10)$$

где  $n$  — характеристический показатель

$$n = \frac{\lambda_1^2}{4} \cdot m \cdot \sin 2\gamma.$$

$\gamma$  определяется из уравнения

$$\lambda_1^2 - 1 = \frac{\lambda_1^2}{2} \cdot m \cdot \cos 2\gamma + \left(-1 + \frac{\cos 4\gamma}{2}\right) \left(\frac{\lambda_1 m}{2}\right)^4;$$

$F(\tau_1)$  — периодическая функция от  $\tau_1$  с периодом  $\pi$  или  $2\pi$

$$F(\tau_1) = \sin(\tau_1 - \gamma) + \sum_{p=1}^{\infty} \{a_{2p+1} \cdot \cos[(p+0,5)2\tau_1 - \gamma] + b_{2p+1} \cdot \sin[(p+0,5)2\tau_1 - \gamma]\}.$$

Как следует из решения (10), условие неустойчивости тесно связано с величиной  $n$ , т. е. характеристическим показателем решения уравнения Матье. Наиболее интересна первая область неустойчивости (около значения  $\lambda=1$ ), границы которой определяются с точностью до  $(\omega T_2/T_3)^2$  по неравенству

$$1 + \sqrt{\left(\frac{\omega T_2}{2T_3}\right)^2 - 4 \frac{T_1^2}{\omega^2}} \geq \lambda_1^2 \geq \sqrt{\left(\frac{\omega T_2}{2T_3}\right)^2 - 4 \frac{T_1^2}{\omega^2}}. \quad (11)$$

Из уравнения (11) следует дополнительное условие неограниченного возрастания  $q_2$  уже первой области неустойчивости

$$\omega \frac{T_2}{T_3} > 4 \frac{T_1}{\omega}. \quad (12)$$

Физический смысл неустойчивых решений заключается в том, что при конечных периодических возмущающих силах и линейной восстанавливающей силе возможны неустойчивые все нарастающие колебания, известные, как параметрический резонанс.

Тбилиское отделение ВНИИ  
водоснабжения, канализации,  
инженерной гидрогеологии  
и гидротехнических сооружений  
(ВНИИВОДГЕО)

Грузинский НИИ  
энергетики и гидротехнических  
сооружений  
(ГрузНИИЭГС)



თ. ვოინიჩ-სიანოჟენსკი, კ. არობელიძე, ზ. ასკურავა

ქალაქების და საწარმოო ობიექტების წყლის მიწოდების და  
 განაწილების მდგრადობის პირობები

რეზიუმე

განხილულია ქალაქის ან დიდი წარმოების წყალმომარაგების სისტემის ფუნქციონირების მდგრადობის პირობები. სისტემის პარამეტრების თანაფარდობის საფუძველზე მიღებულია კრიტერიუმები, რომელნიც განსაზღვრავენ შესაძლო არამდგრადობის არეებს, სადაც მოსალოდნელია პარამეტრული რეზონანსი.

HYDRAULIC ENGINEERING

T. G. VOINICH-SYANOZHENTSKY, K. A. AROBELIDZE,  
 Z. I. ASKURAVA

STABILITY CONDITIONS OF WATER SUPPLY SYSTEMS  
 FUNCTIONING IN CITIES AND INDUSTRIAL COMPLEXES

Summary

Stability conditions of water supply systems functioning in cities and large enterprises are considered in the paper. On the basis of system's parameters relationship, the criteria determining possible nonstability areas, where parametric resonance may occur, are obtained.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. М. Басин. Качка судов. М., 1969.



## АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ВЫЧИСЛИТ. ТЕХНИКА

И. С. КАСРАШВИЛИ, Д. С. ГЕРШУНИ

### АЛГОРИТМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АБОНЕНТОВ В ДВУХКАНАЛЬНОЙ ЛВС

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. Е. Салуквадзе 20.4.1990)

При сопровождении распределенных вычислительных систем реального времени [1] одним из вариантов развития и модификации системы является изменение ее топологии, вызываемое ростом загрузки мультимплексного канала связи: единственный канал заменяется на два канала, соединенные мостом. При этом возникает задача построения оптимального распределения абонентов между каналами, обеспечивающего выполнение временных ограничений, которые при меньшей нагрузке удавалось соблюдать, используя один канал.

В настоящей работе предлагается формализация задачи распределения абонентов между двумя каналами связи, работающими по пошаговой схеме, и алгоритм ее решения. Анализируются результаты исследования этого алгоритма.

Рассматривается система из  $N$  абонентов, нумеруемых целыми числами от 1 до  $N$ , которые должны осуществлять планомерный обмен информацией. Для передачи информации применяются мультимплексные каналы передачи данных [2], не использующие режим групповой пересылки данных (вещание). Работа канала разбивается на шаги одинаковой длительности  $T$ , равной наименьшему периоду повторения задач [1]. Все передачи данных производятся в соответствии со статически фиксированным расписанием работы канала, повторяемым с общим периодом  $K$  шагов. На протяжении шага  $k$  ( $k \in \{1, \dots, K\}$ ) абонент  $i$  должен передать в абонент  $j$  данные, пересылка которых для этого типа канала требует  $t_{ij}^{(k)}$  времени (с учетом накладных расходов).

Если для всех номеров шага

$$\forall k (k \in \{1, \dots, K\}) \sum t_{ij}^{(k)} \leq T, \quad (1)$$

то все абоненты можно подсоединить к одному каналу связи, по которому на каждом шаге в произвольном порядке передавать все намеченные к передаче на этом шаге данные. Однако модификация системы может привести к появлению дополнительных функций и увеличению объема передаваемой информации и тем самым вызвать нарушение (1). Чтобы при этом обойтись без глобальной модификации (перепрограммирования) системы и сохранить временные ограничения и расписания работы абонентов, можно попытаться использовать вместо единственного канала связи два идентичных канала того же типа, соединенные пассивным мостом [2], например, в виде промежуточной буферной памяти. Тогда каждый из абонентов подключается к



одному из каналов, и множество абонентов разбивается на два подмножества  $A_1$  и  $A_2$  такие, что  $A_1 \cup A_2 = \emptyset$ ,  $A_1 \cap A_2 = \{1, \dots, N\}$ . Если необходимо осуществить пересылку от абонента (источника), подключенного к одному из каналов в абонент (приемник), подключенный к другому каналу, такая пересылка разделяется на две последовательные операции, выполняемые в течении одного шага, — пересылку от источника в мост и пересылку из моста в приемник. Попытка использования моста оправдана, если

$$T < \max_{k=1, K} \sum_{i, j=1, N} t_{ij}^{(k)} \leq 2T. \quad (2)$$

Включение моста связано с распределением абонентов между каналами и с планированием передач данных в каждом из каналов. Оказывается, что возможность спланировать передачу данных (существование расписания) при правильном распределении будет обеспечена автоматически.

*Теорема 1. В системе с двумя каналами при фиксированном распределении абонентов все сообщения каждого шага длительностью  $T$  могут быть переданы в течении этого шага тогда и только тогда, когда в каждом из каналов все эти сообщения (включая сообщения в/из моста) могут быть переданы за время  $T$ .*

Сформулируем решаемую задачу в терминах теории графов, как задачу построения общего разреза для семейства графов с общим множеством вершин. Пусть  $G^{(k)} = (V, E^{(k)})$  — неориентированный связный граф, где  $V$  — множество его вершин, нумеруемых целыми числами ( $V = \{1, \dots, N\}$ );  $E^{(k)}$  — множество ребер. Каждая вершина графа соответствует абоненту сети, а ребро  $(i, j)$  между вершинами  $i$  и  $j$  — обмен данными между абонентами с такими номерами на шаге  $k$ . Нагрузка ребра  $t_{ij}^{(k)} + t_{ji}^{(k)}$  есть суммарное время передачи данных в обе стороны между абонентами  $i$  и  $j$ . Согласно теореме 1 необходимо найти такое разбиение множества  $V$  на два подмножества  $A_1$  и  $A_2$  ( $A_1 \cap A_2 = \emptyset$ ,  $A_1 \cup A_2 = V$ ), чтобы во всех графах  $G^{(k)}$  для каждого из подмножеств  $A_1$  и  $A_2$  выполнялись ограничения на суммарную нагрузку всех ребер, пересекающихся с этим подмножеством

$$R_1^{(k)} = \sum_{i \in K_1, j \in K_1} t_{ij}^{(k)} + \sum_{i \in K_1, j \in K_2} t_{ij}^{(k)} + t_{ji}^{(k)} \leq T, \quad (3)$$

$$R_2^{(k)} = \sum_{i \in K_2, j \in K_2} t_{ij}^{(k)} + \sum_{i \in K_1, j \in K_2} t_{ij}^{(k)} + t_{ji}^{(k)} \leq T, \quad (4)$$

или, что то же самое,

$$U = \max_{k=1, K} \max (R_1^{(k)}, R_2^{(k)}) \leq T. \quad (5)$$

Если ограничиться вопросом, существует ли такое разбиение, мы получим задачу распознавания свойств [3], т. е. задачу, решениями которой могут быть либо «да», либо «нет». Эту задачу будем в дальнейшем называть *Распределение абонентов*.

Теорема 2. Задача распределения абонентов  $NP$ -полна.

Уже при  $K=1$  к ней сводится  $NP$ -полная задача разбиения [3].  $NP$ -полнота заставляет вместо точного решения задачи ограничиться использованием эвристического алгоритма. Задачу распределения абонентов можно рассматривать как задачу оптимизации, если заменить ограничение (5) на целевую функцию

$$\min U. \quad (6)$$

Для нахождения приближенного решения этой оптимизационной задачи предлагается использовать алгоритм наилучшего простого улучшающего переноса (НПУП), к изложению которого мы теперь приступаем.

При фиксированном разбиении  $V$  на  $A_1$  и  $A_2$  обозначим для  $i=1,2$

$$H_{ii}^{(k)} = \sum_{j \in K_i} t_{ij}^{(k)} + t_{ji}^{(k)}. \quad (7)$$

Начнем с разбиения  $V$  на области  $A_1 = \{1\}$ ,  $A_2 = V \setminus \{1\}$ , для которых

$$R_1^{(k)} = \sum_{i \in V} t_{i1}^{(k)} + t_{1i}^{(k)}, \quad R_2^{(k)} = \sum_{i, j \in V} t_{ij}^{(k)}. \quad (8)$$

при всех  $k \in \{1, \dots, K\}$ . Далее алгоритм состоит из серии шагов, на каждом из которых одна из вершин переносится из  $A_2$  в  $A_1$  или наоборот, таким образом, чтобы целевая функция (6) уменьшилась. Для переноса в другую область выбирается та из вершин, которая обеспечивает наибольшее уменьшение значения целевой функции.

Пусть вершина  $i$  лежит в области  $A_2$ . При ее переносе в  $A_1$

$$R_1^{(k)} = R_1^{(k)} + H_{i1}^{(k)}, \quad R_2^{(k)} = R_2^{(k)} - H_{i1}^{(k)}, \quad (9)$$

$$H_{i1}^{(k)} = H_{i1}^{(k)} - (t_{ij}^{(k)} + t_{ji}^{(k)}), \quad H_{j2}^{(k)} = H_{j2}^{(k)} + (t_{ij}^{(k)} + t_{ji}^{(k)}), \quad (10)$$

где  $i \neq j$ , а  $(R_1^{(k)}, R_2^{(k)})$  и  $(H_{j2}^{(k)}, H_{i1}^{(k)})$  — соответственно новые значения  $(R_1^{(k)}, R_2^{(k)})$  и  $(H_{j2}^{(k)}, H_{i1}^{(k)})$ .

Таким образом, на каждом шаге работы алгоритма: 1) просматриваются все элементы  $V$  и среди них ищется тот, перенос которого в другую область дает наименьшее значение целевой функции (6), вычисляемое на основе формул (9) или симметричных им; 2) если значение (6) для этого элемента не меньше текущего значения целевой функции, то алгоритм заканчивает свою работу; 3) иначе найденная вершина ( $i$ ) переносится в другую область с пересчетом для всех  $k$  значений  $R_1^{(k)}$  и  $R_2^{(k)}$  по формулам (9), а также для всех  $j \neq i$   $H_{j2}^{(k)}$  и  $H_{i1}^{(k)}$  по формулам (10);

4) осуществляется переход к следующему шагу, на котором будет повторена та же последовательность действий.

Приведенный алгоритм имеет довольно высокую эффективность. Трудоемкость одного шага пропорциональна  $N \times K$ . Практические эксперименты показали, что число шагов растет очень медленно, и ни в одном из экспериментов оно не превосходило  $N$ . При небольших размерностях обнаружена довольно большая вероятность нахождения

оптимального решения оптимизационной задачи. Эксперименты также позволили выявить условия, при которых применение предлагаемого подхода с наибольшей вероятностью приводит к успеху. При условии

$$\max_{k=1, K} \sum_{i, j=1, N} t_{ij}^{(k)} \leq 1.24 T, \quad (11)$$

замена одного канала на два связанных мостом почти всегда позволяет восстановить выполнение временных ограничений. При большей нагрузке такая замена обычно нецелесообразна.

Академия наук СССР  
 Институт проблем управления  
 автоматике и телемеханики  
 Москва

(Поступило 20.4.1990)

ავტომატური მართვა და გამომავლითი ტექნიკა

ი. კასრაშვილი, დ. გერშუნი

აბონენტთა განაწილების ალგორითმი ორარხიანი ლოკალური  
 გამომავლითი ქსელისათვის

რეზიუმე

განხილულია პროგრამული უზრუნველყოფის გამართვისას დროის რეალურ რეჟიმში მომუშავე ლოკალური გამომავლითი ქსელის გადატვირთვის თავიდან აცილების მეთოდი, რომელიც მდგომარეობს ერთი მულტიპლექსური არხის ორი ანალოგიური, ე. წ. ხიდის საშუალებით ურთიერთდაკავშირებული არხით შეცვლაში. წარმოშობილი აბონენტთა განაწილების ამოცანა გადაწყვეტილია გრაფთა თეორიის გამოყენებით. მოყვანილია დასმული პრობლემის გადაჭრის ალგორითმი და განხილულია მიდგომის პრაქტიკულად გამოყენებისათვის საჭირო რეკომენდაციები.

AUTOMATIC CONTROL AND COMPUTER ENGINEERING

I. S. KASHASHVILI, D. S. GERSHUNI

STATION ASSIGNMENT ALGORITHM FOR BICHANNEL LANS

Summary

An approach to preclude hard-realtime LANS overloads due to improvements during software maintenance is suggested. The approach is based on single multiplexing channel being replaced with two identical ones communicating via a bridge. The distribution of stations among the channels is viewed as a graph-theory problem for which an algorithm has been developed and investigated.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. Б. Барский. Параллельные процессы в вычислительных системах: планирование и организация. М., 1990.
2. И. В. Прангишвили. Микропроцессоры и локальные сети микро-ЭВМ в распределенных системах управления. М., 1985.
3. М. Гэри, Д. Джонсон. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. М., 1982.



ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Р. П. КАШАКАШВИЛИ, И. В. ОЧЕРАШВИЛИ

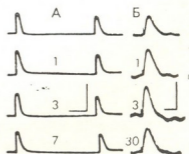
ВЛИЯНИЕ ИОНОВ БАРИЯ НА ПРЯМОЙ ОТВЕТ КОРЫ  
ГОЛОВНОГО МОЗГА КОШКИ

(Представлено академиком Т. Н. Ониани 1.2.1990)

Ранее нами было показано влияние ионов тетраэтиламмония на прямой ответ коры — дендритный потенциал (ДП) [1] и медленный отрицательный потенциал (МОП) [2]. Считается, что действие ионов бария аналогично действию ионов тетраэтиламмония [3, 4]. Исходя из этого целью настоящего исследования было изучить влияние ионов бария на ДП, представляющий собой суммарный ВПСР верхушечных дендритов поверхностных слоев, возникающий при прямом раздражении волокон I слоя коры, и МОП, отражающий в основном глиальную деполяризацию [5].

Острые опыты проводились на взрослых кошках при глубоком нембуталовом наркозе (80—100 мг/кг подкожно). Раздражающие и активный отводящий электроды помещались на поверхности супрасильвиевой извилины, расстояние между ними составляло 1—2,5 мм, потенциалы отводились серебряным пуговчатым электродом диаметром торца 0,5 мм. Индифферентный электрод в виде серебряной пластины помещался под кожей, в область отсеченных шейных мышц. Для раздражения служили биполярные электроды диаметром 0,1 мм с межполюсным расстоянием 0,2 мм; продолжительность стимулов составляла 0,05 мс, их интенсивность была околопороговой при вызове ДП и на порядок больше при вызове МОП. ДП вызывались через каждые 30 с, при парных стимулах интервал между ними был 80—120 мс. МОП вызывался одиночным стимулом с интервалом 1 мин. Для усиления потенциалов использовался обычно усилитель переменного тока с постоянной времени 2,2 с, регистрация велась на катод-

Рис. 1. Влияние растворов  $BaCl_2$  разных концентраций на ДП. Верхние осциллограммы — записи парных (А) и одиночных (Б) ДП до аппликации, следующие после аппликации: А — 1 мМ, Б — 5 мМ растворов  $BaCl_2$ . Цифры — время (мин) после аппликации. Калибровки — 50 и 20 мс, 0,2 и 0,5 мВ



ном осциллографе. Использовались разные молярности растворов  $BaCl_2$ , которые готовились на физиологическом растворе и апплицировались в области отводящего электрода путем накладывания на кору пропитанных вышеуказанным раствором ватных шариков в течение 1 мин.

Слабые концентрации (1—5 мМ) в основном вызывали усиление ДП (0,1 и 0,5 мМ практически не действовали). На рис. 1, А показано, что при воздействии 1 мМ раствором  $BaCl_2$  увеличение амплитуды ДП составило 17%; возвращение к фоновой величине наступило на 7-й мин после аппликации. С повышением концентрации раствора (5 мМ) усиливался и эффект облегчающего действия его на ДП.



На рис. 1, В амплитуда его увеличилась с 1-й мин регистрации на 36%, затем продолжала расти (на 3-й мин она была увеличена на 55%); увеличилась также длительность его воздействия — на 30-й мин амплитуда ДП была все еще увеличена на 22%. Повышение концентрации до 10 мМ вызывало, как правило, резкое угнетение ДП (рис. 3, А). При всех случаях воздействия растворами  $\text{BaCl}_2$  продолжительность и конфигурация ДП не менялись. В опытах с парными стимулами аппликация  $\text{BaCl}_2$  вызывала закономерные изменения отношения амплитуд первого и второго ДП ( $\text{ДП}_2/\text{ДП}_1$ ): при усилении первого ДП увеличивалась степень депрессии второго ДП и соотношение менялось в сторону уменьшения (рис. 1, А).

Действие  $\text{BaCl}_2$  на МОП было более эффективным. Начиная от 1 мМ и выше ионы бария при всех случаях вызывали увеличение МОП пропорционально повышению концентрации раствора. Потенциал мог увеличиться на 300% и более с первых минут регистрации (рис. 2, Б и 3, Б). На рис. 2, А 1 мМ раствор  $\text{BaCl}_2$  усиливает МОП на 86%. Также более продолжительно было действие  $\text{BaCl}_2$  на МОП — возвращение потенциала к фоновой величине происходило очень медленно. Например, на рис. 2, Б через 36 мин после аппликации МОП

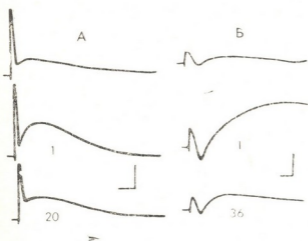


Рис. 2. Влияние растворов  $\text{BaCl}_2$  разных концентраций на МОП. Верхние осциллограммы — запасы МОП до аппликации, следующие после аппликации: А — 1 мМ, Б — 5 мМ растворов  $\text{BaCl}_2$ . Цифры — время (мин) после аппликации. Калибровки — 50 и 20 мс, 0,2 и 0,5 мВ. В опыте А постоянное время 0,7 с

все еще увеличен на 138%. Ионы бария также сильно изменяли продолжительность МОП в сторону увеличения (рис. 2, Б и 3, Б). Действие, оказываемое 10 мМ раствора  $\text{BaCl}_2$  на МОП, диаметрально отличалось от действия его на ДП: во всех случаях он вызывал резкое усиление МОП, в то время как ДП сильно угнетались (рис. 3).

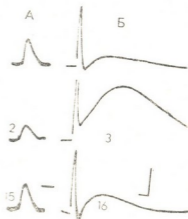


Рис. 3. Влияние 10 мМ раствора  $\text{BaCl}_2$  на ДП и МОП. Верхние осциллограммы — записи ДП (А) и МОП (Б) до аппликации, следующие после аппликации  $\text{BaCl}_2$ . Опыты проведены на одном и том же препарате. Цифры — время (мин) после аппликации. Калибровки — 20 и 40 мс и 0,5 мВ

Механизм действия ионов бария на ионные процессы, протекающие в мембране нервной клетки, аналогичен механизму действия ионов тетраэтиламмония. Несмотря на их различные химические свойства, размеры радиусов этих ионов примерно одинаковы [3]. Ионы бария, так же как и ионы тетраэтиламмония, блокируют калиевую

проводимость, закупоривая калиевые каналы в мембране нервных волокон и препятствуя тем самым выходу ионов калия в межклеточные щели [3, 6, 4]. Они также способны вызывать ослабление процесса инактивации натрия [7, 3, 8] и, таким образом, задерживать реполяризацию мембраны, в результате чего потенциал действия продлевается [3, 4, 8] и соответственно увеличивается постсинаптический потенциал (см. подробно [1]). Экспериментально показано резкое увеличение амплитуды и продолжительности потенциала действия, генерируемого в волокнах С-группы периферической нервной системы млекопитающих в растворе  $BaCl_2$  [7], а, как известно, большая часть нервных волокон верхних слоев коры мозга представлена волокнами, диаметр которых подобен диаметру С-волокон [9]; кроме того, ионы бария оказывают значительный эффект на выделение передатчика из нервных окончаний, способствуют входу ионов кальция и усилению выделения АХ [10], что соответственно вызывает увеличение постсинаптического потенциала. Полученному в наших экспериментах факту увеличения ДП, т. е. увеличения постсинаптического потенциала апикальных дендритов при воздействии  $BaCl_2$ , можно дать такое же объяснение. Закономерное изменение соотношений величин первого и второго ДП, наблюдаемое в наших экспериментах при воздействии ионов бария, еще раз говорит в пользу пресинаптического его действия (см. подробно [11]). Угнетение ДП при высокой (10 мМ) концентрации  $BaCl_2$  можно объяснить прямым его действием на постсинаптическую мембрану [8, 12]. Что касается МОП, его значительное усиление можно объяснить более значительным повышением внеклеточной концентрации ионов калия от действия ионов бария. Экспериментально показано, что при усилении медленного потенциала от ионов бария одновременно усиливается внеклеточный калиевый сигнал [13]. В усилении МОП, возможно, играет существенную роль способность ионов бария усиливать связь между глиальными клетками и тем самым увеличивать константу длины глиального синцития [14]. Однако в механизме действия ионов бария на МОП многое остается еще неясным.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт физиологии  
им. И. С. Бериташвили

(Поступило 2.3.1990)

აღმავანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

რ. ჯავახიშვილი, ი. ოჩიაიშვილი

ბარიუმის იონების გავლენა კატის თავის ტვინის ქერქის  
პირდაპირ პასუხზე

რეზიუმე

მწვავე ცდებში კატებზე, ღრმა ნემბუტალის ნარკოზის პირობებში შევიწვალეთ ბარიუმის იონების გავლენა ქერქის პირდაპირ პასუხზე — დენდრიტულ და ნელ უარყოფით პოტენციალებზე. აღმოჩნდა, რომ ბარიუმის იონების 1—5 მილიმოლარობის ხსნარები ძირითადად ზრდის დენდრიტულ პოტენციალს, ხოლო 10 მილიმოლარობის ხსნარი იწვევს მის დათრგუნვას. აღნიშნული მოლარობის ხსნარები კონცენტრაციის ზრდის პროპორციულად ყველა შემთხვევაში იწვევს ნელი უარყოფითი პოტენციალის მკვეთრ გაზრდას.

