

524  
1988



ISSN—0132—1447

საქართველოს სსრ  
მეცნიერებათა აკადემიის

**მოაზება**

**СООБЩЕНИЯ**

АКАДЕМИИ НАУК  
ГРУЗИНСКОЙ ССР

**BULLETIN**

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE GEORGIAN SSR

ტომი 131 том

№ 2

აგვისტო 1988 АВГУСТ

თბილისი \* ТБИЛИСИ \* TBILISI

საქართველოს სსრ  
მეცნიერებათა აკადემიის

გზაგაზა

СООБЩЕНИЯ

АКАДЕМИИ НАУК  
ГРУЗИНСКОЙ ССР

BULLETIN

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE GEORGIAN SSR

ტომი 131 TOM

№ 2

აგვისტო 1988 АВГУСТ





ს ა რ ე დ ა კ ტ ო რ ო კ ო ლ ე გ ი ა

- ვ. ანდრონიკაშვილი, ა. აფაქიძე, ბ. ბაღვაძე, ა. ბიწაძე, ლ. გაბუნია (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), თ. გამყრელიძე, გ. გომელაური, ა. გუნია (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), ს. დურმიშიძე, ა. თავხელიძე, ჯ. ლომინაძე (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), გ. მელიქიშვილი, თ. თნიაი, ე. სენიაშვილი, ა. ფრანგიშვილი, ი. ფრანგიშვილი, ა. ცაგარელი, გ. ციციშვილი, ა. ძიძიგური, შ. ძიძიგური, გ. ხარატიშვილი, ე. ხარაძე (მთავარი რედაქტორი), ნ. ჭავჭავაძე, გ. ჭიბლაძე

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

- Э. Л. Андроникашвили, А. М. Апакидзе, Б. К. Балавадзе, А. В. Бицадзе, Л. К. Габуния (заместитель главного редактора), Т. В. ГамкRELИДзе, В. И. Гомелаური, А. Л. Гуния (заместитель главного редактора), Н. А. Джавахишвили, Г. Н. Джибладзе, А. А. Дзидзигური, Ш. В. Дзидзигური, С. В. Дурмишидзе, Д. Г. Ломиналде (заместитель главного редактора), Г. А. Меликишвили, Т. Н. Ониани, А. С. Прангишвили, И. В. Прангишвили, Э. А. Сехниашвили, А. Н. Тавхелидзе, Е. К. Харაძე (главный редактор), Г. В. Харатишвили, А. Л. Цагарели, Г. В. Цицишвили

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

გადაეცა ასაწყობად 5.7.1988; ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26.9.1988; შეყვ. № 2215; ასაწყობის ზომა 7×12<sup>3</sup>/<sub>4</sub>; ქაღალდის ზომა 70×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>; ფიზიკური ფურცელი 14; საარტიტვლო-საგამომცემლო ფურცელი 18,5; ნაბეჭდი ფურცელი 19,6; უე 13537; ტირაჟი 1350; ფასი 1 მან. 90 კაბ.

Сдано в набор 5.7.1988; подписано к печати 26.9.1988; зак. № 2215; размер набора 7×12<sup>3</sup>/<sub>4</sub>; размер бумаги 70×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>; физический лист 14; уч. издательский лист 18,5; печатный лист 19,6; УЭ 13537; тираж 1350; цена 1 руб. 90 коп.

\* \* \*

საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის სტამბა, თბილისი 380060, კუტუშოვის ქ., 19  
Типография АН Грузинской ССР, Тбилиси, 380060, ул. Кутузова, 19  
გამომცემლობა „მეცნიერება“, თბილისი, 380060, კუტუშოვის ქ., 19  
Издательство «Мецниереба», Тбилиси, 380060, ул. Кутузова, 19

შ ი ნ ა რ ს ი

მათემატიკა

*ა. გაგნიძე. ზრდადკოეფიციენტებიანი პარაბოლური განტოლების კოშის ამოცანის ამონახსნთა ერთადერთობის შესახებ	242
*რ. აბსაეა. ორ რეგრესიის ფუნქციის ტოლობის პიოთეზის შემოწმების შესახებ	248
*ი. ბერკოვიჩი. სასრულ ჯგუფთა მახასიათებლები და ნორმალური გამყოფები	252
*ზ. კანტურია $V_{\phi}$ და $V[\psi]$ კლასებს შორის დამოკიდებულების შესახებ	260
*რ. გურიელაშვილი. პარდის ერთი თეორემის შესახებ	260
*მ. დიანეკო. ჯერადი ფურცის მწკრივების (C, $\alpha$ )-შეჯამებადობის შესახებ	263
*ა. ხარაზიშვილი. $\mathcal{E}$ -ძვრები და აბსტრაქტული გრაფების რეალიზაციები	268
*ი. ბუხნიკაშვილი. უმცირესი გადახრის და მოცემულ წერტილში ნულთან წარმოებულის მქონე პოლინომების შესახებ	270

მეძანიკა

*ზ. შანიძე. მექანიკის ზოგიერთი ამოცანის ზუსტი ამოხსნა	276
---	-----

ღრეპალოზის თეორია

*გ. პაიშუშანი, ი. პეტრუშენკო. შედგენილი სივრცითი სხეულების მექანიკის ამოცანათა ამოხსნის ვარიაციული მეთოდი. წინასწარ დაძაბული გარსული სისტემების სიმტიცე, მდგრადობა, თავისუფალი რხევა	280
--	-----

კიბერნეტიკა

*დ. ბაშალეიშვილი. ობტიმალური რთული გამამსვილებელი და შემამცირებელი სისტემების აგება	284
---	-----

ფიზიკა

*გ. მუსხელიშვილი. უარყოფითი დიფერენციალური წინააღმდეგობის მქონე წრედისათვის ელექტრული დენის არამდგრადობის განსაზღვრა	287
*ნ. ფოკინა, ლ. ქელიძე. ბირთვული დიპოლ-დიპოლური რეზონანსის რელაქსაცია მყარ პარამაგნეტიკში დაბალ ტემპერატურებზე	292
*ე. ხუციშვილი. დენის მატარებელთა ძვრადობა ლეგირებულ გერმანიუმ-სილიციუმის შენადნობებში	296

გეოფიზიკა

*ჯ. ელიაშვილი. ტალღათა თეორიის ზოგიერთი მცნების კორექტულობის შესახებ სეისმოლოგიაში	300
*მ. პერელმანი, ი. ბადინოვი. წყლის წვეთების და კლასტერების რეზონანსული ურთიერთქმედება და ღრუბლისებური წარმონაქმნების მოდელი	304

\* ვარსკვლავით აღნიშნული სათაური ეკუთვნის წერილის რევიუმს.

## ანალიზური ქიმია

- \*ნ. გოგაძე, თ. ალხაზიშვილი, ე. დავთიანი. ქლორ-იონების იონომეტრული განსაზღვრა მარილგამოცლილ წყალში 307
- \*ვ. ოკუჩავა (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი), ბ. ჭანკვეტაძე, მ. რუხაძე, მ. როგავა. ბენზონალის, ფენობარბიტალის და კარბამზებინის ერთდროული განსაზღვრა მაღალეფექტური თხევადფაზური ქრომატოგრაფიის მეთოდით 312

## ორგანული ქიმია

- \*ქ. გოდერძიშვილი, მ. ტყემალაძე, თ. გაბუნია, ნ. ლლონტი. მიკროელემენტები აღმოსავლეთ საქართველოს ნავთობებში 315

## ფიზიკური ქიმია

- \*გ. ციციშვილი (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), თ. ანდრონიკაშვილი (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ო. ზარდალიშვილი, ი. შათირიშვილი, ქ. ქიქოძე. ნიადაგში შეტანილი ცეოლითის გავლენა ტენის და საკვები ელემენტების შეკავებაზე 319

## ელემტროქიმია

- \*რ. კვარაცხელია, თ. მაჭავარიანი, გ. კვარაცხელია.  $Cr_2O_7^{2-}$  და  $Ba^{2+}$  იონების რეაქციის წონასწორობის მუდმივას ვოლტამპერული მონაცემებით გამოთვლის შესახებ 323

## ქიმიური ტექნოლოგია

- \*დ. ვარფლომეევი, ა. სტეხუნი, გ. ხიტირი, ლ. მელიქაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი). სამგორის ნავთობის გუდრონების შესწავლა ელექტროდული კოქსის მიღების თვალსაზრისით 328

## ეკონომიკური გეოგრაფია

- \*გ. ბეროზაშვილი. აგარულ-ინდუსტრიული რაიონის სატრანსპორტო ქსელით უზრუნველყოფა 332

## გეოლოგია

- \*ა. გაეაშელი. მსოფლიო საშუალო სპილიტი 334
- \*დ. ვახანია. ქვედაკარცული სუბბაქნური ფორმაციის საქართველოს მეზოზოურის მოსაზღვრე დანაყოფებთან სტრატოგრაფიული დამოკიდებულების შესახებ 339

## გეოქიმია

- \*ნ. რჩეულიშვილი. ლუხუმის მადნიანი ველის გეოქიმიური ინფორმაციის მრავალგანზომილებიანი ანალიზის შედეგები 344

## საბავოთა ღამუშავება და გამდიდრება

- \*ა. ბულატოვი, გ. ვაშალომიძე, ვ. დეიკინი. ჭაბურღილის ცემენტის ქვის სიმტკიცე რთულ დაძაბულ მდგომარეობაში 348

მიტალურბია

- \*ა. ბასმანი, ლ. ფრემანი, ე. პიკუსი, ლ. ახვლედიანი, დ. ვოლკოვი, მ. ბანდალოვა. გოგირდის სხვადასხვა შემცველობით 08X14 AF 15 ფოლადის კოროზიულ-ელექტროქიმიური მახასიათებლები 352
- \*ფ. თავაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), გ. სურმავა, კ. სევანიძე. დიფუზიის პროცესში სპილენძის ძაფისებრი კრისტალების ზედაპირის ცვლილებების კინეტიკა 356

მანქანათმშენობლა

- \*რ. აღამია (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ზ. ნადირაძე, ვ. სპივაკოვსკი. სამგზავრო ბაგირგზის ვაგონების რხევების ჩამქრობების მათემატიკური მოდელების კლასში მიახლოებითი ამონახსნების აგების შესახებ 360
- \*ბ. ასათიანი. დებალანსური აღმზნებიანი ვიბრაციული მანქანის სიერციით რხევების მათემატიკური მოდელირება ემმ-ზე 364

ენერგეტიკა

- \*ვ. გომელაური (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), ო. ვეზირიშვილი, ნ. შირიანაშვილი. ჩაის ფოთლის შრობის პროცესის ოპტიმიზაციის საკითხისათვის 368

თბოტექნიკა

- \*ნ. ქვეციშვილი, მ. ლოლაძე. რეაქტორული დანადგარის ელემენტებში ნამდვილი მოცულობითი ორთქლშემცველობის ანგარიშის მეთოდია დიდი გამოდინების პირობებში 371

ელექტროტექნიკა

- \*ა. აბურჯანია, გ. ბეროზაშვილი, თ. მალაკელიძე, თ. მუსელიანი, თ. ვეკუა. ინდუქციურად დაკავშირებულ კონტურების მათემატიკური მოდელის ინვარიანტობა ათვლის სისტემის მიმართ 375

ნიადაგთმშენობლა

- \*თ. ურუშაძე, შ. შუბლაძე, ა. ბირინა. თიხა მინერალები ცენტრალური კავკასიონის მაღალმთიანეთის ნიადაგებში 379

აბროქიმიკა

- \*ჯ. კახაძე, ლ. მენადარიშვილი, ტ. ქათამიძე, ნ. თოდუა. სოიას აზოტფიქსაციის ზომების შესწავლა აზოტიანი სასუქის სხვადასხვა დოზების გამოყენებისას 384

მცენარეთა ფიზიოლოგია

- \*დ. ბაგრატიშვილი, მ. ზაპრომეტოვი. ეთილენის გავლენა ჭენოლურ ნაერთთა წარმოქმნაზე ჩაის უჯრედების სუსპენზიურ კულტურაში 387
- გ. ტოგონიძე. ვაზის სამყნობი კომპონენტების გავლენა კალიუმის შეთვისების დინამიკაზე 389



## ადამიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

- \*ა. უნგვიძე, უკანა სარტყლის ხვეულის გაღიზიანებით გამოწვეული ჰიპოკამპის ელექტრული აქტივობა 395

## ბიოქიმია

- ნ. სკობელევა, ტ. პეტროვა, ა. ბეზუხოვი, მ. ბოკუჩავა (საქ. სსრ შეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი). მონოტერაპენული სპირტების β-D-გლუკოზიდები ჩაის ღუეებში 400

## ზოოლოგია

- \*პ. საგდიძე, ლ. ტაჩენკო. კავკასიონზე ტყის თავვის პარაზიტი გამაზიოდური ტიპის *Laelaps agilis Koch* ცვალებადობის შესწავლისათვის 404

## ციტოლოგია

- გ. დავითაია, მ. ცაგარელი. ბავშვის პერიფერიული სისხლის ლიმფოციტების ცვლილებები დიდუბური პერიტონიტის დროს 408

## მკვებრივნი მემორიანი

- \*ზიგ. ზურაბაშვილი, თ. შაბურიშვილი, ნ. დარჩია, ნ. ქიქოძე, ნ. ოკრიბელაშვილი. ერითროციტების და თრომბოციტების ცვლილება ათეროსკლეროზის დროს 411

- \*ლ. ლომთათიძე, ი. კვაჭაძე. თრომბოციტების აგრეგაცია ბავშვებში შემაერთებული ქსოვილის დიდუბური დაზიანებისას 415

## ეკონომიკა

- \*რ. მითაიშვილი, ე. კვიციანი. საწარმოო სისტემათა პოტენციალის გამოზომვის შესახებ 420

## ენათმეცნიერება

- ლ. კვანტალიანი. „არის“ ზმნის ერთი ფუნქციისათვის ქართულში 421

- \*ნ. მურმანიშვილი. სხეულის ნაწილების სახელებთან დაკავშირებული სიგრძის ზომების აღმნიშვნელი სიტყვების დიქციონარი ანალიზი 427

## ლიტერატურის ისტორია

- მ. თხინვალი. სამოგზაურო უნარი ამინ რეიზანის შემოქმედებაში 429

## ფილოლოგია

- \*ნ. ყურული. ვერლიბრის კვლევის ზოგიერთი საკითხი 435

- მ. გიორგაძე. ქართული ხალხური საგაზაფხულო საფერხულო (სამაია) 437

## არქეოლოგია

- \*ი. გაგლიძე, ბ. გუგუშვილი, ე. მირზაევ. ქუტაისის სისტემურ-მორფოლოგიური აღწერის პრინციპები 444



# СОДЕРЖАНИЕ

## МАТЕМАТИКА

18.809

А. Г. Гагнидзе. О единственности решения задачи Коши для параболического уравнения с растущими коэффициентами	241
Р. М. Абсава. Проверка гипотезы о равенстве двух функций регрессии	245
Я. Г. Беркович. Характеры и нормальные делители конечных групп	249
З. А. Чантурия. О зависимости между классами $V_\Phi$ и $V[v]$	253
Р. И. Гურიелашвили. Об одной теореме Харди	257
М. И. Дьяченко. О $(C, \alpha)$ -суммируемости кратных тригонометрических рядов Фурье	261
А. Б. Харацишвили. $\varepsilon$ -Сдвиги и реализации абстрактных графов	265
И. А. Бухникашвили. О полиномах с наименьшим уклонением и с нулевой производной в заданной точке	269

## МЕХАНИКА

З. Г. Шанидзе. Точные решения некоторых задач механики	273
В. Н. Паймушин, Ю. Я. Петрушенко. Вариационный метод решения задач механики пространственных составных тел. Прочность, устойчивость и свободные колебания предварительно напряженных оболочечных систем	277

## КИБЕРНЕТИКА

Д. И. Башалейшвили. Построение оптимальных сложных укрупняющих и уменьшающих систем	281
---	-----

## ФИЗИКА

Г. Н. Мухелишвили. Определение неустойчивости электрического тока в цепи с отрицательным дифференциальным сопротивлением	285
Н. П. Фокина, Л. Т. Челидзе. Релаксация ядерного диполь-дипольного резервуара в твердых парамагнетиках при низких температурах	289
Э. В. Хуцишвили. Подвижность носителей тока в легированных сплавах германий-кремний	293

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

საქ. სსრ კ. მარ.  
სახ. საბ. რესპუბ.  
პ. პალიტო

## ГЕОФИЗИКА

- Дж. Г. Элиашвили. О корректности некоторых понятий теории волн, используемых в сейсмологии 297
- М. Е. Перельман, И. Я. Бадинов. Резонансное взаимодействие кластеров и капелек воды и модель облачных образований 301

## АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Н. Г. Гогодзе, Т. М. Алхазидзе, Э. В. Давтян. Ионметрическое определение ионов хлора в обессоленной воде 305
- В. М. Окуджава (академик АН ГССР), Б. Г. Чанкветадзе, М. Д. Рухадзе, М. М. Рогова. Одновременное количественное определение бензола, фенобарбитала и карбамазепина методом высокоэффективной жидкостной хроматографии 309

## ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- К. Г. Годердзишвили, М. Т. Ткемаладзе, Т. И. Габуня, Н. И. Глonti. Микроэлементы в нефтях Восточной Грузии 313

## ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Г. В. Цицишвили (академик АН ГССР), Т. Г. Андроникашвили (член-корреспондент АН ГССР), О. Ю. Зардалишвили, И. Ш. Шатиришвили, К. О. Кикодзе. Влияние цеолитов, внесенных в почву, на процесс удержания влаги и питательных элементов 317

## ЭЛЕКТРОХИМИЯ

- Р. К. Кварацхелия, Т. Ш. Мачавариани, Г. Р. Кварацхелия. О расчете константы равновесия реакции ионов  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  с ионами  $\text{Ba}^{2+}$  по вольтамперометрическим данным 321

## ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

- Д. Ф. Варфоломеев, А. И. Стехун, Г. Ш. Хитири, Л. Д. Меликадзе (академик АН ГССР). Изучение гудронов самгорской нефти в аспекте получения электродного кокса 325

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

- Г. У. Берозашвили. Обеспеченность аграрно-индустриального района транспортной сетью 329

## ГЕОЛОГИЯ

- А. М. Гавашели. О среднем мировом спилите 333
- Д. Е. Вахания. О стратиграфическом соотношении нижнемелевой субплатформенной формации со смежными подразделениями мезозоя Грузии 337

## ГЕОХИМИЯ

- Н. Л. Рчеулишвили. О результатах многомерного анализа геохимической информации Лухумского рудного поля 341

## РАЗРАБОТКА И ОБОГАЩЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

- А. И. Булатов, Г. Х. Башаломидзе, В. В. Дейкин. Прочность цементного камня скважины в сложном напряженном состоянии 345

## МЕТАЛЛУРГИЯ

- А. Р. Басман, Л. И. Фрейман, Е. А. Пикус, Л. А. Ахвледиани, Д. Е. Волков, М. М. Бандалова. Коррозионно-электрохимические характеристики стали O8X14AG15 с различным содержанием серы 349
- Ф. Н. Тавадзе (академик АН ГССР), Г. М. Сурмава, К. Г. Сванидзе. О кинетике изменения структуры поверхности нитевидных кристаллов меди в процессе паротвердофазной диффузии 353

## МАШИНОВЕДЕНИЕ

- Р. Ш. Адамия (член-корреспондент АН ГССР), З. Н. Надирадзе, В. Б. Спиваковский. О построении приближенного решения в классе математических моделей гасителей колебаний вагонов пассажирских подвесных канатных дорог 357
- Б. Л. Асатиани. Математическое моделирование на ЦВМ пространственных колебаний вибрационной машины с дебалансным возбуждением 361

## ЭНЕРГЕТИКА

- В. И. Гомелаури (академик АН ГССР), О. Ш. Везиришвили, Н. А. Мирианашвили. К вопросу оптимизации процесса сушки чайного листа 365

## ТЕПЛОТЕХНИКА

- Н. А. Кевхишвили, М. Ш. Лоладзе. Методика расчета истинного объемного паросодержания в элементах реакторной установки при больших течах 369

## ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

- А. Н. Абурдажния, Г. В. Берозашвили, Т. А. Маглакелидзе, Т. Г. Муселиани, Т. П. Векуа. Инвариантность математической модели индуктивно связанных контуров по отношению к системе отсчета 373

## ПОЧВОВЕДЕНИЕ

- Т. Ф. Урушадзе, Ш. Қ. Шубладзе, А. Г. Бирна. Глинистые минералы в почвах высокогорий Центрального Кавказа 377



## АГРОХИМИЯ

- Д. И. Кахадзе, Л. В. Менагаришвили, Т. К. Катамидзе, Н. И. Тодуа. Изучение размеров азотфиксации соей в зависимости от различных доз азотных удобрений 381

## ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

- Д. Г. Багратишвили, М. Н. Запрометов. Влияние этилена на образование фенольных соединений в суспензионной культуре клеток чайного растения 385
- \* Г. В. Тогонидзе. Динамика усвоения калия из почвы виноградной лозой в зависимости от прививаемых компонентов 392

## ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

- А. А. Унгиадзе. Электрическая активность гиппокампа, вызванная стимуляцией задней поясной извилины 393

## БИОХИМИЯ

- Н. И. Скобелева, Т. А. Петрова, А. А. Беззубов, М. А. Бокучава (академик АН ГССР)  $\beta$ -D-глюкозиды монотерпеновых спиртов в чайных побегах 397

## ЗООЛОГИЯ

- П. Д. Сагдиева, Л. М. Ткаченко. К изучению изменчивости гаммазового клеща *Laelaps agilis* Koch — паразита лесной мыши на Большом Кавказе 401

## ЦИТОЛОГИЯ

- Г. Ш. Давитая, М. З. Цагарели. Изменения лимфоцитов периферической крови у детей с диффузным перитонитом 405

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

- Зиг. А. Зурабашвили, Т. Ш. Шабуришвили, Н. Ш. Дарчия, Н. Г. Кикодзе, Н. Д. Окрибелашвили. Изменения эритроцитов и тромбоцитов при атеросклерозе 409
- Л. Н. Ломтатидзе, И. М. Квачадзе. Агрегация тромбоцитов у детей с диффузным поражением соединительной ткани 413

## ЭКОНОМИКА

- Р. Л. Миташвили, Е. Н. Квиташвили. Об измерении потенциала производственных систем 417

ЯЗЫКОЗНАНИЕ

- \*Л. М. Кванталиани. Об одной функции глагола *agis* (быть) в грузинском языке 423
- Н. М. Мурманишвили. Дiachронический анализ слов, обозначающих меру длины и восходящих к названиям частей тела в древнеанглийском языке 425

ИСТОРИЯ ЛИТЕРАТУРЫ

- \*М. Г. Тхинвалели. Жанр путешествий в творчестве Амина Рейхани 431

ФИЛОЛОГИЯ

- Н. В. Журули. Некоторые вопросы исследования верлибра 433
- \*М. Ш. Гиоргадзе. Грузинская весенняя хороводная песня (самаи) 439

АРХЕОЛОГИЯ

- Ю. М. Гагошидзе, В. П. Гугушвили, В. А. Мирзаева. Принципы системного морфологического описания сосудов 441

## CONTENTS

### MATHEMATICS

A. G. Gagnidze. Uniqueness of the solution of the Cauchy problem for parabolic equations with unbounded coefficients	243
R. M. Absava. Checking of a hypothesis on the equality of two regression functions	248
Ya. G. Berkovich. Characters and normal subgroups of finite groups	252
Z. A. Chanturia. On relation between classes $V_\Phi$ and $V[\nu]$	255
R. I. Gurielashvili. On one Hardy's theorem	260
M. I. Dyachenko. On summability of multiple Fourier series	263
A. B. Kharazishvili. $\epsilon$ -shifts and realizations of abstract graphs	268
I. A. Bukhnikashvili. On polynomials with the least deviation and zero derivative at the given point	270

### MECHANICS

Z. G. Shanidze. Correctness of the automatic control systems	276
V. N. Paimushin, Yu. Ya. Petrushenko. Variational method of solving problems of spatial compound bodies mechanics. Strength, stability and free vibrations of prestressed shell systems	280

### CYBERNETICS

D. I. Bashaleishvili. Construction of optimal complicated coarsening and reducing system	284
--	-----

### PHYSICS

G. N. Muskhelishvili. Determination of electrical current instability in a circuit with negative incremental resistance	288
N. P. Fokina, L. T. Chelidze. Nuclear dipole-dipole reservoir relaxation in solid diluted paramagnets at low temperatures	292
E. V. Khutsishvili. Charge carriers mobility in doped germanium-silicon alloys	296

### GEOPHYSICS

J. G. Eliashvili. On the correctness of some concepts of waves theory used in seismology	300
M. E. Perel'man, I. Ya. Badinov. Resonance interactions of water clusters and droplets and a model of cloud formation	304

## ANALYTICAL CHEMISTRY

- N. G. Gogadze, T. M. Alkhazishvili, E. V. Davtyan. Ionometric determination of chlorine ions in desalted water 308
- V. M. Okujava, B. G. Chankvetadze, M. D. Rukhadze, M. M. Rogava. Simultaneous quantitative determination of benzonal, phenobarbital and carbamazepine by high-performance liquid chromatography 312

## ORGANIC CHEMISTRY

- K. G. Goderdzishvili, M. T. Tkemaladze, T. I. Gabunia, N. I. Glonti. Microelements in crude oils of eastern Georgia 316

## PHYSICAL CHEMISTRY

- G. V. Tsitsishvili, T. G. Andronikashvili, O. Yu. Zardalishvili, I. Sh. Shatirishvili, K. O. Kikodze. The effect of zeolites applied to the soil on the process of moisture and nutrient elements retention 319

## ELECTROCHEMISTRY

- R. K. Kvaratskhelia, T. Sh. Machavariani, G. R. Kvaratskhelia. Calculation of the equilibrium constant of reaction between  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  and  $\text{Ba}^{2+}$  ions by voltammetric data 323

## CHEMICAL TECHNOLOGY

- D. F. Varfolomeyev, A. I. Stekhun, G. Sh. Khitiri, L. D. Melikadze. Study of the Samgori oil goudrons with a view to obtaining electrode coke 328

## ECONOMIC GEOGRAPHY

- G. U. Berozashvili. Provision of the agrarian-and-industrial region with transport network 332

## GEOLOGY

- A. M. Gavasheli. The world mean spilite 334
- D. E. Vakhania. On stratigraphic relation between the Lower Cretaceous subplatform formation and adjacent subdivisions of the Mesozoic of Georgia 340

## GEOCHEMISTRY

- N. L. Rcheulishvili. Results of a multidimensional analysis of geochemical information on the Lukhumi ore field 344

## EXPLOITATION AND CONCENTRATION OF DEPOSITS

- A. I. Bulatov, G. Kh. Vashalomidze, V. V. Deykin. Set cement strength under complex stress 348



METALLURGY

- A. R. Basman, L. I. Freiman, E. A. Pikus, L. A. Akhvlediani, D. E. Volkov, M. M. Bandalova. Corrosion electrochemical characteristics of Cr14 Mn15 steel with different contents of sulphur 352
- F. N. Tavazde, G. M. Surmava, K. G. Svanidze. On the surface structure change kinetics of copper whiskers in the vapour-solidphase diffusion process 356

MACHINE BUILDING SCIENCE

- R. Sh. Adamia, Z. N. Nadiradze, V. B. Spivakovsky. On constructing an approximate solution in the group of mathematical models of dampers in tramway carriages 360
- B. L. Asatiani. Mathematical simulation of space oscillations of a vibration machine with debalancing excitation on digital computer 364

POWER ENGINEERING

- V. I. Gomelauri, O. Sh. Vezirishvili, N. A. Mirianashvili. On the optimization of the process of tea leaves drying 368

HEAT ENGINEERING

- N. A. Kevkhisvili, M. Sh. Loladze. Design technique for determining true steam content by volume in the elements of the reactor plant at strong leakage 371

ELECTROTECHNICS

- A. N. Aburjania, G. V. Berozashvili, T. A. Maglakelidze, T. G. Museliani, T. P. Vekua. Invariance of the mathematical model of inductively interconnected contours relative to the reference system 376

SOIL SCIENCE

- T. F. Urushadze, Sh. K. Shubladze, A. G. Birina. Clay minerals contained in high-mountain soils of the Central Caucasus 380

AGRICULTURAL CHEMISTRY

- D. I. Kakhadze, L. V. Menagarishvili, T. K. Katamidze, N. I. Todua. A study of nitrogen fixation of soya bean depending on different doses of nitrogenous fertilizers 384

PLANT PHYSIOLOGY

- D. G. Bagratishvili, M. N. Zaprometov. The effect of ethylene on the formation of phenolic compounds in the suspension culture of tea plant cells 388
- G. V. Togonidze. Dynamics of potassium uptake by vine depending on grafted components in the Central Imereti 392

## HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

- A. A. Ungiadze. Changes in electrical activity of the hippocampus induced by posterior cingulate gyrus stimulation 395

## BIOCHEMISTRY

- N. I. Skobeleva, T. A. Petrova, A. A. Bezzubov, M. A. Bokuchava.  $\beta$ -D-glucosides of monoterpene alcohols in tea shoots 400

## ZOOLOGY

- P. D. Sagdieva, L. M. Tkachenko. A study of the variability of *Laelapas agilis* Koch (parasitiformes, *Gamasidae*, *Laelaptidae*), the parasite of *Apodemus sylvaticus* in the Great Caucasus 404

## CYTOLOGY

- G. Sh. Davitaya, M. S. Tsagareli. Changes of peripheral lymphocytes under diffuse peritonitis in children 408

## EXPERIMENTAL MEDICINE

- Z. A. Zurabashvili, T. Sh. Shaburishvili, N. Sh. Darchia, N. G. Kikodze, N. D. Okribelashvili. Changes of erythrocytes and thrombocytes in atherosclerosis 412

- L. N. Lomtadidze, I. M. Kvachadze. Thrombocyte aggregation in children with diffusive damages of the connective tissue 415

## ECONOMICS

- R. L. Mitaishvili, E. N. Kvitashvili. On measuring the potential of production systems 420

## LINGUISTICS

- L. M. Kvantaliani. On one function of the verb "to be" (*aris*) in the Georgian language 423

- N. M. Murmanishvili. Diachronical analysis of words expressing the measure of length in Old English and connected with the names of the parts of the body 428

## HISTORY OF LITERATURE

- M. G. Tkhinvaleli. The travelling genre in Amine Reihani's works 432

## PHILOLOGY

- N. V. Zhuruli. Some problems of investigation of free verse (on the material of American poetry) 436

- M. G. Giorgadze. The Georgian spring round-dance song "Samaia" 439

## ARCHAEOLOGY

- Yu. M. Gagoshidze, V. P. Gugushvili, V. A. Mirzaeva. Principles of systematic morphological indexing of vessels 444



А. Г. ГАГНИДЗЕ

О ЕДИНСТВЕННОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОШИ ДЛЯ  
 ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ С РАСТУЩИМИ  
 КОЭФФИЦИЕНТАМИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. Г. Гегелия 24.3.1987)

В настоящей работе установлены условия единственности решения задачи Коши для уравнения вида

$$\frac{\partial u}{\partial t} + Lu = 0,$$

где  $L$  — эллиптический оператор порядка  $2p$  с растущими коэффициентами при  $|x| \rightarrow \infty$ .