გამოთქმულია აზრი ბარიუმის იონების პრესინაფტსურ მიდამოზე უპირატესი მოქმედების თაობაზე.

R. P. KASHAKASHVILI, I. V. OCHERASHVILI

## THE INFLUENCE OF BARIUM IONS ON THE DIRECT RESPONSE OF THE CAT'S CEREBRAL CORTEX

## Summary

In acute experiments on cats under deep nembutal anaesthesia the influence of local application of barium ions on the direct response of the cerebral cortex—dendritic potential and slow negative potential—has been studied. It has been found that 1—5 mM solution of  $BaCl_2$  cause an increase of the dendritic potential in [all] cases, but 10 mM solution depresses it. The same solutions evoked the increase of slow negative potential in proportion to the increase of the concentration of solution. It is suggested that barium ions predominantly act on the presynaptic elements.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Р. П. Кашакашвили, И. В. Очерашвили. Сообщения АН ГССР, 95, № 1, 1979, 177—180.
2. Р. П. Кашакашвили, И. В. Очерашвили. В кн.: «Функции нейроглии». Тбилиси, 1979, 126—133.
3. R. Werman, H. Grundfest. J. Gen. Physiol., 44, 1961, 997-1027.
4. A. Watanawa, L. Lerman. Am. J. Physiol., 213, 1967, 1465-1473.
5. А. И. Ройтбак. Нейрофизиология, 2, 1970, 339—348.
6. С. М. Armstrong, L. Binstock. J. Gen. Physiol., 48, 1965, 859-872.
7. P. Greengard, R. W. Straub. J. Physiol., 145, 1959, 562-569.
8. К. Крнјевич, Р. Рутман, Л. Ренауд. J. Physiol., 215, № 1, 1971. 223-245.
9. А. И. Ройтбак. В кн.: «Современные проблемы электрофизиологических исследований нервной системы». М., 1964, 161—220.
10. W. W. Douglas, D. W. Lywood. Fed. Proc., 20, 1961, 324.
11. А. И. Ройтбак, Р. П. Кашакашвили, И. К. Гогодзе, К. В. Кутхашвили. Физиол. ж. СССР, 70, № 8, 1984, 1108—1115.
12. L. Erdelyi. Comp. Biochem. and Physiol., A63, № 3, 1979, 345-354, цит. по РЖ.
13. C. Nicholson *et al.* Brain Res., 113, № 3, 1976, 606-610.
14. В. Р. Рансом, Н. Кеттенман. Тез. симпозиума „Функции нейроглии“, Тбилиси, 1989, 6.

Т. Э. ЛОМСАДЗЕ, М. А. САБАХТАРАШВИЛИ

## ИЗМЕНЕНИЕ ФОСФОЛИПИДНОГО СОСТАВА И КОЛИЧЕСТВА ХОЛЕСТЕРИНА В СЕМЕННИКАХ КРЫС ПРИ АЛИМЕНТАРНОМ ОЖИРЕНИИ

(Представлено академиком Г. И. Квеситадзе 12.2.1990)

В настоящее время ожирение превратилось в большую медико-социальную проблему. Частота ожирения среди взрослого населения экономически развитых стран достигает 30% и более.

По данным работ [1, 2], наблюдается взаимосвязь между ожирением и функцией биологических мембран, которая существенным образом зависит от физико-химических свойств их липидной компоненты и характера липид-белковых взаимодействий.

Известно, что одними из наиболее эффективных природных модификаторов липидной фазы мембран являются процессы перекисного окисления липидов (ПОЛ). Многочисленными исследованиями [3—5] установлено, что высокотоксичные липидные пероксидазы оказывают влияние на репродуктивную функцию мужчин.

В связи с вышесказанным нами были исследованы в семенниках крыс общая фракция фосфолипидов, amino- и холинсодержащие фосфолипиды в плазматических мембранах семенников и содержание холестерина с целью демонстрации того, что ожирение может изменять метаболизм в семенниках, а это, в свою очередь, может влиять на сперматогенез.

В качестве экспериментальных животных использовались 60 беспородных половозрелых крыс-самцов с начальной массой тела 120—140 г.

Эксперименты выполнялись на следующих группах животных: группа 0 — крысы в возрасте 2 месяцев (общий контроль, животные содержались на обычном рационе вивария), группа 1 — крысы в возрасте 4 месяцев, группа 2 — крысы в возрасте 6 месяцев, группа 3 — крысы в возрасте 8 месяцев. Последние три группы делились на контрольные и опытные подгруппы. В рационе подопытных крыс содержание жира было увеличено на 50% (лярд и подсолнечное масло 1:1). Животные забивались после 16—18 часов голодания.

Липиды экстрагировались по методу Фольча [6]. Концентрация фосфолипидов определялась по методу [7—9], холестерин — по методу Илька, степень ожирения у животных вычислением индекса Ли [10]. Нормальное течение сперматогенеза контролировалось при помощи подсчета эпидидимальных сперматозоидов.

В последнее время интенсивно изучается функция холестерина в мембранах. Дефицит холестерина в биологических мембранах вызывает их лабильзацию, при этом происходит выход ферментов в цитоплазму. По нашим данным (рис. 1), в плазматических мембранах семенников крыс наблюдается увеличение количества холестерина при алиментарном ожирении в 1,32 раза по сравнению с общим контролем. Во всех трех опытных группах происходит динамичное увеличение количества холестерина, а у контрольных крыс наблюдается незначительное увеличение.

Повышение содержания холестерина и глицеридов признано доказательством нарушения сперматогенеза (гистологическим методом). Повышение количества связанного холестерина может быть связано с понижением андрогенного синтеза, как это показано Родригесом и Ригау [11].

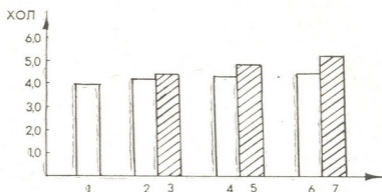


Рис. 1. Количественные изменения холестерина в плазматических мембранах семенников крыс с алиментарным ожирением: по оси абсцисс — количество холестерина в  $\gamma$ /мл; по оси ординат — контрольные и опытные группы крыс: 1 — группа 0, общий контроль; 2 — группа 1, контрольные; 3 — группа 1, опытные; 4 — группа 2, контрольные; 5 — группа 2, опытные; 6 — группа 3, контрольные; 7 — группа 5, опытные

Исходя из наших данных, увеличение количества холестерина несомненно влияет на сперматогенез, так как общее количество сперматозоидов у опытных крыс группы 3 уменьшилось с 109 млн/мл в контроле до 62 млн/мл. Содержание живых сперматозоидов с 62,3% в контроле уменьшилось до 33,7% при ожирении.

Изменение количества фосфолипидов в плазматических мембранах семенников крыс с алиментарным ожирением

Липиды	Время эксперимента						
	60 дней	120 дней		180 дней		240 дней	
	Группа 0	Группа 1		Группа 2		Группа 3	
	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт	
Общая фракция ФЛ, мкг/мл	82,8 $\pm 0,005$	82,6 $\pm 0,007$	102 $\pm 0,02$	88 $\pm 0,01$	110 $\pm 0,02$	90,8 $\pm 0,04$	122,8 $\pm 0,01$
Холинсодержащие ФЛ, %	20,7 $\pm 0,01$	21,8 $\pm 0,008$	23,2 $\pm 0,01$	21,9 $\pm 0,01$	24,8 $\pm 0,005$	21,9 $\pm 0,005$	31,3 $\pm 0,007$
Аминофосфолипиды, %	4,94 $\pm 0,005$	4,95 $\pm 0,01$	5,28 $\pm 0,01$	5,16 $\pm 0,01$	5,61 $\pm 0,002$	5,16 $\pm 0,004$	5,94 $\pm 0,01$

Интенсивность накопления продуктов ПОЛ зависит от наличия субстратов окисления. В плазматических мембранах семенников крыс содержание общей фракции липидов при ожирении увеличилось в 1,7 раза (таблица), что позволяет предположить об увеличении общего содержания продуктов ПОЛ в семенниках. Как видно из таблицы, относительное количество легкоокисляемых фракций фосфолипидов

(аминофосфолипидов) почти не изменялось (увеличение в 1,2 раза можно считать недостоверным). Однако наблюдалось накопление устойчивых к окислению фосфолипидов (холинсодержащих). Эти данные указывают на то, что при непрерывном увеличении количества общих фосфолипидов уровень аминокислотных фосфолипидов остается неизменным из-за интенсификации окисления липидов в мембранах семенников.

Незначительное увеличение фосфатидилэтанолamina от  $4,95 \pm 0,005$  до  $5,94 \pm 0,01$  и увеличение фосфатидилхолина от  $20,7 \pm 0,01$  до  $31,3 \pm 0,007$  уменьшали текучесть [12] липидного бислоя мембран семенников и, таким образом могли, повлиять на проницаемость мембран.

Полученные данные свидетельствуют о том, что при искусственном ожирении в плазматических мембранах семенников крыс происходит увеличение количества холестерина, общих фосфолипидов, особенно холинсодержащих, при незначительном увеличении аминокислотных фосфолипидов. Это указывает на увеличение количества продуктов ПОЛ, которое влияет на организацию семениферного эпителия, что приводит к нарушению функции клеток Сертоли, имеющих большое значение для популяции герминальных клеток на различных стадиях их дифференциации в сперматозонды.

НИИ репродукции человека  
 им. И. Ф. Жордания  
 МЗ ГССР

(Поступило 1.3.1990)

ბიოქიმია

თ. ლომსაძე, ა. საბახტარაშვილი

ფოსფოლიპიდებისა და ქოლესტერინის რაოდენობრივი ცვლილება  
 ვირთაგვის სათესლეებში ექსპერიმენტული სიმსუქნის დროს

რეზიუმე

ვირთაგვის სათესლეებში და სათესლეების პლაზმურ მემბრანებში შესწავლილია ლიპიდური ცვლის და ქოლესტერინის რაოდენობრივი ცვლილება. ნახულია, რომ სიმსუქნე იწვევს ლიპიდური ცვლის დარღვევას. კერძოდ, სამივე საცდელ ჯგუფში ქოლესტერინის, ფოსფოლიპიდების და განსაკუთრებით ქოლინფოსფოლიპიდების რაოდენობა დინამიურად მატულობს, მაშინ როდესაც საკონტროლო ჯგუფში ზრდა უმნიშვნელოა.

ალიმენტარული სიმსუქნის დროს ლიპიდური ცვლის დარღვევა იწვევს სათესლეებში ზეყანგური ქანგვის ტოქსიკური პროდუქტების დაგროვებას, რომელიც ზემოქმედებს სემინიფერული ეპითელიუმის ორგანიზაციაზე და გერმინალური უჯრედების ნორმალურ განვითარებაზე.

BIOCHEMISTRY

T. E. LOMSADZE, M. A. SABAKHTARASHVILI

PHOSPHOLIPID AND COLESTEROL QUANTITATIVE CHANGES IN  
 RAT TESTES IN EXPERIMENTAL OBESITY

Summary

Lipid and cholesterol quantitative changes in rat testes and plasmatic membranes are studied. It is found that obesity provokes a disturbance



of lipid metabolism. Namely, in three experimental groups the amount of cholesterol, phospholipids and, especially, of choline-containing phospholipids increases dynamically, while in the control groups this increase is insignificant.

In alimentary, the disturbance of lipid metabolism in testes provokes accumulation of peroxidation toxic products which adversely affects the organization of seminiferous epithelium and normal development of germinal cells.

#### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. В. Каргаполов, А. Ф. Ходырева, М. И. Петухов. *Вопр. мед. химии*, 23, 3, 396—398.
2. Ф. Э. Меерсон, М. И. Петухов и др. *Вопр. мед. химии*, 2, 1983, 40—43.
3. R. Jones, T. Mann. *J. Reprod. Fert.*, 50, 1977, 255-260.
4. J. D. Wilson. *Clin. Res.*, 35, 1, 1987. 1-12.
5. H. P. Nissen, H. W. Preysel. *Andrologia*, 15, 3, 1984, 264.
6. К. Кейтис. *Техника липидологии*. М., 1975, 74.
7. М. А. Царцидзе, М. Б. Гордезиანი и др. *Способ определения фосфолипидов*. 23.08.87, Бюлл. № 31.
8. М. А. Царцидзе, М. В. Гордезиანი и др. *Способ определения концентрации аминфосфолипидов*. 15.08.85, Бюлл. № 30.
9. М. В. Гордезиანი, М. А. Царцидзе и др. *Способ определения холинсодержащих фосфолипидов*. 23.07.85, Бюлл. № 27.
10. М. М. Спириш, Г. Е. Добрецов, Е. О. Пучков. *Связывание флуоресцентного зонда пирена с клетками E. coli*. М., 1981.
11. K. Rodrigues *et al.* *J. Reprod. Fert.*, 48, 1978, 216-218.
12. L. L. Bernardis, B. D. Patterson. *J. Endocr.*, 40. 1968, 527-529.

ФИТОПАТОЛОГИЯ

Ц. И. МАМУКАШВИЛИ

**СИМПТОМЫ БОЛЕЗНИ ЦИЛИНДРОКАРПОНОЗА И ЕЕ  
РАСПРОСТРАНЕНИЕ В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ  
ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ**

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. Н. Гыгаური 22.2.1990)

В Грузии грибы рода *Cylindrocarpum* обитают на многочисленных видах растений, особенно на лесных породах, и наносят значительный ущерб [1—3].

В посевных отделениях первые признаки заболевания появляются в фазе проростков (рис. 1), что обуславливает изреживание посевов. При появлении всходов отмечается полегание, вызванное перетяжкой корневой шейки и ее утончением.

Наряду с грибами рода *Cylindrocarpum*, возбудителями полегания семян чаще всего могут быть представители рода *Fusarium*. В более поздние сроки, начиная с 30—40-дневного возраста, полегания растений не происходит и семена усыхают стоя (рис. 2). В этом случае при выделении возбудителей корневой гнили явно преобладают представители рода *Cylindrocarpum*, семена отстают в росте, хвоя желтеет, центральный и боковые корни загнивают.

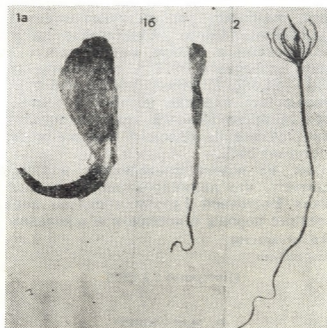


Рис. 1. Проявление первых симптомов цилиндрокарпоза на ранних стадиях развития сеянцев кедра гималайского: а — заражение в фазе проростков, б — заражение в фазе всходов

Рис. 2. Поражение сеянцев кедра гималайского в 45-дневном возрасте: пораженный сеянец усыхает стоя (без полегания)

Усохшие растения наблюдаются в более поздние сроки, до 2,5—3-месячного возраста. На небольшой части растений цилиндро-





карпоноз может развиваться хронически в течение 1—2 лет и больше. В этом случае гибель растений может наступить как в 6—7-месячном возрасте, осенью, так и в однолетнем возрасте, весной-летом следующего года. При осмотре пораженных и усыхающих растений в первую очередь обнаруживаются отставание в росте и развитии, бледная окраска хвои, загнивание больше половины боковых корней. Гибель растений с вышеописанными симптомами может наблюдаться также в течение второго года жизни и после пересадки 2-летних сеянцев в школьное отделение.

С целью изучения распространения грибов рода *Cylindrocarpus* с 1976 до 1986 г. проводились маршрутные обследования как временных, так и постоянных питомников основных лесных хозяйств Восточной Грузии.

В питомниках осмотрены посевные отделения и школы, а также лесокультуры различных возрастов.

Грибы рода цилиндрокарпон выявлены во всех районах Восточной Грузии, и отмечено их широкое распространение в питомниках и лесокультурах, как в посевных отделениях, так и в школах саженцев различных пород. Интенсивность распространения в зависимости от местности, возраста растений и условий их роста и развития различна и колеблется в пределах 6—90%. Например, в Тбилисском лесхозе однолетние сеянцы сосны черной в 1976 г. были поражены на 30,5%, а в Тетрицкаройском лесхозе на сеянцах того же возраста сосны черной распространенность болезни была более высокая (40,5%). В Қаспском госпитомнике и Душетском лесхозе в 1982 г. интенсивность распространения цилиндрокарпоноза на клене долевом 3-летнего возраста равнялась соответственно 33,5 и 40%. В Тбилисском национальном парке отмечалось поражение 2-летних саженцев сосны эльдарской на 90%, 5—7-летних — на 60% и 3—5-летних — на 57,5%.

Выявлены отдельные условия, способствующие развитию цилиндрокарпоноза или, наоборот, препятствующие его распространению. Так, в Тетрицкаройском лесхозе (Алексеевка) на участке посевного отделения, расположенном в низине, интенсивность поражения сосны черной 3-месячного возраста в 1977 г. составляла 45,5%, тогда как на возвышенности — 21,3%. Отмечено также, что при посеве семян на участке, где проводилась паровая обработка почвы, цилиндрокарпонозом поражается не более 15—19% сеянцев, тогда как при постоянном выращивании сеянцев на одном и том же месте интенсивность их поражения достигает 56%.

Таким образом, на основе проведенных маршрутных обследований можно заключить, что цилиндрокарпоноз распространен во всех лесных питомниках Восточной Грузии и сильно поражает как хвойные, так и лиственные породы в посевном и школьном отделениях.

Институт горного лесоводства  
им. В. З. Гудисашвили

(Поступило 1.3.1990)

ფიზიკათეორია

ც. მამუკაშვილი

ცილინდროკარპონოზით დაავადების სიმპტომები და გავრცელება აღმოსავლეთ საქართველოს ტყის სანეარბებში

რეზიუმე

ცილინდროკარპონოზით დაავადების პირველი ნიშნები ტყის მცენარეთა სანეარბის სათეს განყოფილებაში აღინიშნება ღვის ფაზაში, აღმონაცენის შემთხვევაში ხდება ნათესარების წაწვეწვა, 1,5—3 თვის ასაკიდან კი ფესვის სიღამპლე, ნათესარი ჩამორჩება ზრდაში, წიწვი ყვითლდება და გვერდითი და ცენტრალური ფესვი ლპება.

ცილინდროკარპონოზი გავრცელებულია აღმოსავლეთ საქართველოს ტყის მცენარეთა ყველა სანერგეში და აავადებს როგორც წიწვოვან, ისე ფოთლოვან მცენარეებს.

---

 PHYTOPATHOLOGY
 

---

Ts. I. MAMUKASHVILI

 SYMPTOMS OF CYLINDROCARPONOSIS AND ITS DISTRIBUTION IN  
 FOREST NURSERIES OF EASTERN GEORGIA

## Summary

The first signs of a disease caused by *Cylindrocarpon* appear in the germ phase in sowing sections of forest nurseries. In case the seedlings appear, their falling is noted. At the age of 1,5-3 months the root rot occurs, the seedlings lag behind in their development, their needles become yellow, the central and lateral roots decay. Cylindrocarponosis is spread in all forest nurseries of eastern Georgia and infects both coniferous and deciduous plants.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Ц. И. Мамукашвили. Сообщения АН ГССР, 116, № 3, 1984, 613—616.
2. Ц. И. Мамукашвили. Микология и фитопатология, 18, 5, 1984, 409—412.
3. А. К. Шишкина, Н. И. Цанава. Новости систематики низших растений, т. 15, 1978, 149—153.



МАТАР АЛИ, О. Г. КУПАРАШВИЛИ

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТОКСИЧНОСТЬ ПРОТРАВИТЕЛЕЙ СЕМЯН В ОТНОШЕНИИ ФУЗАРИОЗНОЙ ГНИЛИ КУКУРУЗЫ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Б. Е. Курашвили 27.2.1990)

В лабораторных опытах токсичность фентиурама, виндидата, фундазола, байтана и тигама в отношении спор *Fusarium moniliforme* устанавливалась методом контактного проращивания спор с фунгицидом [1, 2]. Концентрации химических веществ брались от 0,092 до 0,000005%.

Концентрации химических препаратов с разным содержанием действующего вещества предварительно выравнивались по уравнению

$$\text{Концентрация по препарату (\%)} = \frac{100 \times \text{концентрация по д.в. (\%)}}{\text{содержание д.в. в препарате (\%)}}$$

На химически чистые покровные стекла предварительно наносились парафиновые кольца для предотвращения растекания капель, а затем раствор препарата в объеме 0,1 мл. После подсыхания на них наносился такой же объем споровой суспензии гриба, которая готовилась за 30 мин до начала опыта. Чтобы (при 100-кратном увеличении) в поле зрения микроскопа на поверхности среды было 20—30 спор, одна капля суспензии должна содержать 100—150 спор.

Стекла помещались во влажную камеру и ставились на проращивание спор в термостат, в котором поддерживалась температура 25°C. Контролем служила споровая суспензия без препарата. Опыты велись в четырех повторностях.

Учет проросших спор производился через 24 часа при малом увеличении микроскопа — подсчитывалось в разных местах каждой капли количество проросших спор из 100. Проросшей считалась та спора, росток которой был больше половины диаметра споры.

Процент торможения прорастания подсчитывался по формуле Эббота

$$I = \frac{P_k - P_0}{P_k} \times 100,$$

где I — процент торможения прорастания спор;  $P_k$  — процент прорастания спор в контроле;  $P_0$  — процент прорастания в опыте.

Для установления сравнительной токсичности вычислялись те концентрации опытных фунгицидов, которые вызывали подавление прорастания спор на 50% —  $СК_{50}$ . Показатели фунгитоксичности определялись по так называемому «упрощенному пробитному анализу» [3]. По формуле Эббота вносилась поправка на естественную потерю жизнеспособности спор, а по таблице Блисса определялись соответ-

ствующие их пробиты. Концентрации, выраженные в процентах, переводились в 10 мг/мл, и затем определялись их логарифмы. Для графического выражения полученных данных процент проросших спор в пробитах наносился на ординату, а логарифмы концентраций — на абсциссу. Затем производились графическое интерполирование и расчеты [4].

Результаты лабораторных опытов, проведенных с целью оценки степени фунгицидного действия изучаемых препаратов на споры *Fusarium moniliforme*, приведены в таблице. Наиболее высокотоксичными в отношении возбудителя фузариозной гнили являются тигам и байтан; несколько уступают им виндидат и фундазол; относительно меньшую активность проявляет фентиурам.

Сравнительная токсичность фунгицидов в отношении спор гриба  
*Fusarium moniliforme*

Препараты	50 мл/л	Верхний предел	Нижний предел	Наклон кривой
Тигам	0,00011	0,00008	0,00014	1,24
Байтан	0,00016	0,00012	0,00021	1,24
Виндидат	0,00047	0,00036	0,00062	0,54
Фентиурам	0,00081	0,00062	0,00105	0,77
Фундазол	0,00074	0,00057	0,00057	0,81

Сравнительно высокий угол наклона кривой отмечен в вариантах с тигамом и байтаном, что указывает на одинаковую возможность повышения их токсичности при увеличении концентрации.

По величине  $СК_{50}$  в отношении спор *Fusarium moniliforme* испытанные нами фунгициды можно расположить в следующей последовательности: тигам > байтан > виндидат > фундазол.

НИИ защиты растений  
им. Л. А. Качавели

(Поступило 8.3.1990)

ფიტოპათოლოგია

ა. მატარ ალი, ო. კუპარაშვილი

თელის შესაწავლი პრეპარატების შედარებითი ტოქსიკურობა  
სიმინდის ფუზარიოზული ლეზიების წინააღმდეგ

რეზიუმე

შესწავლილია სხვადასხვა ქიმიური ჯგუფის შესაწავლი პრეპარატების (ტიგამი, ბაიტანი, ვინდიდატი, ფენთიურამი, ფუნდაზოლი) გენოსტატიკური მოქმედება სიმინდის ფესვების აღმონაცენების ლეზიების გამომწვევის *Fusarium moniliforme* მიმართ.

ფუზარიოზული ლეზიების წინააღმდეგ საცდელი ფუნგიციდები  $SC_{50}$ -ის მიხედვით შემდეგნაირად ლაგდება: ტიგამი > ბაიტანი > ვინდიდატი > ფუნდაზოლი > ფენთიურამი.

MOHAMMED ALI MATAR, O. G. KUPARASHVILI

COMPARATIVE TOXICITY OF SEED FUNGICIDES IN RELATION OF  
FOOT ROT OF CORN

Summary

A study has been made of the action of different fungicides (tigam, baitan, vendidate, fentiuram and fundazol) upon the causative agent of foot rot of corn—*Fusarium moniliforme*.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. О. Г. Купарашвили. Автореферат докт. дисс. Тбилиси, 1986.
2. H. S. Miller. Phytopathology, v. 39. № 4, 245-259.
3. В. В. Попов. Химия в сельском хозяйстве, т. III, № 10, 1965, 72.
4. У. Бурт, Х. Мюлер. Методические указания по испытанию пестицидов. СЭВ, ГДР, Купнердорф, 1987, 114—124.



В. М. МГЕЛАДЗЕ

НОВЫЙ ДЛЯ ФАУНЫ ГРУЗИИ ВИД КОМАРА —  
DIPTERA, CULICIDAE

(Представлено членом-корреспондентом Академии И. Я. Элиава 14.3.1990)

Комары рода *Aedes* имеют важное медико-ветеринарное значение как эктопаразиты и переносчики возбудителей человека и сельскохозяйственных животных. Они наносят огромный экономический ущерб народному хозяйству, снижая трудоспособность людей и продуктивность домашних животных. Комары *Aedes* широко распространены в различных ландшафтных условиях.

Фауна немалярийных комаров рода *Aedes* в республике представлена 13 видами и подвидами [1, 2].

В июле 1985 г. в предгорном ландшафте, в Боржоми (800 м над уровнем моря), в лиственном лесу вблизи временных водоемов, луж и заболоченностей с дном, покрытым опавшей листвой, были собраны комары *A. (O.) inrtudens* Dyar, 1919<sup>(1)</sup>.

Морфологическое описание самки: гипостомальное пятно отсутствует. На хоботке, крыльях, ногах и брюшке имеются бурые чешуйки, у боковых краев они бронзовые. Посткоккальное пятно не имеется. Передние бедра преимущественно в темных чешуйках, с примесью светлых. Брюшко сверху темное, с белыми перевязями при основании сегментов, перевязи равномерной ширины, сужены к середине.

<sup>(1)</sup> Материал был определен в 1986 г. с помощью кандидата биологических наук В. И. Давилова (в отделении экологии и биологии кровососущих комаров НИИ и ТМ им. Е. И. Марциновского, г. Москва).

В результате исследований для фауны комаров рода *Aedes* в Грузии нами впервые выявлен новый вид *A. (O.) intrudens* Dyar, 1919. Таким образом, фауна немаларийных комаров рода *Aedes* в настоящее время насчитывает четыре подрода и 14 видов и подвидов.

НИИ медицинской паразитологии  
 и тропической медицины  
 им. С. С. Вирсаладзе

(Поступило 15.3.1990)

ენტომოლოგია

8. მგელაძე

კოლოს (Diptera, Culicidae) ახალი სახეობა საქართველოს ფაუნაში  
 რეზიუმე

*Aedes*-ის გვარის კოლოები წარმოადგენენ მუმლის მნიშვნელოვან კომპონენტებს. ისინი როგორც ეგზოფილები თავს ესხმიან მსხვერპლს (ადამიანი, ცხოველები) ძირითადად ღია ცის ქვეშ. ასევე აღინიშნება ამ გვარის კოლოების როლი პათოგენური მიკროორგანიზმების მექანიკური გზით გადატანაში.

ჩვენს მიერ საქართველოს პირობებში (ბორჯომი) 1934 წ. პირველად იქნა ნანახი *Aedes*-ის გვარის კოლო *A. (O.) intrudens* Dyar, 1919.

ამგვარად, საქართველოში *Aedes*-ის გვარის კოლოების ფაუნა დღეისათვის წარმოდგენილია 4 ქვეგვარით, 14 სახეობითა და ქვესახეობით.

ENTOMOLGY

V. M. MGELADZE

A NEW SPECIES OF MOSQUITO (DIPTERA, CULICIDAE)  
 IN THE FAUNA OF GEORGIA

Summary

In 1984 in Borjomi the author discovered a mosquito species which represents a new one for the fauna of mosquito genus *Aedes* in Georgia.

At present the fauna of the *Aedes* genus is represented by 4 subgenera, 14 species and subspecies.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. М. Мгеладзе. Сообщения АН ГССР, 125, № 1, 1987.
2. В. М. Мгеладзе. Автореферат канд. дисс. Баку, 1988.





Н. Г. АМИРАНАШВИЛИ

## ПОСТЭМБРИОНАЛЬНЫЙ МОРФОГЕНЕЗ ЭЛЕМЕНТОВ КУПОЛЬНОЙ ЧАСТИ КАРАПАКСА СУХОПУТНЫХ ЧЕРЕПАХ

(Представлено членом-корреспондентом Академии И. Я. Элиава 6.3.1990)

В филогенезе сухопутных черепах (сем. Testudinidae) происходит постепенное увеличение высоты и крутизны свода карапакса, что повлекло за собой целый ряд морфологических преобразований панциря [1], в частности формирование попеременно четырех- и восьмиугольных невральных пластинок и клиновидных костальных с чередующимися узкими и широкими концами. При этом восьмиугольные невральные контактируют с тремя, а четырехугольные — с одной костальной. Такая форма и взаиморасположение элементов купольной части карапакса обеспечивают прочность панциря и встречаются только у эволюционно продвинутых тестуинид [2]. У примитивных представителей этого семейства данные признаки слабо выражены или отсутствуют вовсе (роды *Nadrianus*, *Stylemys*, *Kansuchelys*, *Cylindraspis*, *Psammobates*, *Homopus*, *Manouria*).

Для большинства современных групп черепах, в том числе и тестуинид, характерно наличие восьми невральных пластинок, которые соответствуют II—IX туловищным позвонкам [3]. Однако у родов *Testudo* и *Agrionemys* в норме всегда имеется только семь невральных [1, 4].

В работе использованы материалы коллекции Института палеобиологии АН ГССР, отображающие постэмбриональные изменения морфологии панциря средиземноморской и степной черепах (*Testudo graeca* и *Agrionemys horsfieldi*). Кроме того, для сравнения были изучены панцири ювенильных и взрослых особей европейской болотной, каспийской и дальневосточной черепах (*Emys orbicularis*, *Mauremys caspica*, *Trionyx maakii*). С некоторой долей условности изученные панцири сухопутных черепах были разделены на шесть возрастных групп, отображающих соответствующие стадии морфогенеза панциря.

I стадии соответствуют черепахи с момента вылупления до первой зимовки. Они характеризуются практически полным отсутствием костальных и невральных пластинок (имеется только I и II невральные).

II стадии соответствуют 1—2-летние черепахи. Все костальные и невральные пластинки у них имеются, однако межневральные, межкостальные и невро-костальные контакты отсутствуют (рис. 1,а).

III стадии соответствуют 2—3-летние черепахи. Все костальные и невральные пластинки контактируют между собой, а часть из них и друг с другом. Между VI и VII невральными имеется обширный hiatus (рис. 1,б).

IV стадии соответствуют 3—4-летние черепахи. Все костальные пластинки контактируют с невральными (рис. 1,в).

V стадии соответствуют 6—8-летние черепахи, которые характеризуются наличием только косто-периферальных фонтанелей.

VI стадии соответствуют взрослые черепахи — более 10—12 лет (рис. 1, г). После зарастания косто-периферальных фонтанелей здесь, однако, сохраняется особый вид шва, который определяет более интенсивный рост дистальных концов костальных и проксимальных концов периферальных пластинок. Аналогичный тип шва сохраняется и в пластроне (медиальный шов, от заднего края энтопластрона до ксифоластрона включительно).

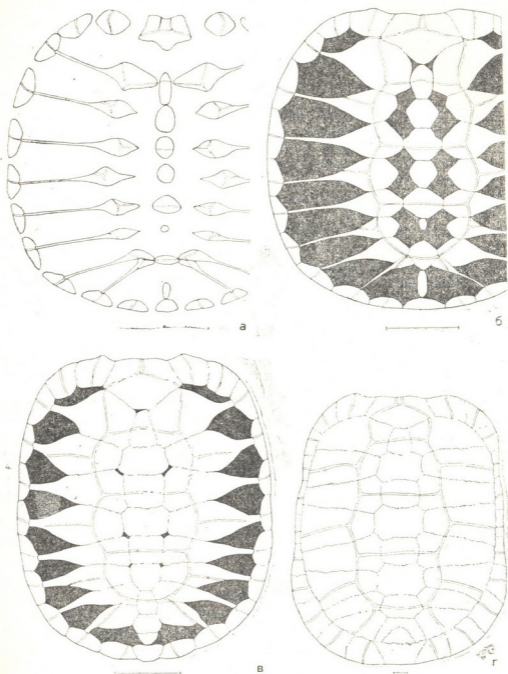


Рис. 1. Карапаке средиземноморской черепахи: а — II стадия, кол. ИП, № 13.3.69; б — III стадия, кол. ИП, № 13.3.67; в — IV стадия, кол. ИП, № 13.3.50; г — VI стадия, кол. ИП, № 13.3.65

Как отмечалось выше, на II и III стадиях гиатус между VI и VII (последней) невральными пластинками значительно превышает остальные межневральные гиатусы. Именно здесь располагается остистый отросток VIII туловищного позвонка; соответствующая ему VII невральная пластинка не формируется. К IV стадии этот гиатус зарастает, и отросток VIII позвонка причленяется к последней невральной пластинке. Таким образом, уменьшение числа невральных у средизем-

номорской и степной черепах происходит за счет редукции предпоследней, VII пластинки, а последняя в ряду VII невральная у рассмотренных видов гомологична VIII невральной пластинке остальных тестудинид.

Рассмотрим процесс формирования попеременно четырех- и восьмиугольных невральных и клиновидных костальных пластинок в онтогенезе. На I и II стадиях все невральные равноценны, они не образуют межневральных и невро-костальных контактов. Однако уже на III стадии все невральные можно разделить на две группы. Невральные первой группы (I, III и V невральные) образуют контакты с соответствующими костальными значительно раньше, чем вторая группа (II, IV и VII невральные). Впоследствии, на V стадии, невральные первой группы принимают четырехугольную форму; каждая из них контактирует только с одной костальной. Невральные второй группы становятся восьмиугольными, каждая из них контактирует с тремя костальными пластинками. Исключение составляет лишь VII невральная, которая уже на II стадии контактирует с VII и VIII костальными и на V стадии, в норме, принимает шестиугольную форму.

Гетерохрония, имеющая место при образовании косто-невральных контактов, происходит благодаря аллометрическому росту костальных пластинок. Последние, в свою очередь, различаются направлением и интенсивностью роста. Некоторые из них (I, III, V, VII и VIII костальные) более интенсивно растут в проксимальном, а некоторые (II, IV и VI костальные) — в дистальном направлении. В результате этого уже на III стадии костальные пластинки четко клиновидные и имеют попеременно узкие и широкие проксимальные края. Кроме того, на IV—V стадиях каждая из костальных первой группы образует контакт с тремя невральными пластинками и их проксимальные края значительно шире дистальных. В свою очередь, каждая костальная второй группы контактирует с одной невральной и их проксимальные края значительно уже дистальных (исключение составляет первая костальная пластинка).

Итак, форма невральных (чередование четырех- и восьмиугольных) и клиновидность костальных пластинок у тестудинид определяется гетерохронией роста костальных. (У видов с равноценными невральными и костальными пластинками косто-невральные контакты образуются одновременно). Кроме того, уменьшение числа невральных пластинок у средиземноморской и степной черепах определяет увеличение клиновидности костальных.

Если рассматривать общую направленность филогенеза всех тестудинид как канализированный процесс, в котором эволюционные тенденции направлены в сторону увеличения клиновидности костальных и возникновения попеременно четырех- и восьмиугольных невральных пластинок, то становится очевидным, что *T. graeca* и *A. horsfieldi* являются терминальными членами этого ряда.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт палеобиологии  
им. Л. Ш. Давиташвили

(Поступило 15.3.1990)

## 6. ამირანაშვილი

ხმელეთის კუს კარაკაძის ძვლოვანი ფირფიტების  
პოსტემბრიონალური მორფოგენეზი

## რეზიუმე

ხმელთაშუაზღვის და შუააზიური კუს პოსტემბრიონალური მორფოგენეზის შესწავლის შედეგად დადგინდა, რომ ტანის VIII მალის შესაბამისი ნევრალური ფირფიტა ჩვეულებრივ არ ვითარდება. ამიტომ ამ სახეობების რიგით VII ნევრალური ფირფიტა პომოლოგიურია სხვა ტესტუდინიდების VIII ნევრალური ფირფიტისა. ოთხ- და რვაკუთხა ნევრალური ფირფიტების მორიგეობა და სოლისებრი კოსტალური ფირფიტების ფორმირება გამოწვეულია ნევრო-კოსტალური კონტაქტების წარმოქმნის ჰეტეროქრონიით და კოსტალური ფირფიტების სხვადასხვა მხარეს მიმართული ზრდით.

## ZOOLOGY

N. G. AMIRANASHVILI

POST-EMBRYONAL MORPHOGENESIS OF BONE ELEMENTS  
OF CARAPACE OF LAND TURTLES

## Summary

It has been established that at earlier stages of the post-embryonal morphogenesis of the Mediterranean spur-thighed tortoise and Horsfield's tortoise the 8th trunk vertebra in norm does not form the corresponding 7th neural bone (reduction). Therefore, the 7th neural bone of these species is homologous with the 8th neural bone of other *Testudinidae*. The presence of quadri- and octagonal neurals and cuneiform costal bones is accounted for by the fact that the neuro-costal contacts are formed at different times and costals grow in different directions.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. М. Чхиквадзе. Неогеновые черепахи СССР. Тбилиси, 1989, 102.
2. Л. И. Хозацкий. Ежегодник ВПО, т. 17, 1956, 196—227.
3. R. Zangerl. Biol. Rept., vol. I. "Morphology", Academ. press, London—New York, 1969, 311-339.
4. P. C. H. Pritchard. Acta zoologica cracoviensia, XXXI, (Pars II), 11-27, 1989, 625-686.



ბ. ლანელია, მ. ჯაფარიძე

კუჭკვეშა ჯირკვლის მორფოლოგიური მონაცემები დიდი მასის მქონე ნაყოფებში

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ა. ლევანოსიძემ 15.3.1990)

სადღეისოდ აქსელერაციის ფონზე, რომელიც განვითარებულ ქვეყნებში გამოხატულია ნაყოფთა სიგრძის და მასის ნორმის მატებით, აღინიშნება დიდი ნაყოფით შობადობის გაზვიარება [1, 2], რაც თავის მხრივ უარყოფით გავლენას ახდენს თვით ნაყოფზე და მშობიარობის გამოსვლაზე. დიდი ნაყოფი წარმოადგენს თანამედროვე მეანობის ერთ-ერთ მეტად აქტუალურ პრობლემას, ვინაიდან ნაყოფის მასის და მასთან ასოცირებული თავის გარეშემოწერილობის ზრდა აღიარებულია მნიშვნელოვან რისკ ფაქტორად და ხშირად ხდება ნაირსახოვანი სამშობიარო გართულების შედეგი, რაც უზაყოფითად მოქმედებს აგრეთვე ნაყოფის შემდგომ განვითარებაზე. ამასთან დაკავშირებით დიდი ყურადღება ეთმობა იმ ფაქტორების შესწავლას, რომელიც ხელს უწყობს ნაყოფის ჭარბ ზრდას. ასეთი ზემოქმედების ფაქტორთაგან ერთ-ერთ ყველაზე მნიშვნელოვნად ითვლება ნახშირწყლოვანი ცვლის დარღვევა, რაც ნათლად ჩანს აგრეთვე იმ ფაქტიდან, რომ დიაბეტთან დედებს ხშირად ებადებათ დიდი მასის მქონე და გიგანტური ნაყოფები. აქედან გამომდინარე, არსებობს მოსაზრება, რომ მუცლად ყოფნის პერიოდში ინსულინი არის ადამიანის ნაყოფის ზრდის ძირითადი ჰორმონალური მოდულატორი [3]. ზემოაღნიშნულის მიუხედავად მიმდინარე ორსულებში ნაყოფის მასის ჭარბი ზრდის მიზეზი ჯერ კიდევ არ არის საკმარისად გაშუქებული.

ჩვენ მიზნად დავისახეთ ჩავეტარებინა ფიზიოლოგიურად მიმდინარე ორსულების ნაყოფებში კუჭკვეშა ჯირკვლის მორფოლოგიური და მორფომეტრიული შესწავლა ნაყოფის სხეულის მასასთან დაკავშირებით.

გამოკვლეულ იქნა 15 დროული ნაყოფი ფიზიოლოგიურად მიმდინარე ორსულობიდან. სიკვდილის მიზეზი იყო ინტრანატალური ჰიპოქსია და სამშობიარო ტრავმა (დედის ანამნეზში არ აღინიშნებოდა ჰიპერგლიცემია და გლუკოზურია). შესწავლილ იქნა ნაყოფთა ორი ჯგუფი: 1) რვა ნაყოფი მასით 2800—4000 გ და 2) შვიდი ნაყოფი მასით 4000—5200 გ.

ნაყოფის პანკრეასის აწონვის შემდეგ ვკვეთავდით ნაჭრებს მისი კაუდალური ნაწილიდან და ვათავსებდით საფიქსაციოდ ბუენის ხსნარში. პარაფინში ჩამოყალიბებულ მასალას ვჭრიდით მიკროტომზე და 5 მმკ სისქის ანათლებს ვღებავდით სამფერიანი გომორის ნარევით: მუქ იისფრად B-უჯრედებს, ვარდისფრად A-უჯრედებს და მომწვანოდ D-უჯრედებს.

მორფომეტრიული ანალიზის დროს ყურადღებას ვაქცევდით კუჭკვეშა ჯირკვლის A-B და D-უჯრედებს და კაპილარებს ლანგუზგანისის კუნძულაკებში და მის გარეთ. კუნძულაკებს გარეთ არსებულ ქსოვილში ვსწავლობდით ჯირკვლოვან სადინარებს, მათ დაბოლოებებს და შემაერთებულ ქსოვილს. ვატარებდით თითოეული ამ პარამეტრის პროცენტულ შეფასებას პანკრეასის კულის ნაწილის მთლიან ფართობთან და ენდოკრინული უჯრედების პროცენტულ დაანგარიშებას.

თექვემა ჯირკვლის კულტური ნაწილის მიკროფტრული პარამეტრების მონაცემების  
 პროცენტული შეფარდება (%) ჯირკვლის ქსოვილთან

ჯიშები	სტატისტიკური მარკერები	ნაყოფის მასა, გ	თექვემა ჯირკვლის ფლოკინული ნაწილი						სადარჯების აბიჯი	დამოიღების აბიჯი	სისხლსარტყები	შებენიერი ქსოვილი	
			კუნძულებს შიგნით			კუნძულებს გარეთ							
			კაპილარები	A	B	D	A	B					D
1	$\bar{x}$	3350	0,62	0,42	2,8	0,24	1,1	1,9	0,13	15,2	34,3	11,6	31,97
	$M \pm n$	$\pm 73,3$	$\pm 0,2$	$\pm 0,1$	$\pm 0,39$	$\pm 0,03$	$\pm 0,42$	$\pm 0,43$	$\pm 0,1$	$\pm 1,4$	$\pm 2,2$	$\pm 3,04$	$\pm 2,9$
	n	8	8	8	8	6	8	8	5	8	8	8	8
2	$\bar{x}$	4507	1,9	1,2	7,2	0,28	0,47	2,03	0,12	14,08	27,2	15,4	28,5
	$M \pm m$	$\pm 32,7$	$\pm 0,43$	$\pm 0,32$	$\pm 1,3$	$\pm 0,06$	$\pm 0,23$	$\pm 1,16$	$\pm 0,06$	$\pm 1,5$	$\pm 1,8$	$\pm 1,6$	$\pm 2,3$
	n	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7
3	p	<0,01	<0,05	>0,05	<0,02	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	<0,05	>0,05	>0,05

მიღებული მონაცემები დამუშავდა სტატისტიკური მეთოდებით. მიღებული მასალიდან ირკვევა, რომ კუჭქვეშა ჯირკვლის სხეულის მასამ I ჯგუფში — ნაყოფებში მასით  $3350 \pm 73,3$  გ შეადგინა  $1,882 \pm 0,20$  გ, ხოლო II ჯგუფში — მასით  $4507 \pm 32,7$  გ —  $3,163 \pm 0,33$  გ. ნაყოფის ზრდასთან ერთად სარწმუნოდ იმატა პანკრეასის მასამ ( $P < 0,01$ ).

მორფომეტრიულმა ანალიზმა ცხადყო, რომ ნაყოფის მასის ზრდასთან ერთად კუჭქვეშა ჯირკვლის კაუდალურ ნაწილში სარწმუნოდ იზრდება ენდოკრინული A-, B- და D-უჯრედების რაოდენობა, ძირითადად კუნძულაკებს შიგნით მოთავსებული B-უჯრედების ხარჯზე (იხ. ცხრილი). სტატისტიკურად სარწმუნოდ იზრდებოდა კაპილარების რაოდენობა კუნძულაკებში და ასევე მცირდებოდა დაბოლოებანი. დანარჩენი პარამეტრების ცვლილებებმა სარწმუნო არ იყო. A-, B- და D-უჯრედების რაოდენობამ (როგორც კუნძულაკებში, ისე მის გარეთ) შეადგინა დიდი მასის მქონე ნაყოფებში  $11,23 \pm 1,4\%$ , ხოლო ნორმალური მასის მქონე ნაყოფებში  $6,59 \pm 1,1\%$ , რაც სტატისტიკურად სარწმუნოა ( $P < 0,02$ ).

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ნაყოფის სხეულის მასის ზრდასთან ერთად იზრდება ნაყოფის პანკრეასის მასა და ნაყოფის პანკრეასის ენდოკრინული ნაწილი, რაც ძირითადად ხდება ინსულინის გამომყოფი B-უჯრედების ჰიპერპლაზიის ხარჯზე. თუ ამას დავამატებთ იმ ფაქტს, რომ C-პეპტიდის დონე ჰიპლარის სისხლში დაბადების მომენტში მატულობს სხეულის მასასთან ერთად [4], გასაგები ხდება, რომ დიდი ნაყოფის პანკრეასში ინსულარული აპარატის სეკრეცია ძლიერდება.

როგორც ვიცით, C-პეპტიდის დონე სისხლში უფრო ზუსტად ასახავს კუჭქვეშა ჯირკვლის B-უჯრედების მიერ ინსულინის სეკრეციის უნარს, ვიდრე თვით ინსულინის დონე [5].

ჩვენს მიერ დადგენილი კუჭქვეშა ჯირკვლის სხვადასხვა პარამეტრის დინამიკა მსგავსია იმ კვლილებებისა, რომლებიც ავტორებმა მიიღეს დიაბეტიანი ქალის გიგანტურ ნაყოფებში [6]. აღნიშნული საკითხი მოითხოვს შემდგომ შესწავლას და დაზუსტებას.

კ. ჩაჩავას სახელობის პერინატალური მედიცინისა და  
მეანობა გინეკოლოგიის ინსტიტუტი

(შემოვიდა 22.3.1990)

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

Г. С. ДАНЕЛИЯ, М. Г. ДЖАПАРИДЗЕ

### МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У КРУПНОВЕСНЫХ ПЛОДОВ

#### Резюме

Произведено морфологическое исследование хвостового отдела поджелудочной железы 15 доношенных плодов массой тела  $3350 \pm 73,3$  г и  $4507 \pm 32,7$  г. Производили также взвес поджелудочной железы.