Классы единственности решений задачи Коши и краевых задач в неограниченных областях для параболических уравнений второго порядка как с ограниченными, так и с неограниченными коэффициентами изучались во многих работах (см., например, [1, 2] и указанную там литературу). Аналогичные вопросы для параболических уравнений высокого порядка и систем изучены значительно меньше. В основном (см., например, [3]) рассматривались уравнения или системы с ограниченными коэффициентами при главной части оператора  $L$ , лишь коэффициентам при младших производных разрешалось расти при  $|x| \rightarrow \infty$ . Нас интересует случай, когда на бесконечности растут коэффициенты при главной части эллиптического оператора  $L$ .

Пусть  $\omega = \mathbb{R}^n \times (0, T)$ , где  $T = \text{const} > 0$ , слой в пространстве  $\mathbb{R}_x^{n+1}$ . В этой области  $\omega$  рассмотрим задачу Коши для линейного параболического уравнения порядка  $2p$ , где  $p$  — положительное число, вида

$$\frac{\partial u}{\partial t} + Lu = 0 \tag{1}$$

с начальным условием на  $\mathbb{R}^n$ :

$$u(x, 0) = 0. \tag{2}$$

Предположим, что оператор  $L$  имеет следующий вид:

$$Lu \equiv (-1)^p \sum_{|\alpha|=p} D_x^\alpha ((A|x| + B)^\sigma D_x^\alpha u),$$

где  $A, B = \text{const} \geq 0$ ,  $\sigma = \text{const}$  ( $0 \leq \sigma < 2p$ ,  $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$  — мультииндекс,  $|\alpha| = \alpha_1 + \dots + \alpha_n$ ,  $D_x^\alpha = D_{x_1}^{\alpha_1} \cdot D_{x_2}^{\alpha_2} \cdot \dots \cdot D_{x_n}^{\alpha_n}$ ,  $D_{x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j}$ ).



Введем понятие обобщенного решения задачи (1)—(2). Пусть  $G \subset \mathbb{R}^n$  конечная область и  $g \in \partial G$ . Через  $H^p(G, g)$  обозначим пространство функций, полученное пополнением по норме

$$\|u\| = \left( \int_G \left( u_s^2 + \sum_{0 < |\alpha| < p} |D_x^\alpha u|^2 \right) dx dt \right)^{1/2}$$

множества функций  $u(x, t) \in C^p(C)$ , равных нулю в окрестности  $g$ . Если  $g = \emptyset$ , то будем писать  $H^p(C, \emptyset) = H^p(C)$ . Для произвольных действительных  $l > 0$ ,  $0 \leq \tau_1 < \tau_2 \leq T$  и  $0 \leq \tau \leq T$  введем следующие обозначения:  $\omega(l; \tau) = \{x, t: |x| < l, t = \tau\}$ ,  $\omega(l; \tau_1, \tau_2) = \{x, t: |x| < l; \tau_1 < t < \tau_2\}$ ,  $\Gamma(l; \tau_1, \tau_2) = \partial\omega(l; \tau_1, \tau_2) \cap \{\tau_1 < t < \tau_2\}$ .

Обобщенным решением задачи (1)—(2) в  $\omega$  будем называть функцию  $u(x, t)$ , которая для произвольной конечной  $\omega(l; \tau_1, \tau_2)$  принадлежит пространству  $H^p(\omega(l; \tau_1, \tau_2))$  и при любой функции  $v(x, t) \in H^p(\omega(l; \tau_1, \tau_2))$   $\Gamma(l; \tau_1, \tau_2)$  удовлетворяет интегральному тождеству

$$\int_{\omega(l; \tau_1, \tau_2)} \left( u_t v + \sum_{|\alpha|=p} (A|x| + B)^\sigma D_x^\alpha u D_x^\alpha v \right) dx dt = 0$$

и начальному условию  $u(x, 0) = 0$ .

Для исследования условий единственности решений задачи (1)—(2) используется метод введения параметра, разработанный О. А. Олейником.

Имеет место следующая теорема единственности:

**Теорема 1.** Если существует положительная постоянная  $\kappa$  такая, что для обобщенного решения задачи (1)—(2) при любых  $R \geq R^*$ ,  $R = \text{const} > 0$ , имеет место неравенство

$$\int_{\omega(R; 0, T)} u^2(x, t) dx dt \leq \exp\{\kappa R^{2p-1}\},$$

то тогда  $u = 0$  почти всюду в  $\omega$ .

Заметим, что в случае ограниченных коэффициентов ( $\sigma = 0$ ) результаты настоящей работы совпадают с результатами [1], а в случае уравнений второго порядка ( $p = 1$ ) — с результатами [2].

Тбилисский государственный университет

(Поступило 27.3.1987)

მათემატიკა

ა. გაგნიძე

ზრდადკომეფიციენტებთან პარაბოლური განტოლების კომის  
ამოცანის ამონახსნთა ერთადერთობის შესახებ

რეზიუმე

შესწავლილია მაღალი რიგის წრფივი პარაბოლური განტოლების კომის ამოცანის ამონახსნთა ერთადერთობის კლასების დამოკიდებულება განტოლების კოეფიციენტებისაგან.



A. G. GAGNIDZE

UNIQUENESS OF THE SOLUTION OF THE CAUCHY PROBLEM FOR  
PARABOLIC EQUATIONS WITH UNBOUNDED COEFFICIENTS

Summary

The uniqueness classes of the Cauchy problem solutions for high-order parabolic equations with unbounded coefficients are studied.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. О. А. Олейник, Е. В. Радкевич. УМН, 33, № 5, 1978, 7—76.
2. А. Г. Гагნიдзе. Вестник МГУ, матем.-мех., № 5, 1981, 33—38.
3. С. Д. Ивасишен, В. П. Лавренчук. Укр. матем. журнал, 30, № 1, 1978.

Р. М. АБСАВА

ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗЫ О РАВЕНСТВЕ ДВУХ ФУНКЦИИ РЕГРЕССИИ

(Представлено академиком Б. В. Хведелидзе 23.3.1987)

Пусть имеются две независимые выборки  $(X_{ij}^{(1)}, \dots, X_{ij}^{(p)}, Y_j^{(i)}), j = \overline{1, n_i}, i = 1, 2$  из генеральных совокупностей  $X_{(i)} = (X_i^{(1)}, \dots, X_i^{(p)} Y^{(i)}), i = 1, 2$ , с плотностями  $f_1(\bar{x}, y)$  и  $f_2(\bar{x}, y), \bar{x} \in R_p$ , соответственно. Пусть, далее,  $r_i(\bar{x}), i = 1, 2$ , — соответствующие функции регрессии.

Предположим, что маргинальные плотности векторов  $\bar{X}_j = (X_{ij}^{(1)}, \dots, X_{ij}^{(p)}), i = 1, 2$ , одинаковы и

$$D(Y^{(1)} | \bar{X}_1 = \bar{x}) = D(Y^{(2)} | \bar{X}_2 = \bar{x}).$$

За оценку  $r_i(\bar{x}), i = 1, 2$ , примем

$$\hat{r}_i(\bar{x}) = g_{n_1 n_2}^{-1}(\bar{x}) \Phi_{n_i}(\bar{x}), i = 1, 2,$$

где

$$g_{n_1 n_2}(\bar{x}) = (n_1 + n_2)^{-1} (n_1 g_{n_1}(\bar{x}) + n_2 g_{n_2}(\bar{x})),$$

$$\Phi_{n_i}(\bar{x}) = \frac{a_{n_i}^p}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} Y_j^{(i)} K(a_{n_i}(\bar{x} - \bar{X}_j)),$$

$$g_{n_i}(\bar{x}) = \frac{a_{n_i}^p}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} K(a_{n_i}(\bar{x} - \bar{X}_j)), K(\bar{y}) = \prod_{j=1}^p K_j(y_j).$$

Для сравнения оценок  $r_1(\bar{x})$  и  $r_2(\bar{x})$  введем статистику

$$L_{n_1 n_2} \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}} \int (\hat{r}_1(\bar{x}) - r_2(\bar{x})) g_{n_1 n_2}(\bar{x}) h(\bar{x}) d\bar{x}.$$

Пусть  $\frac{n_1}{n_2} = \tau, a_{n_1} = a_{n_2} = a_n, n = \left[ \frac{n_2}{1 + \tau} \right]$ .

Предложения: ядро  $K_j(x), x \in R_1, j = \overline{1, p}$ , — произвольная плотность вероятностей, удовлетворяющая условиям  $\sup_x K_j(x) < \infty, K_j(-x) = K_j(x), x^2 K_j(x) \in L_1(-\infty, \infty)$ .

Лемма. Пусть  $E |Y^{(i)}|^2 < \infty$ . Тогда

$$\sigma_{n_1}^2 = a_{n_1}^{2p} D Y^{(1)} \int K(a_{n_1}(\bar{x} - \bar{X}_1^{(1)}) h(\bar{x}) d\bar{x} \rightarrow$$

$$\rightarrow \sigma^2 = D(Y^{(1)} h(\bar{X}_1)), \quad (1)$$

при  $h \rightarrow \infty$ .



Пусть гипотеза  $H_0: r_1(\bar{x}) = r_2(x)$  выполняется. Тогда справедлива

Теорема. Пусть  $E|Y^{(i)}|^{2+\delta} < \infty$ ,  $i = 1, 2$ ,  $\delta > 0$  и ядро  $K_1(x)$ ,  $x \in R_1$ , ограничено и  $\int K_1(x) dx = 1$ . Тогда  $L_{n_1 n_2} \xrightarrow{d} N(0, \sigma^2)$  при  $n_1, n_2 \rightarrow \infty$ .

$\xrightarrow{d}$  обозначает сходимость по распределению, а  $N(0, \sigma^2)$  — случайную величину, имеющую нормальное распределение с нулевым средним и дисперсией  $\sigma^2$ .

Доказательство. Из предположения следует, что  $E\varphi_{n_1}(\bar{x}) = E\varphi_{n_2}(\bar{x})$ . На основании этого напишем

$$\begin{aligned} L_{n_1 n_2} &= \sqrt{\frac{1}{1+\tau}} \sqrt{n_1} \int (\varphi_{n_1}(\bar{x}) - E\varphi_{n_1}(\bar{x})) h(\bar{x}) d\bar{x} - \\ &- \sqrt{\frac{\tau}{1+\tau}} \sqrt{n_2} \int (\varphi_{n_2}(\bar{x}) - E\varphi_{n_2}(\bar{x})) h(\bar{x}) d\bar{x} = \\ &= \sqrt{\frac{1}{1+\tau}} \xi_{n_1}^{(1)} - \sqrt{\frac{\tau}{1+\tau}} \xi_{n_2}^{(2)}. \end{aligned} \quad (2)$$

Покажем, что  $\xi_{n_1}^{(1)} \xrightarrow{d} N(0, \sigma^2)$  и  $\xi_{n_2}^{(2)} \xrightarrow{d} N(0, \sigma^2)$ .  $\xi_{n_1}^{(1)} / \sqrt{D\xi_{n_1}^{(1)}}$  есть сумма независимых одинаково распределенных случайных величин в схеме серий:

$$\frac{\xi_{n_1}^{(1)}}{\sqrt{D\xi_{n_1}^{(1)}}} = \sum_{i=1}^{n_1} V_{n_1}^{(i)}, \quad \text{где } V_{n_1}^{(i)} = \frac{U_{n_1}^{(i)} - \mu_{n_1}}{\sigma_{n_1} \sqrt{n_1}},$$

$$U_{n_1}^{(i)} = a_{n_1}^p Y_i^{(1)} \int K(a_{n_1}(\bar{x} - X_i^{(1)})) h(\bar{x}) d\bar{x},$$

$$\mu_{n_1} = EU_{n_1}^{(1)},$$

$$\sigma_{n_1}^2 = a_{n_1}^{2p} DY_1^{(1)} \int K(a_{n_1}(\bar{x} - X_1^{(1)})) h(\bar{x}) d\bar{x}.$$

Обозначим через  $F_{n_1, 1}(x)$  функцию распределения случайной величины  $V_{n_1}^{(i)}$ . Тогда для  $\xi_{n_1}^{(1)} \cdot (D\xi_{n_1}^{(1)})^{-1/2} \xrightarrow{d} N(0, 1)$  достаточно показать [1], что для любого  $\varepsilon > 0$

$$n_1 \int_{|x| > \varepsilon} x^2 dF_{n_1, 1}(x) \rightarrow 0 \quad \text{при } n_1 \rightarrow \infty. \quad (3)$$

Но так как

$$\int_{-\infty}^{\infty} |x|^{2+\delta} dF_{n_1, 1}(x) \geq \varepsilon^\delta \int_{|x| > \varepsilon} x^2 dF_{n_1, 1}(x),$$

то для доказательства (3) достаточно установить

$$n_1 E \left( \left| \frac{U_{n_1}^{(1)} - EU_{n_1}^{(1)}}{\sigma_{n_1} \sqrt{n_1}} \right|^{2+\delta} \right) \rightarrow 0 \text{ при } n_1 \rightarrow \infty.$$

В силу  $C_r$ -неравенства из [1] получаем

$$n_1 E \left( \left| \frac{U_{n_1, 1}^{(1)} - EU_{n_1, 1}^{(1)}}{\sigma_{n_1} \sqrt{n_1}} \right|^{2+\delta} \right) \leq 2^{1+\delta} G_{n_1, 1} + n_{1, 2},$$

где

$$G_{n_1, 1} = \frac{E|U_{n_1, 1}^{(1)}|^{2+\delta}}{n_1^{\delta/2} \sigma_{n_1}^{\delta/2}},$$

$$G_{n_1, 2} = \frac{|EU_{n_1, 1}^{(1)}|^{2+\delta}}{n_1^{\delta/2} \sigma_{n_1}^{\delta/2}}.$$

Нетрудно показать, что

$$E|U_{n_1, 1}^{(1)}|^{2+\delta} \leq C_1 E|Y^{(1)}|^{2+\delta} + C_2. \quad (4)$$

Принимая во внимание (1) и (4), получаем, что  $G_{n_1, 1} \rightarrow 0$ ,  $G_{n_1, 2} \rightarrow 0$  при  $n_1 \rightarrow \infty$ . Аналогично  $\xi_{n_2}^{(2)} \xrightarrow{d} N(0, \sigma^2)$ . Теорема доказана.

Теорема позволяет построить асимптотический критерий уровня  $\alpha$  для проверки гипотезы  $H_0: r_1(\bar{x}) = r_2(\bar{x})$ . Для этого следует отвергнуть гипотезу, если  $L_{n_1 n_2} \geq \lambda_j \cdot \hat{\sigma}_{n_1 n_2}^A$  (при односторонней альтернативе  $H_1: r_1(\bar{x}) > r_2(\bar{x})$ ), где

$$\hat{\sigma}_{n_i}^2 = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} h(X_j^{(i)} Y_j^{(i)} - \bar{H}_i)^2,$$

$$\bar{H}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} Y_j^{(i)} h(X_j^{(i)}),$$

$$X_j^{(i)} = (X_{ij}^{(1)}, \dots, X_{ij}^{(p)}), \quad i = 1, 2.$$

საქ. სსრ უ. შარქისი  
 სსს, სსს. რეგისტრ.

რ. აბსავა

ორი რეგრესიის ფუნქციის ტოლობის ჰიპოთეზის შემოწმების  
შესახებ

რეზიუმე

აგებულია რეგრესიის ფუნქციათა ტოლობის ჰიპოთეზის შემოწმების  
ახალი ინტეგრალური კრიტერიუმი, რისთვისაც მოძებნილია რეგრესიის  
ფუნქციის შეფასებათა ინტეგრალური გადახრის ზღვართი განაწილების კა-  
ნონი.

MATHEMATICS

R. M. ABSAVA

CHECKING OF A HYPOTHESIS ON THE EQUALITY OF TWO  
REGRESSION FUNCTIONS

S u m m a r y

A new integral criterion has been derived for the verification of a  
hypothesis on the equality of regression functions.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

I. M. Л о в е в. Теория вероятностей. М., 1962.



Я. Г. БЕРКОВИЧ

ХАРАКТЕРЫ И НОРМАЛЬНЫЕ ДЕЛИТЕЛИ КОНЕЧНЫХ ГРУПП

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 20.12.1986)

Пусть  $H_0 \triangleleft H < G$ ; тогда  $(G, H, H_0)$  назовем  $W$ -тройкой, если  $H \cap H^x \leq H_0$  для всех  $x \in G - H$ . Согласно известной теореме Виланда,  $G$  содержит такую нормальную подгруппу  $G_0$ , что  $G_0 \cap H = H_0$  и  $HG_0 = G$ . Отметим, что далее характеры факторгруппы  $H/H_0$ , где это необходимо, рассматриваются как характеры группы  $H$ .

**Теорема 1.** Пусть  $H_0 \triangleleft H < G$ . Тогда  $(G, H, H_0)$  —  $W$ -тройка  $\iff$  для любого неглавного  $\varphi \in \text{Irr}(H/H_0)$  имеем  $((\varphi - \varphi(1)1_H)^G)_H = \varphi - \varphi(1)1_H$ .

Если  $(G, H, 1)$  —  $W$ -тройка, то  $G$  называется группой Фробениуса. Теорему 1 можно рассматривать как обращение теоремы Виланда (и ее частного случая — теоремы Фробениуса).

**Теорема 2.** Пусть  $F < G$  с  $|G:F| = m$ . Группа  $G$  является группой Фробениуса с ядром  $F \iff m$  делит  $\chi(1)$  для всех  $\chi \in \text{Irr}(G)$  с  $F \not\subseteq \ker \chi$ . В частности,  $G$  — группа Фробениуса с ядром  $F \iff \varphi^G \in \text{Irr}(G)$  для всех неглавных  $\varphi \in \text{Irr}(F)$ .

**Теорема 3.** Пусть  $m > 1$  — собственный делитель  $|G|$ ,  $\sigma(m) = \sum \chi(1)^2$ , где  $\chi$  пробегает все те характеры из  $\text{Irr}(G)$ , чьи степени не делятся на  $m$ . Тогда  $G$  — группа Фробениуса с ядром индекса  $m \iff \sigma(m) = m$ .

**Следствие 1.** По набору степеней неприводимых характеров группы  $G$  (кратности учитываются) можно узнать, будет ли  $G$  группой Фробениуса.

**Теорема 4.** Пусть  $H < G$  и  $m > 1$  — собственный делитель индекса  $|G:H|$ . Пусть  $d = \sum \chi(1)^2$ , где  $\chi$  пробегает все те неприводимые компоненты характера  $(1_H)^G$ , чьи степени не делятся на  $m$ . Тогда  $d \geq m$ . Если  $d = m$ , то  $M = \bigcap \ker \chi$ ,  $\chi$  где такие же, как и выше, имеет в  $G$  индекс  $m$ .

**Теорема 5.** Пусть  $1 < N \triangleleft H < G$ , и пусть степени характеров из  $\text{Irr}(H/N)$  меньше степеней характеров из  $X = \text{Irr}(H) - \text{Irr}((H/N))$ . Если  $\varphi^G \in \text{Irr}(G)$  для всех  $\varphi \in X$ , то  $N$  нормальна в  $G$ .

**Теорема 6.** Пусть  $H < G$ . Если для любого  $\chi \in \text{Irr}(G)$  с  $H \not\subseteq \ker \chi$  характер  $\chi$  исчезает на  $G - H$ , то  $H$  нормальна в  $G$  и  $\varphi^G$  кратен неприводимому характеру для всех неглавных  $\text{Irr}(H)$ .

**Теорема 7.** Пусть  $H < G$ , при этом

1. Для любого  $\chi \in \text{Irr}(G)$  ограничение  $\chi_H$  кратно неприводимому характеру.
2. Для любого неглавного  $\varphi \in \text{Irr}(H)$   $\varphi^G$  кратен неприводимому характеру.

Тогда  $H$  нормальна в  $G$ , группа представлений группы  $G/H$  центрального типа (и, в частности,  $G/H$  разрешима по теореме Айзекса — Хоулетта).



Неизвестно, всегда ли  $G$  из теоремы 7 разрешима.

Пусть  $H_0 \triangleleft H < G$ , а  $H_0, H_1, \dots, H_n$  — обратные образы в  $H$  классов сопряженности факторгруппы  $H/H_0$ . Скажем, что  $(G, H, H_0)$  —  $B$ -тройка, если элементы из  $H_i$  не сопряжены в  $G$  элементам из  $H_j$  при  $i \neq j$ . Скажем, что  $B$ -тройка  $(G, H, H_0)$  является  $B_\pi$ -тройкой, где  $\pi$  — множество всех простых делителей  $|H/H_0|$ , если  $\bigcup_{x \in G} H^x$  содержит все  $\pi$ -элементы группы  $G$ . Если  $(G, H, H_0)$  —  $B$ -тройка, то для  $i > 0$  полагаем  $G_i = \bigcup_{x \in G} H_i^x$ , и

пусть  $G_0 = G - \bigcup_{i=1}^n G_i$ . Если  $(G, H, H_0)$  —  $B_\pi$ -тройка, то пусть  $G_i^\pi$  — множество всех тех элементов  $x \in G$ , чьи  $\pi$ -части  $x_\pi$  сопряжены элементам из  $H_i$ ,  $i \in \overline{0, n}$ . Очевидно,  $\bigcup_{i=0}^n G_i = G = \bigcup_{i=0}^n G_i^\pi$  — разбиения. Пусть  $(G, H, H_0)$  —

$B$ -тройка или  $B_\pi$ -тройка. Для  $\varphi \in \text{Irr}(H)$  определим на  $G$  классовую функцию  $\varphi^*$ , полагая  $\varphi^*(G_i) = \varphi(H_i)$  или  $\varphi^*(G_i^\pi) = \varphi(H_i)$ ,  $i \in \overline{0, n}$ .

Результаты этого раздела получены совместно с Т. Я. Беркович.

**Теорема 8.**  $(G, H, H_0)$  —  $B$ -тройка и  $\varphi^*$  — обобщенный характер группы  $G$  для всех  $\varphi \in \text{Irr}(H/H_0) \iff (G, H, H_0)$  —  $W$ -тройка.

**Теорема 9.** Пусть  $(G, H, H_0)$  —  $B$ -тройка и  $\varphi^*$  — обобщенный характер группы  $G$  для всех  $\varphi \in \text{Irr}(H/H_0)$ . Тогда  $G_0^\pi \triangleleft G$ ,  $G = HG_0^\pi$  и  $H \cap G_0^\pi = H_0$ .

**Следствие 2.** Если  $(G, H, 1)$  —  $B_\pi$ -тройка и  $\varphi^*$  — обобщенный характер для всех  $\varphi \in \text{Irr}(H/H_0)$ , то  $G_0^\pi \triangleleft G$ ,  $G = HG_0^\pi$  и  $H \cap G_0^\pi = 1 = H_0$ .

Если  $H$  —  $\pi$ -холловская подгруппа группы  $G$ , то обращение следствия 2 тоже верно. Это усиливает известную теорему Брауэра — Судзуки.

**Следствие 3.** Если  $(G, H, 1)$  —  $B$ -тройка и  $C_G(x) \leq H$  для всех неединичных  $x \in H$ , то  $G$  — группа Фробениуса с дополнением  $H$ . Обратное тоже верно.

Это — еще один вариант теоремы Фробениуса.

Применение индукционной теоремы Брауэра позволяет вывести из результатов этого раздела многочисленные следствия. Например, если  $(G, H, H_0)$  —  $B_\pi$ -тройка и любая элементарная (в смысле Брауэра)  $\pi$ -подгруппа группы  $G$  сопряжена подгруппе из  $H$ , то справедливо заключение теоремы 9 (это теорема Э. Дейда).

Пусть  $\pi$  — некоторое множество простых чисел. Группа  $G$  называется  $\pi$ -нильпотентной, если она имеет нормальное  $\pi$ -дополнение. Характер  $\chi$  назовем  $\pi$ -нильпотентным, если  $G/\ker \chi$  —  $\pi$ -нильпотентная группа. Очевидно,  $G$   $\pi$ -нильпотентна  $\iff$  все  $\chi \in \text{Irr}(G)$   $\pi$ -нильпотентны. Теорема 10 намного сильнее этого утверждения.