Обнаружено достоверное увеличение процентного соотношения В-клеток ( $P < 0,02$ ), а также капилляров в островках ( $P < 0,05$ ) Лангерганса у крупновесных плодов с достоверным уменьшением у них эпителии концевых отделов ( $P < 0,05$ ). Процентное соотношение эндокринных А-, В-, Д-клеток (внутри и вне островковой ткани) достовер-

но увеличивалось ( $P<0,02$ ) у крупновесных плодов, по сравнению с плодами с нормальной массой тела.

Вес поджелудочной железы у крупновесных плодов был достоверно ( $P<0,01$ ) больше, чем у плодов контрольной группы.

EXPERIMENTAL MEDICINE

G. S. DANELIA, M. G. JAPARIDZE

MORPHOMETRIC INDICES OF THE PANCREAS IN THE  
OVERWEIGHT NEWBORN INFANTS

Summary

Morphologic studies of the Cauda Pancreatis of 15 mature fetuses, weighing  $3.350\pm 73.3-4.507\pm 32.7$  g, were carried out. Pancreatic glands were weighed.

An apparent increase of the percentage of B-cells ( $P<0.02$ ) as well as intrainsular capillaries ( $P<0.05$ ) and a decrease in the epithelium of terminal sections in overweight fetuses were found. The percentage of endocrine A-, B-, and D-cells (in extra- and intrainsular tissues) was apparently higher in overweight infants than in those with normal birth weight.

The weight of the pancreas in the overweight group was evidently higher ( $P<0.01$ ) than in the control group.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. И. Приб. Автореф. канд. дисс. Омск, 1986.
2. В. Н. Локшина, Н. Н. Мезнинова. *Вопр. охраны материнства и детства*, № 4, 1988.
3. I. W. Farguhar. *Clin. Endokr. Metab.* 5, 1, 1976, 237-259.
4. მ. ჯაფარიძე, ნ. ბერიძე, მ. დუნდუა. *საბჭოთა მედიცინა*, № 4, 1989.
5. M. Rendell. *Acta Diabet. Lat.*, 20, 2, 1983, 105-113.
6. W. Bruno *et al.* *The Diabetic Pancreas*. 1985, 367-384.



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

Л. М. ВАРАЗШВИЛИ, Л. П. ПАШИНЦЕВА, Д. З. ПИРАДАШВИЛИ

ГАЛАКТОЗИЛТРАНСФЕРАЗА В ДИАГНОСТИКЕ РАКА  
 ЯИЧНИКОВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии В. М. Мосидзе 19.2.1990)

Исследования галактозилтрансферазы (ГТ) начаты сравнительно недавно. Полученные разными исследователями данные противоречивы. Так, некоторые авторы [1] определяли повышенную активность ГТ в злокачественных опухолях и в сыворотке крови больных при аденокарциноме молочной железы и толстой кишки, в то время как другие [2] отрицают значимость общей активности ГТ как маркера. Это дало основание для проведения исследований ГТ в сыворотке крови больных раком яичников с целью решения вопроса о возможности использования показателей общей активности ГТ в качестве маркера рака яичника. Метод исследования ГТ является радиоизотопным [3].

В настоящей работе изучена активность ГТ у 94 больных с различными стадиями болезни (I—IV). Активность ГТ определена у первичных больных в динамике заболевания после курсов химиотерапии и оперативного лечения. Материал обработан методом вариационной статистики.

Таблица 1  
 Активность ГТ при различных стадиях заболевания раком яичников

Стадия болезни	Активность ГТ (Ед/л)	
	$X \pm S$	Пределы колебаний
I—II n=36	123,0±27,1	68,2—155,0
III n=38	187,4±34,0	129,2—263,0
IV n=20	178,1±52,1	138,0—235,4
Здоровые женщины n=20	103,1±5,0	78,5—110,0

Как видно из табл. 1, активность ГТ при III—IV стадиях болезни значительно выше, чем при I—II стадиях ( $p < 0,001$ ). При этом активность данного фермента при III стадии заболевания выше, чем при IV стадии. Это свидетельствует о потере иммунного ответа организма при распространенном процессе.

Активность ГТ определена у первичных больных и в динамике заболевания после химиотерапии и оперативного лечения. Результаты исследования представлены в табл. 2. Стабилизация процесса у больных раком яичников III стадии, наступающая в результате успешной химиотерапии, приводила к снижению активности ГТ до

Таблица 2  
Активность ГТ в сыворотке крови больных раком яичников до и после лечения

Стадия заболевания	Здоровые женщины	Средняя до лечения		После лечения					
				Стабилизация проц.		Ремиссия		Рецидив	
		x±S	Пределы колебаний	x±S	Пределы колебаний	x±S	Пределы колебаний	x±S	Пределы колебаний
III n=38	103,1±5,0	187,4± ±34,0	129,2— —263,0	123,1± ±21,2	80,3— —137,1	95,9± ±23,0	56,8— —143,6	172,6± ±41,1	123,2— —267,0

123,1±21,2 Ед/л (n=20). Наиболее выраженное снижение активности ГТ отмечено у больных в ремиссии, достигнутой после оптимального оперативного лечения и эффективной химиотерапии (n=10). В случаях неэффективного лечения (химиотерапия, операция) повышенный уровень ГТ оставался первоначальным. При рецидивах (n=8) активность ГТ была высокой (172,6±41,1), наблюдалось достоверное повышение (p<0,01) при сравнении с больными в ремиссии.

На основании полученных данных нами выявлено, что у больных раком яичников активность ГТ повышена. Отмечается коррелятивная связь между клиническим состоянием больных и активностью ГТ. Изучение активности ГТ можно использовать как надежный маркер при диагностическом наблюдении за больными раком яичников и для выбора эффективной терапии.

Онкологический научный центр  
МЗ ГССР

(Поступило 1.3.199)

ქვემოთაშენებული მკვლევარნი

ლ. ვარაზშვილი, ლ. პაშინცვა, დ. ფირაღაშვილი

გალაქტოზილტრანსფერაზა საკვარცხის კიბოს დიაგნოსტიკაში

რეზიუმე

შესწავლილია გალაქტოზილტრანსფერაზის რაოდენობა სისხლის შრატში საკვარცხის კიბოს სხვადასხვა სტადიის დროს. აღნიშნული ფერმენტის დონე გამოკვლეულია დინამიკაში. დადგენილია, რომ გალაქტოზილტრანსფერაზა წარმოადგენს საიმედო მარკერს საკვარცხის კიბოთი დაავადებულ ავადმყოფებზე დაკვირვებისათვის და მკურნალობის სწორი ტაქტიკის შერჩევისათვის.

L. M. VARAZASHVILI, L. I. PASHINTSEVA, D. Z. DIRADASHVILI

GALACTOSYLTRANSFERASE IN OVARIAN CANCER DIAGNOSIS

Summary

Galactosyltransferase level in blood serum has been studied at different stages of ovarian cancer. The level of the mentioned ferment has been determined in dynamics. It was found that galactosyltransferase represents a reliable marker to observe the ovarian cancer patients and to choose the treatment tactics.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. A. L. Pohl *et al.* Cancer. Det. and Prev., vol. 8, 1985.
2. R. Madiyalakan *et al.* Europ. J. Cancer clin. Oncol., vol. 23, 1987, 901.
3. Л. В. Коркина, Л. М. Пашинцева, Л. С. Бассалык. Лаб. дело, № 7, 1988, 41.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

А. Л. ИСАКАДЗЕ

ВЛИЯНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕРАПИИ ПРОПРАНОЛОЛОМ  
И ИЗОСОРБИД ДИНИТРАТОМ НА СИСТЕМУ  
КРОВООБРАЩЕНИЯ ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ  
У БОЛЬНЫХ ХРОНИЧЕСКОЙ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ  
СЕРДЦА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. И. Татишвили 22.2.1990)

При комбинированном применении пропранолола (П) и изосорбид динитрата (ИСД) у больных ХИБС характер гемодинамических сдвигов при физической нагрузке изучен недостаточно по сравнению с монотерапией этими препаратами. Целью настоящей работы было изучение изменений ЭКГ и сдвигов гемодинамических параметров при физической нагрузке у больных ХИБС при коротком и длительном курсах лечения комбинацией П и ИСД.

В амбулаторных условиях было обследовано 36 мужчин со стабильной стенокардией напряжения II и III функциональных классов в возрасте 43—58 лет (средний возраст  $48,2 \pm 4,2$  года). 12 больных в прошлом перенесли острый инфаркт миокарда. У всех больных отсутствовали признаки сердечной недостаточности, у 36 больных артериальное давление (АД) периодически повышалось до 150/90—160/100 мм рт. ст. До начала лечения (7—10 дней) отменялись все лекарственные препараты, кроме нитроглицерина для купирования ангинозных приступов. Для настоящего исследования была отобрана группа больных, у которых предшествовавшая монотерапия П или ИСД была неэффективной. При проведении комбинированной терапии П (обзидан, ГДР) применялся в суточной дозе 40—80 мг (средняя доза 60 мг), ИСД (нитросорбид, Финляндия) — в суточной дозе 30—40 мг (средняя доза 35 мг). До начала лечения, через 2—3 недели и через 4—6 месяцев комбинированной терапии проводились повторные исследования гемодинамики в покое и на каждой ступени дозированной физической нагрузки на велоэргометре. Определялись: высота АД аускультативным методом по Короткову, величина сердечного выброса (СВ) методом тетраполярной трансторакальной реографии по Кубичеку, периферическое сопротивление кровотоку (УПС) по формуле Франка—Пуазейля, частота сердечных сокращений (ЧСС) по ЭКГ. Велоэргометрическая проба проводилась в положении сидя, начиная с нагрузки 25 в, с повышением каждые 3 мин на 25 в. Нагрузка прекращалась в соответствии с общепринятыми критериями ВОЗ. Антиангинальный эффект оценивался как положительный, если частота приступов стенокардии уменьшалась не менее чем вдвое.

Показано, что степень нагрузочной депрессии сегмента ST при лечении больных ХИБС комбинацией П и ИСД становится достоверно меньшей [1—4]. Это достигается, по данным отдельных авторов, за счет действия П, так как монотерапия ИСД у этих же больных не сопровождается уменьшением степени депрессии ST [3, 4]. Некоторые исследователи наблюдали приблизительно одинаковое уменьшение выраженности депрессии сегмента ST при монотерапии обоими препаратами, а сочетание их сопровождалось дальнейшим



достоверным ее уменьшением [1, 2, 5]. Нами отмечено, что при монотерапии как П, так и ИСД степень депрессии сегмента ST при нагрузке становится меньше, чем до лечения. При комбинированной терапии П и ИСД выраженность нагрузочной депрессии сегмента ST становится меньшей, чем при монотерапии каждым из препаратов, причем это уменьшение сохраняется и при длительном наблюдении (4—6 месяцев). Полученные результаты, наряду с достоверным уменьшением частоты ангинозных приступов, указывают на стабильность достигнутого ангинального эффекта при применении комбинации П и ИСД.

Изучение влияния комбинированной терапии П и ИСД на гемодинамические сдвиги при физической нагрузке ограничивается обычно анализом изменений АД и ЧСС. АД систолическое ( $AD_c$ ) при нагрузке достигает обычно меньшего уровня, чем при монотерапии каждым препаратом [3, 6, 7]. АД диастолическое ( $AD_d$ ) также достоверно ниже уровня, достигаемого при нагрузке на фоне монотерапии П или ИСД [2, 6, 7]. Как показано нами ранее, высота  $AD_c$  при монотерапии П или ИСД меньше, чем до лечения. При комбинированной терапии П и ИСД уровень  $AD_c$  и  $AD_d$  становится меньшим, чем при раздельном их применении, что можно расценить как суммацию гипотензивного эффекта обоих препаратов при нагрузке. Уменьшение пресорной реакции при комбинированной терапии обусловлено не только снижением сократимости миокарда под влиянием  $\beta$ -адренергической блокады, но и снижением венозного возврата к сердцу (преднагрузки) под влиянием ИСД. ЧСС при монотерапии ИСД при нагрузке практически такая же, как до лечения, при монотерапии П достоверно уменьшается. При комбинации обоих препаратов ЧСС при нагрузке несколько (недостоверно) больше, чем при монотерапии П, но достоверно меньше по сравнению с монотерапией ИСД. Аналогичные результаты приводят и другие исследователи [2, 6, 7].

По данным наших исследований, как при монотерапии П и ИСД, так и при комбинированной терапии величина сердечного индекса (СИ) при физической нагрузке ниже, чем до лечения. Это, по-видимому, обусловлено тем, что при комбинированной терапии величина ударного индекса (УИ) в покое практически не меняется, а при нагрузке несколько превышает величину при монотерапии, особенно ИСД. УПС при нагрузке снижается более выражено, чем при раздельном применении обоих препаратов.

Большинство исследователей указывает на увеличение показателей физической работоспособности при комбинированной терапии П и ИСД относительно монотерапии, что выражается в увеличении объема выполненной работы (ОВР) и длительности нагрузки до появления ангинозного приступа или депрессии сегмента ST [1, 3, 4, 7]. Согласно нашим данным, ОВР при комбинированной терапии П и ИСД возрастает от  $891,8 \pm 62,4$  до  $1425,0 \pm 64,8$  вт ( $p < 0,001$ ), пороговая нагрузка — от  $74,5 \pm 12,8$  до  $124 \pm 19,9$  вт/мин ( $p < 0,001$ ); длительность нагрузки — от  $8,9 \pm 1,4$  до  $12,2 \pm 4,8$  мин ( $p < 0,01$ ). Изменяются и критерии прекращения пробы: увеличивается число больных, прекративших нагрузку в связи с достижением субмаксимальной ЧСС (соответственно 2 и 8 человек), уменьшается число больных, прекративших нагрузку из-за развития ангинозного приступа или депрессии сегмента ST (соответственно 19 и 12 человек). Характер гемодинамических сдвигов при нагрузке и повышение физической работоспособ-

ности при длительном наблюдении сохраняются такими же, как через 2—3 недели на фоне развития стабильного антиангинального эффекта.

Таким образом, комбинированная терапия П и ИСД оказывает антиангинальный эффект, более выраженный, чем при монотерапии каждым из компонентов. Стенокардия напряжения возникает при большей тяжести нагрузки, интенсивность боли и степень депрессии сегмента ST меньше по сравнению с монотерапией каждым из компонентов. При нагрузке на фоне комбинированной терапии П и ИСД меньше выражены прессорная реакция и нарастание ЧСС, чем при раздельном применении каждого из этих компонентов. Величина СН и УПС при нагрузке несколько ниже, а УИ выше, чем при монотерапии. Комбинированная терапия достоверно больше, чем монотерапия П и ИСД, повышает показатели физической работоспособности. Характер гемодинамических сдвигов при нагрузке и повышение работоспособности сохраняются как при коротком курсе, так и длительной терапии.

Тбилисский государственный  
 медицинский институт

(Поступило 23.2.1990)

ექსპერიმენტული მედიცინა

ა. ისაკაძე

პროპრანოლოლით და იზოსორბიდ დინიტრატით კომბინირებული  
 ამპურნალობის გავლენა სისხლის მიმოქცევის სისტემაზე ფიზიკური  
 დატვირთვის დროს გულის ქრონიკული იშემიური დაავადებისას

რეზიუმე

პროპრანოლოლით (ობზიდანი) და იზოსორბიდ დინიტრატით (ნიტროსორ-  
 ბიდი) სტაბილური სტენოკარდიით ავადმყოფთა როგორც მოკლე, ისე ხანგრ-  
 ძლივი ამბულატორიული მკურნალობისას გამოვლინდა ST სეგმენტის ნაკლები  
 ხარისხის დატვირთვითი დეპრესია, ასევე ნაკლები პრესორული რეაქცია და  
 გულის შეკუმშვათა სიხშირის მატება, ვიდრე მონოთერაპიის დროს. მეტია  
 დარტყმითი ინდექსი, ნაკლები გულის ინდექსი და ხვედრითი პერიფერიული  
 წინააღმდეგობა. მნიშვნელოვნად მატულობენ ფიზიკურ შაომისუნარიანობის  
 მაჩვენებლები.

EXPERIMENTAL MEDICINE

A. L. ISAKADZE

THE EFFECT OF COMBINED THERAPY WITH PROPRANOLOL AND  
 ISOSORBIDE DINITRATE ON THE CIRCULATION SYSTEM UNDER  
 PHYSICAL LOAD IN PATIENTS WITH CHRONIC ISCHEMIC  
 HEART DISEASE

Summary

A decrease of loading depression of ST segments, a less marked pressor  
 reaction and increase of heart rate were revealed both in short-term and  
 long-term treatment of patients with stable stenocardia by means of com-  
 bined therapy with propranolol (obsidan) and isosorbide dinitrate (nitro-

sorbide) as compared with separate application of these drugs. The value of cardiac index and specific peripheral resistance are lower. The index of working capacity is increased.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. H. J. Russek. Amer. J. Cardiol., v. 21, 1968.
2. D. Kornmann, L. D. Winkelmann. Dtsch. Gesundheits, v. 34, № 9, 1979.
3. L. Storstein. Acta Med. Scand., v. 209, № 5, 1981.
4. H. J. Schaumann. Therapiewoche, n. 33, 1983.
5. D. Y. Vattock, H. Alvarez, C. A. Chidsey. Circulation, v. 44, № 1. 1969.
6. Г. И. Брагина. Клин. мед., т. LIX, № 11, 1981.
7. K. Swedberg. Scand. J. Clin. and Lab. Invest. Suppl. № 73, 1984.



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

Н. Н. ДЖАНАШИА, В. И. БАХУТАШВИЛИ (член-корреспондент АН ГССР),  
Д. Г. МИКЕЛАДЗЕ, Л. Б. КАРТОЗИЯ

ДЕЙСТВИЕ НОВОГО МЕДИЦИНСКОГО ПРЕПАРАТА  
ПЛАФЕРОНА НА АЛЬФА- И БЕТА-АДРЕНЕРГИЧЕСКИЕ  
РЕЦЕПТОРНЫЕ СИСТЕМЫ КЛЕТОК

В настоящее время выяснено, что большинство фармакологических препаратов терапевтический эффект оказывают посредством регуляторных механизмов клетки, контролирующей протекание основных метаболических процессов. Важнейшими элементами клетки, воспринимающими внешний гормональный сигнал и трансдуцирующими его на механизм внутриклеточных превращений, являются рецепторные системы плазматических мембран. Рецепторные белки мембран опосредуют действие многих гормонов, нейротрансмиттеров и других биологически активных соединений. Дисфункция этих систем приводит к нарушению регуляции важнейших биохимических процессов, развитию патологических состояний и перерождению клетки, поэтому поиск новых фармакологических средств, особенно эндогенной природы, восстанавливающих и корригирующих рецепторную активность клетки, является важнейшей задачей молекулярной фармакологии.

К таким общим фармакологическим средствам относится медицинский препарат плаферон, созданный под руководством В. И. Бахуташвили в Межведомственном биохимическом центре МЗ и АН ГССР при Институте экспериментальной морфологии АН ГССР им. А. Н. Натишвили.

Плаферон представляет собой интерферонсодержащий лиофилизированный препарат, синтезированный из клеток аминокорина человека с помощью вирусной индукции, очищенный иммуносорбцией и гель-хроматографией. Установлено, что плаферон обладает антивирусным и иммуномодулирующим действием [1]. Кроме интерферона, в препарате обнаружен ряд физиологически активных веществ, которые при различных патологических состояниях в эксперименте снимают гипоксию и интоксикацию [2—4].

Высокая фармакологическая активность этого препарата, его ярко выраженный терапевтический эффект, позволяет предполагать, что действие плаферона на ткани заключается в изменении и модуляции рецепторного аппарата клетки. Целью настоящего исследования являлись выяснение и идентификация рецепторных систем клеток, взаимодействующих с соединениями препарата плаферон.

В опытах использованы белые беспородные крысы. Грубую митохондриальную фракцию выделяли по методу Whittaker [5]. В экспериментах по связыванию использовали  $^3\text{H}$ -празозин ( $\alpha_1$ -адреноблокатор) и  $^3\text{H}$ -дигидроальprenолол ( $\beta$ -адреноблокатор). Связывание  $^3\text{H}$ -празозина и  $^3\text{H}$ -дигидроальprenолола с рецепторными белками определяли в среде, содержащей 120 mM NaCl, 4 mM KCl, 1, 2 mM CaCl<sub>2</sub>, 1,3 mM MgCl<sub>2</sub>, 50 mM трис-HCl, pH 7,4, 10 мкМ паргиллина. Объем инкубационной среды составлял 250  $\mu\text{l}$ . При определении числа мест связывания и средства рецепторов инкубационная среда содержала от 0,8 до 6,4 нМ  $^3\text{H}$ -празозина и от 0,2 до 1,2 нМ  $^3\text{H}$ -дигид-





роальпренолола соответственно. Специфическое связывание определяли как разницу между общим и неспецифическим связываниями. Для определения неспецифического связывания использовали 10 нкМ фентоламина ( $\alpha$ -рецептор) и 10 нкМ пропранолола ( $\beta$ -рецептор).

Для определения эффекта плаферона в инкубационную среду добавляли 20  $\mu$ l (мг/мл) исходного препарата. Инкубировали реакционную смесь в течение 30 минут при комнатной температуре и фильтровали через GF/C-фильтры (Wathman, Англия), которые промывали буфером, содержащим 20 mM трис-HCl, pH 7,4. Связывание радиоактивных лигандов определяли в толуольном сцинтилляторе. Результаты опытов по изучению и определению кинетических констант связывания нейроспецифических лигандов с  $\alpha$ - и  $\beta$ -адренорецепторами синаптических мембран коры больших полушарий мозга и плазматиче-

Изменение некоторых кинетических характеристик ( $B_{\max}$ ,  $K_d$ )  $\beta$ -адрено-,  $\alpha_1$ -адрено- и  $D_2$ -дофаминовых рецепторов под действием препарата плаферона

Тип рецептуара	Контроль в присутствии плаферона			
	$B_{\max}$	$K_d$ нМ	$M_{\max}$	$K_d$ нМ
$\alpha$ -адренорецептор коры мозга	148 $\pm$ 13	0,71 $\pm$ 0,03	162 $\pm$ 15	1,1 $\pm$ 0,08
$\alpha_1$ -адренорецептор печени	640 $\pm$ 32	0,9 $\pm$ 0,04	430 $\pm$ 31	2,9 $\pm$ 0,1
$\beta$ -адренорецептор гиппокампа мозжечка	168 $\pm$ 18	0,53 $\pm$ 0,02	154 $\pm$ 17	0,26 $\pm$ 0,01
$D_2$ -дофаминовый рецептор стриатума мозга	230 $\pm$ 40	161 $\pm$ 0,08	242 $\pm$ 49	1,2 $\pm$ 0,09

$\alpha_1$ -адренорецепторную активность определяли  $^3$ H-прозапином,  $\beta$ -адренорецепторную —  $^3$ H-дигидроальпренолом,  $D_2$ -дофаминовую —  $^3$ H-спироперидолом

ческих мембран печени крыс представлены в таблице, данные которой говорят о том, что эти изменения достигаются за счет увеличения константы диссоциации ( $B_{\max}$ ), тогда как плотность рецепторов ( $K_d$ ) остается на одном уровне. С другой стороны, препарат понижает значение  $K_d$  для  $^3$ H-дигидроальпренолола, что может указывать на повышение сродства лиганда к  $\beta$ -адренорецептору. Следует отметить, что, как и в первом случае, количество связывающих мест мембраны и плотность рецептора не изменяются. Не изменяются также кинетические константы связывания  $^3$ H-спироперидола с мембранами, что свидетельствует об отсутствии эффекта плаферона на  $D_2$ -дофаминовый рецептор. Таким образом, полученные данные указывают на то, что, плаферон обладает выраженной активностью в отношении адренергических рецепторов, проявляющейся в снижении  $\alpha_1$  и повышении  $\beta$ -адренорецепции. Подробное разнонаправленное действие этого препарата на адренорецепторы может свидетельствовать о включении биохимических реакций в клетке, приводящих к повышению циклического АМР и к понижению уровня внутриклеточного кальция.