**Теорема 10.** Пусть  $H$  —  $\pi$ -холловская подгруппа группы  $G$ ,  $\pi$  не пусто. Пусть для любого неединичного  $\lambda \in \text{Irr}(H/\ker(H))$  существуют такое  $\rho \in \pi$ , зависящее от  $\lambda$ , что выполнено условие:

(\*) Если  $\chi$  — неприводимый компонент характера  $\lambda^\rho$  и  $\chi(1) > \lambda(1)$  или  $\chi$  не  $\pi$ -нильпотентен, то  $\chi(1) \equiv 0 \pmod{\rho \lambda(1)}$ .

Тогда  $G$  —  $\pi$ -нильпотентная группа.

Случаю  $|\pi| = 1$  теоремы 10 соответствует известная теорема Томпсона. Приведем короткое доказательство последней. Пусть  $\lambda$  — линейный ха-

рактир  $P$ -силовой  $p$ -подгруппы группы  $G$ . Так как  $\lambda^G(1) = |G:P|$  не делится на  $p$ , то  $\lambda^G$  имеет линейную компоненту  $\mu$  и  $\mu$ —продолжение  $\lambda$  на  $G$ . По известной теореме Тейта  $G$  имеет нормальное  $p$ -дополнение, что и требовалось доказать.

Следствие 4. Пусть  $H$ —нильпотентная  $\pi$ -холловская подгруппа группы  $G$ . Если для любого неглавного  $\lambda \in \text{Irr}(H/\Phi(H))$  существует такое  $p \in \pi$  (зависящее от  $\lambda$ ), что  $p$  делит степени всех нелинейных неприводимых компонент характера  $\lambda^G$ , то  $H$  нормально дополняема в  $G$ .

Пусть  $\pi(G) = \pi_1 \cup \dots \cup \pi_{n+1}$ —разбиение. Скажем, что  $G$ — $(*)$ -группа относительно этого разбиения, если

(а)  $G$  содержит нильпотентную  $\pi_i$ -холловскую подгруппу,  $i \in \{1, \dots, n\}$ .

(б)  $\pi(\chi(1)) \subseteq \pi_1 \cup \dots \cup \pi_n$  ( $\pi(m)$ —множество всех простых делителей натурального числа  $m$ ).

(в) Пусть  $M = \{\chi(1) \mid \chi \in \text{Irr}(G), \chi(1) > 1\}$ . Все числа из  $M$  делятся на  $p_1 \in \pi_1$ . Все числа из  $M$ , не являющиеся  $\pi_1$ -числами, делятся на  $p_2 \in \pi_2$ . ... Все числа из  $M$ , не являющиеся  $\pi_1 \cup \dots \cup \pi_{n-1}$ -числами, делятся на  $p_n \in \pi_n$ .

Пусть снова  $\pi(G) = \pi_1 \cup \dots \cup \pi_{n+1}$ —разбиение. Скажем, что  $G$  имеет холловскую башню типа  $\{\pi_1, \dots, \pi_{n+1}\}$ , если она содержит нормальную  $\pi_{n+1}$ -холловскую подгруппу  $G_{n+1}$ , и  $G/G_{n+1}$  имеет холловскую башню типа  $\{\pi_1, \dots, \pi_n\}$ .

Теорема 11. Если  $G$ — $(*)$ -группа относительно разбиения  $\pi(G) = \pi_1 \cup \dots \cup \pi_{n+1}$ , то она имеет холловскую башню относительно этого же разбиения, при этом  $\pi_{n+1}$ -холловская подгруппа группы  $G$  абелева.

Следствие 5. Если множество  $\{\pi(\chi(1)) \mid \chi \in \text{Irr}(G)\}$  линейно упорядочено по включению, то  $G$  имеет упорядоченную силовскую башню.

Завершим статью информацией о строении  $p$ -групп с большим мультипликатором Шура. Мультипликатор Шура группы  $G$  обозначим через  $M(G)$ . Далее в этом разделе  $G$ —всегда группа порядка  $p^n$ . Положим  $|M(G)| = p^{m(G)}$ . Согласно результату Грина,  $m(G) \leq \frac{1}{2} n(n-1)$ . Возникает вопрос о строении  $G$ , для которой  $m(G) = \frac{1}{2} n(n-1)$ . Далее, пусть  $E(p^n)$

обозначает элементарную  $p$ -группу порядка  $p^n$ , а  $ES(m, p)$ —экстраспециальную  $p$ -группу порядка  $p^{1+2m}$ .

Лемма 1. Пусть  $G$ — $p$ -группа с  $|G/Z(G)| = p^2$ . Тогда  $|G'| = p^{0,5a(a-1)-s}$ , где  $s \geq 0$  целое, при этом  $|(G/Z(G))'| \leq p^{1+s}$ . Если, к тому же,  $|(G/Z(G))'| = p^{1+s}$ , то  $Z_2(G)/Z(G)$  элементарная (здесь  $Z_2(G)$ —второй член верхнего центрального ряда группы  $G$ ).

Лемма 2. Пусть  $G$ — $p$ -группа с  $|G/Z(G)| = p^2$ ,  $|G'| = p^{0,5a(a-1)}$ . Тогда  $G/Z(G)$  элементарная или экстраспециальная.

Следствие 6. Если  $m(G) = \frac{1}{2} n(n-1)$ , то  $G$  элементарная.

Это дает ответ на давно стоявший вопрос.

Теорема 12. Пусть  $G$ — $p$ -группа,  $|G|/|Z(G)| = p^2$ ,  $|G'| = p^{0,5a(a-1)-1}$ . Тогда справедливо одно из утверждений:

(а)  $G/Z(G)$  элементарная или экстраспециальная.



(б) Для любого  $x \in Z_2(G) - Z(G)$  всегда  $|G_G(x)| = p^2 |Z(G)|$ . В этом случае  $Z_2(G)/Z(G)$  элементарная порядка  $p$  или  $p^2$ . В последнем случае  $G' \leq Z_2(G)$  и для любого  $z_0 \in Z_2(G) - Z(G)$  имеем  $C_G(z_0) = Z_2(G)$ .

Следстви 7. Если  $m(G) = \frac{1}{2} n(n-1) - 1$ , то  $G$  циклическая порядка  $p^2$  или абелева порядка  $p^3$  и экспоненты  $p$ .

Теорема 13. Если  $m(G) = \frac{1}{2} n(n-1) - 2$ , то  $G$  - группа дивиза порядка 8 или абелева группа типа  $(p, p^2)$ , или  $G = ES\left(\frac{1}{2} (n-2), p\right) Z(G)$  с  $|Z(G)| = p^2$ .

Автор располагает также описанием  $G/Z(G)$  в случае, когда  $|G/Z(G)| = p^a$  и  $|G'| = p^{0.5a(a-1)-2}$ . Так как это описание слишком громоздко, оно не приводится. Из этого результата легко получить большую информацию о  $p$ -группах  $G$  с  $m(G) = \frac{1}{2} n(n-1) - 3$ .

Сказанное позволяет предположить, что группы  $G$ , у которых разность  $\frac{1}{2} n(n-1) - m(G)$  относительно мала, допускают хорошее описание. В то же время множество  $p$ -групп  $G$  с малым  $m(G)$  чрезвычайно обширно (например, до сих пор нет описания случая  $m(G) = 0$ ).

Ростовский инженерно-строительный институт

(Поступило 7.5.1987)

მათემატიკა

ი. ბერკოვიჩი

სასრულ ჯგუფთა მახასიათებლები და ნორმალური ბამყოფები

რეზიუმე

გამოკვლეულია სასრული ჯგუფის დაყვანად მახასიათებელთა ბარისებვის გავლენა მის ნორმალურ აგებულებაზე, აგრეთვე მოცემულია ქვედა შეფასება სასრული  $p$ -ჯგუფის შურის მულტიპლიკატორის რიგებისათვის.

MATHEMATICS

Ya. G. BERKOVICH

CHARACTERS AND NORMAL SUBGROUPS OF FINITE GROUPS

Summary

The influence of the orders of irreducible characters on the normal structure of a finite group is investigated, and the lower bounds for the orders of the Shur multipliers of the finite  $p$ -groups are presented.



З. А. ЧАНТУРИЯ

О ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ КЛАССАМИ  $V_\Phi$  И  $V[\psi]$

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. В. Жижишвили 11.5.1987)

Как хорошо известно, понятие вариации функции впервые было введено Жорданом при исследовании вопроса о сходимости рядов Фурье.

Затем появились обобщения этого понятия в работах Винера [1] и Юнг [2].

Пусть  $\Phi$  возрастает, выпукла и непрерывна на  $[0, \infty[$  и  $\Phi(0) = 0$ . Класс таких функций обозначим через  $\Omega$ .

Определение 1. (см. [2]). Пусть  $\Phi \in \Omega$ , а функция  $f$  ограничена на  $[a, b]$ . Мы скажем, что  $f \in V_\Phi$ , если

$$\sup_{\Pi} \sum_{k=1}^n \Phi(|f(I_k)|) < \infty,$$

где  $\Pi = \{a = x_0 < x_1 < \dots < x_n = b\}$  — произвольное разбиение отрезка

$$[a, b], I_k = [x_{k-1}, x_k], |f(I_k)| = |f(x_k) - f(x_{k-1})|.$$

При  $\Phi(u) = u$  получается класс Жордана  $V$ , а при  $\Phi(u) = u^p, p > 1$  классы Винера  $V_p$ .

Очевидно, что классы  $V_\Phi$  зависят лишь от поведения функции  $\Phi$  в окрестности нуля и чем быстрее стремится к нулю  $\Phi(u)$  при  $u \rightarrow 0$ , тем шире класс  $V_\Phi$ .

Классы  $V_\Phi$ , вообще говоря, нелинейны. Таким является, например класс  $V_\Phi$  с  $\Phi(u) = \exp\left(-\frac{1}{u}\right)$ . Поэтому рассматривают и такие классы

$$V_\Phi^* = \{f; \exists c > 0, cf, \in V_\Phi\};$$

тем самым  $V_\Phi^*$  является пополнением  $V_\Phi$  по линейности.

Мусиелак и Орлич [3] доказали, что  $V_\Phi = V_\Phi^*$  тогда и только тогда, когда  $\Phi$  удовлетворяет так называемому условию  $\Delta_2$ : существует такое  $c > 0$ , что  $\Phi(2u) \leq c\Phi(u)$  в окрестности нуля.

Другое обобщение класса Жордана дано нами в работе [4].

Определение 2. Пусть  $f$  ограничена на  $[a, b]$ . Модулем изменения функции  $f$  называется функция целого неотрицательного аргумента  $\psi(n, f)$ , определенная следующим образом:  $\psi(0, f) = 0$ , а при  $n \geq 1$

$$\psi(n, f) = \sup_{\Pi_n} \sum_{k=1}^n |f(I_k)|,$$





где  $P_n$  — произвольная система из  $n$  непересекающихся интервалов на  $[a, b]$ .

Для любой функции  $f$  модуль изменения является неубывающей и выпуклой вверх и наоборот, если  $v(0) = 0$ ,  $v$  не убывает и выпукла вверх, то она является модулем изменения некоторой функции  $f$ ; поэтому все такие функции  $v$  называем модулями изменения.

Если задан модуль изменения  $v$ , то через  $V[v]$  обозначим класс всех тех функций  $f$ , для которых  $v(n, f) = 0$  ( $v(n)$ ) при  $n \rightarrow \infty$ .

Какова зависимость между классами  $V_\Phi$ ,  $V_\Phi^*$  и  $V[v]$ ?

Одна такая зависимость была дана нами в [4] (см. также [5]).

А именно,  $V_\Phi \subset V \left[ n\Phi^{-1} \left( \frac{1}{n} \right) \right]$ , причем вложения строгие, если

$\lim_{u \rightarrow 0} \frac{\Phi(u)}{u} = 0$ , т. е. по существу, если  $\Phi$  отлична от линейной функции.

Оказывается, если  $\Phi$  стремится к нулю очень быстро, то вышеприведенные вложения строгие из-за нелинейности класса  $V_\Phi$ . Это следует из теоремы 1.

Теорема 1. *Имеют место вложения*

$$V_\Phi^* \subset V \left[ n\Phi^{-1} \left( \frac{1}{n} \right) \right],$$

причем вложения строгие, если для любого положительного  $c$  ряд

$$\sum_{n=1}^{\infty} \Phi \left( c\Phi^{-1} \left( \frac{1}{n} \right) \right), \quad (1)$$

расходится. Если же ряд (1) сходится для некоторого  $c > 0$ , то

$$V_\Phi^* = V \left[ n\Phi^{-1} \left( \frac{1}{n} \right) \right].$$

Теперь исследуем вопрос об обратных вложениях.

Справедлив следующий результат (см. [6]).

Теорема 2. *Пусть задан класс  $V[v]$  и функция  $\Phi \in \Omega$ . Если*

$$\sum_{n=1}^{\infty} \Phi \left( \frac{v(n)}{n} \right) < \infty, \quad (2)$$

то

$$V[v] \subset V_\Phi^*.$$

Следствие. Если  $p > 1$  и

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{v^p(n)}{n^p} < \infty, \quad (3)$$

то  $V[v] \subset V_p$ .

Из теоремы 2 следует, что если задана  $\Phi$ , то

$$V_\Phi^* \supset \cup V[v], \quad (4)$$

где объединение берется по всем  $v$ , удовлетворяющих (2).

В частности, при  $p > 1$

$$V_p \supset \cup V[\nu], \tag{5}$$

где объединение берется по всем  $\nu$ , удовлетворяющих (3).

Являются ли строгими вложения (4)?

Ясно, что если  $\Phi$  такова, что ряд (1) сходится для некоторого  $c > 0$ , в (4) имеет знак равенства. С другой стороны, справедлива Теорема 3. *Каково бы ни было  $p > 1$  вложения (5) строгие.*

Тбилисский государственный университет  
 Институт прикладной математики  
 им. И. Н. Векуа  
 (Поступило 14.5.1987)

მათემატიკა

ზ. ჭანტურია

$V_\Phi$  და  $V[\nu]$  კლასებს შორის დამოკიდებულების შესახებ

რეზიუმე

გამოკვლეულია საკითხი, თუ რა დამოკიდებულებაა იუნგის  $V_\Phi$  კლასებსა და ჩვენს მიერ შემოღებულ  $V[\nu]$  კლასებს შორის.

MATHEMATICS

Z. A. CHANTURIA

ON RELATION BETWEEN CLASSES  $V_\Phi$  AND  $V[\nu]$

Summary

The relation between Young's  $V_\Phi$  classes and  $V[\nu]$  classes introduced by the author is studied.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. N. Wiener. Mass. J. Math., 3, 1924.
2. L. Young. Acta Math., 67, 1936.
3. J. Musielak, W. Orlicz. Studia Math, 18, № 1, 1959.
4. З. А. Чантурия. ДАН СССР, 214, № 1, 1974.
5. З. А. Чантурия. Сб. «Конструктивная теория функций-77». София, 1980.
6. З. А. Чантурия. Автореферат докт. дисс. Тбилиси, 1978.

Р. И. ГУРИЕЛАШВИЛИ

ОБ ОДНОЙ ТЕОРЕМЕ ХАРДИ

(Представлено академиком Б. В. Хвдელიдзе 29.5.1987)

Пусть  $L^p_\alpha(R)$ , где  $p > 0$ ,  $R = (-\infty, \infty)$  и  $\alpha \in R$ , обозначает множество измеримых функций  $f$ , определенных на  $R$  и удовлетворяющих условию

$$\|f\|_{p,\alpha} = \left( \int_R |f(x)|^p |x|^\alpha dx \right)^{\frac{1}{p}} < \infty.$$

Определим операторы  $L$  и  $h^*$  соответственно на  $L^{\text{loc}}$  и  $L^{\text{loc}}(\infty)$  равенствами

$$(hf)(x) = \frac{1}{x} \int_{|t| < |x|} f dt, \quad (h^*f)(x) = \frac{1}{x} \int_{|t| > |x|} f dt, \quad x \neq 0,$$

где  $L^{\text{loc}}$  — множество функций, интегрируемых на любом конечном интервале, а  $L^{\text{loc}}(\infty)$  — множество функций, интегрируемых вне любой окрестности нуля.

Для любой функции  $f$  и любого  $t > 0$ , через  ${}^t f$  и  ${}_t f$  обозначим соответственно верхнюю и нижнюю срезки функции  $f$  по  $t$ , т. е.

$${}^t f(x) = \begin{cases} f(x), & |f(x)| > t, \\ 0, & |f(x)| \leq t, \end{cases} \quad {}_t f(x) = \begin{cases} 0, & |f(x)| > t, \\ f(x), & |f(x)| \leq t. \end{cases}$$

Условимся, через  $c_p, c_{p,\alpha}, \dots$ , обозначать положительные константы, зависящие только от указанных параметров.

Известна следующая теорема Харди [1, с. 296].

Теорема 1. Пусть  $f \in L^p_\alpha(R)$ , где  $p > 1$  и  $\alpha \neq p - 1$ .

- I. Если  $\alpha < p - 1$ , то  $\|{}^t f\|_{p,\alpha} \leq c_{p,\alpha} \|f\|_{p,\alpha}$ .
- II. Если  $\alpha > p - 1$ , то  $\|{}_t f\|_{p,\alpha} \leq c_{p,\alpha} \|f\|_{p,\alpha}$ .

Наша задача — выяснить, что происходит в обеих частях этой теоремы при  $\alpha = p - 1$ .

Оказалось, что интегрируемость  $hf$  и  $h^*f$  в  $L^{p-1}_\alpha(R)$  зависит от метрической симметрии функции  $f$ , т. е. от такой симметрии, которая инвариантна относительно всех функций  $\varphi \in L^{p-1}_\alpha(R)$ , равноизмеримых на  $R$  с  $f$ .

Теорема 2. Если  $f \in L^{\text{loc}} \cap L^{p-1}_\alpha(R)$ , где  $p > 1$ , то  ${}^t f$  интегрируема на  $R$  для любого  $t > 0$  и  $hf \in L^{p-1}_\alpha(R)$  тогда и только тогда, если

$$z_p(f) = \left( \int_0^\infty \frac{dt}{t} \left| \int_R {}^t f dx \right|^p \right)^{\frac{1}{p}} < \infty.$$



Более того

$$\|h\tilde{f}\|_{p',p-1} \leq c_p [\|\tilde{f}\|_{p',p-1} + z_p(\tilde{f})],$$

$$z_p(\tilde{f}) \leq c_p [\|\tilde{f}\|_{p',p-1} + \|h\tilde{f}\|_{p',p-1}].$$

Теорема 3. Если  $f \in L^{\text{loc}}(\infty) \cap L_{p-1}^p(R)$ , где  $p > 1$ , то  $f$  интегрируема на  $R$  для любого  $t > 0$  и  $h^*f \in L_{p-1}^p(R)$  тогда и только тогда, если

$$z_p^*(f) = \left( \int_0^\infty \frac{dt}{t} \left| \int_R f dx \right|^p \right)^{\frac{1}{p}} < \infty.$$

Более того

$$\|h^*\tilde{f}\|_{p',p-1} \leq c_p [\|\tilde{f}\|_{p',p-1} + z_p^*(\tilde{f})],$$

$$z_p^*(\tilde{f}) \leq c_p [\|\tilde{f}\|_{p',p-1} + \|h^*\tilde{f}\|_{p',p-1}].$$

Идея доказательства этих теорем полезна и в других вопросах, поэтому ниже формализуем ее в виде теоремы (см. теорему 4).

Пусть  $(X, S, \mu)$  и  $(Y, U, \nu)$  — пространства с мерами. Оператор  $A$ , определенный на некотором множестве  $E$  ( $S$ )-измеримых функций, называется оператором слабого  $(p, p)$  типа,  $p > 0$  (см., напр., [2, с. 167]), если для любой функции  $f \in E$

$$\nu(|Af| > t) \leq c_p t^{-p} \|\tilde{f}\|_{L^p(d\mu)}^p,$$

где  $(|Af| > t)$  обозначает множество  $(y \in Y : |Af(y)| > t)$ , а

$$\|\tilde{f}\|_{L^p(d\mu)} = \left( \int_X |f|^p d\mu \right)^{\frac{1}{p}}.$$

Пусть  $E$  — некоторое множество ( $S$ )-измеримых функций;  $E_1$  — множество всех верхних срезов функций из  $E$ , а  $E_2$  — множество всех нижних срезов функций из  $E$ , т. е.  $E_1 = \{f : t > 0, f \in E\}$ ,  $E_2 = \{f : t > 0, f \in E\}$ . Кроме того, пусть  $E^* = E \cup E_1 \cup E_2$ .

Если  $T$  — некоторый оператор, определенный на  $E_1$ , то пусть

$$z_p(f, T, \nu) = \left( \int_0^\infty t^{p-1} \nu(|T(tf)| > t) dt \right)^{\frac{1}{p}},$$

а если  $T$  определен на  $E_2$ , то

$$z_p^*(f, T, \nu) = \left( \int_0^\infty t^{p-1} \nu(|T(f)| > t) dt \right)^{\frac{1}{p}}.$$

Теорема 4. Пусть квазилинейный оператор  $A$  определен на  $E^*$  и является оператором слабого типа  $(r, r)$ ,  $r > 0$ .

1. Если  $T$  такой оператор, определенный на  $E_1$ , что  $A-T$  является оператором слабого типа  $(s, s)$ , где  $0 < s < r$ , то для любого  $p$ ,  $s < p > r$ ,

$$\|Af\|_{L^p(d\nu)} \leq c_p [\|f\|_{L^p(d\mu)} + z_p(f, T, \nu)],$$

$$z_p(f, T, \nu) \leq c_p [\|f\|_{L^p(d\mu)} + \|Af\|_{L^p(d\nu)}].$$

II. Если  $T$  определен на  $E_2$  и  $A - T$  является оператором слабого типа  $(l, l)$ , для некоторого  $l > r$ , то для любого  $p, r < p < l$ ,

$$\|Af\|_{L^p(d\nu)} \leq c_p [\|f\|_{L^p(d\mu)} + z_p^*(f, T, \nu)],$$

$$z_p^*(f, T, \nu) \leq c_p [\|f\|_{L^p(d\mu)} + \|Af\|_{L^p(d\nu)}].$$

Доказательство теоремы 4 повторяет рассуждения, проводимые (см., напр., [3]) при доказательстве интерполяционной теоремы Марцинкевича.

Теперь покажем, как с помощью теоремы 4 доказывается теорема 2 (теорема 3 доказывается аналогично).

Доказательство теоремы 2. Пусть  $E = L^{\text{loc}} \cap L^{p-1}(R)$ ,  $p > 1$ . Тогда очевидно, что  $E^* \equiv E$ . Следовательно, оператор  $h$  определен на  $E^*$ . Так как для любого  $t > 0$

$$\begin{aligned} \int_R |{}^t f| dx &\leq \int_{|x| < 1} |{}^t f| dx + t \int_{|x| > 1} \frac{|f(x)|}{t} |x|^{p-1} dx \leq \\ &\leq \int_{|x| < 1} |f| dx + t^{1-p} \int_R |f|^p |x|^{p-1} dx, \end{aligned}$$

то  ${}^t f \in L(R)$  для любого  $t > 0$ . Следовательно, оператор  $T$ ,  $T\varphi(x) = \frac{1}{x} \int_R \varphi$ , определен для любого  $\varphi \in E_1$ . Теперь для доказательства тео-

ремы 2 воспользуемся теоремой 4 в том случае, когда  $X = Y = R$  и,  $d\mu(x) = d\nu(x) = |x|^{p-1} dx$ . Тогда из теоремы 1 следует, что оператор  $h$  слабого типа  $(r, r)$  для любого  $r > p$ . Так как  $h\varphi - T\varphi = h^* \varphi$  для любого  $\varphi \in E_1$  и в силу второй части теоремы 1  $\|h^* \varphi\|_{s, p-1} \leq c_{p, s} \|\varphi\|_{s, p-1}$  для любого  $s$ ,  $1 < s < p$ , то оператор  $h - T$  является оператором слабого типа  $(s, s)$  на  $E_1$ . Поэтому, в силу первой части теоремы 4

$$\|h\varphi\|_{L^p(d\nu)} \leq c_p [\|\varphi\|_{L^p(d\mu)} + z_p(\varphi, T, \nu)],$$

$$z_p(\varphi, T, \nu) \leq c_p [\|\varphi\|_{L^p(d\mu)} + \|h\varphi\|_{L^p(d\nu)}].$$

(1)

Так как

$$\begin{aligned} \nu(x \in R : |T({}^t f)(x)| > t) &= \nu\left(x \in R : |x| < \left| \frac{1}{t} \int_R {}^t f du \right| \right) = \\ &= \frac{2}{p} \left| \frac{1}{t} \int_R {}^t f du \right|^p, \end{aligned}$$



$$z_p(f, T, \nu) = \left( \frac{2}{p} \int_0^\infty \frac{dt}{t} \left| \int_R t f du \right|^p \right)^{\frac{1}{p}}.$$

Отсюда из (1) следует справедливость теоремы 2.

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

(Поступило 29.5.1987)

მათემატიკა

რ. გურიელაშვილი

ჰარდის ერთი თეორემის შესახებ

რეზიუმე

მაჩვენებია, რომ თუ ლოკალურად ინტეგრებადი  $f$  ფუნქცია ისეთია,

რომ 
$$\int_{-\infty}^{\infty} |f(x)|^p |x|^{p-1} dx < \infty, \text{ სადაც } p > 1, \text{ მაშინ}$$

$$\int_0^{\infty} \left| \frac{1}{x} \int_{|t| \leq x} f(t) dt \right|^p |x|^{p-1} dx < \infty \iff \int_0^{\infty} \frac{dt}{t} \left| \int_{(x: |f(x)| > t} f(x) dx \right|^p < \infty.$$

MATHEMATICS

R. I. GURIELASHVILI

ON ONE HARDY'S THEOREM

Summary

In particular, it is proved that if  $f$  is a locally integrable function, and

$$\int_{-\infty}^{\infty} |f(x)|^p |x|^{p-1} dx < \infty, \text{ where } p > 1, \text{ then}$$

$$\int_0^{\infty} \left| \frac{1}{x} \int_{|t| \leq x} f dt \right|^p |x|^{p-1} dx < \infty \iff \int_0^{\infty} \frac{dt}{t} \left| \int_{(x: |f(x)| > t} f(x) dx \right|^p < \infty.$$

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. Г. Харди, Д. Е. Литтлвуд, Г. Полиа. Неравенства. М., 1948.
2. А. Зигмунд. Тригонометрические ряды, т. 2. М., 1965.
3. О. Д. Церетели. Труды Тбил. матем. ин-та АН ГССР, т. 36, 1969.

М. И. ДЬЯЧЕНКО

О  $(C, \alpha)$ -СУММИРУЕМОСТИ КРАТНЫХ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИХ РЯДОВ ФУРЬЕ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. В. Жижиашвили 25.5.1987)

Пусть число  $m \geq 2$ ,  $T = [-\pi, \pi]$ ,  $2\pi$ -периодическая по каждому переменному функция  $f(x) \in L(T^m)$ , а

$\sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n e^{inx}$  — ее ряд Фурье, где  $n = (n_1, \dots, n_m)$ ,  $x = (x_1, \dots, x_m)$  и

$$nx = \sum_{j=1}^m n_j x_j.$$

Положим

$$S_k(x) = \sum_{n_1=-k}^k \dots \sum_{n_m=-k}^k c_n e^{inx},$$

при  $k = 0, 1, 2, \dots$  и для  $\alpha > 0$  определим

$$\sigma_r^\alpha(x) = \frac{1}{A_r^\alpha} \sum_{k=0}^r A_{r-k}^{\alpha-1} S_k(x)$$

при  $r = 0, 1, 2, \dots$ , где  $A_n^\alpha$  — соответствующие числа Чезаро.

Впервые такие средние рассматривал Марцинкевич [1]. Обобщая и усиливая его результаты, Л. В. Жижиашвили доказал такую теорему [2].

**Теорема А.** Если  $\alpha > 0$  и функция  $f(x) \in L(T^2)$ , то почти всюду на  $T^2$  существует  $\lim_{r \rightarrow \infty} \sigma_r^\alpha(x) = f(x)$ .

Модифицируя метод Л. В. Жижиашвили, можно получить следующий результат.

**Теорема 1.** Если  $m \geq 3$ , число  $\alpha > 0$  и функция  $f(x) \in L(T^m)$ , то почти всюду на  $T^m$  существует  $\lim_{r \rightarrow \infty} \sigma_r^\alpha(x) = f(x)$ .

При доказательстве основную роль играют приводимые ниже вспомогательные утверждения. Обозначим через  $K_r^\alpha(t)$  ядро рассматриваемого метода суммирования, то есть функцию, для которой при каждой  $f(x) \in L(T^m)$

$$\sigma_r^\alpha(x) = \frac{1}{\pi^m} \int_{T^m} f(x+t) K_r^\alpha(t) dt.$$



Лемма 1. При  $r = 0, 1, 2 \dots$  справедливо равенство

$$K_r^\alpha(t) = \frac{1}{2^{m-1} \prod_{j=1}^m \sin \frac{1}{2} t_j (\gamma_2, \dots, \gamma_m)} \sum_{\gamma} \frac{1}{A_r^\alpha} \sum_{k=0}^r A_{r-k}^{\alpha-1} \cos \left( \left( k + \frac{1}{2} \right) \times \right. \\ \left. \times (t_1 + \gamma_2 t_2 + \dots + \gamma_m t_m) - \frac{\pi}{2} \sum_{j=1}^m \gamma_j \right),$$

где суммирование производится по всем наборам  $(\gamma_2, \dots, \gamma_m)$  из 1 и  $-1$ , а  $\gamma_1 = 1$ .

Если множество  $M \subseteq \{1, 2, \dots, m\}$ , а  $\nu$  — натуральное число, то положим  $\Gamma_M = \{(\gamma_1, \dots, \gamma_m) : \gamma_j = 0 \text{ при } j \in M, \gamma_j = \pm 1 \text{ при } j \notin M \text{ и первое по порядку ненулевое } \gamma_j = 1\}$  и  $E_{M,\nu} = \{x \in [0, \pi]^m : 0 \leq x_j \leq \pi \cdot 2^{-\nu-1} \text{ при } j \in M \text{ и } \pi \cdot 2^{-\nu-1} \leq x_j \leq \pi \text{ при } j \notin M\}$ . Если  $\gamma \in \Gamma_M$ , то обозначим через

$$x_\gamma = \sum_{j=1}^m \gamma_j x_j.$$

Обозначим также через  $|M|$  число точек множества  $M$ .

Лемма 2. Если  $\alpha \in (0, 1)$  и  $|M| < m - 1$ , то при  $x \in E_{M,\nu}$  и  $r \leq 2^\nu$  справедлива оценка

$$|K_r^\alpha(x)| \leq C (r+1)^{|M|-\alpha} \sum_{\gamma \in \Gamma_M} \sum_{l=-m}^m \chi_{\{|t| < \pi\}}(x_\gamma - 2\pi l) \cdot \\ \cdot \min \left( \sum_{j \notin M} \left( \frac{1}{|x_\gamma - 2\pi l| \prod_{\substack{p \notin M \\ p \neq j}} x_p} \right)^{1 + \frac{\alpha}{m-|M|}} + \left( \frac{1}{\prod_{p \notin M} x_p} \right)^{1 + \frac{\alpha}{m-|M|}} \right) \\ (r+1)^\alpha \sum_{\substack{j \notin M \\ p \notin M \\ p \neq j}} \left( \frac{1}{\prod_{p \notin M} x_p} \right)^{1 + \frac{1}{m-|M|-1}},$$

где постоянная  $C$  зависит лишь от  $m$  и  $\alpha$ .

Пусть  $h_1(t), \dots, h_m(t)$  — непрерывные строго возрастающие до  $+\infty$  на  $[0, \infty)$  функции, причем  $h_j(0) = 0$  при  $1 \leq j \leq m$ , число  $\lambda > 0$ , а функция  $f(x) \in L([-11\pi m^2, 11\pi m^2]^m)$ .

Пусть также  $\beta$  — ненулевой  $m$ -мерный вектор из 0, 1 и  $-1$ , целое  $q \in [1, m]$  таково, что  $\beta_q \neq 0$ , а целое  $l \in [-m, m]$ . Тогда для целых отрицательных  $\nu_1, \dots, \nu_m$  обозначим через

$$I_{\nu}^{\beta, q, l}(t) = \{u : -2^{\nu_j} h_j(t) \leq u_j \leq 2^{\nu_j} h_j(t) \text{ при } j \neq q \text{ и} \\ -2^{\nu_q} h_q(t) \leq u_\beta - 2\pi l \leq 2^{\nu_q} h_q(t)\}.$$

Лемма 3. При любых  $\lambda, \beta, q$  и  $l$ , удовлетворяющих наложенным выше условиям, для функции

$$f_{\lambda, \beta, q, l}^*(x) = \sup_{\nu_1, \dots, \nu_m \geq 0} \left[ -\lambda \sum_{j=1}^m \nu_j \right] \sup_t \frac{1}{\prod_{j=1}^m 2^{\nu_j+1} h_j(t)} \int_{I_{\nu, h}^{\beta, q, l}(t)} |f(x+u)| du,$$

где внутренний sup берется по таким  $t$ , что  $0 < 2^{\nu_j} h_j(t) \leq \pi$  при  $1 \leq j \leq m$ , выполняется оценка

$$\text{mes} \{x \in [0, \pi]^m : f_{\lambda, \beta, q, l}^*(x) > \xi\} \leq \frac{A}{\xi} \int_{[-11\pi m^2, 11\pi m^2]^m} |f(x)| dx,$$

для  $\xi > 0$ , где постоянная  $A$  зависит лишь от  $m$  и  $\lambda$ .

Это утверждение по существу является следствием леммы, доказанной в книге А. Зигмунда (см. [3, с. 467]).

Московский государственный университет

(Поступило 29.5.1987)

მათემატიკა

ა. დიაჩენკო

ჯერადი ფურიეს მჭკრივების (C,  $\alpha$ )-შეჯამებადობის შესახებ

რეზიუმე

$L([- \pi, \pi]^m)$ ,  $m \geq 3$ , კლასის ფუნქციათა ჯერადი ფურიეს მჭკრივებისათვის გადატანილია ლ. ჟიჯიშვილის [2] თეორემა ორმაგი ფურიეს მჭკრივების მარცინკევიჩის საშუალოების თითქმის ყველგან კრებადობის შესახებ.

MATHEMATICS

M. I. DYACHENKO

ON SUMMABILITY OF MULTIPLE FOURIER SERIES

Summary

The theorem of L. V. Zhizhiashvili on the convergence of the Marcinkiewicz means of double Fourier series is generalized for the case of Fourier series of functions  $f \in L([- \pi, \pi]^m)$ , where  $m \geq 3$ .

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. J. Marcinkiewicz. Annali di Scuola Norm. Super. di Pisa, 8, № 2, 1939, 149-169.
2. Л. В. Жижиа швили. Изв. АН СССР, сер. матем., 32, № 5, 1968, 1112—1122.
3. А. Зигмунд. Тригонометрические ряды, т. 2. М., 1965.

А. Б. ХАРАЗИШВИЛИ

## $\varepsilon$ -СДВИГИ И РЕАЛИЗАЦИИ АБСТРАКТНЫХ ГРАФОВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. А. Берикашвили 28.5.1987)

Пусть  $E$  — основное базисное множество,  $\Gamma$  — некоторое множество двухэлементных частей от  $E$ ; другими словами, пара  $(E, \Gamma)$  есть абстрактный (простой) граф с множеством вершин  $E$  и с множеством ребер  $\Gamma$ . Если мощность множества  $E$  не превосходит мощности континуума, то естественно возникает вопрос о существовании различных реализаций графа  $(E, \Gamma)$  в  $n$ -мерном евклидовом пространстве  $R^n$ , где  $n \geq 1$ . Здесь мы рассмотрим топологические и геометрические реализации абстрактных графов в пространствах  $R^2$  и  $R^3$ .

Пусть  $X$  — произвольное множество точек в пространстве  $R^3$  и пусть  $L$  — некоторое множество жордановых дуг в  $R^3$  (т. е. гомеоморфных образов единичного отрезка  $[0,1]$ ), для которых выполняются следующие соотношения:

- 1) концевые точки любой дуги из множества  $L$  принадлежат множеству  $X$ ;
- 2) ни одна точка из множества  $X$  не является относительно внутренней для какой-либо дуги из множества  $L$ ;
- 3) пересечение каждых двух (отличных друг от друга) дуг из множества  $L$  или сводится к их общей концевой точке, или пусто.

Приведенные соотношения означают, что пара  $K = (X, L)$  представляет собой топологический комплекс в пространстве  $R^3$ . Если  $L = \emptyset$ , то размерность комплекса  $K$  равна нулю, если же  $L \neq \emptyset$ , то размерность этого комплекса равна единице (здесь речь идет о размерности комплекса, а не о размерности множества).

Комплекс  $K$  называется топологической реализацией абстрактного графа  $(E, \Gamma)$ , если найдется хотя бы одно отображение

$$f: (E, \Gamma) \rightarrow (X, L),$$

устанавливающее взаимно однозначное соответствие между множеством  $E$  и множеством  $X$  и удовлетворяющее следующему условию:

$(\forall a)(\forall b) (\{a, b\} \in \Gamma \iff \text{существует дуга из множества } L, \text{ имеющая концевые точки } f(a) \text{ и } f(b)).$

Комплекс  $K$  называется геометрической реализацией абстрактного графа  $(E, \Gamma)$ , если он является топологической реализацией этого графа и все дуги из множества  $L$  представляют собой отрезки прямых.

Далее, будем говорить, что множество  $Y \subset R^3$  топологически полноценно (относительно класса абстрактных графов), если  $Y$  служит множеством вершин топологической реализации некоторого полного абстрактного графа.





· Наконец, будем говорить, что множество  $Y \subset R^3$  геометрически полноценно (относительно класса абстрактных графов), если  $Y$  служит множеством вершин геометрической реализации некоторого полного абстрактного графа.

Имеют место следующие два утверждения.

**Предложение 1.** Множество  $Y \subset R^3$  геометрически полноценно тогда и только тогда, когда оно не содержит трех различных точек, лежащих на одной прямой, и четырех различных точек, являющихся вершинами плоского выпуклого четырехугольника.

**Предложение 2.** Пусть  $Y$  — замкнутое подмножество пространства  $R^3$ . Тогда приводимые ниже соотношения эквивалентны:

(1) множество  $Y$  топологически полноценно;

(2) каковы бы ни были различные точки  $y_1 \in Y$  и  $y_2 \in Y$ , в пространстве  $R^3$  существует жорданова дуга  $l$ , для которой  $l \cap Y = \{y_1, y_2\}$ , причем  $y_1$  и  $y_2$  служат концевыми точками этой дуги.

Отметим, что при доказательстве предложения 2 используется метод трансфинитной индукции.

**Предложение 3.** Пусть  $n \geq 1$  и на  $n$ -мерном евклидовом пространстве  $R^n$  задана функция

$$\varepsilon: x \rightarrow \varepsilon(x) \quad (x \in R^n, \varepsilon(x) \in R),$$

принимаяющая только строго положительные значения. Далее, пусть  $Z$  — произвольное подмножество пространства  $R^n$ . Тогда найдется хотя бы одно инъективное отображение

$$g: Z \rightarrow R^n,$$

обладающее следующими свойствами:

(1)  $(\forall z) (z \in Z \Rightarrow \|g(z) - z\| < \varepsilon(z))$ ;

(2)  $g(Z)$  есть множество точек общего положения в пространстве  $R^n$ .

Для указанной функции  $\varepsilon$  всякое отображение  $g: Z \rightarrow R^n$ , обладающее свойством (1), называется  $\varepsilon$ -сдвигом множества  $Z$ . Таким образом, в предложении 3 утверждается, что всякое множество  $Z \subset R^n$  с помощью некоторого инъективного  $\varepsilon$ -сдвига можно перевести в множество точек общего положения, лежащее в том же пространстве  $R^n$ . Отметим здесь же, что и при доказательстве предложения 3 используется метод трансфинитной индукции.

Из предложения 1 непосредственно вытекает, что любой абстрактный граф  $(E, \Gamma)$ , мощность множества вершин которого не превосходит мощности континуума, допускает геометрическую реализацию в трехмерном евклидовом пространстве  $R^3$ . Следующее утверждение дает гораздо более сильный результат.

**Предложение 4.** Пусть  $(E, \Gamma)$  — произвольный абстрактный граф, мощность множества вершин которого не превосходит мощности континуума,  $K = (X, L)$  — какая-нибудь топологическая реализация этого графа в евклидовом пространстве  $R^3$  и пусть на множестве  $X$  задана функция

$$\varepsilon: x \rightarrow \varepsilon(x) \quad (x \in X, \varepsilon(x) \in R),$$

принимаяющая только строго положительные значения. Тогда найдутся множество  $X' \subset R^3$  и биективное отображение

$$g: X \rightarrow X',$$

удовлетворяющие приводимым ниже соотношениям:

- (1)  $(\forall x)(x \in X \Rightarrow \|g(x) - x\| < \varepsilon(x))$ ;
- (2) множество  $X'$  служит множеством вершин некоторой геометрической реализации  $K' = (X', L')$  данного графа  $(E, \Gamma)$ ;
- (3) отображение  $g$  осуществляет изоморфизм между комплексами  $K$  и  $K'$ .

Таким образом, мы видим, что для указанной функции  $\varepsilon$  топологическую реализацию  $K$  графа  $(E, \Gamma)$  с помощью некоторого инъективного  $\varepsilon$ -сдвига  $g$  можно перевести в геометрическую реализацию  $K'$  этого графа.

Если мы ограничимся рассмотрением планарных графов (т. е. графов, допускающих топологические реализации в евклидовой плоскости  $R^2$ ), то утверждение, аналогичное предложению 4, для плоскостей  $R^2$  уже не будет верным. В самом деле, пусть  $(E, \Gamma)$  — полный граф, множество вершин  $E$  которого состоит из четырех элементов. Совершенно очевидно, что граф  $(E, \Gamma)$  является планарным. С другой стороны, в плоскости  $R^2$  нетрудно построить такую топологическую реализацию  $K = (X, L)$  графа  $(E, \Gamma)$  на множестве  $X$  определить такую функцию

$$\varepsilon: x \rightarrow \varepsilon(x) \quad (x \in X, \varepsilon(x) \in R),$$

принимаящую только строго положительные значения, что для  $X$  не будет существовать инъективного  $\varepsilon$ -сдвига, переводящего комплекс  $K$  в какую-либо геометрическую реализацию графа  $(E, \Gamma)$ , расположенную в плоскости  $R^2$ .

Приведенный пример представляет интерес и в связи со следующим обстоятельством. Хорошо известно, что всякий конечный планарный граф  $(E, \Gamma)$  геометрически реализуется в плоскости  $R^2$ . Этот факт без особого труда устанавливается с помощью индукции по числу элементов множества  $E$ . Разные авторы доказывали это утверждение независимо друг от друга (см., в частности, монографию [1], где даны ссылки на три работы, в которых доказана возможность плоской геометрической реализации для любого конечного планарного графа). Отметим однако, что геометрическая реализуемость в  $R^2$  конечного планарного графа не нуждается в отдельном доказательстве, поскольку она есть прямое следствие классической теоремы Штейница о реализуемости абстрактно заданного простого трехмерного многогранника в виде выпуклого трехмерного многогранника, лежащего в евклидовом пространстве  $R^3$ . Действительно, из этой теоремы непосредственно вытекает, что каждый конечный планарный граф  $(E, \Gamma)$  изоморфно вкладывается в граф, состоящий из всех вершин и из всех ребер некоторого выпуклого трехмерного многогранника. Отсюда, с помощью соответствующего центрального проектирования на какую-нибудь грань многогранника, сразу же получим геометрическую реализацию графа  $(E, \Gamma)$  в плоскости  $R^2$ .

**Замечание.** Пусть  $n \geq 2$  и  $P$  — замкнутый  $n$ -мерный куб в евклидовом пространстве  $R^n$ . Согласно предложению 3, для всякого строго положительного числа  $\varepsilon$  существует инъективный  $\varepsilon$ -сдвиг  $g: P \rightarrow R^n$ , переводящий куб  $P$  в множество точек общего положения. Ясно, что при достаточно малом  $\varepsilon$  отображение  $g$  не может быть непрерывным (даже если



отказаться от его инъективности). С другой стороны, нетрудно показать, что, каково бы ни было  $\varepsilon > 0$ , найдется  $\varepsilon$ -сдвиг  $g: P \rightarrow R^n$ , обладающий следующими свойствами:

- 1)  $g(P)$  есть нульмерное компактное множество точек общего положения в пространстве  $R^n$ ;
- 2) отображение  $g$  осуществляет борелевский изоморфизм между множествами  $P$  и  $g(P)$ .

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

(Поступило 4.6.1987)

მათემატიკა

ა. ხარაზიშვილი

$\varepsilon$ -ძვრები და აბსტრაქტული გრაფების რეალიზაციები

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია ზოგიერთი საკითხი, დაკავშირებული ევკლიდურ სივრცეებში აბსტრაქტული გრაფების ტოპოლოგიურ და გეომეტრიულ რეალიზაციებთან. გამოყენებულია  $\varepsilon$ -ძვრების ტექნიკა.

MATHEMATICS

A. B. KHARAZISHVILI

$\varepsilon$ -SHIFTS AND REALIZATIONS OF ABSTRACT GRAPHS

S u m m a r y

Some questions connected with the realizations of abstract graphs in the Euclidean spaces are considered in the paper.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Ф. Харари. Теория графов, М., 1973.



И. А. БУХНИКАШВИЛИ

О ПОЛИНОМАХ С НАИМЕНЬШИМ УКЛОНЕНИЕМ И  
 С НУЛЕВОЙ ПРОИЗВОДНОЙ В ЗАДАННОЙ ТОЧКЕ

(Представлено академиком Б. В. Хведелидзе 1.6.1987)

Допустим, ищется полином  $P_n(x)$  степени  $n$ , наименее отклоняющийся от нуля на отрезке

$$[m, M], \quad M > m > 0, \quad (1)$$

и удовлетворяющий условиям

$$P_n(0) = 1, \quad (2)$$

и

$$P'_n(0) = 0. \quad (3)$$

Знание нулей такого полинома дает возможность оптимально подобрать итерационные параметры при приближенном решении линейных систем уравнений специального вида [1]. Задача построения полинома с указанными выше свойствами была разрешена В. И. Лебедевым [2].

Величина максимального отклонения  $E_n = \max |P_n(x)|$  была при этом такого же порядка, что и по асимптотической оценке С. Н. Бернштейна [3], у которого

$$E_{n+1} \sim n \left( p - \frac{1}{p} \right) L_n,$$

где  $p = \frac{\sqrt{M} + \sqrt{m}}{\sqrt{M} - \sqrt{m}}$ , а  $L_n$  является максимальным отклонением чебышевского полинома на отрезке (1) с нормировкой вида (2).

Оказалось, что полином  $P_n(x)$  с указанными выше свойствами можно успешно выбрать из сравнительно более суженного класса полиномов, представимых в виде произведения

$$P_n(x) = \Phi_{n-k}(x) \left[ 1 + \frac{\Phi'_{n-k}(0)}{\Psi'_k(0)} \Psi_k(0) - \frac{\Phi'_{n-k}(0)}{\Psi'_k(0)} \Psi_k(x) \right] \quad (4)$$

двух полиномов степени  $n-k$  и  $k$  с последующим оптимальным выбором целочисленного параметра  $k$ . Полиномы  $\Phi_{n-k}(x)$  и  $\Psi_k(x)$  являются чебышевскими, но с той разницей, что первый построен на отрезке (1) с нормировкой вида (2), а второй — на отрезке  $[-m, M]$  без нормировки. Ясно, что представление в виде формулы (4) автоматически обеспечивает для полинома  $P_n(x)$  выполнение условий (2) и (3). Ясно также, что нули полинома (4) легко могут быть определены по соответствующим элементарным формулам. Вместе с тем мак-







mial satisfies the conditions  $P_n(0) = 1$  and  $P'_n(0) = 0$ , and due to the choice of integer parameter  $k$  its deviation on the given interval is in good agreement with the well-known theoretical estimate of S. N. Bernstein.

## Л И Т Е Р А Т У Р А — Л И Т Е Р А Т У Р А — R E F E R E N C E S

1. Ю. А. Кузнецов, В. И. Лебедев. Изв. вузов, Математика, № 7, 1983, 59—68.
2. В. И. Лебедев. Изв. вузов, Математика, № 7, 1983, 69—74.
3. С. Н. Бернштейн. Собр. соч., т. 1. М., 1952, 207—208.
4. А. А. Самарский, Е. С. Николаев. Методы решения сеточных уравнений. М., 1978, 318—320.

З. Г. ШАНИДЗЕ

ТОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ МЕХАНИКИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. В. Хвингия 12.1.1987)

Справедлива следующая теорема. *Общее решение уравнения механики, дифференциальный оператор которого записывается в виде произведения нескольких линейных операторных полиномов с постоянными коэффициентами, можно представить в виде суммы общих решений тех однородных уравнений, которые соответствуют операторным полиномам.*

Доказательство. Пусть дано уравнение

$$(L_1 \cdot L_2 \cdot \dots \cdot L_k)U = 0, \tag{1}$$

где  $U$  —  $n$ -мерная искомая функция,  $L_j$ ,  $j=1, \dots, k$  —  $n$ -мерные линейные дифференциальные операторные полиномы с постоянными коэффициентами.

Требуется доказать, что общее решение уравнения (1) можно представить в виде

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_k, \tag{2}$$

где  $U_j$ ,  $j=1, \dots, k$  являются общими решениями уравнений

$$L_1 U_1 = 0, \quad L_2 U_2 = 0, \quad \dots, \quad L_k U_k = 0. \tag{3}$$

Перепишем уравнение (1) так:

$$(L_2 \cdot \dots \cdot L_k) L_1 U = 0. \tag{4}$$

Если в уравнение (4) вместо  $U$  подставим  $U_1$  — общее решение уравнения  $L_1 U_1 = 0$ , то уравнение (4) удовлетворится. Следовательно,  $U_1$  — частное решение уравнения (4). Таким же образом устанавливаем, что  $U_2, \dots, U_k$  являются частными решениями уравнения (1).

По условию, уравнение (1) является линейным. А для линейных уравнений справедлив закон суперпозиции частных решений. Это, в свою очередь, означает, что сумма (2) является общим решением уравнения (1), что и хотели доказать.

Приведем несколько примеров.

1. Общее решение уравнения

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{\partial^2}{\partial y^2}\right) U \equiv \left(\frac{\partial}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial y}\right) \left(\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y}\right) U = 0 \tag{5}$$

можно записать в виде

$$U(x, y) = U_1 + U_2 = \sum_{j=0}^{\infty} [a_j(x+y)^j + b_j(x-y)^j], \tag{6}$$

где  $U_1$  и  $U_2$  являются общими решениями уравнений соответственно

$$\left(\frac{\partial}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial y}\right) U_1 = 0, \quad \left(\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y}\right) U_2 = 0. \tag{7}$$



2. Общее решение уравнения Лапласа

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}\right) U \equiv \left(\frac{\partial}{\partial x} - i \frac{\partial}{\partial y}\right) \left(\frac{\partial}{\partial x} + i \frac{\partial}{\partial y}\right) U = 0, \quad i = \sqrt{-1} \quad (8)$$

можно записать в виде

$$U(x, y) = U_3 + U_4 = \sum_{k=0}^{\infty} [a_k(x + iy)^k + b_k(x - iy)^k], \quad (9)$$

где  $U_3$  и  $U_4$  являются общими решениями уравнений соответственно

$$\left(\frac{\partial}{\partial x} - i \frac{\partial}{\partial y}\right) U_3 = 0, \quad \left(\frac{\partial}{\partial x} + i \frac{\partial}{\partial y}\right) U_4 = 0. \quad (10)$$

3. Общее решение уравнения

$$\left(\frac{\partial^4}{\partial x^4} - \frac{\partial^4}{\partial y^4}\right) U \equiv \left(\frac{\partial}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial y}\right) \left(\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y}\right) \left(\frac{\partial}{\partial x} - i \frac{\partial}{\partial y}\right) \left(\frac{\partial}{\partial x} + i \frac{\partial}{\partial y}\right) U = 0 \quad (11)$$

можно записать в виде

$$U = \sum_{j=1}^4 U_j = \sum_{k=0}^{\infty} (a_k(x+y)^k + b_k(x-y)^k + c_k(x+iy)^k + e_k(x-iy)^k), \quad (12)$$

$$i = \sqrt{-1}$$

где  $U_j$ ,  $j=1, 2, 3, 4$  являются общими решениями уравнений (7) и (10).

В случае, когда  $L_1, L_2, \dots, L_k$  являются одними и теми же операторами, уравнение (1) переписывается так:  $L^k U = 0$ . Для получения общего решения этого уравнения, необходимо каждое частное решение уравнения  $LU = 0$  определенным образом разделить на  $k$  частей.

Как видим, справедливо предположение: ранг [1] общего решения уравнения (1) равен сумме рангов общих решений уравнений (3).

Приведем примеры применения данной теоремы.