Известно, что активация  $\alpha_1$ -адренорецептора через фосфатидилинозитольный обмен усиливает поступление ионов Са в клетку [6], тогда как внутриклеточным ответом на раздражение  $\beta$ -рецептора является повышение аденилатциклазной активности и увеличение

ცАМФ [7]. Эти рецепторы с соответствующими сопрягающими элементами клетки находятся под регуляторным механизмом клеточного метаболизма и изменяются при различных функциональных состояниях ткани. Так, показано, что в регенерирующей печени происходит усиление чувствительности  $\beta$ -адренорецепторов [8] и снижение  $\alpha_1$ -адренорецепции.

Подобное усиление  $\beta$ -адренергического и снижение  $\alpha$ -адренергического ответов сопровождается увеличением числа печеночных митозов и включением тимидина в ДНК, свидетельствующими об участии циклазной системы в регенеративных процессах клетки. Учитывая, что аналогичное противонаправленное изменение активности адренорецепторов достигается и под действием препарата плаферон, который, в свою очередь, повышает пролиферативную активность лимфоцитов [9], следует предположить о возможности его фармакологического участия в росте и дифференциации ткани.

Мы не можем в настоящее время сказать, какими биологически активными соединениями опосредуются адренергические эффекты плаферона. Предварительные данные, полученные при анализе этого препарата, указывают на наличие физиологически активных пептидов, включая опиоидные пептиды, субстанцию P, ангиотензин, ВИП и др. Поскольку некоторые из них обладают модулирующей на рецепторы катехоламинов способностью, можно предположить, что изменение кинетических констант адренорецепторов под воздействием плаферона, а также его некоторые фармакологические свойства [10] обусловлены наличием пептидов в этом препарате.

Что же касается действия препарата на адренергические рецепторы нервной ткани, то, учитывая наличие норадреналина во многих областях мозга и участие этого катехоламина в поведенческих и физиологических актах животных, можно предположить, что модуляция адренергической рецепции плафероном может иметь существенное значение в метаболизме ЦНС.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт экспериментальной морфологии  
им. А. Н. Натишвили

(Поступило 22.3.1990)

ქვეყნის მედიცინის აკადემია

ბ. ჯანაშია, ვ. ბახუტაშვილი (საქ. სსრ მეცნ. აკად. წევრ-კორესპონდენტი),  
დ. მიქელაძე, ლ. კარტოზია

ახალი სამედიცინო კრეპატის კლავარონის მოქმედება უჯრედთა  
ალბა- და ბეტა-ადრენერგულ რეცეპტორულ სისტემაზე

რეზიუმე

ვირთავის ლვიძის პლაზმატური და ტენის ქერქის დიდი ნახევარფეროების სინაპტური მემბრანების  $\alpha$  და  $\beta$  ადრენორეცეპტორებთან ნეიროსპეციფიური ლიგანდების დაკავშირების კინეტიკური კონსტანტების შესწავლა გვიჩვენებს, რომ ადრენერგული რეცეპტორების მიმართ პლაფერონს ახასიათებს გამოხატული ეფექტი.  $\alpha_1$  ადრენორეცეპტორის სწრაფა ლიგანდის მიმართ კლებულობს, ხოლო  $\beta$  ადრენორეცეპტორისა მატულობს. ადრენერგული სისტემისგან განსხვავებით პლაფერონი ზემოქმედებას არ ახდენს ვირთავის ტენის სტრიატუმიდან გამოყოფილ დოფამინურ რეცეპტორთან  $^3\text{H}$  სპიპერონის დაკავშირებაზე.

N. N. JANASHIA, V. I. BAKHUTASHVILI, D. G. MIKELADZE,  
L. B. KARTOZIA

THE EFFECT OF A NEW MEDICAL PREPARATION PLAPHERON  
ON  $\alpha$ - AND  $\beta$ -ADRENORECEPTOR SYSTEMS OF CELLS

Summary

A study of kinetic constants of binding sites of neurospecific ligands with  $\alpha$ - and  $\beta$ -adrenoreceptors in synaptic membranes of cerebral cortex and plasmatic membranes of liver in rats has revealed that Plapheron manifests a well-pronounced activity relative to adrenergic receptors, resulting in a decreased affinity of  $\alpha_1$ -adrenoreceptor to  $^3\text{H}$ -prazosin and in an increased affinity of  $\beta$ -adrenoreceptor to  $^3\text{H}$ -dihydroalprenolol. In contrast to adrenoreceptor system Plapheron has no effect on binding parameters of  $^3\text{H}$ -spiperon with dopaminergic receptors in the striatum of the rat.

შედეგები — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. И. Бахуташвили и др. Вопросы вирусологии, № 6, 1985, 693—697.
2. Н. А. Джавахишвили и др. В кн.: «Экспериментальная морфология сердца и кровеносных сосудов». 23, Киев, 1929, 21.
3. Э. А. Имедадзе и др. В кн.: «Интерферон-85». Тбилиси, 1985, 87—88.
4. L. G. Managadze et al. Prophylaxe der abuted Nierenia ssuffizienz bei ischemis-cher und obstruktiver schadigung der Nieren. XIX kongres der Gesellschaft für urologie ber DDR. Erfurt. 8. II. IJ. 1988. p. 213.
5. V. P. Whittaker. Handbook of Neurochem (ed. Lajtha A), V. 2, p. 327-364, Plenum Press, N.Y-L, 1969.
6. A. Borsodi, M. Wolleman. Handbook of Neurochem., v. 6, 1984, 39-50.
7. M. Wolleman, A. Borsodi. Handbook of Neurochem., v. 6, 1984, 27-39.
8. M. Goobhart et al. J. Biochem. Pharmacol., 33, № 6, 1984, 863-868.
9. Т. И. Чиковани и др. «Сабчота медицина», (Тбилиси), № 4, 1988, 45.



Н. Қ. КВАНТАЛИАНИ

## ЭСТЕТИЧЕСКАЯ ПОТРЕБНОСТЬ И ИСКУССТВО В СВЕТЕ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ А. МОЛЯ

(Представлено членом-корреспондентом Академии П. П. Закарая 2.4.1990)

Проблема эстетической потребности и искусства как ее реализации превратилась сегодня в предмет многостороннего изучения. При этом в современной буржуазной эстетике методы новейших наук все более и более вытесняют традиционную философско-эстетическую методологию. В настоящее время одной из таких наук является теория информации, которая из области теоретических наук стала распространяться и на эстетику.

Наиболее видным представителем информационной эстетики является французский ученый Абрам Моль, рассматривающий искусство как характеризующееся упорядоченным множеством элементов сообщение. Элементы эти объединены в определенную пространственную или временную структуру и несут тот или иной смысл. Человек же у него выступает как адресат информационной связи, коммуникации и характеризуется определенным набором свойств или потребностей. Сама информационная деятельность человека поэтому зависит как от содержания и структуры информационного сообщения, так и от эстетических способностей человека.

Искусство, по Моль, содержит два вида информации. Это семантическая информация, носящая сугубо утилитарный, логический характер, так как она связана с действием человека в процессе удовлетворения его материальных потребностей, и эстетическая, отражающая субъективное отношение к сообщению. В процессе восприятия реципиентом произведения искусств каждая из указанных сторон «семантика—эстетика» старается задержать внимание на себе. Большое значение при этом французский исследователь придает уникальности, особенностям, неожиданности эстетического сообщения или искусства. Однако содержательная сторона произведения искусства не адекватна его оригинальности, и постольку А. Моль акцентировал на значение эстетической информации сообщений и искусства. «В устной речи оратор стремится воздействовать на нас скорее темпераментом, выразительностью и убежденностью голоса, чем логической обоснованностью того, что он утверждает», — писал он [1]. Или «в театральной пьесе... зритель стремится воспринимать именно эстетическую информацию...» [2]. Моль нивелирует значение содержательной стороны искусства, так как оно не способно привлекать внимание его потребителей. Эстетическим значением и оригинальностью он наделяет главным образом форму выражения и интерпретацию содержания в искусстве. Эстетическую информацию он рассматривает как «совокупность вариаций, в которых... каждый из знаков в составе сообщения допускает определенное отклонение от своей эталонной нормы» [3], семантическую же информацию сводит к комбинации различных знаков (слов языка, музыкальных звуков и т. д.), известных в явном виде как внешнему наблюдателю — психологу-искусствоведу, так и участникам коммуникации — автору и получателю сообщения. О содержании искусства и его оригинально-эстетических аспектах в такой постановке проблемы уже не может быть никакой речи. Моль все бо-

лее замыкается на исследовании материальных носителей информации в искусстве и возникающих в связи с этим проблемах, отвлекаясь от идеальных или семантических значений материальных знаков, используемых в художественном произведении. У него побеждает узкоспециализированный аспект теории информации, основанный на исследовании главным образом материальных аспектов сообщения, комбинации материальных носителей информации, принципов их пространственно-временного сочетания, т. е. тех операций, которые практикуются в информационно-кибернетических исследованиях с помощью ЭВМ.

Подобное ограничение исследовательских задач, обусловленное современным уровнем развития теории информации и кибернетики в целом, Моля пытается выдать за преимущество и по отношению к традиционной эстетике. Он декларирует, что главной целью современной эстетики «должно быть систематическое изучение материальности передачи сообщений, в то время как духу классической эстетики... было свойственно исследование идеального аспекта связи» [1].

Более того Моля формулирует целую программу развития искусства, создаваемого с помощью ЭВМ, — «Искусство и ЭВМ» на основе техницистики трактуемой эстетики как эвристической науки, призванной заменить традиционный тип художественного творчества и функционирования. «В наше время она (эстетика) все более и более превращается из философского учения о прекрасном в экспериментальную науку, опирающуюся на данные психологии, социологии и теории творчества», — пишет он [2].

Правильно подчеркивая важность раскрытия современными науками общих для науки и искусства механизмов творчества (они наглядно представлены в моделях, созданных при помощи ЭВМ), Моля провозглашает наступление эпохи нового искусства, призванного заменить и вытеснить традиционные виды искусства, так как они якобы не могут удовлетворять все возрастающие потребности людей в непосредственном восприятии подлинного (в смысле оригинала, а не копии или теле- и киноизображения) искусства в деле стремлений обладать его уникальными образцами.

Но так как шедевры искусства появляются недостаточно быстро и далеко не в том количестве, которое необходимо для удовлетворения масс, приобщающихся в современную эпоху к художественным ценностям не только посредством средств информации, но и туризма, то, по мнению Моля, наступает своеобразный кризис перепроизводства, выход из которого может предложить только современная техника в лице ЭВМ.

Среди различных методов Моля наиболее показательным является использование ЭВМ для производства так называемого «пермутационного искусства», которое, по мнению Моля, «по существу основано на структуралистском подходе... Оно экспериментирует элементами языка, с цветом, формой и звуками независимо от смыслового содержания, сюжета, мелодии» [3].

Создателем пермутационного искусства становится художник, который сочетает в себе эстетика и программиста. Он определяет набор исходных элементов и задает «алгоритм» их комбинирования. Исполнителем его воли становится машина. Субъективный момент творчества художника теперь «реализует» не его мировоззрение, взгляды, а индивидуальные психофизиологические предпочтения тех или иных материалов и способов их сочетания.

В результате подобного «творчества» потребитель вместо репродукции мадонны Рафаэля, потерявшей свою привлекательность благодаря широкому тиражированию, получает совершенно уникальный продукт, например инкрустированный столик с орнаментом или кон-

фигурацией элементов или другого сорта «мультипл», т. е. произведения «геометрического», «оптического» или «кинетического» искусства.

Все это вполне справедливо для прикладного искусства, которое действительно создается порой независимо от прямого утилитарного назначения (орнамент, узоры и т. д.). Здесь более непосредственно, чем в искусстве, осуществляется эстетический принцип организации элементов, который вполне укладывается в формулу «разнообразие в единстве» или «единство в разнообразии», выработанную еще в античности и разделяемую и в более позднее время (например, Кантом, Шиллером и др.).

Освобождение от смыслового отражения действительности, которое характерно для многих направлений в буржуазном искусстве, Моль выдает едва ли не законченный результат развития мирового искусства.

Несмотря на различные оговорки, за которыми скрывается желание Моля выдать чисто эстетический принцип за метод современного искусства в целом, а перспективу развития всей художественной культуры связывать только с «пермутационным искусством» и подобными ему методами формирования эстетических объектов, теория эта носит отчетливо выраженный идеологический характер и невольно или сознательно оправдывает модернизм который отказывается от образного отражения жизни и нередко сводит искусство к набору абстрактных элементов. Кроме того, подобный подход в известной мере сужает потенциальные возможности теории информации и закрывает перспективы ее более плодотворного применения в искусстве.

По сути дела, французский ученый возрождает «материальную эстетику», подвергнутому критике в статье М. М. Бахтина «К эстетике слова» [4], где показано, что как только возникает попытка перенести принципы формирования материальной стороны искусства на все искусство и даже его художественную форму, то сразу же происходит разрыв между содержанием и формой художественного произведения, абсолютизация средств искусства в ущерб его содержанию и цели.

Многие буржуазные ученые, как это видно на примере А. Моля, а также западногерманского ученого Макса Бензе, в первую очередь использовали принципы теории информации к объяснению и обоснованию абстрактных направлений в модернизме.

В общем же теория информации и кибернетика при их разумном применении в исследовании искусства и эстетических потребностей человека могут, без сомнения, в сочетании с традиционными — философско-эстетическими и искусствоведческими дисциплинами внести определенный вклад в раскрытие их природы и механизма функционирования.

Тбилисский государственный университет  
 им. И. А. Джавахишвили

(Поступило 5.4.1990)

ფილოლოგია

ბ. კვანტალიანი

მსთეობიკური მოთხოვნილება და ხელოვნება ა. მოლის ინფორმაციის  
 თეორიის უშუალო

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია ცნობილი ფრანგი მეცნიერის ა. მოლის მიერ შექმნილი ესთეტიკური მოთხოვნილებისა და ხელოვნების გამოკვლევებისადმი ინ-

ფორმაციის თეორიის შესაძლებლობანი და შედეგები. აქვე ნაჩვენებია, რომ ესთეტიკური მოთხოვნებისა და ხელოვნების სტრუქტურის დადგენასთან, — მასში ესთეტიკური და სემანტიკური დონეების გამოყენებასთან, — და ხელოვნების აღქმის რაოდენობრივი პარამეტრების გამოყენებასთან ერთად, სინამდვილეში, ფრანგი მეცნიერი იყენებს ინფორმაციულ თეორიას თამაშის ესთეტიკური კონცეფციის დასაფუძნებლად და მოდერნისტულ ხელოვნებაში აბსტრაქტული მიმართულების გასამართლებლად.

PHILOSOPHY

N. K. KVANTALIANI

AESTHETIC REQUIREMENT AND ART IN THE LIGHT OF  
 A. MOLL'S THEORY OF INFORMATION

Summary

The present paper deals with the possibilities and results of applying the theory of information by a famous French scientist A. Moll to the investigation of aesthetic requirement and art. It is shown that along with a precise definition of the structure of aesthetic requirement and art,—singling out the aesthetic and semantic levels in it,—and the use of quantitative parameters of art perception A. Moll, actually, applies the theory of information to back up the play strategy of the aesthetic requirement and to justify the abstract trends in modernistic art.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. Моль. Теория информации и эстетическое восприятие. М., 1966.
2. А. Моль. Искусство и ЭВМ. М., 1975.
3. С. Завадский. Эстетическая теория Макса Бензе. М., 1975, 275—285.
4. М. М. Бахтин. Литературно-критические статьи. М., 1985, 26—90.



Т. Л. ГВАСАЛИЯ

БАСК. ILARGI «ЛУНА» В ЭТИМОЛОГИЧЕСКОМ ПОДХОДЕ  
Л. МИЧЕЛЕНА (ПО ОПУБЛИКОВАННЫМ И  
НЕОПУБЛИКОВАННЫМ МАТЕРИАЛАМ). ЭКСПОЗИЦИЯ

(Представлено академиком Ш. В. Дзидзигури 23.2.1990)

В настоящей работе мы касаемся происхождения некоторых баскских терминов, связанных с луной, точнее их этимологического освещения в трудах Л. Мичелены, как опубликованных, так и неопубликованных.

В своем наиболее значимом труде "Fonética histórica Vasca" [1] Л. Мичелена неоднократно касается этих терминов (см. по указателям il(h)argi, с. 199, 201, 212, 295, 322, il, с. 411, ilhabethe, с. 411 и др.). Читатель может найти также указания на этимологические обращения Мичелены к тем же терминам в известной книге Х. Х. Арбелайса "Las etimologías vascas en la obra de L. Michelena". Однако в настоящей статье мы сосредоточимся прежде всего на двух фрагментах из трудов Мичелены, где он касается этих терминов. Один из этих фрагментов содержится в его статье "De onomástica aquitana".

В шестнадцатом разделе своей обширной работы по аквитанской ономастике Л. Мичелена отмечает, что известный аквитанский термин Asto ilunno Г. Шухардт понимает как баск. aste «неделя» и баск. ilunp «ночь». Ссылки на соответствующую работу Шухардта нет, а в своем примечании к данному пункту Л. Мичелена пишет, что до Шухардта аквит. asto в указанном сочетании обычно толковали как баск. asto «осел». Но, замечает по этому поводу Л. Мичелена, в сулетанском диалекте в XVII в. у ряда авторов мы имеем баск. arsto «осел», причем весьма вероятно, что /r/ здесь не является вторичным (эпинтезой и т. д.). Сразу же отметим, со своей стороны, что Ю. В. Зыцарь и М. М. Глонти [2—4] относительно самого баск. aste «неделя» приходят к (как к наиболее глубинному) этимону «свет», «светило», и это дает возможность нашим двум авторам подойти к теониму asto ilunno как к композиту «ночное светило», лексически «луна», в чем продолжается этимологическая линия Шухардта и Мичелены. Наиболее же интересным при этом оказывается то обстоятельство, что данный теоним представляет собой баск. ilargi «луна» как бы наоборот — с обратным размещением компонентов, если, конечно, мы будем понимать само ilargi как «светило ночи», что обычно и делают.

Уже сам тот факт, что в аквитанском теониме asto ilunno может содержаться название луны, с одной стороны, говорит об особом или большом религиозном значении луны у аквитано-басков, а с другой, этот факт органически вписывается в очень большое количество аналогичных фактов, свидетельствующих о теонимизации луны в древнем испано-аквитанском мире и о первостепенном значении в этом мире именно данного божества.

Ю. В. Зыцарь в первой своей работе [5] показал наличие баскского слова ilargi «луна» в названии арагонского племени илергетов,



проживавших территориально рядом с восточными басками, и уже писал о том, что это слово могло войти в данный энтоним только потому, что луна была главным божеством илергетов. Сулетинское название луны *goiko-a* буквально означает нечто «верховное», «главное» (божество), так как называть луну или солнце словом «небесное» (тело или божество) было бы абсурдно. И коль скоро это так, то данный сулетинский эпитет тоже, уже сам по себе, говорит о роли лунного божества, притом как раз у сулетинцев, у северных басков, живших по соседству с аквитанами. Нельзя также исключить, что общее баскское название бога — *Jaun-goikoa*, появившееся после XII в., содержит опять-таки *goiko-a* «луна»: правда, по правилам баскской композиции мы должны были бы в этом случае иметь *Goikoa Jauna* «господин Луна», ср. *Lasa jauna* «господин Ласа».

В том же труде по аквитанской ономастике Л. Мичелена далее (т. е. после того как он коснулся указанного теонима) говорит: «Что касается меня, то я не исключаю, что баск. *illun* «темный», действительно, как и полагает Бонапарт (*Azkue. Diccionario s. u.*), является производным от *il* совр. «месяц», а раньше «луна», ср. *il-en-a* «понедельник», букв. «луны (день)». В этой связи следует, однако, вспомнить и то, что о баск. *illargi* как о наиболее известном обозначении луны у басков писал Уленбек [1], который, на мой взгляд, лишь внес путаницу в ранее достигнутую по этому вопросу ясность. Я допускаю, что баск. *argizagi* «луна», ронк. *góikua* «луна» восходят к какому-то словарному табу, но я не думаю, что на этом основании мы можем отказаться от очевидного понимания *il(h)argi* как «света луны» или «светлой луны».

Луна и месяц обозначаются одним и тем же словом во многих языках, не исключая отчасти и индоевропейскую группу. Не удивительно, что такое краткое слово, как *il* (совр. «месяц», ранее также «луна». См. выше. — Т. Г.), могло когда-то расширяться за счет прилагательного «светлый» (ср. лат. *luna* и т. д.). Поражает другое, а именно то, что автор древнеиндийского этимологического словаря забыл о существовании в этом языке для луны термина — точного эквивалента баскского *il(h) argi*: *candrāmas*, букв. «блестящая луна».

В очень осторожной форме, но вполне определенно здесь выражена вся этимологическая позиция по данному вопросу крупнейшего баскского ученого, и эта позиция, как мы понимаем, состоит в следующем:

1. Баск. *il* «месяц», раньше «луна» (от которого образовалось прилагательное *illun* «темный») в силу того, что оно фонетически устарело, открыло путь для появления слова *illargi*, *il(h)argi* и т. п. «луна», образованного от того же *il*.

2. Это баск. *ilargi* представляет собой такое образование от *il*, в котором этот компонент сохранен полностью, а второй является просто прилагательным.

3. Когда речь идет о баск. *argizagi* «луна» или ронк. *góikua id* букв. «высшее, верховное», то поскольку по ряду признаков перед нами здесь какие-то описательно-культурные обозначения, мы должны и подход к ним искать этнографический. Однако к баск. *ilargi* «луна» такого подхода, по утверждению Мичелены, искать не следует, поскольку для толкования этого слова достаточен уже лингвистический подход, ибо по ряду признаков оно не является или не может быть описательно-культурным. Как видим, в последнем случае выдвигается достаточно простой и в то же время впечатляющий аргумент.

С нашим комментарием к этой этимологической позиции Мичелены, равно как и с приведением в развернутом виде позиции Уленбека, мы, однако, несколько повременим. Обратимся пока к указанному письму Л. Мичелены от 29.III.1967, где он пишет:

1. *ilargi* „луна“ с вариантами—это явно старый композит, состоящий из древнего названия луны, месяца (ср. *hilabete* etc. „месяц“ *ilbera* „убывающая луна“, *ilgora* „растущая луна и т. д.) плюс *argi* „свет, светлый“. В древнеиндийском было эквивалентное образование, уже в Риг-Веде *sandrāmas* „луна“ от *sandrā* „блестящий“ и *mās* „луна“ (ср. лат. *mensis*, рус. *месяц* и т. д.).

2. *argizagi* (-*zagi*, etc) „луна, светило“ появляется в старых документах в значениях а) „воск“, „свеча“, б) „светило“ вообще (в сулетинском „луна“), так что употреблялось оно как исп. *lucero* или лат. (христ.) *luminare* (Gen. 1, 14 с. и т. д.), Думается, специализация или сужение смысла шло здесь следующим путем: „свеча, *lucero*, источник света“ > > „светило вообще“ > „луна“ в индоевропейских языках имеется классический пример такой эволюции: авест. *gaohšna* „блестящий“ др. прусс. прилагательное *lauchnos* „звезды“, лат. *luna* (*prenestino losna.*, слав. *luna* etc.).

Сразу же бросается в глаза, что здесь перед нами композит, как и то, что *argi* является его первым компонентом. Что до второго его компонента, то бытовало предположение о его связи с вост.-баск. *izagi* «мера» (лат. *metior* и т. д.), «мерить». Поскольку при этом речь идет, несомненно, о сравнительно древнем образовании, думается, что оно представляет собой скорее юкстапозит, нежели истинный композит. Тем более что в композитах *argi* обычно выступает в форме *art: artizar, arthatse* и т. д.