4. Пусть требуется найти решение уравнения (11), которое на единичной окружности  $S$  удовлетворяет условиям

$$S: x^2 + y^2 = 1, \quad U(x, y)|_S = \sum_{i=0}^7 c_i x^i, \quad U_{yy}(x, y) = \sum_{i=0}^5 d_i x^i. \quad (13)$$

С помощью общего решения (12) легко находим точное решение корректной задачи (11), (13):

$$\begin{aligned} U(x, y) = & c_0 - \frac{1}{2} d_0 - \frac{5}{8} d_2 - \frac{5}{4} c_4 - \frac{37}{60} d_4 - \frac{9}{4} c_6 + \\ & + \left( c_1 - \frac{1}{2} d_1 - \frac{25}{24} c_5 - \frac{25}{48} d_3 - \frac{281}{576} d_5 - \frac{105}{64} c_7 \right) x + \left( \frac{1}{2} d_0 + c_2 + \frac{3}{4} d_2 + \right. \\ & + \frac{5}{2} c_4 + \frac{29}{40} d_4 + \frac{111}{32} c_6 \left. \right) x^2 + \left( \frac{1}{2} d_0 + \frac{3}{2} c_4 + \frac{3}{4} d_2 + \frac{29}{40} d_4 + \frac{81}{32} c_6 \right) y^2 + \\ & + \left( \frac{1}{2} d_1 + c_3 + \frac{13}{24} d_3 + \frac{25}{12} c_5 + \frac{67}{144} d_5 + \frac{35}{16} c_7 \right) x^3 + \left( \frac{1}{2} d_1 + \frac{5}{4} c_5 + \right. \\ & + \frac{5}{8} d_3 + \frac{5}{12} d_5 \left. \right) xy^2 - \left( \frac{1}{10} d_4 + \frac{3}{16} c_6 + \frac{1}{4} c_4 + \frac{1}{8} d_2 \right) (x^4 + y^4) - \\ & - \left( \frac{1}{10} d_4 + \frac{9}{8} c_6 + \frac{3}{2} c_4 + \frac{1}{4} d_2 \right) x^2 y^2 + \left( -\frac{1}{24} c_6 + \frac{19}{576} d_5 + \frac{35}{64} c_7 - \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & -\frac{1}{48} d_3) (x^5 + 5xy^4) + \left( \frac{35}{96} d_5 - \frac{5}{4} c_5 + \frac{105}{32} c_7 - \frac{1}{8} d_3 \right) x^3 y^2 - \\
 & - \left( \frac{1}{120} d_4 + \frac{1}{32} c_6 \right) (x^6 + 15x^2 y^4) - \left( \frac{1}{120} d_4 + \frac{3}{32} c_6 \right) (15x^4 y^2 + y^6) - \\
 & - \left( \frac{1}{96} d_5 + \frac{3}{32} c_7 \right) (x^7 + 35x^3 y^4) - \left( \frac{3}{32} d_5 + \frac{35}{32} c_7 \right) (3x^5 y^2 + xy^6). \quad (14)
 \end{aligned}$$

5. Пусть требуется найти решение уравнения Лапласа, которое на единичной окружности  $S$  удовлетворяет условию

$$U(x, y)/S = b_0 + b_1 x + b_2 y^2 + b_3 x^2 y + b_4 x^3 + b_5 x^2 y^2 + b_6 x^5. \quad (15)$$

Искомое решение рассматриваемой задачи выглядит так:

$$\begin{aligned}
 U(x, y) = & b_0 + \frac{1}{2} b_2 + \frac{1}{8} b_5 + \left( b_1 + \frac{3}{4} b_4 + \frac{5}{8} b_6 \right) x + \frac{1}{4} b_3 y - \\
 & - \frac{1}{2} b_2 (x^2 - y^2) + \left( \frac{1}{4} b_4 + \frac{5}{16} b_6 \right) (x^3 - 3xy^2) + \frac{1}{4} b_3 (3x^2 y - y^3) - \\
 & - \frac{1}{8} b_5 (x^4 - 6x^2 y^2 + y^4) + \frac{1}{16} b_6 (x^5 - 10x^3 y^2 + 5xy^4). \quad (16)
 \end{aligned}$$

6. Пусть требуется найти решение уравнения

$$U_{xx} - 2U_{xy} + U_{yy} = 0, \quad (17)$$

удовлетворяющее условиям Коши

$$U(0, y) = \sum_{j=0}^6 b_j y^j, \quad U_x(0, y) = \sum_{j=0}^5 c_j y^j. \quad (18)$$

Вышеизложенным методом находим решение задачи (17), (18):

$$\begin{aligned}
 U(x, y) = & b_0 + c_0 x + b_1 y + (c_1 - b_2) (x^2 - y^2) + c_1 (xy + y^2) - \\
 & - \frac{1}{3} c_2 (x^3 - 3xy^2 - 2y^3) + \left( \frac{2}{3} c_2 - b_3 \right) (2x^3 + 3x^2 y - y^3) + \\
 & + \left( b_4 - \frac{1}{2} c_3 \right) (x^4 - 6x^2 y^2 - 8xy^3 - 3y^4) + \left( \frac{3}{2} c_3 - 4b_4 \right) (x^4 + 2x^3 y - 2xy^3 - \\
 & - y^4) + \left( \frac{3}{5} c_4 - 2b_5 \right) (3x^5 + 10x^4 y + 10x^3 y^2 - 5xy^4 - 2y^5) + \\
 & + \left( b_5 - \frac{2}{5} c_4 \right) (2x^5 + 5x^4 y - 10x^2 y^3 - 10xy^4 - 3y^5) + (2c_5 - 9b_6) (x^6 + 4x^5 y + \\
 & + 5x^4 y^2 - 5x^2 y^4 - 4xy^5 - y^6) + (4b_6 - c_5) (x^6 + 3x^5 y - 10x^3 y^3 - 15x^2 y^4 - 9xy^5 - 2y^6). \quad (19)
 \end{aligned}$$

Конкретный пример применения данной теоремы относительно обыкновенных дифференциальных уравнений приводится еще в [2], где исследованы поперечные колебания и продольный изгиб стержней переменного сечения, сжатых осевыми силами, для некоторых случаев крепления торцов.

ზ. შანიძე

## მექანიკის ზოგიერთი ამოცანის ზუსტი ამოხსნა

რეზიუმე

დამტკიცებულია თეორემა იმის შესახებ, რომ ზოგადი ამონახსნი განტოლებისა, რომლის დიფერენციალური ოპერატორი შეიძლება წარმოვადგინოთ რამოდენიმე ოპერატორული პოლინომის ნამრავლის სახით, არის ჯამი ყველა იმ განტოლებათა ზოგადი ამონახსნებისა, რომლებიც შეესაბამებოან ცალცალკე ამ ოპერატორულ პოლინომებს.

MECHANICS

Z. G. SHANIDZE

## THE EXACT SOLUTIONS OF SOME PROBLEMS OF MECHANICS

Summary

The theorem is proved which shows that a general analytic solution of a homogeneous equation, the differential operator of which may be presented as a product of several operational polynomials, is a sum of all general analytic solutions of the homogeneous equations corresponding to these operational polynomials. Examples are adduced.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. З. Г. Шанидзе. Точные решения корректных задач математической физики. Деп. в НИИНТИ. Тбилиси, 1985.
2. М. В. Хвингия. Изв. вузов, Машиностроение, № 3—4, 1958.



В. Н. ПАЙМУШИН, Ю. Я. ПЕТРУШЕНКО

ВАРИАЦИОННЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МЕХАНИКИ  
 ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СОСТАВНЫХ ТЕЛ. ПРОЧНОСТЬ,  
 УСТОЙЧИВОСТЬ И СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ  
 ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ОБОЛОЧЕЧНЫХ СИСТЕМ

(Представлено академиком Н. П. Векуа 6.4.1987)

Исходя из обобщенного вариационного принципа [1] разрабатывается вариационный метод решения задач механики конструкций, состоящих из  $N$  линейно упругих оболочечных элементов сложной геометрии со срединными поверхностями  $\sigma_{(n)}$  ( $n = \overline{1, N}$ ) и граничными контурами  $\Gamma_{(n)} \in \sigma_{(n)}$ , которые соединены между собой на некоторых участках  $\Gamma_{(ni)}^q \in \Gamma_{(n)}$ .

Предположим, что процесс деформирования оболочечной системы представляется в виде двух последовательных процессов и недеформированные поверхности  $\sigma_{(n)}$  заданы векторными уравнениями  $\vec{r}_{(n)} = \vec{r}_{(n)}^i(x_{(n)}^i)$  ( $x_{(n)}^i$  — гауссовы координаты на  $\sigma_{(n)}$ ). Введем обозначения:  $\vec{r}_{(n)}^i$ ,  $\vec{r}_{(n)}^i$  — кои контравариантные базисные векторы на  $\sigma_{(n)}$ ;  $z_{(n)}$  — координата, направленная по нормали  $\vec{m}_{(n)}$  к  $\sigma_{(n)}$ .

Следуя [1], разделим составную конструкцию на  $N$  оболочек и на поверхности раздела введем в рассмотрение неизвестные реактивные усилия взаимодействия  $\vec{q}_{(ni)}^* = \vec{q}_{(ni)}^0 + \vec{q}_{(ni)}$  (здесь и далее используются обозначения работы [1]). Полагаем, что для области  $\Omega_{(n)} \in \sigma_{(n)}$ , занимаемой  $n$ -м элементом на  $\sigma_{(n)}$ , в соответствии с [2] построена специальная параметризация. Если пренебречь изменением его метрики в направлении  $z_{(n)}$  и считать поперечные сдвиги постоянными по толщине, то в соответствии с моделью С. П. Тимошенко [3] для полных компонент тангенциальных деформаций  $\epsilon_{ik}^{*z(n)}$ , векторов поперечных сдвигов  $2\epsilon_{i3}^{*z(n)}$  и деформаций поперечного обжатия  $\epsilon_3^{*z(n)}$  в состоянии  $V^*$  можно получить выражения  $\epsilon_{ik}^{*z(n)} = \epsilon_{ik}^{0(n)} + \epsilon_{ik}^{(n)} + \epsilon_{ik}^{n(n)} + z_{(n)}(\chi_{ik}^{0(n)} + \chi_{ik}^{(n)} + \chi_{ik}^{n(n)})$ ,  $\epsilon_{i3}^{*z(n)} = \epsilon_{i3}^{0(n)} + \epsilon_{i3}^{(n)} + \epsilon_{i3}^{n(n)}$ ,  $\epsilon_3^{*z(n)} = \epsilon_3^{0(n)} + \epsilon_3^{(n)} + \epsilon_3^{n(n)}$ . Входящие сюда величины  $\epsilon_{ik}^{0(n)}$ ,  $\chi_{ik}^{0(n)}$ ,  $\epsilon_{i3}^{0(n)}$ ,  $\epsilon_3^{0(n)}$ , определяемые по формулам работы [3], характеризуют деформированное состояние  $V^0$ , а величины  $\epsilon_{ik}^{(n)}$ ,  $\chi_{ik}^{(n)}$ ,  $\epsilon_{i3}^{(n)}$ ,  $\epsilon_3^{(n)}$ ,  $\epsilon_{ik}^{n(n)}$ ,  $\chi_{ik}^{n(n)}$ ,  $\epsilon_{i3}^{n(n)}$ ,  $\epsilon_3^{n(n)}$  согласно формулам (1) работы [1] записываются в виде

$$2\epsilon_{ik}^{(n)} = \vec{r}_{(n)}^i \nabla_k^{0(n)} \vec{v}_{(n)} + \vec{r}_{(n)}^k \nabla_i^{0(n)} \vec{v}_{(n)}, \quad 2\chi_{ik}^{(n)} = \vec{r}_{(n)}^i \nabla_k^{0(n)} \vec{\gamma}_{(n)} + \vec{r}_{(n)}^k \nabla_i^{0(n)} \vec{\gamma}_{(n)},$$

$$2\epsilon_{i3}^{(n)} = \vec{m}_{(n)}^0 \nabla_i^{0(n)} \vec{v}_{(n)} + \vec{r}_{(n)}^i \vec{\gamma}_{(n)}, \quad 2\epsilon_3^{(n)} = 2(\vec{m}_{(n)}^0 + \vec{\gamma}_{(n)}^0) \vec{\gamma}_{(n)}; \quad (1)$$



$$2 \varepsilon_{ik}^{(n)} = \nabla_i^{0(n)} \vec{v}_{(n)} \nabla_k^{0(n)} \vec{v}_{(n)}, \quad 2 \varepsilon_{ik}^{(n)} = \nabla_i^{0(n)} \vec{v}_{(n)} \nabla_k^{0(n)} \vec{\gamma}_{(n)} + \nabla_k^{0(n)} \vec{v}_{(n)} \nabla_i^{0(n)} \vec{\gamma}_{(n)},$$

$$2 \varepsilon_{i3}^{(n)} = \nabla_i^{0(n)} \vec{v}_{(n)} \vec{\gamma}_{(n)}, \quad 2 \varepsilon_3^{(n)} = \vec{\gamma}_{(n)} \vec{\gamma}_{(n)}. \quad (2)$$

Здесь  $\vec{r}_i^{0(n)} = \vec{r}_i^{(n)} + \nabla_i^{(n)} \vec{v}_{(n)}^0$  — базисные векторы на срединной поверхности элемента в состоянии  $V^0$ , а  $\vec{m}_{(n)}^0$  — вектор [единичной нормали к ней. Для векторов  $\vec{v}_{(n)}$  и  $\vec{\gamma}_{(n)}$  используются разложения  $\vec{v}_{(n)} = u_k^{(n)} \vec{r}_0^k + \omega_{(n)} \vec{m}_{(n)}^0 = u_k^{(n)} \vec{r}_k^{0(n)} + \omega_{(n)} \vec{m}_{(n)}^0$ ,  $\vec{\gamma}_{(n)} = \gamma_k^{(n)} \vec{r}_0^k + \gamma_{(n)} \vec{m}_{(n)}^0 = \gamma_k^{(n)} \vec{r}_k^{0(n)} + \gamma_{(n)} \vec{m}_{(n)}^0$ , позволяющие получить весьма простые скалярные представления соотношений (1), (2).

Пренебрегая напряжениями поперечного обжатия и обозначая через  $\vec{Q}_{(nj)}^*$  и  $\vec{R}_{(nj)}^*$  главный вектор и главный момент реактивных усилий  $\vec{q}_{(nj)}^*$ , запишем функционал (2) работы [1] для рассматриваемой оболочечной конструкции

$$I = \int_{t_0}^{t_1} \sum_{n=1}^N \left\{ \iiint_{V_{(n)}} (\vec{F}_{(n)} \vec{U}_{(n)}^* - W'_{(n)} + K_{(n)}) dV_{(n)} + \iint_{S_{(n)}^P} \vec{P}_{(n)} \vec{U}_{(n)}^* dS_{(n)} + \right. \\ \left. + \sum_{j=1}^{M_{(n)}} \int_{\Gamma_{(nj)}^q} [\vec{Q}_{(nj)}^* (\vec{v}_{(n)}^0 + \vec{v}_{(n)}) + \vec{R}_{(nj)}^* (\vec{\gamma}_{(n)}^0 + \vec{\gamma}_{(n)})] dC_{(nj)} \right\} dt. \quad (3)$$

Если при деформировании составной конструкции не нарушается ее целостность, то векторы  $\vec{Q}_{(nj)}^0$ ,  $\vec{Q}_{(nj)}^*$ ,  $\vec{R}_{(nj)}^0$ ,  $\vec{R}_{(nj)}^*$  должны в каждом узле сопряжения элементов удовлетворять условиям  $\sum_{j=1}^{M_{(n)}} \vec{Q}_{(nj)}^0 = 0$ ,  $\sum_{j=1}^{M_{(n)}} \vec{Q}_{(nj)}^* = 0$ ,

$\sum_{j=1}^{M_{(n)}} \vec{R}_{(nj)}^0 = 0$ ,  $\sum_{j=1}^{M_{(n)}} \vec{R}_{(nj)}^* = 0$ . С учетом последних условия стационарности функционала (3), согласно [1], доставит вариационное уравнение

$$\delta I = \int_{t_0}^{t_1} \sum_{n=1}^N \left\{ \iiint_{V_{(n)}} (\vec{F}_{(n)} \delta \vec{U}_{(n)} - \delta W'_{(n)}) dV_{(n)} + \iint_{S_{(n)}^P} \vec{P}_{(n)} \delta \vec{U}_{(n)} dS_{(n)} + \right. \\ \left. + \sum_{j=1}^{M_{(n)}} \int_{\Gamma_{(nj)}^q} (\vec{Q}_{(nj)}^0 \delta \vec{v}_{(n)} + \vec{R}_{(nj)}^0 \delta \vec{\gamma}_{(n)}) dC_{(nj)} = \sum_{j=2}^{M_{(n)}} \int_{\Gamma_{(nj)}^q} [(\vec{v}_{(n)}^0 - \vec{v}_{(j)}^0) \delta \vec{Q}_{(nj)} + \right. \\ \left. + (\vec{\gamma}_{(n)}^0 - \vec{\gamma}_{(j)}^0) \delta \vec{R}_{(nj)}] dC_{(nj)} - \iiint_{V_{(n)}} (\delta W''_{(n)} + \gamma_{(n)}^0 \ddot{\vec{U}}_{(n)} \delta \vec{U}_{(n)}) dV_{(n)} + \right. \\ \left. + \sum_{j=1}^{M_{(n)}} \int_{\Gamma_{(nj)}^q} (\vec{Q}_{(nj)}^* \delta \vec{v}_{(n)} + \vec{R}_{(nj)}^* \delta \vec{\gamma}_{(n)}) dC_{(nj)} + \sum_{j=2}^{M_{(n)}} \int_{\Gamma_{(nj)}^q} [(\vec{v}_{(n)} - \vec{v}_{(j)}) \delta \vec{Q}_{(nj)} + \right. \\ \left. + (\vec{\gamma}_{(n)} - \vec{\gamma}_{(j)}) \delta \vec{R}_{(nj)}] dC_{(nj)} \right\} dt = 0, \quad (4)$$

в котором  $\delta W'_{(n)} = \sigma_{0(n)}^{ik} (\delta \varepsilon_{ik}^{(n)} + z_{(n)} \delta \chi_{ik}^{(n)}) + 2 \sigma_{0(n)}^{i3} \delta \varepsilon_{i3}^{(n)}$ ,  $\delta W''_{(n)} = \sigma_{(n)}^{ik} (\delta \varepsilon_{ik}^{(n)} + z_{(n)} \delta \chi_{ik}^{(n)}) + 2 \sigma_{(n)}^{i3} \delta \varepsilon_{i3}^{(n)}$ .

Из (4) в силу произвольности вариаций перемещений, поворотов, а также реактивных усилий и моментов и условия, что в состоянии  $V^0$  оболочечная конструкция находится в равновесии, после ряда упрощений для  $n$ -го элемента следуют:

1) векторные вариационные уравнения равновесия в форме метода Галеркина—Петрова, описывающие равновесное состояние  $V^0$  первого этапа деформирования

$$\iint_{\Omega_{\Phi}^{(n)}} [- (T_{0(n)}^{ik} \bar{r}_i^{0(n)} + N_{0(n)}^{k3} \bar{m}_i^{(n)}) \nabla_k^{0(n)} \delta \bar{v}_{(n)} + \bar{X}_{(n)}^0 \delta \bar{v}_{(n)}] d\sigma_{(n)} + \sum_{j=1}^{M(n)} \int_{\Gamma_{(nj)}^q} \bar{Q}_{(nj)}^0 \delta \bar{v}_{(n)} dC_{(nj)} = 0, \quad (5)$$

$$\iint_{\Omega_{\Phi}^{(n)}} [- M_{0(n)}^{ik} \bar{r}_i^{0(n)} \nabla_k^{0(n)} \delta \bar{\gamma}_{(n)} - N_{0(n)}^{k3} \bar{r}_k^{0(n)} \delta \bar{\gamma}_{(n)} + \bar{M}_{(n)}^0 \delta \bar{\gamma}_{(n)}] d\sigma_{(n)} + \sum_{j=1}^{M(n)} \int_{\Gamma_{(nj)}^q} \bar{R}_{(nj)}^0 \delta \bar{\gamma}_{(n)} dC_{(nj)} = 0 \quad d\sigma_{(n)} = \sqrt{a_{(n)}} dx_{(n)}^1 dx_{(n)}^2,$$

а также кинематические условия сопряжения элементов на линии  $\Gamma_{(nj)}^q$ , записываемые в виде вариационных уравнений ( $n = \overline{1, N}$ ;  $j = \overline{2, M(n)}$ )

$$\int_{\Gamma_{(nj)}^q} (\bar{v}_{(n)}^0 - \bar{v}_{(1)}^0) d\bar{Q}_{(nj)} dC_{(nj)} = 0, \quad \int_{\Gamma_{(nj)}^q} (\bar{\gamma}_{(n)}^0 - \bar{\gamma}_{(1)}^0) \delta \bar{R}_{(nj)} dC_{(nj)} = 0; \quad (6)$$

2) векторные вариационные уравнения движения в форме метода Бубнова—Галеркина, учитывающие напряженное и деформированное состояние элемента на первом этапе,

$$- \iint_{\Omega_{\Phi}^{(n)}} [(T_{(n)}^{ik} \bar{r}_i^{0(n)} + N_{(n)}^{k3} \bar{m}_i^{(n)} + T_{0(n)}^{ik} \bar{r}_i^{0(n)} + M_{0(n)}^{ik} \nabla_i^{0(n)} \bar{\gamma}_{(n)} + N_{0(n)}^{k3} \bar{\gamma}_{(n)}) \nabla_k^{0(n)} \delta \bar{v}_{(n)} + \gamma_{(n)}^T h_{(n)} \ddot{\bar{v}}_{(n)} \delta \bar{v}_{(n)}] d\sigma_{(n)} + \sum_{j=1}^{M(n)} \int_{\Gamma_{(nj)}^q} \bar{Q}_{(nj)} \delta \bar{v}_{(n)} dC_{(nj)} = 0, \quad (7)$$

$$- \iint_{\Omega_{\Phi}^{(n)}} [M_{(n)}^{ik} \bar{r}_i^{0(n)} \nabla_k^{0(n)} \delta \bar{\gamma}_{(n)} + N_{(n)}^{k3} \bar{r}_k^{0(n)} \delta \bar{\gamma}_{(n)} + M_{0(n)}^{ik} \nabla_i^{0(n)} \bar{v}_{(n)} \nabla_k^{0(n)} \delta \bar{\gamma}_{(n)} + N_{0(n)}^{k3} \nabla_k^{0(n)} \bar{v}_{(n)} \delta \bar{\gamma}_{(n)} + \gamma_{(n)}^T \frac{h_{(n)}^3}{12} \ddot{\bar{\gamma}}_{(n)} \delta \bar{\gamma}_{(n)}] d\sigma_{(n)} + \sum_{j=1}^{M(n)} \int_{\Gamma_{(nj)}^q} \bar{R}_{(nj)} \delta \bar{\gamma}_{(n)} dC_{(nj)} = 0,$$

из которых при пренебрежении силами инерции вытекают уравнения нейтрального равновесия, а также кинематические условия сопряжения



$$\int_{\Gamma_{(nj)}^q} (\vec{v}_{(n)} - \vec{v}_{(1)}) \delta \vec{Q}_{(nj)} dC_{(nj)} = 0, \quad \int_{\Gamma_{(nj)}^q} (\vec{v}_{(n)} - \vec{v}_{(1)}) \delta \vec{R}_{(nj)} dC_{(nj)} = 0. \quad (8)$$

Далее из вариационных уравнений (5)—(8) следуют системы дифференциальных уравнений равновесия, движения или устойчивости  $n$ -го элемента, а также соответствующие состояниям  $V^0$  и  $V^*$  статические граничные условия и кинематические условия сопряжения элементов на линиях  $\Gamma_{(nj)}^q$ .

Казанский авиационный институт  
им. А. Н. Туполева

(Поступило 7.5.1987)

!

მეცნიერება

3. პაიმუშინი, ი. პეტრუშენკო

შედგენილი სივრცითი სხეულების მექანიკის ამოცანათა ამოხსნის ვარიაციული მეთოდი. წინასწარ დაძაბული გარსული სისტემების სიმბოცვა, მდგრადობა, თავისუფალი რხევა

რეზიუმე

ჰამილტონ — ოსტოგრადსკის განზოგადებული ვარიაციული პრინციპის საფუძველზე დამუშავებულია რთული გეომეტრიის მქონე გარსული ელემენტებისაგან შედგენილი წინასწარ დაძაბული კონსტრუქციების სიმბოცვის, მდგრადობისა და თავისუფალი რხევის ამოცანების ამოხსნის ვარიაციული მეთოდი.

MECHANICS

V. N. PAIMUSHIN, Yu. Ya. PETRUSHENKO

VARIATIONAL METHOD OF SOLVING PROBLEMS OF SPATIAL  
COMPOUND BODIES MECHANICS. STRENGTH, STABILITY  
AND FREE VIBRATIONS OF PRESTRESSED  
SHELL SYSTEMS

Summary

Proceeding from the contact statement of the compound bodies mechanics problems and the generalized variational principle, formulated earlier, a variational method for solving problems of strength, stability and free vibrations of prestressed constructions consisting of composite geometry linear elastic shell elements is developed.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. Н. Паймушин, Ю. Я. Петрушенко. Сообщения АН ГССР, 131, № 1, 1988.
2. К. З. Галимов, В. Н. Паймушин. Теория оболочек сложной геометрии. Казань, 1985.
3. К. З. Галимов и др. Теория оболочек с учетом поперечного сдвига. Казань, 1977.





Д. И. БАШАЛЕИШВИЛИ

ПОСТРОЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ СЛОЖНЫХ УКРУПНЯЮЩИХ И УМЕНЬШАЮЩИХ СИСТЕМ

(Представлено академиком В. В. Чавчанидзе 11.9.1987)

Технологические схемы и соответствующие математические модели сложных укрупняющих и уменьшающих систем с делителем и параллельным соединением подсистем приведены в [1].

Математические модели указанных систем имеют вид соответственно

$$\varphi(x) = \sum_{i=1}^n p_i \int_0^x K_i(x-y, y) f(y) dy, \quad x \geq 0, \quad \sum_{i=1}^n p_i = 1, \quad (1)$$

$$\varphi(x) = \sum_{i=1}^n p_i \int_x^\infty W_i(x-y, y) f(y) dy, \quad x \geq 0, \quad \sum_{i=1}^n p_i = 1, \quad (2)$$

где  $n$ —число каналов;  $K_i(x-y, y)$  и  $W_i(x-y, y)$  исчерпывающие характеристики укрупняющей подсистемы  $A_i$  и уменьшающей подсистемы  $B_i$ , соответственно;  $f(x)$  и  $\varphi(x)$ —плотности распределения на входе и выходе каждой сложной системы, а  $p_i$ —„пропускная способность“  $i$ -го канала.

Задачу построения оптимальной сложной укрупняющей или уменьшающей системы с делителем и параллельным соединением подсистем формулируем как оптимизационную задачу:

$$\int_{x_1}^{x_2} \varphi(x) dx = \sum_{i=1}^n p_i \int_{x_1}^{x_2} \varphi_i(x) dx \rightarrow \text{ext } r, \quad p \in R_p, \quad (3)$$

где

$$R_p = \left\{ (p_1, p_2, \dots, p_n) \in E_n : 0 \leq p_i \leq \bar{p}_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad \sum_{i=1}^n p_i = 1 \right\}, \quad (4)$$

где  $x_1$  и  $x_2$ —неотрицательные, заранее заданные числа, причем  $x_1 < x_2$ ;  $\bar{p}_i$ —максимальная пропускная способность  $i$ -го канала (очевидно,  $\sum_{i=1}^n \bar{p}_i \geq 1$ );

$\varphi_i(x)$ —выходные плотности распределения укрупняющих или уменьшающих подсистем и соответственно равны интегральным множителям в выражениях (1) и (2), а  $E_n$ — $n$ -мерное евклидово пространство.

Оптимизационная задача (3), (4) является задачей линейного программирования и она решается симплексным методом [2].

Особый интерес представляют частные случаи ( $x_1 = 0, x_2 = x_0$ ) и ( $x_1 = x_0, x_2 = \infty$ ) задачи (3), (4), точнее





$$\int_0^{x_0} \varphi(x) dx = \sum_{i=1}^n p_i \int_0^{x_0} f(y) dy \int_y^{x_0} K_i(x-y, y) dx \rightarrow \min, \quad p \in R_p \quad (5)$$

в случае сложной укрупняющей системы, и

$$\int_{x_0}^{\infty} \varphi(x) dx = \sum_{i=1}^n p_i \int_{x_0}^{\infty} f(y) dy \int_{x_0}^y W_i(x-y, y) dx \rightarrow \min, \quad p \in R_p \quad (6)$$

в случае сложной уменьшающей системы.

В задаче (5) требование минимума интегрального функционала означает, что на выходе технологической схемы относительный суммарный вес окатышей, размеры которых больше заданного числа  $x_0$ , был бы максимальным. Аналогично, в задаче (6) указанное требование означает, что на выходе технологической схемы относительный вес мелких частиц, размеры которых меньше  $x_0$ , был бы максимальным, если переизмельчение допустимо. В противном случае решается задача (3), (4), в которой знак  $\text{ext}$  уточняется (заменяется) знаком  $\text{max}$ .

В результате решения поставленных задач получается оптимальный вектор  $p^0 = (p_1^0, p_2^0, \dots, p_n^0)$ , некоторые компоненты которого могут оказаться нулями. Следовательно, соответствующие каналы исчезают в технологической схеме и, таким образом, решается задача не только оптимального параметрического синтеза, но и задача оптимального структурного синтеза (последняя ограничена исходной топологией технологической схемы).

Задача построения (проектирования) оптимальной сложной укрупняющей или уменьшающей системы с классификатором и параллельным соединением подсистем формулируется следующим образом:

$$\int_{x_1}^{x_2} \varphi(x) dx \rightarrow \text{ext } r, \quad (r, c_1, c'_1) \in R_{c,r}, \quad (7)$$

где

$$R_{c,r} = \{(r, c_1, c'_1) \in E_3 : 0 \leq c_1 \leq 1, 0 \leq c'_1 \leq 1, 0 \leq r < \infty\}^{(1)}; \quad (8)$$

$\varphi(x) = \tilde{\varphi}(x, r, c_1, c'_1)$ ;  $r$  — характеристика идеального классификатора;  $c = (c_1, c'_1)$  — эффективность классификации (грохочения) [1], а  $x_1$  и  $x_2$  суть неотрицательные числа, причем  $x_1 < x_2$ .

Поставленная задача является задачей нелинейного программирования и она решается известными методами [2].

Математические модели указанных систем приведены в [1] (см. рис. 1 и выражения (1.5.17) и (1.5.19)). Им можно придать явный вид (с целью сокращения записи математических выражений ниже вводятся обозначения  $K_i \equiv K_i(x-y, y)$  и  $W_i \equiv W_i(x-y, y)$ )

$$\varphi(x) = \int_0^x K_1 f(y) dy + c'_1 \int_0^x (K_2 - K_1) f(y) dy, \quad x \in [0, r]$$

$$\varphi(x) = \int_0^r K_1 f(y) dy + \int_r^x K_2 f(y) dy + c_1 \int_r^x (K_1 - K_2) f(y) dy + c'_1 \int_0^r (K_2 - K_1) f(y) dy, \quad x \in [r, \infty) \quad (9)$$

<sup>(1)</sup> Вместо множества  $R_{c,r}$  может быть любое его замкнутое подмножество.

в случае сложной укрупняющей системы, и

$$\varphi(x) = \int_x^r W_1 f(y) dy + \int_r^\infty W_2 f(y) dy + c_1 \int_r^\infty (W_1 - W_2) f(y) dy +$$

$$+ c'_1 \int_x^r (W_2 - W_1) f(y) dy, \quad x \in [0, r] \quad (10)$$

$$\varphi(x) = \int_x^\infty W_2 f(y) dy + c_1 \int_x^\infty (W_1 - W_2) f(y) dy, \quad x \in [r, \infty)$$

в случае сложной уменьшающей системы.

Особый интерес представляют частные случаи ( $x_1 = 0, x_2 = x_0$ ) и ( $x_1 = x_0, x_2 = \infty$ ) задачи (7), (8), а именно

$$\int_0^{x_0} \varphi(x) dx \rightarrow \min, \quad (r, c_1, c'_1) \in R_{c,r} \quad (11)$$

в случае сложной укрупняющей системы и

$$\int_{x_0}^\infty \varphi(x) dx \rightarrow \min, \quad (r, c_1, c'_1) \in R_{c,r} \quad (12)$$

в случае сложной уменьшающей системы.

С учетом выражения (9) задача (11) при  $r \leq x_0$  принимает вид

$$\int_r^{x_0} f(y) dy \int_y^{x_0} K_2 dx + \int_0^r f(y) dy \int_y^r K_1 dx + \int_r^{x_0} dx \int_0^r K_1 f(y) dy +$$

$$+ c_1 \int_r^{x_0} f(y) dy \int_y^{x_0} (K_1 - K_2) dx +$$

$$+ c'_1 \left[ \int_0^r f(y) dy \int_y^r (K_2 - K_1) dx + \int_r^{x_0} dx \int_0^r (K_2 - K_1) f(y) dy \right] \rightarrow \min$$

$$(r, c_1, c'_1) \in R_{c,r} = \{(r, c_1, c'_1) \in E_3 : 0 \leq c_1 \leq 1, 0 \leq c'_1 \leq 1, 0 \leq r \leq x_0\}, \quad (13)$$

а при  $r > x_0$

$$\int_0^{x_0} f(y) dy \int_y^{x_0} K_1 dx + c'_1 \int_0^{x_0} f(y) dy \int_y^{x_0} (K_2 - K_1) dx \rightarrow \min,$$

$$c'_1 \in R_{c'_1} = \{c'_1 \in E_1 : 0 \leq c'_1 \leq 1\}. \quad (14)$$

Аналогично с учетом выражения (10) задача (12) при  $r < x_0$  принимает вид

$$\int_{x_0}^\infty f(y) dy \int_{x_0}^y W_2 dx + c_1 \int_{x_0}^\infty f(y) dy \int_{x_0}^y (W_1 - W_2) dx \rightarrow \min,$$

$$c_1 \in R_{c_1} = \{c_1 \in E_1 : 0 \leq c_1 \leq 1\}, \quad (15)$$

ა პრი  $r \geq x_0$

$$\int_{x_0}^r f(y) dy \int_{x_0}^y W_1 dx + \int_{x_0}^r dx \int_r^{\infty} W_2 f(y) dy + \int_r^{\infty} f(y) dy \int_r^y W_2 dx + c_1 \left[ \int_{x_0}^r dx \int_r^{\infty} \times \right. \\ \left. \times (W_1 - W_2) f(y) dy + \int_r^{\infty} f(y) dy \int_r^y (W_1 - W_2) dx \right] + c_1' \int_{x_0}^r f(y) dy \int_{x_0}^y (W_2 - W_1) dx \rightarrow \min,$$

$$(r, c_1, c_1') \in \bar{R}_{c,r} = \{(r, c_1, c_1') \in E_3 : 0 \leq c_1 \leq 1, 0 \leq c_1' \leq 1, x_0 \leq r < \infty\}. \quad (16)$$

Для решения задачи (11) необходимо решить две задачи — (13) и (14). Оптимальным значением целевой функции (11) будет наименьшее из оптимальных значений целевых функций задач (13) и (14). Если таковым окажется оптимальное значение целевой функции задачи (14), то одной координате соответствующей оптимальной точки можно приписать две координаты с произвольными значениями параметров  $c_1$  и  $r$  соответственно из интервалов  $[0,1]$  и  $(x_0, \infty)$ , так как при  $x_0 < r$  на значение интегрального функционала значения параметров  $c_1$  и  $r$  не влияют. В противном случае оптимальная точка имеет три координаты, т. е. координаты решения задачи (13). Аналогично, с такой же процедурой решается задача (12) с помощью решений задач (15) и (16).

Тбилисский государственный университет

(Поступило 24.9.1987)

კიბერნეტიკა

დ. ბაშალეიშვილი

ოპტიმალური რთული გამამსხვილებელი და შემამცირებელი  
 სისტემების აგება

რეზიუმე

მოცემულია მათემატიკური მოდელები რთული გამამსხვილებელი და შემამცირებელი სისტემებისა. მათ საფუძველზე ჩამოყალიბებულია ოპტიმალური რთული სისტემების აგების ამოცანები და დაყვანილია ისინი წრფივი ან არაწრფივი დაპროგრამების ამოცანის ამოხსნაზე.

CYBERNETICS

D. I. BASHALEISHVILI

## CONSTRUCTION OF OPTIMAL COMPLICATED COARSENING AND REDUCING SYSTEM

Summary

Models of complicated coarsening and reducing systems are discussed in the paper. On the basis of these models problems of construction of optimal complicated systems are set forth. They are reduced to the solution of linear and nonlinear programming problems.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Д. И. Башалейшвили, Математическое обеспечение АСУ и САПР некоторых ТП (часть II). Тбилиси, 1985.
2. Ф. П. Васильев. Численные методы решения экстремальных задач. М., 1980.

Г. Н. МУСХЕЛИШВИЛИ

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА В ЦЕПИ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Дж. Г. Ломинадзе 18.2.1987)

В современной физике полупроводниковых приборов важную роль играет вопрос неустойчивости электрического тока при возникновении отрицательного дифференциального сопротивления (ОДС). В работе [1] рассматривается случай последовательного включения позистора и линейного активного резистора. Показано, что традиционное определение [2, 3] неустойчивости электрического тока в такой цепи требует уточнения.

Рассмотрим электрическую цепь, состоящую из последовательно включенных активного линейного резистора  $R$  и какого-либо нелинейного элемента  $W$ , вольт-амперная характеристика (ВАХ) которого имеет участок с ОДС. Обозначим внутреннее сопротивление источника (генератора) напряжения  $U$  через  $R_{\Gamma}$ , сопротивление линейного активного резистора — через  $R_H$ , а их сумму — через  $r$  (см. рисунок). В таком случае можно записать:

$$U = U_W + Ir, \quad (1)$$

где  $I$  — ток в цепи;  $U_W$  — падение напряжения на элементе  $W$ .

Пусть зависимость  $U_W = f(I)$  выражена дифференцируемой функцией. Отметим, что  $U_W = f(I)$  не везде однозначна: если элемент  $W$  имеет ВАХ  $N$ -типа, то в области с ОДС для одной величины точка  $I$  падение напряжения  $U_W$  может принимать два или три значения; если же ВАХ этого элемента  $S$ -типа, то в области с ОДС одному  $U_W$  может соответствовать два или три значения  $I$ . Продифференцировав (1) по  $I$ , получим

$$\frac{dU}{dI} = \frac{dU_W}{dI} + r. \quad (2)$$

В явном виде зависимость  $U_W = f(I)$  определить трудно, так как она различна для разных элементов  $W$  из-за неодинаковой природы возникновения ОДС. Поэтому анализ (2) целесообразно проводить графически, используя реальные статические ВАХ исследуемых объектов, например, некоторых полупроводниковых или ионных приборов, либо электрических схем с положительной обратной связью.

На рисунке в качестве примера приведены ВАХ цепи, содержащей туннельный диод. Кривая 1 — ВАХ туннельного диода, прямая 2 — ВАХ линейного резистора, суммарная ВАХ — кривая 3. Оси координатной системы для наглядности расположены так, чтобы лучше «чувствовались» статическое —  $R = U/I$  и дифференциальное —  $R_0 = dU/dI$  — сопротивление. Начнем двигаться по суммарной ВАХ в сторону увеличения напряжения  $U$  от 0 к  $U_A$  по ветви  $ODA$ . Ток в цепи при этом будет плавно нарастать от 0 до  $I_A$ . В точке  $A$  дальнейшая попытка





увеличения  $U$  потребует перемещения на ветвь  $CBE$ —конкретно в точку  $B$ . Ток в цепи при этом скачкообразно изменится—уменьшится от  $I_A$  до  $I_B$ . Очевидно, что в момент скачка  $R_0 = dU/dI = 0$ . Из (2) следует, что при этом

$$\frac{dU_W}{dI} = -r. \quad (3)$$

Дальнейшее увеличение  $U$  ведет к смещению по ветви  $CBE$  в сторону точки  $E$ . Если же уменьшать  $U$ , начиная с  $U_E$ , то, двигаясь по ветви  $EBC$ , мы достигаем точки  $B$  и, далее, точки  $C$ , несмотря на то, что между  $B$  и  $C$  имеется область с  $R_0 < 0$ , и по [2, 3] система должна стать неустойчивой. Однако, как уже было показано в [1], неустойчивость может и не возникать. Дальнейшее уменьшение  $U$  вынуждает перейти на ветвь  $ADO$  суммарной ВАХ—конкретно в точку  $D$ . В это время снова  $R_0 = 0$ , т. е. выполняется (3) и происходит скачок (увеличение) тока от  $I_C$  до  $I_D$ .

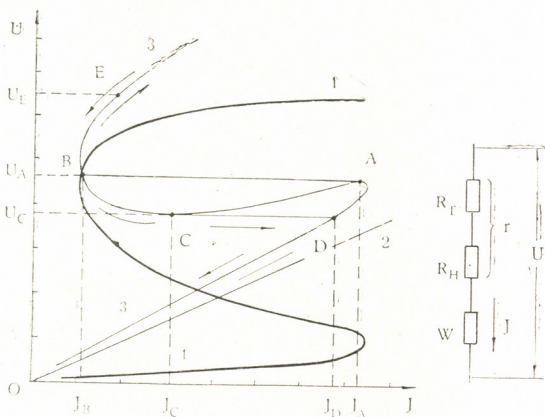


Рис. 1

Подчеркнем, что рассматриваются статические ВАХ электрических цепей и поэтому можно полностью пренебречь электрической емкостью и индуктивностью входящих в них элементов. Режиму генерации переменного тока касаться не будем, поскольку существует большое количество литературных источников, посвященных этому вопросу.

Выше рассмотрена электрическая цепь, содержащая элемент  $W$  с ВАХ  $N$ -типа (например, позистор, туннельный диод, диод Ганна). Все сказанное остается в силе и для цепей, содержащих элемент  $W$  с ВАХ  $S$ -типа (например, терморезистор с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления [4], однопереходный транзистор). Для последних справедливо определение неустойчивости тока, данное в [2, 3].



Известно, что скачкообразное изменение электрического тока происходит в цепи, содержащей нелинейный элемент  $W$  с ВАХ  $N$ -типа, если  $r$  меньше минимального абсолютного значения ОДС, а в цепи с элементом  $W$ , ВАХ которого  $S$ -типа, если  $r$  больше максимального абсолютного значения ОДС. Это легко проверить графически, построив суммарные ВАХ таких цепей. Сразу станет видно, что каждому значению напряжения  $U$ , питающему цепь, соответствует единственное значение тока  $I$  (функция  $I = \varphi(U)$  в обоих случаях однозначна).

Резюмируя очевидные соображения, изложенные выше, можно ввести определение неустойчивости электрического тока в цепи, содержащей элемент с ОДС:

— возникновение неустойчивости — переход из одного стабильного состояния в другое (например, из состояния с большим током в состояние с малым) и обратно происходит только тогда, когда ОДС нелинейного элемента становится равным по абсолютной величине активной составляющей сопротивления всей цепи, а величина электрического тока при этом может принимать два значения.

Во всех остальных случаях переходы невозможны даже для ОДС, стремящегося к  $-\infty$ .

В современной литературе вместо ОДС часто оперируют понятием ОДП — отрицательной дифференциальной проводимости. Ясно, что участку с ОДП на ВАХ соответствует участок с ОДС (знаки дифференциального сопротивления и дифференциальной проводимости совпадают) и определение неустойчивости тока в цепи можно формулировать как и выше, используя понятие ОДП вместо ОДС.

Ниже дана другая формулировка неустойчивости:

— возникновение неустойчивости электрического тока в цепи, содержащей элемент с ОДП (или ОДС) — переход из одного стабильного состояния в другое — происходит только тогда, когда ОДП всей цепи стремится к  $-\infty$  (или ОДС стремится к 0), а величина электрического тока при этом может принимать два значения.

Академия наук Грузинской ССР

Абастуманская астрофизическая обсерватория

(Поступило 19.2.1987)

ფიზიკა

გ. მუსხელიშვილი

უარყოფითი დიფერენციალური წინააღმდეგობის მქონე წრედისათვის ელექტრული დენის არამდგრადობის განსაზღვრა

რ ე ზ ი უ მ ე

რეალური ვოლტ-ამპერული მახასიათებლების გრაფიკული ანალიზის საფუძველზე ნაჩვენებია, რომ ელექტრულ წრედში, რომელიც შედგება მიმდევრობით ჩართული წრფივი აქტიური რეზისტორისა და არაწრფივი უარყოფითი დიფერენციალური წინააღმდეგობის მქონე ელემენტისაგან, რომლის ვოლტ-ამპერული მახასიათებელი  $N$ -ან  $S$ -ტიპისაა, დენის არამდგრადობა — წრედის გადასვლა ერთი სტაბილური მდგომარეობიდან მეორეში — შესაძლებელია მხოლოდ მაშინ, როდესაც არაწრფივი ელემენტის უარყოფითი დიფერენციალური წინააღმდეგობა აბსოლუტური სიდიდით გაუტოლდება წრედის აქტიურ წინააღმდეგობას და თუ ამავე დროს ელექტრულ დენს კვების მოცემული ძაბვისათვის ორი მნიშვნელობის მიღება შეუძლია.

G. N. MUSKHELISHVILI

DETERMINATION OF ELECTRICAL CURRENT INSTABILITY IN A  
CIRCUIT WITH NEGATIVE INCREMENTAL RESISTANCE

## Summary

Based on graphical analysis of real volt-ampere characteristics (VAC) of electric circuits containing a linear resistor and a non-linear element (with either  $N$ - or  $S$ -type VAC) connected in series, it is shown that current instability in a circuit (i. e. transition from one stable state to another) only occurs when the absolute value of negative incremental resistance of the nonlinear element becomes equal to the active component of the whole circuit resistance, provided that the current can take two values for a given supply voltage at the moment.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. Н. Мухелишвили. Сообщения АН ГССР, 122, № 1, 1986, 85—87.
2. В. В. Мигулин. Физический энциклопедический словарь. М., 1983, 315.
3. В. В. Мигулин. БСЭ, III издание, т. 19, 1975, 15.
4. И. Т. Шефтель. Терморезисторы. М., 1973.



Н. П. ФОКИНА, Л. Т. ЧЕЛИДЗЕ

## РЕЛАКСАЦИЯ ЯДЕРНОГО ДИПОЛЬ-ДИПОЛЬНОГО РЕЗЕРВУАРА В ТВЕРДЫХ ПАРАМАГНЕТИКАХ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. Л. Бушвили 3.3.1987)

Вопрос о релаксации ядерного диполь-дипольного резервуара (ЯДДР) встает только при низких температурах, когда, как будет показано ниже, она настолько замедляется, что можно ее наблюдать, в то время как при высоких температурах ЯДДР быстро приходит в равновесие с электронным ДДР (ЭДДР) и наблюдать процесс релаксации практически невозможно [1]. Задача теоретического исследования релаксации ЯДДР при низких температурах ставится в связи с тем, что при изучении перехода ядерной спиновой системы в упорядоченное состояние [2, 3] производились измерения скоростей релаксации ЯДДР до и после перехода [4] при низкой ядерной зеемановской температуре. Для интерпретации экспериментальных данных в области, близкой к точке перехода, необходимо иметь теоретические значения скоростей релаксации, полученные без высокотемпературного приближения по ядерной зеемановской температуре<sup>(1)</sup>.

Рассмотрим случай, когда образец содержит электронные и ядерные спины в концентрациях, при которых необходимо учитывать сдвиги от равновесия их дипольных резервуаров. Выделим четыре подсистемы: ядерную зеемановскую подсистему, ЯДДР, электронную зеемановскую подсистему, ЭДДР, переопределенные для случая низких температур таким же образом, как это сделано в работе [5]. Соответствующие этим подсистемам обратные температуры и кванты обозначим:

$$\beta_1, \beta_D, \beta_s, \beta_d, \omega_1^*, \omega_D^*, \omega_s^*, \omega_d^*.$$

В соответствии со сказанным основной гамильтониан можно записать в виде

$$H_0 = H_I^{z*} + H_s^{z*} + H_D^* + H_d^*, \quad (1)$$

где

$$H_I^{z*} = -\omega_1^* I^z = -(\omega_1 + M_{11}) I^z,$$

$$H_s^{z*} = \omega_s^* S^z = (\omega_s + M_{1s}) S^z,$$

$$\omega_1 = \gamma_1 H_0, \quad \omega_s = \gamma_s H_0.$$

<sup>(1)</sup> Отметим, что мы ограничимся рассмотрением области температур  $\omega_D \ll T_z < \omega_1$ , где  $\omega_1$  — зеемановская частота ядер,  $\omega_D$  — средний квант ЯДДР,  $T_z$  — зеемановская температура ядер (все величины в энергетических единицах). Первое неравенство означает, что ядерная спиновая система находится в парамагнитной фазе.



$M_{I_1, s}$  — первые моменты линий ЯМР и ЭПР; явный вид  $\mathbf{H}_d^*$  и  $M_{I_1, s}$  дан в работе [5],  $\mathbf{H}_D^*$  и  $M_{I_1}$  получаются из  $\mathbf{H}_d^*$  и  $M_{I_1, s}$  заменой операторов  $S$  на  $I$ ;  $\gamma_I$ ,  $\gamma_s$  — абсолютные значения гиромагнитных отношений ядерных и электронных спинов соответственно. Часть сверхтонкого взаимодействия ядер с парамагнитными центрами, ответственная за релаксацию ЯДДР, имеет вид

$$\mathbf{H}_{I, s} = \sum_{i\alpha} \left\{ V_{i\alpha}^{zz} I_{\alpha}^z + \frac{1}{2} (V_{i\alpha}^{+z} I_{\alpha}^{+} + V_{i\alpha}^{-z} I_{\alpha}^{-}) \right\} S_i^z, \quad (2)$$

где

$$V_{i\alpha}^{zz} = -\gamma_I \gamma_s \frac{1 - 3 \cos^2 \Theta_{i\alpha}}{r_{i\alpha}^3}, \quad V_{i\alpha}^{\pm z} = \frac{3}{2} \gamma_I \gamma_s \frac{\sin \Theta_{i\alpha} \cos \Theta_{i\alpha} l^i \varphi_{i\alpha}}{r_{i\alpha}^3},$$

$r_{i\alpha}$ ,  $\Theta_{i\alpha}$ ,  $\varphi_{i\alpha}$  — сферические координаты  $\alpha$ -го ядра относительно  $i$ -го электрона. Уравнения эволюции обратных температур под действием возмущения (2), полученные с помощью метода неравновесного статистического оператора Зубарева, имеют вид

$$\frac{d\beta_D}{dt} = -\frac{\beta_D - \beta_d}{T_{Dd}} - \frac{\beta_D - \beta_I}{T_{DI}}, \quad (3)$$

$$\frac{d\beta_d}{dt} = -\frac{\beta_d - \beta_D}{T_{dD}} - \frac{\beta_d - \beta_I}{T_{dI}},$$

$$\frac{d\beta_I}{dt} = -\frac{\beta_I - \beta_D}{T_{Id}} - \frac{\beta_I - \beta_d}{T_{Id}},$$

где скорости релаксации равны:

$$\frac{1}{T_{Dd}} = \frac{\pi (1 - p_s^2)}{4 N_I \omega_D^{*2}} \left\{ (1 - p_i^2) \sum_{i\alpha} (V_{i\alpha}^{zz})^2 J_{0i\alpha}^{zz} + \sum_{i\alpha} |V_{i\alpha}^{+z}|^2 \right\}. \quad (4)$$

$$\cdot \frac{1}{2} \sum_{m=\pm 1} (1 - m p_I) \cdot (J_{2i\alpha}^{-mm} - m \omega_I^* J_{1i\alpha}^{-mm});$$

$$\frac{1}{T_{dI}} = \frac{\pi (1 - p_s^2) \omega_I^{*2}}{4 N_s \omega_d^{*2}} \sum_{i\alpha} |V_{i\alpha}^{+z}|^2 \cdot \frac{1}{2} \sum_{m=\pm 1} (1 - m p_I) J_{0i\alpha}^{-mm};$$

$$\frac{1}{T_{DI}} = \frac{\pi (1 - p_s^2)}{4 N_I \omega_D^{*2}} \sum_{i\alpha} |V_{i\alpha}^{+z}|^2 \frac{\omega_I^*}{2} \sum_{m=\pm 1} m (1 - m p_I) J_{1i\alpha}^{-mm};$$

$$\frac{1}{T_{dD}} = \frac{1}{T_{Dd}} \frac{N_I \omega_D^{*2}}{N_s \omega_d^{*2}}; \quad \frac{1}{T_{Id}} = \frac{1}{T_{dI}} \frac{N_s \omega_d^{*2}}{N_I \omega_I^{*2} (1 - p_I^2)};$$

$$\frac{1}{T_{ID}} = \frac{1}{T_{DI}} \frac{\omega_D^{*2}}{\omega_I^{*2}};$$

$$J_{0i\alpha}^{zz} = \int_{-\infty}^{\infty} \omega^2 \varphi_{ii}^{zz}(\omega) \varphi_{\alpha\alpha}^{zz}(-\omega) d\omega.$$



Здесь введены обозначения:

$$J_{\alpha\alpha}^{-mm} = \int_{-\infty}^{\infty} [-m(\omega - \omega_I^*)]^n \varphi_{ii}^{zz}(m\omega) f_{\alpha\alpha}^{-mm} [-m(\omega - \omega_I^*)] d\omega;$$

$$\varphi_{ii}^{zz}(t) = \frac{\langle \delta S_i^z(t) \delta S_i^z \rangle}{\langle (\delta S_i^z)^2 \rangle}; \quad f_{\alpha\alpha}^{+-}(t) = \frac{\langle I_{\alpha}^{\pm}(t) I_{\alpha}^{\mp} \rangle}{\langle I_{\alpha}^{\pm} I_{\alpha}^{\mp} \rangle};$$

$$\rho_I = th \left( \frac{\omega_I \beta_I}{2} \right); \quad \rho_s = th \left( \frac{-\omega_s \beta_s}{2} \right); \quad \delta S_i^z = S_i^z - \langle S_i^z \rangle.$$

Временная зависимость электронных и ядерных корреляционных функций определяется взаимодействиями  $\mathbf{H}_d^*$  и  $\mathbf{H}_D^*$ , соответственно, усреднение производится с зеемановскими бoльцмановскими факторами  $N_s$ ,  $N_I$  — число электронных и ядерных спинов соответственно. Квадраты средних квантов ЯДДР и ЭДДР равны [5]:

$$\omega_{D,d}^{*2} = (1 - \rho_{I,s}^2) \left\{ \left( 1 - \frac{2}{3} \rho_{I,s}^2 \right) \omega_{D,d}^2 + \rho_{I,s}^2 \overline{\Delta a_{I,s}^2} \right\},$$

где  $\overline{\Delta a_{I,s}^2}$  — среднеквадратичные флуктуации локальных ядерных дипольных и электронных дипольных полей [5],  $\omega_D$  и  $\omega_d$  — высокотемпературные средние ЯДДР и ЭДДР.

Рассмотрим частные случаи решения уравнений (3).

1. Предположим, что  $\tau_e \gg T_2$ , где  $\tau_e$  и  $T_2$  — времена корреляции функций  $\varphi_{ii}^{zz}(t)$  и  $f_{\alpha\alpha}^{\pm\pm}(t)$  соответственно. Такая [ситуация осуществляется на эксперименте в [6]. Тогда тепловое смешивание дипольных подсистем происходит независимо от ядерной зеемановской подсистемы, и формулы переходят в результаты работы [6] с тем отличием, что нами учтены среднеквадратичные отклонения локальных полей.

2. Если  $\tau_e \ll T_2$ , релаксация ЯДДР, ЭДДР и ядерной зеемановской подсистемы будет описываться уравнениями (3) со следующими скоростями:

$$\frac{1}{T_{Dd}} = \frac{(1 - \rho_s^2)(1 - \rho_I^2)}{4 N_I \omega_D^{*2}} \left\{ \sum_{i\alpha\beta} (V_{i\alpha}^{zz})^2 (U_{\alpha\alpha}^{zz})^2, \right. \quad (5)$$

$$\left. \frac{\tau_e (1 - \rho_I^2)}{8} + \frac{\omega_I^* \tau_e}{1 + \omega_I^{*2} \tau_I^2} \frac{\rho_I}{1 - \rho_I^2} \sum_{i\alpha} |V_{i\alpha}^{*z}|^2 (a_{\alpha} - \bar{a}_I), \right.$$

$$\left. \frac{1}{T_{Id}} = \frac{(1 - \rho_s^2)}{4 N_I} \frac{\tau_e}{1 + \omega_I^{*2} \tau_I^2} \sum_{i\alpha} |V_{i\alpha}^{*z}|^2, \right.$$

где

$$a_{\alpha} = \frac{1}{2} \sum_{\beta} U_{\alpha\beta}^{zz}; \quad \bar{a}_I = \frac{1}{2 N_I} \sum_{\alpha\beta} U_{\alpha\beta}^{zz}; \quad U_{\alpha\beta}^{zz} = \gamma_I^2 \frac{1 - 3 \cos^2 \Theta_{\alpha\beta}}{r_{\alpha\beta}^3}.$$

При  $\overline{\Delta a_{I,s}^2} = 0$  и  $\rho_I = 0$  (5) совпадает со скоростью релаксации, теоретически полученной в [4] при  $\beta \omega_D \ll 1$ , где  $\beta$  — обратная температура ЯДДР после полного адиабатического размагничивания во вращающейся системе





координат (АРВСК), и подтвержденной там же экспериментально. Однако если релаксация ЯДДР изучается по методике работы [6], т. е. АРВСК доводится до конечного значения  $\rho_1$  и  $\omega_1^* \tau_e \leq 1$ , то, как видно из (5), преобладающую роль в релаксации ЯДДР может играть второй член в (5).