По части баск. *ilargi* подход Мичелены здесь, как видим, обогащен и уточнен (по сравнению с тем, что напечатано в *Pirineos*). В частности, в данном письме им приводятся такие баскские композиты, где *il* «луна» выступает как первый компонент, уточняемый с помощью второго. Здесь же разворачивается структура древнеиндийского *sandrāmas* с уточнением, что вторым компонентом «луна» является здесь *mās*, а первым—*sandrā* „блестящий“ и т. д.

Еще более важное положение высказывается здесь в отношении баск. *argizagi*, и, как мы увидим, Ю. В. Зыцарь в своем исследовании этой проблемы пошел именно путем, намеченным Мичеленой (см. [6]).

Тбилисский государственный институт  
иностранных языков  
им. И. Чавчавадзе

(Поступило 1.3.1990)

ენათმეცნიერება

თ. ზვასალია

ლ. მიჩელენას ეტიმოლოგიური მიდგომა ბასკ. *ilargi* „მთვარე“-სადმი  
(გამოქვეყნებული და გამოუქვეყნებელი მასალების მიხედვით) —  
აქსოვნიცია

რეზიუმე

სტატია ეხება მთვარესთან დაკავშირებული ბასკური ტერმინების წარმოშობისადმი ლ. მიჩელენას ეტიმოლოგიურ მიდგომას. გამოქვეყნებული მასალებიდან გამოყენებულია ლ. მიჩელენას სტატია „De onomastica aquitana“. გა-

მოუქვეყნებელი მასალებიდან კი მისი მიმოწერა პროფ. ი. ზიცართან, სადაც გამოთქმულია მოსაზრება ბასკ. *ilargi* „მთვარე“-ს წარმოშობაზე და მოყვანილია კომპოზიტები, სადაც *il* „მთვარე“ ფიგურირებს როგორც პირველი კომპონენტი, დაზუსტებული მეორე კომპონენტის მიერ.

LINGUISTICS

T. L. GWASALIA

BASQUE ILARGI “MOON” (ETHIMOLOGY) AS SEEN BY  
L. MICHELENA

Summary

The paper concerns Michelena's etymological approach towards the origin of Basque terms connected with the moon. From the published sources Michelena's article is used. From unpublished materials we used his correspondence with professor Zytsar in which he expresses his opinion about the origin of the Basque word “*ilargi*” (moon) and gives composites where “*il*” (moon) functions the first component, rendered more precise the second one.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. L. Michelena. *Fonetica Historica. Vasca. San-sebastian, 1977.*
2. Ю. В. Зыцарь. Изв. АН ГССР, сер. языка и литературы, № 2, 1984, 145—159.
3. М. М. Глоати. К типологии баскского календаря. Тбилиси, 1988.
4. М. М. Глоати. *Fontes Lingvae Vasconum* № 51, 1988, 19—32.
5. Ю. В. Зыцарь. ВЯ, № 5, 1955, 52—64.
6. Yu. VI. Zytsar. *Euskera*, № 29, 1984, 731-737.

ი. ნაჭყვიანი

ამეღე ჟოგერის ზოგიერთი ცნობა ირანის შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა შ. ძიძიგურმა 19.3.1990)

ფრანგმა მეცნიერმა, დიპლომატმა და მოგზაურმა ამეღე ჟოგერმა (1774—1847 წწ.) დიდი წვლილი შეიტანა ფრანგული ორიენტალისტიკის განვითარებაში, მან ბრწყინვალედ იცოდა არაბული, თურქული და სპარსული ენები. ნაპოლეონის დავალებით რამდენჯერმე იმოგზაურა აღმოსავლეთის ქვეყნებში, 1805 წ. იმპერატორმა იგი საიდუმლო პოლიტიკური მისიით გაგზავნა ირანში ფათჰ-ალი-შაჰთან. ეს მოგზაურობა ჟოგერს აღწერილი აქვს წიგნში „მოგზაურობა სომხეთსა და სპარსეთში 1805—1806 წწ“ [1], რომელიც პირველად 1821 წ. გამოიცა პარიზში.

„მოგზაურობა“ ჟოგერის მიერ განცდილი, ნაწიხი და სხვა წყაროებთან შეჯერებული მასალის საფუძველზეა დაწერილი. ეს არ არის მხოლოდ მოგზაურის ჩანაწერები; ფრანგი ავტორის მიერ გამოყენებული ლიტერატურა ცხადად მეტყველებს მის ფართო ერუდიციაზე, რაც წიგნს მეცნიერული გამოკვლევის ხასიათს აძლევს.

ჟოგერის ამ ნაშრომით უხვად სარგებლობდნენ საბჭოთა და უცხოელი მკვლევარნი. მათი ყურადღება ძირითადად მიმართულია ჟოგერის პოლიტიკურ მისიასთან დაკავშირებული საკითხებისადმი, რადგან ჟოგერს ნაშრომი XIX ს. დასაწყისის საერთაშორისო ურთიერთობათა ამსახველ ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს დოკუმენტს წარმოადგენს.

ჟოგერის „მოგზაურობაში“ არსებული ცნობები ძვირფას მასალას წარმოადგენს XIX ს. დასაწყისის ირანის და ოსმალეთის იმპერიის ისტორიის, გეოგრაფიის, ეკონომიკის, სოციალური და ეთნოგრაფიული საკითხების შესასწავლად, რაც დღემდე არავის უქცევია სავანგებო კვლევის საგნად.

ჟოგერის „მოგზაურობაში“, ირანის შესახებ დაცული ცნობების ნაწილი შეიძლება შემდეგ საკითხთა ირგვლივ დაჯგუფდეს: 1. ადმინისტრაციული დაყოფა და მოსახლეობა; 2. ტომები; 3. ქალაქები; 4. სახელმწიფო სამმართველო აპარატი; 5. ჯარის მდგომარეობა; 6. სოციალური ურთიერთობანი; 7. ვაჭრობა.

ჟოგერის ნაშრომში ვხვდებით საყურადღებო ცნობას ირანის ადმინისტრაციული დაყოფის და მოსახლეობის რაოდენობის შესახებ. იგი გამოყოფს 10 ადმინისტრაციულ ერთეულს. ცხრილში მოჰყავს ამ ერთეულებში მცხოვრები მკვიდრი მოსახლეობის მიახლოებითი რაოდენობა: 1 ერევანი — 120 ათასი; 2. აზერბაიჯანი — 1 მლნ 400 ათასი; 3. ვილანი — 250 ათასი; 4. მაზანდარანი — 750 ათასი; 5. ერაყი (სპარსეთისა) — 1 მლნ 500 ათასი; 6. ფარსისთან — 700 ათასი; 7. ქურთისთან და 8. ქერმანი — არ არის მონაცემები; 9. ხუზისთან — 300 ათასი; 10. ხორასანი — 700 ათასი.

აქვე არის დაცული ცნობები სხვადასხვა ენებზე მოლაპარაკე მომთაბარეთა და არასპარსელთა რაოდენობის შესახებ: 1 თურქულ ენაზე მოლაპარაკე — 420 ათასი; 2. ქურთულ ენაზე მოლაპარაკე — 88 ათასი; 3. არაბულ ენაზე მოლაპარაკე — 130 ათასი; 4. ლურულ ენაზე მოლაპარაკე — 124 ათასი; 5. სომეხი — 70 ათასი; 6. ლებრი — 20 ათასი.



ამას გარდა ყოვერი გამოთქვამს ვარაუდს, რომ ცხრილში გამოტოვებული ან უცნობი მომთაბარეების რიცხვი 3—400 ათასს უდრის.

ამ ცხრილის შედგენისას ყოვერი ეყრდნობოდა სპარსელთა და სომეხთა ცნობებს, აგრეთვე ფრანგი ავტორების დ'ანვილის, ტრეზელის, ეჟანენის, დიუპრეს და ინგლისელი დიპლომატის მაკკოლმის ნაშრომებს [1, გვ. 268].

საინტერესოა ყოვერის ცნობები ირანის ტერიტორიაზე მცხოვრებ ტომთა შესახებ. ირანის სახელმწიფოში შემავალი ტომები სხვადასხვა მაჩვენებლებითაა განსხვავებული ერთმანეთისაგან: ეთნიკური და სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების დონით, რაოდენობით, რელიგიით, სამხედრო პოტენციალით. როგორც ნაშრომიდან ჩანს, ტომების მდგომარეობა განისაზღვრებოდა მათი სიახლოვეთ სახელმწიფო ხელისუფლებასთან — ნათესაური კავშირით შაჰის კართან.

საგანგებო აღნიშვნის ღირსია ის გარემოება, რომ ყოველი ტომის წევრი თავის თავს საკუთარი ტომის წარმომადგენლად მიიჩნევდა და არა სპარსელად [1, გვ. 254]. ტომობრივი კუთვნილება მის წევრთა ცნობიერებაში იჭერდა ეროვნული იდენტიფიცირების ადგილს. ირანელობა უფრო მეტად პოლიტიკური ქვეშევრდომობის საკითხთან იყო დაკავშირებული, ტომობრივი კი — ეთნიკურთან.

ყოვერის მოგზაურობაში დაცულია ცნობები ამ ტომთა განსახლებისა და ენობრივი კუთვნილების შესახებ [1, გვ. 253—256]. ამ მასალის მიხედვით ჩვენ ლოკალიზებული და სისტემატიზებული გვაქვს ტომების საცხოვრებელი ადგილები და ეთნიკურ ენობრივი სურათი.

ფრანგი მოგზაურის ნაშრომში საყურადღებო მონაცემებია დაცული ირანის ქალაქების შესახებ. ყოვერმა მხოლოდ ის ქალაქები აღწერა, რომლებშიც თავად იყო (მან იმოგზაურა ირანის ჩრდილო-დასავლეთიდან — აზერბაიჯანიდან თეირანამდე). ხშირად ის აღწერილობა ვრცელი არ არის, მაგრამ საკმაო მასალას იძლევა ზოგიერთი საკითხის განსახილველად და კომპაქტურად შეიცავს ინფორმაციას: ქალაქის მოსახლეობის რაოდენობის, ქალაქის მდებარეობის, კლიმატური პირობების, ქალაქის გარშემო მდებარე საეარგულების, შენობების და ბაზრების მდგომარეობის, ქალაქში არსებული ისტორიული ძეგლების, კომუნიაციების, დასახლებულ პუნქტთა შორის არსებული მანძილების შესახებ.

ყოვერი უაღრესად მნიშვნელოვან დაკვირვებას გვაწვდის ირანის სახელმწიფო აპარატის ფუნქციონირების შესახებ. საგანგებოდ აღნიშნავს იმ ფაქტს, რომ მთელი სახელმწიფო ძალაუფლება ერთი პიროვნების ხელშია. ყოვერი წერს, რომ ირანში ვეზირები არ იყვნენ აღჭურვილნი იმ ძალაუფლებით, როგორც ეს საუკუნის დასაწყისში იყო თურქეთში [1, გვ. 240]. მას არ გამოჰპარება ის მნიშვნელოვანი ფაქტიც, რომ ფათჰ-ალი-შაჰი ირანის მთავარი ქალაქების მმართველებად მხოლოდ სამეფო სისხლის მეფისწულებს ნიშნავდა [1, გვ. 213]. აღსანიშნავია, რომ შემკვიდრედ მან თავისი მეორე ვაჟი, აბას-მირზა დანიშნა, რომლის დედაც ყაჯართა ტომიდან იყო [1, გვ. 170]. ეს მეთოდური და თანამიმდევრული გაგრძელება იყო ყაჯართა დინასტიის კურსისა, შეექმნათ მყარი და ცენტრალიზებული სახელმწიფო, რათა ნახევრად დამოუკიდებელ ფეოდალებს და მსხვილი ტომობრივი გაერთიანებების ბელადებს მათი უზენაესი ძალაუფლება ეცნოთ.

ყოვერმა საკმაო ყურადღება დაუთმო ირანის შეიარაღებული ძალების საკითხს. მას ცალკე თავად აქვს გამოყოფილი ცნობები ირანის ჯარის შემადგენელი ნაწილების, დისციპლინის, ჯამაგირის და ჯარის მიახლოებითი რაოდენობის შესახებ.

ჟობერის „მოგზაურობაში“ დაცულია ცნობა იმის შესახებ, რომ მოქმედი ჯარის ნაწილები ყოველთვის იმ ქვეყნის ხარჯზე ცხოვრობდნენ, რომელშიც იმყოფებოდნენ. ამის გამო, ფათჰ-ალი-შაჰმა 1805 წ. ყველა ის სოფელი, რომელზეც ჯარმა გაიარა, გადასახადებისაგან გაანთავისუფლა [1, გვ. 275]. ტომის ბელადები შაჰის სალაროს უხდიდნენ გადასახადს, ხოლო მომთაბარეთაგან დაკომპლექტებული სამხედრო ნაწილები ირანის ჯარის ბირთვი იყო — ისინი მთელი ჯარის 30—32% შეადგენდნენ.

ჟობერი გაცევას გამოსთქვამდა იმის გამო, რომ ირანში არ იყო ყაზარმები, სამხედრო პოსპიტალები და საწყობები ჯარის სურსათ-სანოვავისათვის [1, გვ. 279]. რაც შეეხება ჯამაგირს, ჟობერის ცნობით შაჰი ყოველწლიურად ატარებდა ჯარების დათვალერებას და თვითონ უხდიდა ჯარისკაცებს ხელფასს. დღეში იგი დაახლოებით 500 კაცს ისტუმრებდა. სამსახურის სახეობის მიხედვით ჯარისკაცების ჯამაგირი 6—7 თუმანი (120—140 ფრანკი) იყო, ზოლოფიცრებისა — 20—30 თუმანი (400—600 ფრანკი). ტომის ბელადები ჯამაგირს იმის მიხედვით იღებდნენ, თუ ხალხის რა რაოდენობას გამოიყვანდნენ, და არა წოდების შესაბამისად [1, გვ. 279].

ჟობერის „მოგზაურობაში“ დაცული ცნობებიდან ჩანს, რომ ირანის ჯარის ევროპულ ყაიდზე გაწვრთნის წამოწყების ენთუზიასტი და სულისჩამდგმელი აბას-მირზა იყო, აზერბაიჯანი კი ამგვარი სამხედრო რეფორმების ცენტრი.

ცნობები ირანში სოციალურ ურთიერთობათა შესახებ მთელ ნაშრომშია გაბნეული; ჟობერმა კარგად შენიშნა მიწათმოქმედის მძიმე მდგომარეობა, რასაც ცხადყოფს მისი ფრაზა, რომ ირანში მიწათმოქმედი მთლიანად მთავრობაზეა დამოკიდებული, ყოველთვის უსიტყვოდ ემორჩილება მას და ყოველგვარ ჩაგვრას იტანს, სანამ ბოროტება უქანასკნელ საზღვარს არ მიაღწევს. ჟობერის დაკვირვებით მიწათმოქმედთა ფენა ერთგვარად გარდმავალი ყოფილა თავისი მდგომარეობით მომთაბარეთა და ქალაქელთა შორის [1, გვ. 261]. როდესაც ხელისუფლების მიერ შევიწროება აუტანელი ხდებოდა, გლეხი სოფლიდან გარბოდა და მომთაბარეობას უბრუნდებოდა. ჟობერი საგანგებოდ აღნიშნავს ირანელი გლეხის შრომისმოყვარეობას.

„მოგზაურობის“ XXXII თავში ჟობერი ირანის ვაჭრობის საკითხებს განიხილავს. მისი ცნობებით ირანში ვაჭრობის განვითარებას სამი ძირითადი მიზეზი აბრკოლებდა: 1. საქონელზე მტკიცე ფასების უქონლობა; 2. სპარსელების შიში ზღვით მოგზაურობის მიმართ; 3. გაცვლის საშუალებათა უქონლობა. შემდეგ ჟობერი ცალ-ცალკე განიხილავს რომელ ქვეყნებთან (ინდოეთი, რუსეთი, თურქეთი) და რა საქონლით ვაჭრობდა ირანი. ჩანს, მან სავაჭრო საქონელი იმ მიზნით შეისწავლა, რომ დაედგინა, რა საქონლის გაყიდვა იქნებოდა სარფიანი საფრანგეთისთვის ირანში [1, გვ. 286—289].

ჟობერი უთითებს, რომ მასალა სპარსეთის ძირითად სავაჭრო საქონელზე მან შეიტყო ადგილზე, ამოკრიბა თანამედროვე მასალებიდან და მიიღო სპარსელი ვაჭრებისაგან; მისი აზრით, ეს ცნობები ფრანგი ვაჭრებისთვის იქნებოდა საინტერესო [1, გვ. 286].

ამჯერად ჩვენ ზოგადად მიმოვიხილეთ ჟობერის „მოგზაურობაში“ ირანის შესახებ არსებულ ცნობათა მხოლოდ მცირე ნაწილი. ეს მოკლე მიმოხილვაც ცხადად გვაჩვენებს, რომ ამ ცნობათა სისტემური შესწავლა და, განსაკუთრე-

ბით, მათი შედარება-შეპირისპირება თანადროულად წყაროების მონაცემებთან საკმაოდ ფართო მასალას მოგვცემს XIX ს. დასაწყისის ირანის სოციალ-ეკონომიკურ ვითარების ღრმა და მრავალმხრივი ანალიზისათვის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
 გ. წერეთლის სახ. აღმოსავლეთმცოდნეობის ინსტიტუტი  
 (შემოვიდა 22.3.1990)

## ИСТОРИЯ

И. Н. НАЧКЕБИЯ

### НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ АМЕДЕЯ ЖОБЕРА ОБ ИРАНЕ

#### Резюме

В труде А. Жобера «Путешествие по Армении и Персии в 1805—1806 гг.» содержится ценный материал по истории, географии, экономике и этнографии Ирана и Турции. Данные, касающиеся Ирана, объединены в несколько тем: 1. административное деление и население; 2. племена; 3. города; государственный управленческий аппарат; 4. состояние войска; 5. социальные отношения; 6. торговля.

## HISTORY

I. N. NACHKEBIA

### SOME INFORMATION ABOUT IRAN BY A. JAUBERT

#### Summary

A. Jaubert's work "A Journey through Armenia and Persia in 1805—1806" contains valuable material on history, geography, economy and ethnography of Iran and Turkey. Information about Iran concerns the following topics: 1. regions and population; 2. tribes; 3. cities; 4. state government; 5. military force; 6. social relations; 7. trade.

#### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА -- REFERENCES

1. A. Jaubert. Voyage en Arménie et en Perse, fait dans les années 1805-1806. Paris, 1821.



3. საღრბძო

სამთავროს სამაროვნის შუაბრინჯაოს ხანის ძეგლების  
ქრონოლოგია-პერიოდიზაცია

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ა. აფაქიძემ 25.2.1990)

სამთავროს სამაროვანი წარმოადგენს დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ დახრილ ვრცელ მიწოდორს, რომელსაც დასავლეთით კოდმანის მაღლობი საზღვრავს, აღმოსავლეთით არაგვის რიყე, ჩრდილოეთით ბებრის ციხე ანუ ნაცხორი და მასთან ჩამომდინარე ხევი, ხოლო სამხრეთით სამთავროს ყოფილი დედათა მონასტერი და მონასტრის ხევი [1, გვ. 7].

შუაბრინჯაოს ხანის მასალების შემცველი სამარხები ძირითადად სამაროვნის სამხრეთ უბანზე გამოვლინდა. ეს სამარხებია: XVI, 43-ე, 551-ე, 61-ე, 62-ე, 70-ე, 71-ე, 76-ე, 92-ე, 112-ე, 123-ე, 124-ე, 127-ე, 132-ე, 142-ე, 156-ე, 178-ე, 194-ე, 196-ე, 222-ე, 243-ე, 257-ე და 263-ე.

სამარხების ერთი ნაწილი თავმოყრილია 243-ე გორასამარხის გარშემო; გორასამარხი ორია გათხრილი (XVI და 243-ე), რომელთაგან ერთს (243-ეს) რიყის ქვებით წარმოდგენილი წრე ჰქონდა. ქვაწრე შემოუყვებოდა 92-ე სამარხსაც.

შემოაღნიშნული სამარხების ერთ ჯგუფს პატარა ქვაყრილი ფარავდა. დანარჩენის აღნაგობის შესახებ ინფორმაცია არ მოგვეპოვება. სამაროვანზე გამოვლენილი შუაბრინჯაოს ხანის ოცდასამი სამარხიდან ხუთ შემთხვევაში დაკრძალვის წესი უცნობია; კენოტაფი ან კრემაცია დადასტურდა 43-ე და 243-ე სამარხებში. დანარჩენში დაკრძალულია თითო მიცვალებული; თექვსმეტი შემთხვევიდან ორში დაკრძალულის პოზა გაურკვეველია. მარჯვენა გვერდზე, ხელფეხ-მოკეცილი დაუსვენებიათ შვიდი, მარცხენაზე — ხუთი; მიცვალებული მეტწილად თავით N-კენა და მხრობილი, იშვიათად გვხვდება NW, NNO და W-კენ და მხრობა.

ეს კომპლექსები შუაბრინჯაოს ხანის ორ ქრონოლოგიურ ჯგუფში გაერთიანდა: შუაბრინჯაოს ხანის მიწურული — ე. ი. შუაბრინჯაოს III და შუაბრინჯაოს ხანის შუა საფეხური — შუაბრინჯაო II. ეს სამარხებია: XVI, 124-ე და 243-ე.

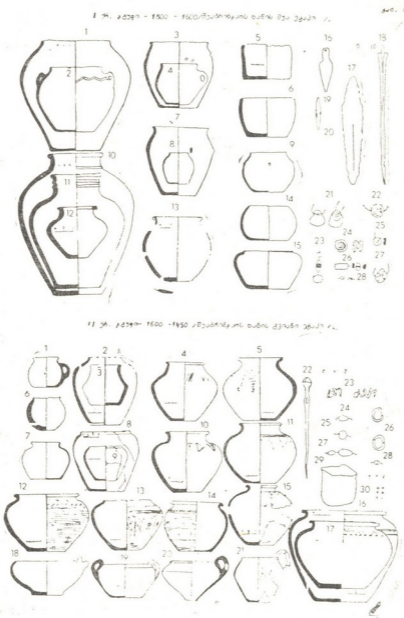
შუაბრინჯაოს ხანის III, მოგვიანო ქრონოლოგიურ ჯგუფში გაერთიანებული თიხის ჭურჭლის ერთი ნაწილი — მოზრდილი, ასევე საშუალო ზომის დერგები და ქოთნები მორგვეხა დაყალიბებული (ტაბ. I, იხ. ქრ. ჯგ. II, სურ. 12—14, 16—17). პირველად ამ დროს იჩენს თავს მორგვეხე დამზადებული თიხის ჭურჭელი [2, 3], რომელიც მოწითალო-მოყავისფროდაა გამომწვარი, დამზადებულია მქისე, ცუდად განლეჟილი თიხისაგან; მათ ახასიათებთ მრგვალი, ზემოდან ჩაღარული ბაკო, ფართო, გადაკეცილი პირი, დაბალი გამოყვანილი ყელი, მხართან მკვეთრად გაფართოებული მუცელი, ბრტყელი ძირი; მხარს, მუცელსა და ძირს, მარცვლისებრი ნაჭდევები და მორგვისეული კონცენტრული ზოლები შემოუყვება.





აღნიშნული დერგები და ქოთნები ზუსტ ანალოგებს შუაბრინჯაოს ხანის მიწურულით დათარიღებულ ძეგლებში პოულობენ [2, გვ. 63—65; 3, გვ. 67—69; 4, გვ. 441].

ამვე ჯგუფშია გაერთიანებული ე. წ. კანთაროსისებრი სასმისები და მაღალყურიანი ჯამები (ტაბ. I, ქრ. ჯგ. II, სურ. 18—21); სასმისები და ჯამები კარგად განლექილი თიხისაგანაა დამზადებული, ბაკო მრგვალი აქვს, პირი მოყრილი, მუცელი ბიკონუსური ან მხართან მკვეთრად გაფართოებული, ძირი ვიწროა და ბრტყელი. ამ ჭურჭლის ზუსტი ანალოგები აღმ. საქართველოსა და სომხეთის ტერიტორიაზე მიკვლეულ შუაბრინჯაოს ხანის მიწურულით დათარიღებულ კომპლექსებშია დადასტურებული [2, გვ. 69—71; 3, გვ. 68].



სურ. 1

მესამე ქრ. ჯგუფში გაერთიანებული ქილებიდან ერთს (ტაბ. I, ქრ. ჯგ. II, სურ. 4), ახასიათებს კონუსური ყელი, დანარჩენი ყელშეზნეკილია, მხართან ჩილარული (ტაბ. I, ქრ. ჯგ. II, სურ. 10—11, 15); მუცელი ერთ შემთხვევაში წიბოიანია, დანარჩენი ბირთვისებრივ ან კვერცხისებრი. ერთ ნაწილს ამკობს სავარცხლის კბილისებრი ნაჭდევებითა და ნაღარი სახეებით დატახილი შევრონები.

სასმისებიდან ერთი ყურიანია, დამზადებულია ხელით, ტლანქად; მისგან განსხვავებით ორი უყურო სასმისი (ტაბ. I, ქრ. ჯგ. II, სურ. 8—9), სიმეტრიულია, ემსგავსება თრელის 43-ე სამარხეულ თიხის ჭურჭელს [2, სურ. 19].

მესამე ქრონოლოგიურ ჯგუფში გაერთიანებულ კომპლექსებში, თიხის ნაწარმს გარდა, დასტურდება პირამიდულთავიანი საკინძი, რომლის არსებობის ქრონოლოგიური ჩარჩოები შუაბრინჯაოს ხანის ბოლო ეტაპს მოიცავს [2, გვ. 64—65]. ამავე კომპლექსებშია აღმოჩენილი ბრინჯაოს ხევიები, სასაფეთქლე რგოლები, ობსიდინის ანატაკეც-ანამტვრევები, განსხვავებული ჯიშის ქვისაგან დამზადებული, სხვადასხვა ფორმის მძივები, რომელთაგან შინდისებრი მძივები (ტაბ. I, ქრ. ჯგ. II, სურ. 24, 28), ზუსტად ახასიათებს ზემოჩამოთვლილ, შუაბრინჯაოს ხანის მიწურულით დათარიღებულ კომპლექსებს. შედარებით ადრეულ, შუაბრინჯაოს ხანის შუა ქრ. ჯგუფში გაერთიანებული ძეგლებისათვის ამ ფორმის მძივები უცნობია.

სამთავროს სამაროვანზე შუაბრინჯაოს ხანის II (შუა ეტაპი) ქრ. ჯგუფი სამი კომპლექსითაა წარმოდგენილი (XVI, 124-ე და 243-ე; ტაბ. I, ქრ. ჯგ. I, სურ. 1—28). ამ ჯგუფში გაერთიანებული თიხის ჭურჭელი მორგვეზ არაა დამზადებული; მეტწილად შავად ან მოყავისფრო-მოწითალოდაა გამომწვარი.

დერგებსა და ქილებს ახასიათებს ფართო პირი, კვერცხისებრი ან ვიწრო მუცელი, ბრტყელი ძირი; მათგან ერთს მუცელზე (ტაბ. I, ქრ. ჯგ. I, სურ. 3), ორი-ორი ღრმა ნაჭდევი, ხოლო მეორეს (ტაბ. I, ქრ. ჯგ. I, სურ. 7), მოგრძო, რელიეფური დანამტვრევი ამკობს. ეს ტიპი ცნობილია თრიალეთის XXIX ყორღანიდან [5, ტაბ. 26, სურ. 19], რომელიც თარიღდება ძვ. წ. 1800—1600 წლებით [5, ქრ. ტაბ. გვ. 95].

სამარილეებისა და სასმისების ერთ ნაწილს ახასიათებს ცილინდრული ან კასრისებრი ფორმა. გვხვდება ყურიანი სასმისი და ფრინველის მკერდისებრ-შებურცულყურიანი ქილა (ტაბ. I, ქრ. ჯგ. I, სურ. 2, 4), რაც ამ ჯგუფში შედარებით ადრეული, (ბედენური?), ნიშნების არსებობაზე უნდა მიგვითითებდეს.

ამ მოსაზრებას მხარს უჭერს ბიკონუსური ფორმის ყელჩამჯდარი ქილა 124-ე სამარხიდან (ტაბ. I, ქრ. ჯგ. I, სურ. 12) და ბრინჯაოს ტარშურჩენელი სატევარი (ტაბ. I, ქრ. ჯგ. I, სურ. 16), რომლის ზუსტი ანალოგი თრიალეთის XVIII გორასამარხშია აღმოჩენილი. ეს კომპლექსი კი ე. გ. ო. გ. ა. ძ. ე. მ. [5] ძვ. წ. 2000—1800 წ. დათარიღა.

განსაკუთრებით საყურადღებოა სამთავრული რაპირისებრი მახვილი (ტაბ. I, ქრ. ჯგ. I, სურ. 18), რომელიც ამავე ქრონოლოგიურ ჩარჩოში თავსდება [5, გვ. 95].

ამრიგად, სამთავროზე გათხრილი სამარხების შესწავლის შედეგად გამოიყო ოცდაორი სამარხეული კომპლექსი, რომელიც შუაბრინჯაოს ხანას განეკუთვნება.

ეს ძეგლები ორ ქრონოლოგიურ ჯგუფში გაერთიანდა: ადრეული — ძვ. წ. XVIII—XVI, ხოლო გვიანდელი — ძვ. წ. XVI—XV სს. პირველი ნახევრით დათარიღდა.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
ივ. ჯავახიშვილის სახ. ისტორიის, არქეოლოგიისა  
და ეთნოგრაფიის ინსტიტუტის არქეოლოგიური კვლევის  
ცენტრი

В. Г. САДРАДЗЕ

ХРОНОЛОГИЯ-ПЕРИОДИЗАЦИЯ ПАМЯТНИКОВ ЭПОХИ  
СРЕДНЕЙ БРОНЗЫ ИЗ МОГИЛЬНИКА САМТАВРО

Резюме

На основании изучения ранее раскопанных погребальных комплексов из Самтавро было выделено 22 погребения, датируемых эпохой Средней бронзы. Эти памятники объединяются в две хронологические группы: ранние погребения XVIII—XVI вв. до н. э. и более поздние, датируемые концом эпохи Средней бронзы — XVI—XV вв. до н. э.

ARCHAEOLOGY

V. G. SADRADZE

CHRONOLOGY OF THE MONUMENTS OF THE MIDDLE  
BRONZE AGE FROM THE SAMTAVRO CEMETERY

Summary

Among the burial complexes from the Samtavro cemetery 22 burials of the Middle Bronze Age have been classified. The monuments are divided into two chronological groups: early burials which date back to the XVIII—XVI cc B. C. and later burials of the XVI—XV cc B. C.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. გ. ლომთათიძე. არქეოლოგიური გათხრები საქართველოს ძველ დედაქალაქში. თბილისი, 1945.
2. რ. აბრამიშვილი. თრელის შუა და გვიანბრინჯაოს ხანის სამაროვანი, არქეოლოგიური ძეგლები, I. თბილისი, 1978.
3. К. Н. Пицхелаури. Восточная Грузия в конце бронзового века, Тбилиси, 1979.
4. ვ. სადრაძე. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის შოაშე, 123, № 2, 1986.
5. ე. გოგაძე. თრიალეთის ყორღანული კულტურის პერიოდიზაცია და გენეზისი. თბილისი, 1972.

ლ. კობალავა

ოთხხმიანობა ქართულ ხალხურ სიმღერაში

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა რ. გორღეზიანმა 1.3.1990)

ოთხხმიანობა სამართლიანად ითვლება ქართული ხალხური პოლიფონიური აზროვნების ერთ-ერთ უმაღლეს მწვერვალად. ამ უაღრესად საინტერესო ფენომენის შესახებ არსებობს ჯ. ნოლაიდელის [1,2], ა. ინაიშვილის, ჯ. ნოლაიდელის და გ. ჩხიკვაძის [3,4], ვ. ახოზაძის [5], ნ. მაისურაძის [6] საინტერესო სტატიები.

როგორც ცნობილია, დღემდე ოთხხმიანობის არსებობას ქართულ ხალხურ სიმღერებში უკავშირებენ მხოლოდ გურულ-აჭარულ ნაღურ სიმღერებს. დასავლეთ საქართველოს როგორც გამოქვეყნებული, ისე გამოუქვეყნებელი ხალხური სიმღერების ანალიზის საფუძველზე ჩვენ მივედით დასკვნამდე, რომ ვოკალური ოთხხმიანობა გვხვდება არა მარტო აჭარასა და გურიაში, და არა მარტო ნაღურებში. საკმაოდ მოზრდილი ფრაგმენტები, შედარებით მცირე ფრაგმენტები და ცალკეული ოთხხმიანი აკორდები მეტნაკლებად გვხვდება დასავლეთ საქართველოს ფაქტობრივად ყველა დიალექტის სხვადასხვა ქანრის სიმღერებში.

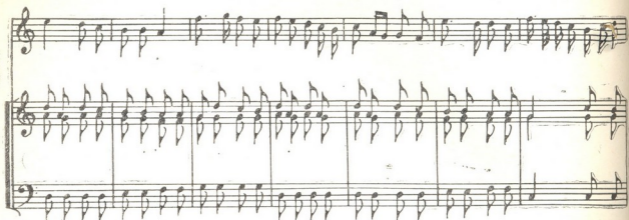
შეეჩერდეთ კონკრეტულ მაგალითებზე. გურულ სიმღერაში „საცეკვარი“ (სათამაშო) გუნდის პარტიაში ტაქტის ძლიერ დროზე ვხვდებით ოთხხმიან ფრაგმენტებს (ხალხ. შემოქმ. რესპ. სახლის სეიფი, № 844):



სურ. 1

საკმაოდ მოზრდილ ოთხხმიან ფრაგმენტებს (იჭერს თითქმის ნახევარ სიმღერას) ვხვდებით სიმღერაში ჩონგურული“ [7, გვ. 26—31; 8, გვ. 87—97]. ვნახოთ ერთ-ერთი ფრაგმენტი ამ სიმღერიდან:

ოთხხმიანი ფრაგმენტები გვხვდება მეგრულ სიმღერებში „ჰარირა“ [8, გვ. 228—232] (ტაქტის ძლიერ დროზე) და მახა [9, გვ. 73—74; 8, გვ. 191—



სურ. 2

192] (სიმღერის პირველ მონაკვეთში), აგრეთვე იმერულ მაყრულ სიმღერაში [10, გვ. 163—170] (ფრაგმენტი სიმღერის ბოლო მონაკვეთიდან):



სურ. 3

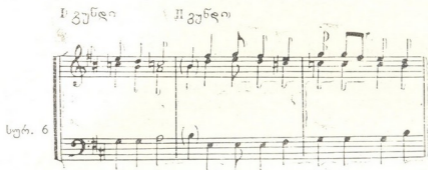


სურ. 4



სურ. 5

ოთხხმიანობა ზოგჯერ წარმოიქმნება ანტიფონური გუნდების შერწყმის დროს (I. ამის მაგალითად შეიძლება დავასახელოთ რაჭული სიმღერები „შავ-ქუჯა“ [11, გვ. 112—115] და „ჩვედრულა“ [11, გვ. 185—187]. ვნახოთ სვანური ისტორიული სიმღერა „როსტომ ჭაბიკი“ [11, გვ. 25—27].



ცალკეული ოთხხმიანი აკორდები შეიძლება შეიქმნას აგრეთვე ბანის ხმის დაყოფის შედეგად (უფრო ხშირად — სვანურ სიმღერებში). ასეთ მაგალითებს ვხვდებით საექსპედიციო ჩანაწერებში ჩვენი საუკუნის დასაწყისიდან (იხ. მაგ. სიმღერები „ლილე“ და „მირანგულა“ ზ. ფალიაშვილის კრებულში), ბოლო პერიოდამდე (ო. ჩივაძის და ი. ყორღანის 80-იანი წლების სვანეთის საექსპედიციო მასალები).

აღმოსავლეთ საქართველოს სიმღერებში ოთხხმიანობის საკითხი საერთოდ არ განხილულა; აქ, მიუხედავად მუსიკალური ენის განვითარების საოცრად მაღალი დონისა, ოთხხმიანობას ფაქტიურად არ ვხვდებით იშვიათი გამოჩენის სახით შეიძლება მივუთითოთ ქართული სიმღერა „სტირის ნინო“, სადაც ერთადერთი ოთხხმიანი აკორდი ჩნდება ორი გუნდის შერწყმის მომენტში [12, გვ. 105—106].

ცნობილი ოთხხმიანი ფრაგმენტი ზ. ფალიაშვილის მიერ ჩაწერილ „ჩაკრულოში“ აშკარად არ შეესაბამება ქართლ-კახეთის სიმღერების მუსიკალური ენის კანონზომიერებებს.

დასკვნის სახით აღვნიშნეთ, რომ ოთხხმიანობა ქართულ ხალხურ სიმღერაში გვხვდება არა მარტო გურულ და აჭარულ ნაღერებში, არამედ დასავლეთ საქართველოს ფაქტობრივად ყველა დიალექტში, ამავე დროს სხვადასხვა ენის სიმღერებში, თუმცა, რა თქმა უნდა, სრულყოფილ სახეს ავი სწორედ „ნაღერებში“ აღწევს. განსაკუთრებით საყურადღებოა ის გარემოება, რომ ოთხხმიანობის წარმოქმნის დროს, როგორც წესი, მოქმედებს საერთო კანონი: კვინტიური დიატონიკის კილოური სისტემის კანონზომიერებიდან გამომდინარე, მეოთხე ხმა ჟღერს სისტემის საწყის ცენტრთან შედარებით წმინდა კვინტით ქვევით. ეს განსაკუთრებით კარგად შეინიშნება ანტიფონური გუნდების შერწყმის დროს.

ის გარემოება, რომ აღმოსავლეთ საქართველოში ფაქტობრივად არ ვხვდებით ოთხხმიანობას, რა თქმა უნდა, არ არის შემთხვევითი. ოთხხმიანობის ელემენტების არსებობა დასავლეთ საქართველოს თითქმის ყველა დიალექტში მეტყველებს ამ უნიკალური ფენომენის წარმოშობის დროს ქრონოლოგიურ ფესვებზე ხწორედ დასავლეთ საქართველოს მუსიკალურ დიალექტებში და მის მჭიდრო კავშირზე კომპლექსურ-პოლიფონიური მრავალხმიანობის ტიპთან.

ქ. სენაიის სამუსიკო სკოლა

(შემოვიღა 2.3.1990)

(1 ანტიფონური გუნდების შერთების მომენტში ზოგჯერ ვხვდებით ფრაგმენტებს, სადაც ხმათა რაოდენობა აღემატება ოთხს [5, 6], მაგრამ ეს საკითხი ცალკე განხილვას მოითხოვს.

L. D. KOBALAVA

## ЧЕТЫРЕХГОЛОСИЕ В ГРУЗИНСКОЙ НАРОДНОЙ ПЕСНЕ

Резюме

В статье говорится о распространении четырехголосия в народных песнях разных жанров в музыкальных диалектах Грузии. Указывается, что это явление связано не только с трудовыми песнями «Надური». При четырехголосии устанавливается тесная связь фактуры с действием законов ладов квинтовой диатоники, и возникновение этого явления рассматривается в контексте развития комплексно-полифонического многоголосия музыкальных диалектов Западной Грузии.

HISTORY OF ART

L. D. KOBALAVA

## FOUR-PART SINGING IN GEORGIAN FOLK SONGS

Summary

The paper deals with the spreading of four-part singing<sup>1</sup> tradition in different genres of musical dialects of Georgia. It is noted that this phenomenon is not confined to collective harvest-songs "Naduri". The connection between the musical facture of four-part singing and the fifth diatonic system rules is established, and the emergence of this phenomenon is considered in the context of development of the complex-polyphonic singing tradition of musical dialects of western Georgia.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. ჯ. ნოღაიდელი. ეთნოგრაფიული ნარკვევი აჭარელთა ყოფაცხოვრებიდან. ბათუმი, 1935.
2. ჯ. ნოღაიდელი. აჭარის ხალხური სიტყვიერება. ბათუმი, 1940.
3. ა. ინაიშვილი, ჯ. ნოღაიდელი, გრ. ჩხიკვაძე. ეურნ. „ლიტერატურული აჭარა“, 1960.
4. ა. ინაიშვილი, ჯ. ნოღაიდელი, გრ. ჩხიკვაძე. მასალები აჭარული მუსიკალური ფოლკლორიდან. თბილისი, 1961.
5. ე. ახობაძე. ქართული (აჭარული) ხალხური სიმღერების შესახებ. ბათუმი, 1961.
6. ნ. შაისურაძე. საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის მოამბე, 102, № 2, 1982.
7. გრ. კოკელაძე. „50 ქართული ხალხური სიმღერა“, კრებული I თბილისი, 1979.
8. ხალხ. შემოქმ. რესპ. სახლის კრებული „სამეგრელო“, თბილისი, 1972.
9. გრ. კოკელაძე. „30 ქართული ხალხური სიმღერა“. თბილისი, 1981.
10. ქართ. ხალხ. შემოქმ. რესპ. სახლის კრებული „იმერეთი“, თბილისი, 1971.
11. ხალხ. შემოქმ. რესპ. სახლის კრებული „რაჭა-ლეჩხუმი, სვანეთი“. თბილისი, 1975.
12. ხალხ. შემოქ. რესპ. სახლის კრებული „ქართული“. თბილისი, 1978.

138-ი ტომის ავტორთა სპიობელი

აბიათარი დ. 392  
 აბუთიძე ქ. 395  
 აბულაძე ბ. 434  
 ადამია რ. 107  
 ავალიშვილი პ. 91  
 ალექსიძე გ. 124  
 ალექსიძე ნ. 399  
 ალიაშვილი თ. 473  
 ამალღობელი ი. 387  
 ამირანაშვილი ლ. 87  
 ამირანაშვილი ნ. 628  
 ამბროლაძე ბ. 107  
 არბელიძე კ. 600  
 ასკურავა ზ. 600  
 აფხაზაძე ი. 308  
 ახალკაცი შ. 102  
 ახვლედიანი რ. 579

ბათიაშვილი თ. 75  
 ბათიაშვილი ნ. 593  
 ბაიდოშვილი თ. 53  
 ბალაძე ვ. 20, 500  
 ბარბაქაძე თ. 492  
 ბახტაშვილი ვ. 643  
 ბელეცკია რ. 160  
 ბენაშვილი ე. 53  
 ბერიაშვილი რ. 175  
 ბერულავა რ. 109  
 ბილიანიშვილი ი. 131  
 ბიწაძე მ. 23  
 ბოეკოვა ე. 143  
 ბოროვერი გ. 331  
 ბოჭორიშვილი თ. 407  
 ბრიტო-როხასი ა. 75  
 ბროძელი გ. 292  
 ბუაჩიძე გ. 353  
 ბულაძე ე. 479  
 ბუცხრიძე დ. 593

გაბელაია ა. 284, 524  
 გამისიანი ა. 587  
 გაბრიჩიძე გ. 97  
 გაბუნია კ. 197  
 გავაშელი ა. 91  
 გავაშელი ლ. 272  
 გამზიანი გ. 553  
 გარიშვილი თ. 160, 399  
 გარსევანიშვილი ი. 551  
 გაფრინდაშვილი მ. 338

გეგეშიძე ლ. 569  
 გედევანიშვილი გ. 143  
 გელაშვილი დ. 36  
 გელაშვილი თ. 263  
 გელაშვილი კ. 395  
 გელაშვილი შ. 252  
 გერშენი დ. 604  
 გეასალია გ. 177  
 გეასალია თ. 651  
 გეახარია ვ. 315  
 გვერდწითელი ი. 61, 553  
 გვერდწითელი მ. 61, 553  
 გიგაური რ. 315, 564  
 გიორგობიანი გ. 260  
 გლურჯიძე ლ. 102, 535  
 გომეჯიშვილი რ. 573  
 გონჭილაშვილი ნ. 587  
 გოგიტძე ნ. 68  
 გორდაძე ნ. 427  
 გორდენიანი ლ. 447  
 გოჩიტაშვილი თ. 516  
 გურგენიძე ნ. 564

დადიანი თ. 535  
 დავითაშვილი ე. 399  
 დალეცი ი. 256  
 დანელია გ. 629  
 დარსაველიძე რ. 295  
 დედარიანი თ. 392  
 დომორგვინიძე ლ. 280  
 დოკაძე ე. 102, 535  
 დოლიძე თ. 402  
 დოლიძე ი. 407  
 დოლიძე რ. 203  
 დოლიძე ჯ. 402  
 დორაშვილი მ. 40  
 დუმბაძე ა. 275

ეკიზაშვილი გ. 84  
 ელიზბარაშვილი მ. 539  
 ერისთავი ვ. 565

ვარაზაშვილი ლ. 431, 634  
 ვარაზი გ. 109  
 ვაშაძე ა. 592  
 ვაშაძე ი. 181  
 ვაშაძე ნ. 592  
 ვეკუა ნ. 468  
 ვოინიჩ-სიანოვენცი თ. 600  
 ვორფოლომეევი ნ. 544

ვაერაშვილი ნ. 434  
 ვარძიბე რ. 40  
 ვევენი მ. 292  
 ვურაბიშვილი მ. 119

თავაძე ფ. 359  
 თარხნიშვილი გ. 336  
 თევდორაძე ვ. 143  
 თოღაძე მ. 353  
 თოდუა ა. 48  
 თოფურია ე. 51  
 თუშიშვილი თ. 323

იაკობიშვილი ზ. 395  
 იმერლიშვილი ვ. 587  
 იმნაძე რ. 317  
 ინაური ნ. 207  
 ინჯია მ. 315, 564  
 ირემაშვილი ნ. 149  
 ისაკაძე ა. 439, 639

კალანდაძე ი. 395  
 კალანდია ა. 77  
 კალატოზიშვილი მ. 171  
 კაპანაძე ჯ. 303  
 კარტოზია ლ. 643  
 კაციტაძე მ. 71  
 კეზევაძე ნ. 343  
 კერესელიძე ჯ. 119, 370, 559

კერვალიშვილი ზ. 331  
 კვანტალიანი ი. 351  
 კვანტალიანი ნ. 647  
 კვანტრიშვილი გ. 308  
 კიზირია ლ. 544  
 კიზირია ნ. 163  
 კობახიძე თ. 189  
 კობახიძე კ. 48  
 კოლაკოვსკი ა. 367  
 კობალეიშვილი ვ. 359  
 კობაძე თ. 91  
 კოსტავა დ. 160  
 კოუტინ-კორეა დ. 75