Таким образом, полученные в данной работе общие уравнения в частных случаях  $\tau_e \gg T_2$  и  $\tau_e \ll T_2$ ,  $\rho_1 = 0$  согласуются с соответствующими экспериментами [4, 6], а также предсказывают изменение характера релаксации при  $\tau_e \ll T_2$ ,  $\rho_1 \neq 0$ .

Тбилисский государственный университет

(Поступило 12.3.1987)

ფიზიკა

ბ. ფოკინა, ლ. ჭელიძე

ბირთვული დიპოლ-დიპოლური რეზერვუარის რელაქსაცია მყარ პარამაგნეტიკში დაბალ ტემპერატურებზე

რეზიუმე

გამოყვანილია მყარ განზავებულ პარამაგნეტიკში ბირთვული დიპოლ-დიპოლური რეზერვუარის რელაქსაციის ზოგადი განტოლებები დაბალ ტემპერატურებზე, რომლებიც შემდეგ შესწავლილია კერძო შემთხვევებისათვის. ნაჩვენებია ლოკალური განმამაგნიტებელი ველის გავლენა რელაქსაციაზე.

PHYSICS

N. P. FOKINA, L. T. CHELIDZE

## NUCLEAR DIPOLE-DIPOLE RESERVOIR RELAXATION IN SOLID DILUTED PARAMAGNETS AT LOW TEMPERATURES

Summary

The equations of relaxation of nuclear dipole-dipole reservoir in solid diluted paramagnets at low temperatures are deduced in the general case. Some particular cases are considered. The influence of local demagnetizing field on relaxation is evaluated.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. С. Бендиашвили, Л. Л. Буишвили, М. Д. Звиададзе. ФТТ, 11, № 3, 1969, 726.
2. А. Абрагам, М. Гольдман. Ядерный магнетизм: порядок и беспорядок. М., 1984.
3. M. Chapellier, M. Goldman, Vu Hoang Chau, A. Abragam. J. Appl. Phys. 41, 1970, 849.
4. M. Goldman, J. F. Jacquinot. J. Phys. (France), 37, 1970, 617.
5. Л. Л. Буишвили, Н. П. Фокина. ФТТ, 25, № 6, 1983, 1761.
6. L. J. de Haas, C. M. B. van der Zon, W. Th. Wenckebach, N. J. Poulis. Physica, 123B. 1983, 35.

Э. В. ХУЦИШВИЛИ

## ПОДВИЖНОСТЬ НОСИТЕЛЕЙ ТОКА В ЛЕГИРОВАННЫХ СПЛАВАХ ГЕРМАНИЙ-КРЕМНИЙ

(Представлено академиком Ф. Н. Тавадзе 17.3.1987)

Электрические свойства сплавов по всей системе изучены в основном для слаболегированных образцов [1—5]. Данные же для сильнолегированных образцов относятся к сплавам *Ge-Si*, богатым кремнием [6—9].

В настоящей статье приводятся результаты исследования холловской подвижности электронов и дырок для сильнолегированных сплавов *Ge-Si* по всей системе при 80 и 300 К.

Сплавы *Ge-Si* *n*-типа были легированы мышьяком, а *p*-типа — бором.

Экспериментальные значения холловской подвижности электронов и дырок сильнолегированных сплавов *Ge-Si* при комнатной температуре в зависимости от состава представлены на рис. 1. Для сравнения на этом рисунке приведены данные [3] по подвижности электронов и дырок в нелегированных сплавах (кривая 1).

Как видно, общая закономерность изменения подвижности в легированных сплавах *Ge-Si* следует закономерности изменения подвижности в нелегированных сплавах *Ge-Si*. Однако зависимость подвижности носителей тока от состава здесь слабее выражена. Подвижность носителей тока в легированных сплавах *Ge-Si* значительно ниже подвижности нелегированных сплавов соответствующего состава по краям системы и практически не зависит от состава сплава в середине системы. Общий характер изменения подвижности электронов и дырок в легированных сплавах *Ge-Si* сохраняется и при температуре жидкого азота.

Такая закономерность изменения подвижности обусловлена легированием и соответствующим изменением вклада отдельных механизмов рассеяния в суммарное рассеяние.

Для полной интерпретации экспериментальных данных необходимо разделить вклад различных механизмов рассеяния в подвижность носителей тока. Сравнение экспериментальной подвижности сильнолегированных сплавов *Ge-Si*, так же как для сильнолегированных *Ge* и *Si*, с существующими теориями рассеяния носителей тока показывает, что из-за особенностей рассеяния носителей при сильном легировании теория наилучшим образом описывает подвижность при концентрации носителей тока  $\sim 10^{19}$  см<sup>-3</sup>. При больших или меньших концентрациях носителей тока наблюдается расхождение теории с экспериментом. Экспериментальные образцы сплавов *Ge-Si* с концентрацией  $2 \cdot 10^{19}$  см<sup>-3</sup> (рис. 1) являются наиболее удобными для разделения вкладов отдельных механизмов рассеяния носителей тока в суммарное рассеяние.

При одновременном действии всех видов рассеяния объединение компонент подвижности носителей тока, определяемых основными механизмами рассеяния, нами осуществлялось в виде

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_{dis}} + \frac{1}{F} \left( \frac{1}{U_L} + \frac{1}{U_i} \right),$$

где  $U_{dis}$  — подвижность, связанная с рассеянием на неупорядоченностях сплава;  $U_L$  — подвижность, связанная с рассеянием на акустических колебаниях решетки;  $U_i$  — подвижность, связанная с рассеянием на ионах примеси.

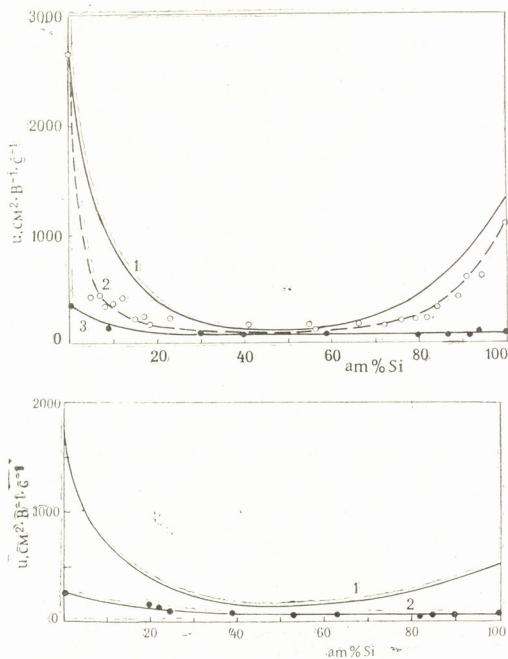


Рис. 1. Зависимость холловской подвижности носителей тока при 300 К от состава в сплавах  $Ce-Si$ : а —  $n$ -типа, 1 — чистые сплавы [3], 2 —  $n \sim 1 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ , 3 —  $n \sim 2 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ ; б —  $p$ -типа, 1 — чистые сплавы [3], 3 —  $n \sim 2 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$

В работе [10] рассчитан поправочный фактор  $\mathcal{F}$  для разных значений уровня Ферми, позволяющий учитывать при сложении обратных величин подвижности, обусловленных разными механизмами рассеяния, одновременное присутствие процессов рассеяния с разными энергетическими зависимостями.

При оценке  $U_L$  использовались значения подвижности, полученные линейной интерполяцией между значениями для беспримесных  $Ge$  и  $Si$ . При вычислении  $U_L$  было учтено ее снижение за счет вырождения.

Данные по температурной зависимости  $U_L$  при рассеянии на акустических колебаниях решетки для чистых  $Ge$  и  $Si$  взяты из [11]. Поскольку с теорией сравниваются образцы с концентрацией носителей

тока  $2 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ , то компонента подвижности, обусловленная рассеянием на ионах примеси, рассчитывалась по формулам Мансфильда [10] для подвижности при рассеянии на ионах примеси при любой степени вырождения.

Обработка данных требовала знания приведенного уровня Ферми, эффективных масс электронов и дырок и многих параметров. При расчете всех необходимых параметров использовались общеизвестные соотношения и за основу принималась модель изменения зонной структуры сплавов *Ge-Si* с составом по Герману [12]: скачкообразное изменение параметров зоны проводимости и монотонное изменение параметров валентной зоны от *Ge* к *Si*.

Результаты обработки экспериментальных данных показывают, что в наших сплавах *Ge-Si* *n*-типа при комнатной температуре вклад рассеяния на неупорядоченностях в области составов до  $\sim 10$  ат% *Si* одного порядка с вкладом рассеяния на ионах примеси, относительно малую долю вносит в суммарное рассеяние рассеяние на акустических колебаниях решетки. Начиная с  $\sim 20$  ат% до 100 ат% *Si* подвижность практически определяется рассеянием на ионах примеси. Вклад рассеяния на неупорядоченностях сплава мал и находится за пределами ошибки расчета. Такое соотношение вкладов отдельных механизмов рассеяния носителей тока в суммарное рассеяние по системе сплавов *Ge-Si* *n*-типа, согласно расчетам, наблюдается и при температуре жидкого азота.

Расчеты показывают, что в случае сплавов *Ge-Si* *p*-типа вклад рассеяния на ионах примеси меньше, а на неупорядоченностях сплава больше, чем в сплавах *Ge-Si* *n*-типа.

Результаты расчета относительного вклада рассеяния на неупорядоченностях сплава и ионах примеси при 300 и 80 К представлены на рис. 2, а, б соответственно. Зависимости проходят через максимум.

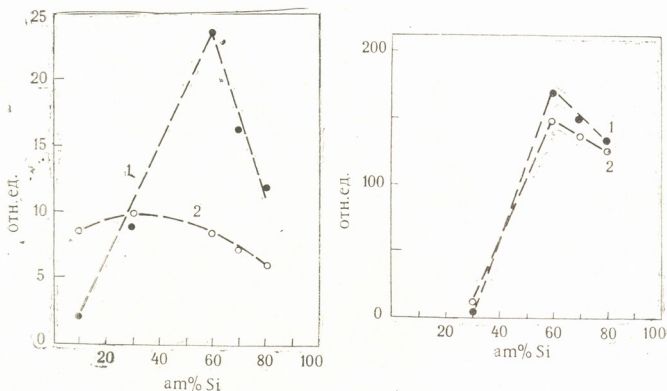


Рис. 2. Относительный вклад рассеяния на неупорядоченности сплава (1) и ионах примеси (2) в суммарную подвижность в сплавах *Ge-Si* *p*-типа при: а—300 К, б—80 К

Вклад рассеяния на неупорядоченностях сплава имеет максимум в области составов  $\sim 60$  ат% *Si*. Сравнение экспериментально выделенной составляющей подвижности, связанной с рассеянием на неупорядо-



ченностях сплава, с теорией показывает, что  $U_{dis}$  следует теории Брукса [13]:

$$\frac{1}{U_{dis}} \sim c(1-c),$$

где  $c$  — атомная доля одной из компонент сплава  $Ge-Si$ .

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт металлургии  
 им. 50-летия СССР

(Поступило 20.3.1987)

ფიზიკა

ა. ხუციშვილი

დენის მატარებელთა ძვრადობა ლეგირებულ გერმანიუმ-  
 სილიციუმის შენადნობებში

რეზიუმე

გამოკვლეულია დენის მატარებელთა ჰოლის ძვრადობა ლეგირებულ n-და p-ტიპის გერმანიუმ-სილიციუმის შენადნობებში მთელ სისტემაზე 80 და 300K ტემპერატურაზე. ექსპერიმენტული და თეორიული მონაცემების შედარების საფუძველზე დადგენილია ძლიერი ლეგირებისას შენადნობში არსებული დენის მატარებელთა სხვადასხვა განხვევის მექანიზმებს შორის თანაფარდობა 80 და 300K ტემპერატურაზე.

PHYSICS

E. V. KHUTSISHVILI

## CHARGE CARRIERS MOBILITY IN DOPED GERMANIUM-SILICON ALLOYS

Summary

The Hall mobility of doped n-and p-type Ge-Si alloys has been investigated throughout the system at a temperature of 80 and 300k. Comparison between experimental and theoretical data allowed to establish the relation between different scattering mechanisms of the carriers in the heavily doped Ge-Si alloys at 80 and 300k.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. A. Levitas. Phys. Rev; v. 99, № 6, 1955.
2. M. Glicksman. Phys Rev. 100, № 1, 1955.
3. G. Busch, O. Vogt. Helv. Phys. Acta. 33, 437. 1960.
4. M. Glicksman. Phys. Rev. v. 111, № 1, 1958.
5. M. C. Steel, F. D. Rosi. J. Appl. Phys. v. 29, № 11, 1958.
6. О. А. Голикова, Е. К. Иорданишвили, А. В. Петров. ФТТ, т. 8, № 2, 1966.
7. J. P. Dismukes, L. Ekstrom, E. F. Steigmeier, J. Kudman, D. S. Beers. J. Appl. Phys. v. 35, № 10, 1964.
8. Н. Х. Абрикосов, В. С. Земсков, Е. К. Иорданишвили, А. В. Петров, В. В. Рождественская. ФТП, т. 2, № 12, 1968.
9. Э. В. Хуцишвили, Н. П. Кекелидзе, М. Г. Кекуа, О. А. Голикова. ФТП, т. 5, № 5, 1971.
10. R. Mansfield. The Proc. Phys. Soc. v. 69, № 433 B, 1956.
11. В. И. Фистуль. Сильнолегированные полупроводники. М., 1967.
12. F. Herman. Proc. IRE v. 43, 1703, 1955.
13. L. Makowski, M. Glicksman. J. Phys. Chem., Solids, v. 34, 487, 1973.





Дж. Г. ЭЛИАШВИЛИ

О КОРРЕКТНОСТИ НЕКОТОРЫХ ПОНЯТИЙ ТЕОРИИ ВОЛН,  
 ИСПОЛЗУЕМЫХ В СЕЙСМОЛОГИИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. А. Алексидзе 9.3.1987)

Решение задачи о распространении волн в безграничной упругой среде, полученное Стоксом, имеет фундаментальное значение для многих разделов физики. С этим решением связано определение ряда основных понятий механики сплошной среды. Ниже обсуждается вопрос корректности некоторых основных определений сейсмологии на основе анализа фундаментального решения Стокса.

Пусть безграничная упругая среда отнесена к декартовой системе координат  $oxyz$ . Допустим, что сосредоточенная сила, меняющаяся во времени по произвольному закону  $F(t)$ , приложена в начале координат и направлена вдоль оси  $ox$ . Тогда, как известно [1], вектор перемещений произвольной точки среды (точки приема) можно представить в виде суммы

$$\vec{f} = \vec{f}_P + \vec{f}_S + \vec{f}_{St} \tag{1}$$

где

$$\vec{f}_P = \frac{F(t - R/\alpha)}{4\pi\rho\alpha^2 R^3} (x^2\vec{i} + xy\vec{j} + xz\vec{k}), \tag{2}$$

$$\vec{f}_S = \frac{F(t - R/\beta)}{4\pi\rho\beta^2 R^3} [(R^2 - x^2)\vec{i} - xy\vec{j} - xz\vec{k}], \tag{3}$$

$$\vec{f}_{St} = \frac{1}{4\pi\rho R^5} [(3x^2 - R^2)\vec{i} + 3xy\vec{j} + 3xz\vec{k}] \int_{\frac{R}{\alpha}}^{\frac{R}{\beta}} \tau F(t - \tau) d\tau. \tag{4}$$

Здесь  $R$  — расстояние от начала координат до точки приема;  $\alpha$  и  $\beta$  — соответственно скорости распространения продольной и поперечной волн;  $\rho$  — плотность материала;  $t$  и  $\tau$  — время.

В настоящее время в отечественной [2] и зарубежной [3] литературе по сейсмологии среду, окружающую источник возмущения, разделяют на две зоны. Критерий разделения основан на фундаментальном решении Стокса и формулируется так: множество точек среды, в которых величиной перемещения  $|\vec{f}_{St}|$  можно пренебречь в сравнении с величинами  $|\vec{f}_S|$  и  $|\vec{f}_P|$ , образует дальнюю зону, а множество остальных точек среды — ближнюю зону.

Приведенный критерий разделения на зоны учитывает только характер затухания  $|\vec{f}_{St}|$  в зависимости от  $R$ . Ниже показано, что расстояние не является единственным критерием в оценке доли  $|\vec{f}_{St}|$ .



Действительно, из формул (2), (3) и (4) следует, что величины  $|\vec{f}_P|$ ,  $|\vec{f}_S|$  и  $|\vec{f}_{St}|$  различно зависят от пространственного расположения точки приема по отношению к источнику возмущения. Так, например, для точек, расположенных вдоль оси  $ox$  величины  $|\vec{f}_P|$  и  $|\vec{f}_{St}|$  принимают максимальные значения, а величина  $|\vec{f}_S|$  — минимальное нулевое значение. В работе [4] показано, что из рассматриваемой безграничной среды можно выделить конус с осью  $ox$  и вершиной в начале координат такой, что для точек, расположенных внутри этого конуса, перемещения  $|\vec{f}_{St}|$  будут всегда больше, чем перемещения  $|\vec{f}_S|$ . В связи с этим все точки приема, находящиеся внутри этого конуса, согласно существующему определению будут находиться в ближней зоне, независимо от их удаленности от источника. Здесь следует учесть, что область, охватываемая упомянутым выше конусом, довольно обширна. Так, например, все силы, меняющейся по закону,

$$F(t) = \begin{cases} 0, & t \leq 0 \\ 1, & 0 < t < \Delta t \\ 0, & t > \Delta t \end{cases} \quad (5)$$

при  $\alpha = 5$  км/с,  $\beta = 3$  км/с,  $R = 30$  км,  $\Delta t = 4$  с угол у вершины конуса равен  $64^\circ$ . Из приведенного примера видно, что значительная часть среды, расположенная внутри конуса, не может быть разделена на зоны. Поэтому необходимо ввести другой критерий разделения. Для этой цели можно использовать известное условие разделения продольной и поперечной волн, которое имеет вид

$$\frac{R}{\beta} - \frac{R}{\alpha} \geq \Delta t, \quad (6)$$

где  $\Delta t$  — продолжительность действия силы  $F(t)$ .

Точки приема, радиус-вектор которых удовлетворяет условию (6), относятся к дальней зоне, а остальные точки к ближней зоне. Критерий (6) дает количественную оценку геометрических понятий ближней и дальней зон с учетом характера воздействия возмущающей силы (продолжительности ее действия), свойств среды и позволяет выделить качественное различие перемещений, возникающих в этих зонах.

В работах по сейсмологии, в частности, при рассмотрении волновых полей перемещений, возникающих от сосредоточенного источника, в определениях основных понятий «продольная волна» и «поперечная волна» содержатся некоторые дополнительные условия по отношению к условиям, принятым в механике сплошной среды. Эти дополнительные условия и некоторые другие обстоятельства, на которые будет указано ниже, послужили причиной ошибок, содержащихся в определениях упомянутых выше основных понятий сейсмологии.

В механике сплошной среды продвижение безвихревого поля перемещений называют безвихревой волной или волной относительного изменения объема и характеризуют тем, что вектор  $\vec{p}$  поля этих перемещений удовлетворяет условию

$$\text{rot } \vec{P} = 0, \quad (7)$$

а скорость  $a$  распространения этой волны определяется по формуле

$$a^2 = (\lambda + 2\mu) / \rho. \quad (8)$$

Аналогично вводится понятие — волна искажения; это — процесс движения соленоидного поля перемещений. Вектор этого поля  $\vec{S}$  характеризуется тем, что удовлетворяет условию

$$\operatorname{div} \vec{S} = 0, \quad (9)$$

а скорость распространения волны  $\beta$  определяется по формуле

$$\beta^2 = \mu |\rho|. \quad (10)$$

Здесь, как и в случае вектора  $\vec{P}$ , вопрос направления перемещения не обсуждается.

В сейсмологии, в частности, при обсуждении формулы Стокса (1), к приведенным выше определениям добавляется условие о направлении перемещения. В работах [2, 3, 5] продольной волной называют перемещения, описываемые вектором, которому приписывается свойство

$$\operatorname{rot} \vec{f}_P = 0, \quad (11)$$

а название «продольная волна» связывают с тем, что направление вектора  $\vec{f}_P$  совпадает с направлением распространения волны. Аналогично и для поперечной волны вектору  $\vec{f}_S$  приписывают свойство

$$\operatorname{div} \vec{f}_S = 0 \quad (12)$$

и, поскольку вектор  $\vec{f}_S$  направлен перпендикулярно направлению распространения волны, распространение этих перемещений называют поперечной волной. Как для продольной, так и для поперечной волны скорости их распространения определяются по формулам (8) и (10).

Сопоставляя приведенные определения, принятые в механике сплошной среды и сейсмологии, отметим следующее.

1. Вектор  $\vec{f}_P$  (равно как и вектор  $\vec{f}_{St}$ ) самостоятельного физического смысла не имеет. Это всего лишь составляющая полного перемещения, которая проявляется только совместно с компонентой  $\vec{f}_{St}$  и отделение  $\vec{f}_P$  от  $\vec{f}_{St}$  физически невозможно. Поэтому приписывать названия отдельно нереализуемым долям перемещения представляется нецелесообразным, тем более что  $|\vec{f}_{St}|$  может оказаться даже больше чем  $|\vec{f}_P|$  либо  $|\vec{f}_S|$  [4, 6].

2. Компонента  $\vec{f}_{St}$ , соответствующая  $\vec{f}_P$  и  $\vec{f}_S$ , имеет как продольную, так и поперечную составляющие. Поэтому в реальном движении только продольное либо только поперечное перемещение не реализуется, и отклонение от этих направлений может быть существенным [4, 6].

3. Свойство (11), приписываемое вектору  $\vec{f}_P$  (равно как и свойство (12), приписываемое вектору  $\vec{f}_S$ ), неверно. В этом можно убедиться непосредственным вычислением либо по работе [7].

Соотношения (11) и (12) не могут быть обоснованы и ранее предполагаемой малостью доли  $|\vec{f}_{St}|$  в сравнении с  $|\vec{f}_P|$  и  $|\vec{f}_S|$ . А именно тем, что поскольку  $\vec{f}_{St}$  мало, то можно заменить  $\operatorname{rot}(\vec{f}_P + \vec{f}_{St})$  на  $\operatorname{rot} \vec{f}_P$ , а  $\operatorname{div}(\vec{f}_S + \vec{f}_{St})$  на  $\operatorname{div} \vec{f}_S$ . Такая замена недопустима, поскольку операции  $\operatorname{rot}$  и  $\operatorname{div}$  связаны с вычислением производных, и малость абсолютной величины функции не является основанием для пренебрежения ее производными. Таким образом свойства (11) и (12), приписываемые векторам  $\vec{f}_P$  и  $\vec{f}_S$  [2, 3, 5], ошибочны.



Видимо, в теоретических исследованиях по сейсмологии целесообразно образно придерживаться соответствующих определений, принятых в механике сплошной среды. Следует учесть, что дело не только в неудачном выборе объекта для предоставления ему названия, а и в ошибке приписывания несуществующих свойств.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт строительной механики  
и сейсмостойкости

(Поступило 13.3.1987)

გეოფიზიკა

ჯ. ელიაშვილი

ტალღათა თეორიის ზოგიერთი მცნების კორექტულობის შესახებ  
საისმოლოგიაში

რეზიუმე

სტოკსის ფუნდამენტური ამონახსნის სწავლის საფუძველზე განხილულია სეისმოლოგიის ზოგიერთი მცნების არაკორექტულობის შემთხვევები.

GEOPHYSICS

J. G. ELIASHVILI

ON THE CORRECTNESS OF SOME CONCEPTS OF WAVES  
THEORY USED IN SEISMOLOGY

Summary

On the basis of G. Stokes' fundamental solution analysis, the cases of non-correctness of some concepts of seismology are considered.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. Л я в. Математическая теория упругости. М., 1935.
2. Справочник геофизика. Сейсморазведка. М., 1981.
3. К. А к и, П. Р и ч а р д с, Количественная сейсмология. М., 1983.
4. Дж. Г. Э л и а ш в и л и. Сообщения АН ГССР, 112, № 1, 1983.
5. Е. Ф. С а в а р е н с к и й и Д. П. К и р н о с. Элементы сейсмологии и сейсмометрии. М., 1955.
6. Дж. Г. Э л и а ш в и л и. Сообщения АН ГССР, 114, № 3, 1984.
7. Г. А. Г а м б у р ц е в. Изв. АН СССР, X, № 1, 1946.



М. Е. ПЕРЕЛЬМАН, И. Я. БАДИНОВ

## РЕЗОНАНСНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КЛАСТЕРОВ И КАПЕЛЕК ВОДЫ И МОДЕЛЬ ОБЛАЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. А. Алексидзе 9.3.1987)

В статье делается попытка объяснения ряда особенностей микро-структуры облачных образований: узости спектра их водности — отличается не более чем на порядок от 1 г/кг, узости спектра преимущественных размеров частиц в таких образованиях — в основном сосредоточен в интервале микронных размеров, относительной устойчивости того как будто хаотического агломерата частиц, который называется облаком (край облака даже визуально представляется более резким, чем можно ожидать в модели невзаимодействующих конститuentов).

Покажем, что эти особенности можно объяснить специфическими для водных частиц квантовыми обменными силами, достигающими максимума для частиц размера около 1 мкм, находящихся на расстояниях порядка 50 мкм друг от друга.

1. Энергия взаимодействия нейтральных атомов убывает с расстоянием как  $r^{-7}$  (силы Ван-дер-Ваальса). Если, однако, один из атомов возбужден, то между ним и тождественным атомом возникают много более сильные дисперсионные или обменные силы  $\sim r^{-3}$  (например, [1]). Аналогичные силы действуют и между малыми частицами — кластерами и т. п.

Пусть  $\varphi$  и  $\psi$  — волновые функции основного и возбужденного состояний кластеров. Взаимодействие между двумя частицами описывается в нижнем приближении элементом  $S$ -матрицы:

$$S_{ji} = -i \int d\vec{r}_1 d\vec{r}_2 dt \psi_1^* \varphi_2^* U(r) \psi_2 \varphi_1 \exp\{-i(\epsilon_{1i} + \epsilon_{2i} - \epsilon_{1f} - \epsilon_{2f})t\}, \quad (1)$$

где  $\epsilon_i$ ,  $\epsilon_f$  — кинетические энергии начальных и конечных состояний кластеров. Потенциал взаимодействия в (1) можно, по аналогии с выводом потенциала Ван-дер-Ваальса [2], связать с усредненной  $S$ -матрицей рассеяния этих кластеров, описываемым однофотонным резонансным обменом с гамильтонианом  $V = -\vec{d}_1 \vec{E}_1(r) - \vec{d}_2 \vec{E}_2(r)$ , где  $\vec{d}$  и  $\vec{E}$  — операторы дипольного момента и напряженности поля. Тогда стандартный расчет приводит к выражению

$$U(\vec{r}) = (i/4\pi) \int_{-\infty}^{\infty} d\omega \omega^2 \alpha_{ik}(\omega) D_{ik}(\omega, \vec{r}), \quad (2)$$

где  $D_{ik}(\omega, \vec{r})$  — гриновская функция фотона, а

$$\alpha_{ik} = \frac{1}{3} \delta_{ik} \sum |d_n|^2 \{(\omega_n - \omega - i\Gamma_n)^{-1} + (\omega_n + \omega - i\Gamma_n)^{-1}\} \quad (3)$$

— тензор поляризуемости,  $\omega_n$  и  $\Gamma_n$  — частоты и ширины возбужденных уровней,  $d_n$  — дипольный момент кластера, принято, что основным является  $S$ -состояние кластера.