ლაპიდუსი ა. 59  
 ლეიკინი ი. 84



- ლეჟავა დ. 295  
 ლეჟავა ვ. 115  
 ლიტენინოვა ა. 374  
 ლომიძე ც. 423  
 ლომსაძე თ. 155, 611  
 ლორთქიფანიძე გ. 539  
 ლოჩოშვილი თ. 535  
 ლუშკოვი ვ. 392
- მაისაძე ფ. 579  
 მაისურაძე მ. 434  
 მამაცაშვილი მ. 395  
 მამუკაშვილი ც. 411, 614  
 მამულაშვილი გ. 593  
 მარგევი ბ. 587  
 მარსავიშვილი მ. 135  
 მარტყოფლიშვილი გ. 41  
 მასალოვი ვ. 71  
 მატარ ალი მ. 618  
 მაღალაშვილი ქ. 292  
 მაღლაკელიძე დ. 587  
 მაყაშვილი ნ. 434  
 მაყაშვილი რ. 115  
 მახარობლიშვილი ნ. 565  
 მაჭავარიანი ი. 241  
 მაჭავარიანი ლ. 115  
 მაკობლიშვილი ზ. 315  
 მგელაძე ბ. 308  
 მგელაძე ვ. 622  
 მედევედა ი. 423  
 მეღიქაძე გ. 353  
 მეღიქაძე ლ. 51  
 მენშოვა ნ. 87  
 მესხიშვილი მ. 488  
 მეჭვანიშვილი ნ. 77  
 მიქაძე გ. 75  
 მიქელაძე დ. 395, 643  
 მიჭიაშვილი ნ. 160  
 მუსერიძე მ. 71
- ნადარეიშვილი კ. 147  
 ნამთალიშვილი მ. 292  
 ნანაძე ა. 51  
 ნანობაშვილი ზ. 131  
 ნარიაშვილი მ. 131  
 ნასყიდაშვილი ა. 40  
 ნაუმოვი გ. 323  
 ნაცვლიშვილი მ. 584  
 ნაჭყებია ი. 653  
 ნიკოლაიშვილი ქ. 423  
 ნიქაბაძე ა. 247
- ობგაძე თ. 507  
 ორმოცაძე გ. 147  
 ოქროსცვარიძე თ. 41  
 ოჩერაშვილი ი. 607
- პაპუა გ. 308  
 პაშინცევა ლ. 634  
 პერელმანი ლ. 292
- ქორქოლიანი ბ. 292  
 უდენტი შ. 53
- რაზმაძე ა. 427  
 რამიშვილი ი. 392  
 რატიანი ჯ. 378  
 როდინი ა. 59  
 რუხაძე ვ. 338
- საბახტარაშვილი მ. 611  
 საგდევა პ. 167  
 საღრაძე ვ. 657  
 სამილოვიჩი ა. 84  
 სამსონია შ. 559  
 სანაძე გ. 124, 374  
 სანდოძე ვ. 135  
 სახაროვი ა. 351  
 სახელაშვილი ლ. 351  
 სვანიძე ზ. 545  
 სვანაძე ლ. 311  
 სკვორცოვა ე. 115  
 სლადაკოვი ვ. 68, 87  
 სტამატელი მ. 535  
 სოხაძე გ. 504  
 სუეოროვი ნ. 68, 87
- ტაგაევი ა. 323  
 ტარასევიჩი მ. 331  
 ტომარაძე გ. 374  
 ტურაბელიძე ბ. 516  
 ტყეშელაშვილი ა. 256
- უგრაკი ბ. 59  
 უგრეხელიძე დ. 149
- ფელდშტეინი ი. 344  
 ფეგოესკი ო. 84  
 ფირადაშვილი დ. 431, 634  
 ფრუიძე ვ. 325  
 ფრუიძე ი. 59  
 ფულარიანი ი. 338  
 ფხაკაძე ი. 443  
 ფხაკაძე ნ. 308
- ქარსელაძე ვ. 593  
 ქარუმიძე ი. 119  
 ქარქაშაძე დ. 40  
 ქასრაშვილი ი. 604
- ქაშაკაშვილი ი. 359  
 ქაშაკაშვილი რ. 607  
 ქაჩიბაია ე. 317  
 ქეზაძე ქ. 325  
 ქემერტელიძე ე. 87  
 ქვარცხავა ლ. 392  
 ქიმიტიძე ირ. 299  
 ქობალავა ლ. 663  
 ქუფრაშვილი ო. 618
- ღარიბაშვილი მ. 209  
 დლონტი ო. 268  
 დონიაშვილი დ. 275  
 დონიაშვილი ნ. 511
- ყვავაძე ე. 184  
 ყვევილაშვილი ა. 143  
 ყურაშვილი ბ. 419  
 ყურაშვილი ლ. 295  
 ყუფარაძე დ. 347
- შავინიანი ვ. 383  
 შავულოძე ვ. 569  
 შათირიშვილი ა. 125  
 შვანიტაძე რ. 48  
 შკოლინიკოვი ვ. 331
- ჩატოვა ლ. 48  
 ჩატოვი ვ. 48  
 ჩაჩავა გ. 564  
 ჩახუნაშვილი თ. 325  
 ჩერკასოვა გ. 48  
 ჩიკვაიძე გ. 564  
 ჩოგოვაძე გ. 528  
 ჩომახიძე ლ. 95  
 ჩხუბიანიშვილი ც. 163, 414
- ცაგარეიშვილი გ. 323  
 ცაგარეიშვილი დ. 323  
 ცაგარეიშვილი ო. 295  
 ცარციძე მ. 155  
 ცინცაძე გ. 551  
 ცინცაძე ი. 431  
 ციციშვილი თ. 414  
 ცხადაია ო. 495
- ძოწენიძე ზ. 71

წერეთელი ბ. 149  
წერობე ხ. 565  
წყალობაძე ლ. 338

ჭკუასელი თ. 119  
ჭუჭულაშვილი ი. 125

ხარაზიშვილი ა. 28, 472  
ხარგბავა თ. 528  
ხელაძე თ. 539  
ხიმშიაშვილი გ. 32

ხომერიკი ი. 361  
ხომერიკი მ. 139  
ხოტენაშვილი ნ. 308  
ხუჭუა ნ. 196  
ხუხუნია ც. 315

ჯაბუა ზ. 102, 535  
ჯავახიშვილი თ. 177  
ჯამაგძე შ. 48  
ჯამბურია ლ. 268  
ჯანაშია ნ. 643  
ჯანგობეგოვი რ. 532

ჯათარბე გ. 483  
ჯათარბე თ. 331  
ჯათარბე ლ. 317, 325  
ჯათარბე მ. 629  
ჯაყელი ვ. 2c.  
ჯეირანაშვილი ვ. 184  
ჯობავა რ. 40

ჰამმული ნ. 399

## УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ 138-го ТОМА

Абиатури Л. О. 389  
Абуладзе Г. В. 433  
Абутидзе К. Д. 393  
Абхазава И. И. 305  
Авалишвили П. И. 89  
Адамия Р. Ш. 105  
Алексидзе Г. Я. 121  
Алексидзе Н. Г. 397  
Алиашвили Т. М. 476  
Амаглобели И. Л. 385  
Амброладзе Б. У. 105  
Амиранашвили Л. Ш. 85  
Амиранашвили Н. Г. 625  
Аробелидзе К. А. 397  
Аскурава З. И. 397  
Ахалкаци Ш. П. 100  
Ахвледiani P. A. 577

Бандошвили О. С. 55  
Баладзе В. Х. 17, 497  
Барбакадзе Т. Н. 489  
Батиашвили Б. И. 596  
Батиашвили Т. В. 73  
Бахуташвили В. И. 641  
Белецкая Р. П. 157  
Бенашвили Е. М. 55  
Бериашвили Р. В. 173  
Берулава Р. Г. 109  
Биланишвили И. Г. 129  
Бицадзе М. Г. 21  
Божкова В. П. 141  
Боровер Г. Ю. 329  
Бочоришвили Т. В. 405  
Брито-Рохас А. 73  
Бродзели Г. Т. 289  
Буачидзе Г. И. 355  
Бугадзе В. М. 477  
Буцхрикидзе Д. С. 596

Варазашвили Л. М. 429, 633  
Варази Г. Л. 109  
Вашакидзе А. С. 589  
Вашакидзе И. Г. 183  
Вашакидзе Н. А. 589  
Векуа Н. П. 465  
Воинич-Сяноженский Т. Г. 597  
Ворфоломесва Н. Г. 541

Габелая А. Г. 281, 521  
Габисиани А. Г. 585  
Габричидзе Г. К. 100  
Габуния К. А. 200  
Гавашели А. М. 89  
Гавашели Л. Ш. 269  
Гамзანი Г. А. 555  
Гаприндашвили В. Н. 339  
Гарибашвили М. М. 212  
Гаришвили Т. Г. 157, 397  
Гарсеванишвили И. Г. 549  
Гвасалия Г. Н. 178  
Гвасалия Т. Л. 649  
Гвахария В. Г. 313  
Гвердцители И. М. 63, 555  
Гвердцители М. И. 63, 555  
Гегешидзе Л. В. 571  
Гедеванишвили М. Ш. 141  
Гелашвили Д. М. 33  
Гелашвили К. К. 393  
Гелашвили Т. М. 261  
Гелашвили Ш. М. 249  
Гершуни Д. С. 601  
Гигаური Р. Д. 313, 561

გიორგობიანი Г. Д. 257  
Глонти О. А. 265  
Глурджидзе Л. Н. 101, 533  
Гобеджишвили Р. Г. 576  
Гогитидзе И. О. 65  
Гонджилашвили Н. Д. 585  
Гониашвили Д. Э. 273  
Гониашвили Н. Э. 509  
Гордадзе Н. Г. 425  
Гордევანი Л. Ф. 445  
Гочиташвили Т. Ш. 513  
Гургенидзе Н. И. 561

Давиташвили Е. С. 397  
Дадანი Т. О. 533  
Далецкий Ю. Л. 253  
Данелия Г. С. 631  
Дарсавелидзе Г. Ш. 293  
Девдариანი Т. В. 389  
Джабуа З. У. 101, 533  
Джавахишвили Т. Г. 178  
Джакели В. Г. 285  
Джамагидзе Ш. З. 45  
Джамбурия Л. Г. 265  
Джанашиа Н. Н. 641  
Джангобегов Р. П. 529  
Джапаридзе Г. К. 484  
Джапаридзе Л. Н. 319, 328  
Джапаридзе М. Г. 631  
Джапаридзе Т. Д. 329  
Джейранашвили В. Г. 185  
Джобава Р. Г. 37  
Дзопенидзе З. Г. 69  
Доборджгинидзе Л. Г. 277, 517



- Сахаров А. С. 349  
 Сахелашвили Л. З. 349  
 Сванидзе З. С. 548  
 Сванидзе Л. К. 309  
 Скворцова Е. Б. 113  
 Сладков В. И. 65, 85  
 Сохадзе Г. А. 501  
 Стаматели М. Ю. 533  
 Суворов Н. Н. 65, 85
- Тавадзе Г. Ф. 44  
 Тавадзе Ф. Н. 357  
 Тагаев А. Б. 321  
 Тарасевич М. Р. 329  
 Тархнишвили Г. И. 333  
 Тевдорадзе В. В. 141  
 Ткемалашвили А. С. 253
- Тодадзе М. Ш. 355  
 Тодуа А. М. 45  
 Томарадзе Г. К. 373  
 Топурия Э. Н. 49  
 Турабелидзе В. Г. 513  
 Тушишвили М. Ч. 321
- Уграк Б. И. 57  
 Угрехелидзе Д. Ш. 151
- Фельдштейн Я. И. 541  
 Фиговский О. Л. 81
- Хаммуд Н. 397  
 Харацишвили А. Б. 25, 469
- Харебава Т. В. 525  
 Хеладзе Т. В. 537  
 Химшиашвили Г. Н. 32  
 Хомерики И. О. 364  
 Хомерики М. С. 137  
 Хотенашвили И. З. 305  
 Хухуния Ц. В. 313  
 Хучуа Н. Б. 193
- Цагарейшвили Г. В. 321  
 Цагарейшвили Д. Ш. 321  
 Цагарейшвили О. А. 293  
 Царцидзе М. А. 153  
 Церетели Б. С. 151  
 Церодзе Х. О. 567  
 Цинцадзе Г. В. 549  
 Цинцадзе И. Т. 429  
 Цицишвили Т. З. 413  
 Цкалобадзе Л. А. 339  
 Цхадая О. Т. 493
- Чатов В. А. 45  
 Чатова А. А. 45  
 Чахуняшвили Т. А. 328  
 Чачава Г. Н. 561  
 Черкасова Г. Т. 45  
 Чикваидзе И. Ш. 557  
 Чкуасели Т. Я. 117  
 Чоговадзе Г. Г. 525  
 Чомахидзе Л. И. 93  
 Чучулашвили И. И. 125  
 Чхубианишвили Ц. А. 161, 413
- Шавгулидзе В. В. 571  
 Шагинян В. С. 381  
 Шатиришвили А. Ф. 128  
 Швангирадзе Р. Р. 45  
 Школьников Е. И. 329
- Экизашвили Г. Ш. 81  
 Элизбарашвили М. Э. 537
- Эристави В. Д. 567
- Якобишвили З. А. 393

## AUTHOR INDEX TO VOLUME 138

- Amaglobeli I. L. 387  
 Abiatari L. O. 392  
 Abkhazava I. I. 308  
 Abuladze G. V. 435  
 Abutidze K. D. 395  
 Adamia R. Sh. 108  
 Akhalkatsi Sh. P. 100  
 Akhvlediani R. A. 580  
 Aleksidze G. Ya. 124  
 Aleksidze N. G. 399  
 Aliashvili T. M. 476  
 Ambroladze B. U. 108  
 Amiranashvili G. Sh. 88  
 Amiranashvili N. G. 628  
 Arobelidze K. A. 600  
 Askurava Z. I. 600  
 Avalishvili P. I. 91
- Baidoshvili O. S. 55  
 Bakhutashvili V. I. 644  
 Baladze V. H. 20, 500  
 Barbakadze T. N. 492
- Batiashvili B. I. 596  
 Batiashvili T. V. 75  
 Beletskaya R. P. 160  
 Benashvili E. M. 55  
 Beriashvili R. V. 175  
 Berulava R. G. 112  
 Bilanishvili I. G. 132  
 Bitsadze M. G. 23  
 Bochorishvili T. V. 408  
 Borover G. Yu. 332  
 Bozhkova V. P. 144  
 Brito-Rojas A. 75  
 Brodzeli G. T. 292  
 Buachidze G. I. 356  
 Bugadze V. M. 479  
 Butskhrikidze D. S. 596
- Chachava G. N. 564  
 Chakhunashvili T. A. 328  
 Chatov V. A. 48  
 Chatova L. A. 48  
 Cherkasova G. T. 48
- Chikvaide J. Sh. 559  
 Chkhubianishvili Ts. A. 163  
 Chkuaseli T. Ya. 119  
 Chogovadze G. G. 528  
 Chomakhidze L. I. 96  
 Chuchulashvili I. I. 128  
 Coutin-Correa D. P. 75
- Dadiani T. O. 536  
 Daletsky Yu. L. 256  
 Danelia G. S. 632  
 Darsavelidze G. Sh. 296  
 Davitashvili E. S. 399  
 Devdariani T. V. 392  
 Diradashvili D. Z. 635  
 Doborjginidze L. G. 280, 520  
 Dokadze E. V. 103, 536  
 Dolidze I. D. 408  
 Dolidze J. A. 403  
 Dolidze K. G. 203  
 Dolidze T. I. 403



- Dorochenko M. N. 40  
 Dumbadze A. A. 275  
 Dzhaparidze G. K. 480  
 Dzotsenidze Z. G. 72
- Ekizashvili G. Sh. 84  
 Elizbarashvili M. E. 546  
 Eristavi V. D. 567
- Feldshtein Ya. J. 544  
 Figovsky O. L. 84
- Gabelaya A. G. 284, 524  
 Gabisiani A. G. 588  
 Gabrichidze G. K. 100  
 Gabunia K. A. 206  
 Gamziani G. A. 556  
 Gaprindashvili V. N. 340  
 Garibashvili M. M. 160, 399  
 Garsevanishvili I. G. 551  
 Gavasheli A. M. 91  
 Gavasheli L. Sh. 272  
 Gedevanishvili M. Sh. 144  
 Gegeshidze L. V. 571  
 Gelashvili D. M. 36  
 Gelashvili K. K. 395  
 Gelashvili Sh. M. 252  
 Gelashvili T. M. 263  
 Gershuni D. S. 604  
 Gigauri R. D. 315, 564  
 Giorgobiani G. D. 260  
 Glonti O. A. 268  
 Glurjidze L. N. 103, 536  
 Gobejishvili R. G. 576  
 Gochitashvili T. Sh. 516  
 Gogitidze N. O. 68  
 Goniashvili D. E. 275  
 Goniashvili N. E. 512  
 Gonjilashvili N. D. 588  
 Gordadze N. G. 427  
 Gordeziani L. R. 447  
 Gurgენidze N. I. 564  
 Gvakharia V. G. 315  
 Gvasalia G. N. 179  
 Gvazava T. L. 652  
 Gverdtsiteli I. M. 63, 556  
 Gverdtsiteli M. I. 63, 556
- Iakobishvili Z. A. 395  
 Imerlishvili V. G. 588  
 Imnadze R. A. 320  
 Inauri N. L. 207  
 Injia M. A. 315, 564  
 Ioseliani O. G. 360  
 Iremashvili N. G. 151  
 Isakadze A. L. 439, 639
- Jabua Z. U. 103, 536  
 Jakeli V. G. 2874  
 Jamagidze Sh. Z. 48  
 Jamburia L. G. 268  
 Janashia N. N. 644  
 Jangobegov R. P. 582  
 Japaridze L. N. 320, 328  
 Japaridze M. G. 632  
 Japaridze T. D. 332  
 Javakhishvili T. G. 179  
 Jeiranashvili V. G. 188  
 Jabua R. G. 40
- Kachibaya E. I. 320  
 Kakuria L. Sh. 328  
 Kalandadze I. V. 395  
 Kalandia A. A. 79  
 Kalatozishvili M. D. 172  
 Kapanadze D. V. 304  
 Karkashadze D. D. 40  
 Karseladze V. V. 596  
 Kartozia L. B. 644  
 Karumidze I. P. 119  
 Kashakashvili I. G. 360  
 Kashakashvili R. P. 608  
 Kasrashvili I. S. 604  
 Katsitadze A. M. 72  
 Kebadze Zh. M. 328  
 Kemertelidze E. P. 88  
 Kereselidze D. E. 119  
 Kereselidze J. A. 559  
 Kereselibze J. E. 371  
 Kervalishvili Z. Ya. 332  
 Kezevadze N. V. 344  
 Kharazishvili A. B. 28  
 472  
 Kharebava T. V. 528  
 Kheladze T. V. 540  
 Khimshiashvili G. N. 89  
 Khomeriki I. O. 364  
 Khomeriki M. S. 140  
 Khotenashvili N. Z. 308  
 Khuchua N. B. 196  
 Khukhunia Ts. V. 315
- Kimeridze I. G. 300  
 Kiziria L. V. 544  
 Kiziria N. G. 163  
 Kobakhidze K. A. 48  
 Kobakhidze O. V. 192  
 Kobalava L. D. 664  
 Kolakovskiy A. A. 360  
 Kopadze T. V. 91  
 Kopaleishvili V. P. 360  
 Kostava D. G. 160  
 Kuparadze D. M. 348  
 Kuparashvili O. G. 619  
 Kurashvili B. E. 420  
 Kurashvili L. R. 296  
 Kvantaliani I. V. 351  
 Kvantaliani N. K. 648  
 Kvantrishvili G. E. 308  
 Kvavadze E. V. 188  
 Kvavilashvili I. Sh. 144
- Lapidus A. L. 60  
 Leikin Yu. A. 79  
 Lezhava D. T. 296  
 Lezhava V. V. 116  
 Litvinov A. J. 374  
 Lochoshvili T. S. 536  
 Lomidze Ts. K. 423  
 Lomsadze T. E. 156, 611  
 Lordkipanidze G. P. 540  
 Luzhkov V. V. 392
- Machavariani I. D. 244  
 Machavariani L. G. 116  
 Magalashvili P. V. 292  
 Maglakelidze D. L. 584  
 Maisadze F. D. 580  
 Maisuradze M. Z. 435  
 Makashvili N. D. 435  
 Makashvili R. I. 116  
 Makharoblishvili N. G. 567  
 Mamatsashvili M. D. 395  
 Mamukashvili Ts. I. 412, 615  
 Mamulashvili G. L. 596  
 Margiev B. G. 588  
 Marsagishvili G. A. 135  
 Martkoplshvili G. S. 44  
 Masalov V. I. 72  
 Matar M. A. 619  
 Medvedeva I. I. 423  
 Mkvabishvili N. I. 79  
 Melikadze G. I. 356  
 Melikadze L. D. 52  
 Menshova N. I. 88
- Hammoud N. 399

- Meskhisvili M. R. 484  
 Mgaloblishvili Z. I. 315  
 Mgeladze B. M. 308  
 Mgeladze V. M. 622  
 Mikadze G. A. 75  
 Mikeladze D. G. 395, 644  
 Mikiashvili N. A. 160  
 Museridze M. D. 72
- Nachkebia I. N. 656  
 Nadareishvili K. Sh. 148  
 Namtalishvili M. I. 292  
 Nanadze A. O. 52  
 Nanobashvili Z. I. 132  
 Narikashvili M. S. 132  
 Naskidashvili A. I. 44  
 Natsvlishvili M. P. 584  
 Naumov V. N. 324  
 Nikabadze A. M. 248  
 Nikolaishvili K. G. 423
- Obgadze T. A. 507  
 Ocherashvili I. V. 608  
 Okrostsvardze O. Sh. 44  
 Ormotsadze G. L. 148
- Papava G. Sh. 308  
 Pashintseva L. I. 635  
 Perelman E. I. 292  
 Piradashvili D. Z. 431  
 Pkhakadze I. G. 444  
 Pkhakadze N. S. 308  
 Pruidze I. G. 60  
 Pruidze V. P. 328  
 Pulariani Yu. I. 340
- Ramishvili I. A. 392  
 Ratiani S. P. 380  
 Razmadze A. V. 427  
 Rodin A. P. 60  
 Rukhadze V. V. 340
- Sabakhtarashvili M. A. 611  
 Sadradze V. G. 660  
 Sagdieva P. D. 168  
 Sakharov A. S. 351  
 Sakhelashvili L. Z. 351  
 Samoylovich A. S. 84  
 Samsonia Sh. A. 559  
 Sanadze G. A. 124, 374  
 Sandodze V. Ya. 135  
 Shaginyan V. S. 384  
 Shatirishvili A. F. 128  
 Shavgulidze V. V. 571  
 Shkolnikov E. L. 332  
 Shvangiradze R. R. 48  
 Skvortsova E. B. 116  
 Sladkov V. I. 68, 88  
 Sokhadze G. A. 504  
 Stamateli M. Yu. 536  
 Suvorov N. N. 68, 88  
 Svanidze L. K. 311  
 Svanidze Z. S. 548
- Tagaev A. B. 324  
 Tarasevich M. R. 332  
 Tarkhnishvili G. I. 336  
 Tavadze G. F. 44  
 Tevdoradze V. V. 144  
 Tkesbelashvili A. S. 256  
 Todadze M. Sh. 356  
 Todua A. M. 48  
 Tomaradze G. K. 374
- Topuria E. N. 52  
 Tsagareishvili D. Sh. 324  
 Tsagareishvili G. V. 324  
 Tsagareishvili O. A. 296  
 Tsartsidze M. A. 156  
 Tsereteli B. S. 151  
 Tserodze Kh. O. 567  
 Tsintsadze G. V. 551  
 Tsintsadze I. T. 431  
 Tsitsishvili T. Z. 415  
 Tskhalobadze L. A. 340  
 Tskhadaia O. T. 495  
 Turabelibze V. G. 156  
 Tushishvili M. Sh. 324
- Ugrak B. I. 60  
 Ugrekheldze D. Sh. 151
- Varazashvili L. M. 431,  
 635  
 Varazi G. L. 112  
 Varfolomeyeva N. G. 544  
 Vashakidze A. S. 592  
 Vashakidze I. G. 183  
 Vashakidze N. A. 592  
 Vekua N. P. 486  
 Voinich-Syanczhensky T  
 G. 100
- Zaridze R. S. 400  
 Zavrashvili N. G. 435  
 Zevin M. Ya. 292  
 Zhgenti Sh. Sh. 55  
 Zhorzholiani B. T. 292  
 Zurabishvili M. M. 119

6 / 115

ЭССО 1 886. 90 333.  
ЦЕНА 1 РУБ. 90 КОП.

ИНДЕКС 7011  
ЭССО 1 886. 90 333