Интегрирование (2) по вычетам (3) и усреднение по направлениям диполей приводит к выражению для потенциала:

$$U(r) = -(2/3c^2) \sum r_n^{-1} |d_n|^2 \omega_n^2 \exp(-\Gamma_n r/c) \cos(\omega_n r/c), \quad (4)$$

суммирование распространяется на все уровни кластера.

Таким образом, резонансный однофотонный обмен ведет к последовательному ряду убывающих по высоте и глубине потенциальных ям и барьеров. Но если усреднить (4) по спектру теплового излучения, то эти особенности (4) могут смазаться и останутся лишь те, которые вызваны изолированными длинноволновыми возбуждениями.

2. Изолированными длинноволновыми квантами в спектре водных частиц могут быть кванты, излучаемые при конденсации на поверхности кластеров добавочных молекул, в актах встройки молекул в кристаллическую структуру либо в процессах самодиффузии молекул в капельке.

Как показано теоретически в [3, 4], в процессах кристаллизации и конденсации часть, по крайней мере, скрытой теплоты перехода может конвертироваться в характеристическое излучение с частотами, близкими к  $\omega_n = \Lambda/nhN_A$ , где  $\Lambda$  — теплота перехода,  $N_A$  — число Авогадро,  $n$  — число вновь образуемых связей, возможны и гармоники  $\omega_n$ . Частоты, соответствующие [3, 4], обнаружены в ряде работ (например, в [5]). Близкие, по-видимому, частоты наблюдались ранее [6], гармоники их должны быть ответственны за излучения, обнаруженные в [7].

Уточнение теории [3, 4] показывает, что энергия перехода должна распределяться по возбуждениям имеющихся и вновь образуемых уровней, т. е. частоты переходного фазового излучения должны соответствовать особенностям диэлектрической восприимчивости вещества (включая и низкочастотную область — таково, возможно, излучение, зафиксированное в [8]).

Из всех степеней свободы, собственных частот воды [9], наиболее интересна для рассматриваемого процесса частота заторможенной трансляции  $\nu_T \sim 200 \text{ см}^{-1}$ ,  $\lambda_T \sim 50 \text{ мкм}$ , так как ее возбуждение, т. е. процесс самодиффузии молекул, происходит в широком интервале температур в водных частицах достаточного размера. Поэтому  $\nu_T$  должна быть интенсивной и может соответствовать резонансному обмену квантами между частицами воды. К ней близка и частота излучения при образовании водородных связей, т. е. при конденсации молекул на поверхности кластеров: их энергия порядка 2 ккал/моль, что при образовании четырех связей на молекулу дает  $\lambda_n \sim 50 \text{ мкм}$ .

3. Устойчивость квазирешетки из капель может быть достигнута лишь в том случае, если энергия взаимодействия (4) больше энергии теплового движения и энергии кулоновского взаимодействия капелек за счет оседающих на них флуктуационных зарядов:

$$|U(r)| > kT, \quad |U(r)| > n^2 e^2 / r. \quad (5)$$

Поскольку число флуктуационных зарядов  $n$  определяется, согласно Эйнштейну, электростатической степенью свободы:  $n^2 e^2 / R \sim kT$ , где  $R$  — радиус капли, второе условие (5) слабее первого, которое дает возможность оценить размеры частиц, входящих в квазирешетку.

Предположим для получения нижней оценки (4), что все молекулы независимо излучают и поглощают резонансные кванты (кооперативные эффекты по Дикке [10] могут существенно увеличить вероятность этих процессов и глубину ям в (4)). Вероятность перескоков для каждой молекулы, согласно Онзагеру [9], порядка  $\beta \sim 10^6 \text{ с}^{-1}$ , длительность радиационного процесса  $\tau \approx 2/\Gamma \sim 10^{-5} \text{ с}$ . Следовательно, из  $N$  молекул капли в процессах поглощения-переизлучения одновременно участвуют не менее  $N_1 = \tau\beta N$  молекул.

Если теперь предположить, что дипольный момент  $\vec{d}$  всей капли складывается случайным образом, в соответствии с распределением Пуассона, из моментов отдельных молекул  $\vec{d}_1$ , то

$$|d|^2 \sim N_1 |d_1|^2 = \beta\tau N |d_1|^2 \quad (6)$$

(это нижняя оценка, так как всегда имеет место некоторая корреляция моментов). Формула (6) приводит при  $r = \lambda_r/2$  к оценке для (4):

$$|U_{\min}(r)| = (16\pi/3\lambda_r)\beta\tau N |d_1|^2 \quad (7)$$

и из сравнения с (5) получаем, что  $N_{\max} \lesssim 2 \cdot 10^{12}$ , т. е. квазирешетка образуется каплями с  $R \lesssim 2 \div 3$  мкм.

При учете кооперативных эффектов излучения, корреляции моментов и т. п. эту оценку, вне сомнения, можно понизить, т. е. показать, что квазирешетку образуют и капли меньших размеров.

4. Сделаем ряд добавочных замечаний к излагаемой теории.

а) Прямая проверка этой теории требует фиксации надпланковского излучения облаков в районе 50 мкм или соответствующих гармоник. Отметим, что для малых частиц возможны сдвиги спектральных особенностей [11] и поэтому резонансные частоты могут несколько отличаться от своих стационарных значений, что в принципе может привести к селекции квазирешеток по размеру образующих их частиц.

б) Мелкие кластеры (ядра Айткена и т. п.) могут не иметь трансляционных степеней свободы или характеризоваться их малой активностью. Поэтому они не будут удерживаться в узлах квазирешетки и смогут свободно передвигаться по всему объему облака, коагулируя с крупными и т. д.

в) «Облачную» фазу могут, по-видимому, образовывать и частицы других химических составов или смесей. Возможности эти зависят от особенностей их ИК-спектров. Эта проблема важна для моделирования планетных атмосфер и для теории звездной эволюции [4].

г) Наличие ряда ям в (4) характерно также для коллоидных систем, образующих периодические структуры [12]. Описание их отличается от данного выше лишь величиной  $R/r \sim 1$ , у нас  $R/r \ll 1$ .

д) Отметим, что поскольку с поверхности Земли испаряется порядка  $5,75 \cdot 10^5 \text{ км}^3/\text{год}$  воды, среднее выделение тепла при ее конденсации порядка  $0,125 \text{ кал/с} \cdot \text{см}^2$  должно составить заметную часть солнечной постоянной, сосредоточенной в основном на частотах фазового излучения. Проверка такого вывода также существенна для теории [3, 4].



მ. პერელმანი, ი. ბადინოვი

წყლის წვეთების და კლასტერების რეზონანსული ურთიერთქმედება  
და ღრუბლისებური წარმონაქმნების მოდელი

რეზიუმე

წყლის ღრუბლების ისეთი თვისებები, როგორცაა მათი სიბრტყის შემცველობა, წყლის წვეთების ზომების სპექტრის სივიწროვე და წვეთების ერთი შეხედვით ქაოტური ანსამბლის შედარებითი სტაბილურობა შეიძლება ახსნილ იქნეს რეზონანსული კვანტების გაცვლით ( $\lambda \sim 50$  მკმ), რომელთა გენერაცია წარმოებს ან წვეთებში თავისუფლების ტრანსლაციური ხარისხების ხარჯზე ან მოლეკულების სუბლიმაციის დროს გათავისუფლებული ფარული სიბრტყის გამო.

GEOPHYSICS

M. E. PEREL'MAN, I. Ya. BADINOV

RESONANCE INTERACTIONS OF WATER CLUSTERS AND DROPLETS  
AND A MODEL OF CLOUD FORMATION

Summary

Such properties of water clouds as their water-bearing, narrowness of the droplets size spectra, and the relative stability of the apparent chaotic ensemble of clusters and droplets can be accounted for by the exchange of resonance quanta ( $\lambda \sim 50$  mcm) which are generated by self-diffusion of molecules in drops and by the latent energy liberation under the molecules sublimation on these particles.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. M. J. Stephen. J. Chem. Phys, 40, 1964, 669.
2. В. Б. Берестецкий, Е. М. Лифшиц, Л. П. Пигаевский. Квантовая электродинамика. М., 1980.
3. М. Е. Перельман. ДАН СССР, 203, № 5, 1972, 1030.
4. М. Е. Перельман. Астрофизика, 17, 1981, 383.
5. В. А. Татарченко. Кристаллография, 24, 1979, 408.
6. L. W. Nichols, J. Lamar. Appl. Optics, 7, 1968, 1757.
7. Л. Г. Качурин, С. Колев, В. Ф. Псаломщиков. ДАН СССР, 267, № 2, 1982, 347.
8. А. М. Трохан, А. И. Лапшин, О. И. Гудзенко. ДАН СССР, 275, № 1, 1984, 83.
9. Д. Эйзенберг, В. Кауцман. Структура и свойства воды. Л., 1975.
10. Сб. «Электромагнитное сверхизлучение». Казань. 1975.
11. Ю. И. Петров. Физика малых частиц. М., 1982.
12. Б. В. Дерягин. Успехи химии, 48, № 5, 1979, 675.





Н. Г. ГОГАДЗЕ, Т. М. АЛХАЗИШВИЛИ, Э. В. ДАВТЯН

## ИОНОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОВ ХЛОРА В ОБЕССОЛЕННОЙ ВОДЕ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. В. Цинцадзе 17.2.1987)

Применение ионометрического метода в аналитической химии основано на измерении электродных потенциалов в электрической цепи, где солевым мостиком является анализируемый раствор.

Из теории растворов известно, что для разбавленных растворов в диапазоне концентрации  $10^{-4}$ —1 моль/л существует зависимость  $a = \gamma C$ , где  $a$  — активность иона;  $C$  — концентрация;  $\gamma$  — коэффициент активности, показывающий различие реальных растворов от идеальных вследствие влияния электрических сил взаимодействия ионов между собой в реальных растворах [1].

Зависимость же э. д. с. цепи от активности ионов выражается уравнением Нернста  $E = E_0 - \frac{RT}{nF} \ln a$  [2], где  $E$  — э. д. с. цепи;  $E_0$  — величина стандартного потенциала при  $a = 1$ ;  $R$  — универсальная газовая постоянная;  $T$  — абсолютная температура;  $n$  — валентность иона;  $F$  — число Фарадея.

Следовательно, концентрация ионов может быть определена измерением их активности. В технике измерения активности ионов используется сравнительно новый инструмент — ионоселективный электрод, который в паре с вспомогательным электродом дает возможность измерения активности определяемого иона.

В данной работе разработан ионометрический метод определения ионов хлора в обессоленной воды, используемый на заводе «Грузхимфармпрепараты» для производства лекарственных препаратов, получаемых пропусканием питьевой воды через анионо- и катионообменные смолы. Таким образом, полученная обессоленная вода не лишена ионов хлора, повышение концентрации которых отрицательно влияет на качество препаратов.

Поэтому в производственных условиях из существующих методов определения ионов хлора применяют весовой метод, к недостаткам которого могут быть отнесены большие трудо- и энергозатраты и значительное время определения.

С этих позиций контроль содержания ионов хлора обессоленной воды, играя определенную роль в получении продукции заданного качества, ставит задачу экспрессности измерений.

В разработанном ионометрическом методе использован ионоселективный мембранный электрод типа ЭМ-С1-01. Электродом сравнения выбран хлорсеребряный электрод марки ЭВЛ-1МЗ. Измерения

проводились на иономере И-115. Перед началом измерений электрод ЭМ-С1-01 вымачивался в течение суток в растворе  $10^{-1}M$  KCl, затем помещался в стакан с измеряемым раствором, а электрод сравнения ЭВЛ-1МЗ — в другой стакан, с насыщенным раствором KCl. Стаканы соединены электролитным ключом, наполненным раствором  $10^{-1}M$   $NH_4NO_3$  по схеме рис. 1. Э.д.с. цепи является функцией кон-

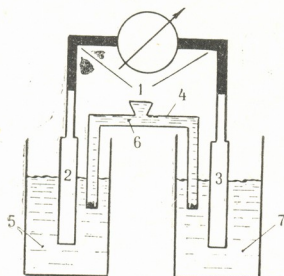


Рис. 1. Измерительная схема иономера: 1 — шкала иономера, 2 — носелективный электрод (ИСЭ), 3 — электрод сравнения, 4 — электролитический ключ, 5 — измеряемый раствор, 6 —  $10^{-1}$  моль/л раствор нитрата аммония, 7 — насыщенный раствор KCl

центрации раствора. Для построения кривой зависимости э.д.с. от концентрации раствора были приготовлены калибровочные растворы KCl с концентрацией, пересчитанной на ион хлора. По величинам потенциала цепи, соответствующим концентрациям калибровочных растворов, построен график зависимости э.д.с. от концентрации ионов хлора (рис. 2).

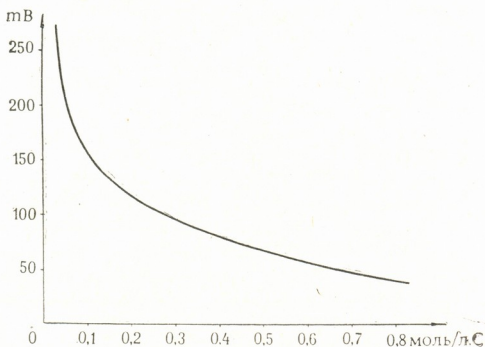


Рис. 2. График зависимости э.д.с. от концентрации ионов хлора

В обессоленной воде, аналогично вышеприведенному, измерялся потенциал цепи, а с помощью графика (рис. 2) определялась соответствующая ему концентрация ионов хлора.

Для определения оценок точности весового и ионометрического методов измерения, приготовлены пробы стандартных растворов с содержанием ионов Cl в исследуемом диапазоне концентраций. По разности определений оцениваемых методов со стандартным раствором

последовательно найдены абсолютные погрешности, стандартные отклонения (среднеквадратические ошибки) и коэффициенты вариации (воспроизводимость) методов, последние из которых для весового и ионометрического методов соответственно равны 4,74 и 1,27%. Таким образом, разработанный ионометрический метод более чем в 3 раза точнее весового метода.

Проверка работоспособности метода с приведенной точностью измерений производится на основе использования прямолинейной зависимости э.д.с. от  $pCl$  (рис. 3) и заключается в проведении трех

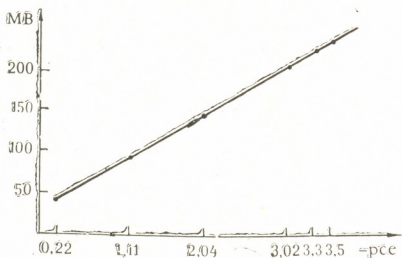


Рис. 3. График зависимости э.д.с. электрода от отрицательного логарифма активной концентрации ионов хлора

измерений для различных концентраций, результаты которых должны расположиться на прямой.

Метод прост и характеризуется высокой точностью.

Научно-исследовательский институт  
электроионной технологии

(Поступило 27.2.1987)

საბუნებისმეცნიერების  
აკადემია

ბ. გოგაძე, თ. ალხაჯიშვილი, ე. ლავთიანი

ქლორ-იონების იონომეტრული განსაზღვრა მარილბაგოცლილ  
წყალში

რეზიუმე

დამუშავებულია ქლორ-იონების განსაზღვრის მეთოდი  $3 \cdot 10^{-4}$  1 მოლ/ლ დიაპაზონში, რომელიც გამოყენებულია იონიტებით გასუფთავებული სასმელი წყლის ქლორ-იონების საანალიზოდ.



N. G. GOGADZE, T. M. ALKHAZISHVILI, E. V. DAVTYAN  
IONOMETRIC DETERMINATION OF CHLORINE IONS IN  
DESALTED WATER

Summary

The present paper deals with the application of ionometric methods in analytical chemistry. In particular, a method has been developed for determining Cl ions over the range  $3 \cdot 10^{-4}$  mole/l to 1 mole/l. The method is applicable for the determination of Cl ions in the ionite-purified potable water.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. И. Левин. Теоретические основы электрохимии. М., 1972, 64.
2. Краткая химическая энциклопедия, т. III. М., 1964, 426.



В. М. ОКУДЖАВА (академик АН ГССР), Б. Г. ЧАНКВЕТАДЗЕ,  
М. Д. РУХАДЗЕ, М. М. РОГАВА

### ОДНОВРЕМЕННОЕ КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕНЗОНАЛА, ФЕНОБАРБИТАЛА И КАРБАМАЗЕПИНА МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Количественное определение содержания лекарственных препаратов в различных биологических жидкостях (плазма и сыворотка крови, слюна, моча и т. д.) является важнейшим источником информации практического и теоретического характера в современной фармакологии [1]. В настоящей работе предлагается методика одновременного количественного определения препаратов противосудорожного действия: бензонала (БЗЛ), фенобарбитала (ФБ) и карбамазепина (КБЗ) — методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

ФБ и КБЗ относятся к числу наиболее широко применяемых противосудорожных средств [2]. Эти препараты назначаются также совместно. В Советском Союзе, наряду с ФБ и КБЗ, широкое применение находит также БЗЛ. Последний чаще всего рекомендуется для лечения судорожных форм эпилепсии различного происхождения. Бензонал нередко используется в сочетании с другими антиэпилептическими препаратами, в частности при лечении полиморфных припад-

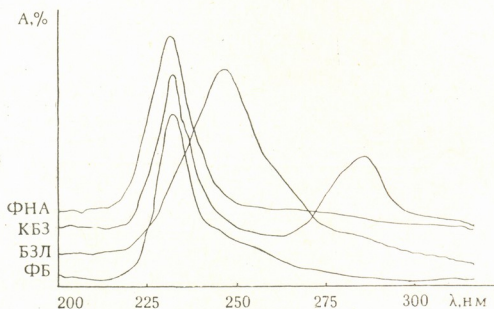


Рис. 1. Ультрафиолетовые спектры БЗЛ (а),  
ФБ (б), ФНА (в) и КБЗ (г) в интервале длин волн 190—360 нм

ков [3]. Совместное применение БЗЛ с другими препаратами делает актуальной задачу их одновременного определения. Ранее нами была предложена методика одновременного определения БЗЛ, гексамидина и дифенина методом газо-жидкостной хроматографии (ГЖХ) [4],



но специфика этого метода не позволяет одновременно определять БЗЛ и КБЗ. Наряду с этим, по разработанной нами ГЖХ методике не удается разделить БЗЛ и ФБ, а задача эта очень актуальная, поскольку ФБ является потенциальным метаболитом БЗЛ. Таким образом, разработка методики одновременного количественного определения БЗЛ, ФБ и КБЗ открывает возможность подробного исследования вопросов фармакокинетики и метаболизма БЗЛ.

Обработку образцов крови и слюны осуществляли по описанной ранее методике [5]. Сухой остаток, полученный из органического экстракта анализируемой крови, растворяли в элюенте и его определенное количество вводили в колонку жидкостного хроматографа.

Хроматографический анализ проводили в режиме с нормальной фазой на микроколоночном жидкостном хроматографе «Миличром» производства П/О «Научприбор» (г. Орел). Разделение БЗЛ, ФБ, КБЗ и добавляемого в качестве внутреннего стандарта раствора феназепамы (ФНА) (10 мкг ФНА на 1 мл хлороформа) осуществляли на колонке размером 2×64 мм, наполненной адсорбентом силасорб-600 фирмы «Хемапол» (ЧССР). Разрез частиц адсорбента 5 мкм. Анализ проводили в изократном режиме и в качестве элюента применяли смесь растворителей: 70% гексана, 22% хлороформа, 8% изопропилового спирта. Скорость подачи элюента 100 мкл/мин. Детектирование перечисленных выше соединений проводили ультрафиолетовым детектором. Предварительное снятие УФ-спектров БЗЛ, ФБ, КБЗ и

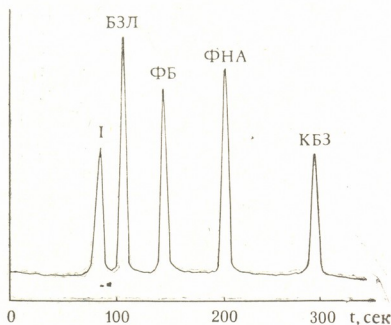


Рис. 2. Хроматограмма экстракта плазмы крови, содержащей БЗЛ (2), ФБ (3) и КБЗ (5), 1—компонент плазмы, 4—ФНА

ФНА (рис. 1) наводит на мысль, что для их детектирования оптимальной длиной волны в ультрафиолетовом диапазоне является 230—240 нм. Мы проводили измерение при 240 нм. Приведенная на рис. 2 хроматограмма плазмы крови, содержащей БЗЛ, ФБ и КБЗ, показывает хорошее разделение этих веществ по времени — менее чем за 5 мин. Присутствующий на хроматограмме пик компонента плазмы (1) не мешает анализу указанных лекарственных средств.

С целью построения калибровочной кривой (рис. 3) для количественного определения БЗЛ, ФБ и КБЗ в 0,2 мл плазмы крови до-

бавляли такие количества этих препаратов, чтобы получить их концентрации, указанные на рис. 2. Во все образцы вводили одинаковые количества ФНА, обрабатывали образцы соответствующим образом и после проведения хроматографического анализа строили калибровочные кривые в координатах концентрация лекарственного препара-

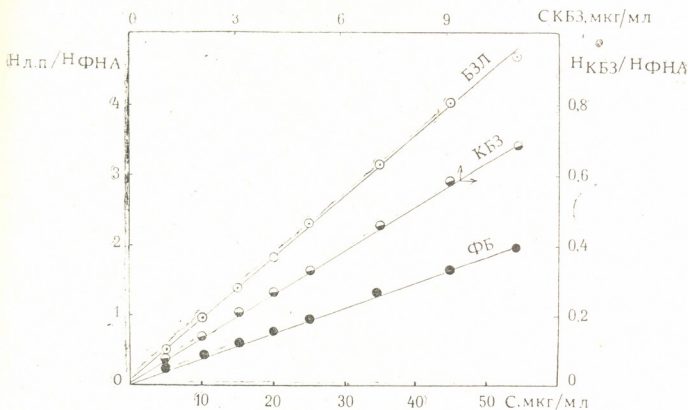


Рис. 3. Калибровочные кривые для БЗЛ (1), ФБ (2) и КБЗ (3)

та ( $C_{л.п}$ ) — соотношение высоты пиков лекарственного препарата ( $H_{л.п}$ ) и внутреннего стандарта ( $H_{в.с}$ ). Полученные таким образом калибровочные кривые характеризуются хорошей кучностью точек и линейностью в терапевтическом диапазоне концентрации этих препаратов.

#### Характеристика хроматографического анализа БЗЛ, ФБ, ФНА и КБЗ

Лекарственный препарат	Время удерживания, сек	Чувствительность метода, мкг/мл	Воспроизводимость результатов
БЗЛ	110	0,2	$99,5 \pm 0,5$
ФБ	140	0,1	$99,3 \pm 0,4$
ФНА	195	0,3	—
КБЗ	280	0,2	$99,4 \pm 0,2$

В целом описанная здесь методика характеризуется экспрессностью, низким расходом реактивов, высокой чувствительностью и хорошей воспроизводимостью результатов (таблица). Эта методика успешно может быть применена в клинической практике и фармакологических исследованиях как при моно-, так и при политерапии вышеуказанными препаратами.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 7.5.1987)



3. ოკუჯავა (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი),  
ბ. ჭანკვიტაძე, მ. რუხაძე, მ. როგავა

ბენზონალის, ფენობარბიტალის და კარბამაზეპინის ერთდროული  
ბანსაზღვრა მაღალეფექტური თხევადფაზური ქრომატოგრაფიის  
მეთოდით

რ ე ზ ი ე მ ე

დამუშავებულია ანტიეპილეფსიური მოქმედების პრეპარატების—ბენზონალის, ფენობარბიტალის და კარბამაზეპინის ერთდროული რაოდენობრივი განსაზღვრის მეთოდი ბიოლოგიურ სითხეებში.

მოწოდებული მეთოდი მოითხოვს მცირე დროს, ხასიათდება მაღალი მგრძობიარობით და შედეგების კარგი განმეორებადობით. ის შეიძლება გამოყენებულ იქნეს როგორც კლინიკურ პრაქტიკაში, ისე ფარმაკოლოგიური კვლევების დროს.

#### ANALYTICAL CHEMISTRY

V. M. OKUJAVA, B. G. CHANKVETADZE, M. D. RUKHADZE, M. M. ROGAVA

### SIMULTANEOUS QUANTITATIVE DETERMINATION OF BENZONAL, PHENOBARBITAL AND CARBAMAZEPINE BY HIGH-PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY

#### Summary

A technique is proposed for the quantitative measurement of anticonvulsive drugs—benzonal, phenobarbital and carbamazepine—in biological samples.

The described method is characterised with high speed, low cost, high sensitivity and good reproducibility of results, and can be used in clinical practice and in pharmacological studies.

#### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. Н. Соловьев, А. А. Фирсов, В. А. Филлов. Фармакокинетика. М., 1980.
2. D. M. Woodbury, J. K. Penry, C. E. Pirpenger. Antiepileptic Drugs, Raven Press, 1982, 3.3.
3. М. Д. Машковский. Лекарственные средства, ч. I. М., 27—29, 144—145, 148—149.
4. В. М. Окуджава, Б. Г. Чанкветадзе, М. Д. Рухадзе. Изв. АН ГССР, сер. биол., т. 12, № 6, 1986, 394—401.
5. В. М. Окуджава, Б. Г. Чанкветадзе, М. Д. Рухадзе. Сообщения АН ГССР, 123, № 1, 165.





К. Г. ГОДЕРДЗИШВИЛИ, М. Т. ТКЕМАЛАДЗЕ, Т. И. ГАБУНИЯ,  
 Н. И. ГЛОНТИ

### МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В НЕФТЯХ ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ

(Представлено академиком Л. Д. Меликадзе 26.6.1987)

Микроэлементы нефтей играют важную роль для решения вопросов генезиса и стратиграфической корреляции нефтей. С другой стороны, микроэлементы могут иметь практическое значение с точки зрения возможности извлечения редких металлов из остатков переработки нефтей [1].

С нефтеносными районами Восточной Грузии связаны основные запасы и ресурсы нефтей Грузии. Нами изучено количественное распределение микроэлементов в нефтях Самгорского, Ниноцминдского, Руставского месторождений и в проявлениях Кавтис-Хеви и Кила-Купра. В нефтяных месторождениях Норно, Сацхениси, Тарибани и Ильдокани распределение микроэлементов изучено ранее [2].

Для выделения из образцов зольных компонентов применяли разработанный нами ранее фотохимический способ выделения микроэлементов [2]. Исследуемые образцы нефти облучали в течение 8 часов УФ-лучами лампы СВД-120. Продукты фотолиза выделяли и промывали петролевым эфиром. Полученные твердые продукты фотолиза сжигали в муфельной печи при температуре 550—600°C. Зола из нефти Кила-Купра из-за высокой плотности получили методом прямого сжигания.

В табл. I приведены некоторые данные исследуемых образцов.

Таблица I

Зольность исследуемых объектов

Месторождение или проявление	№ скв.	Глубина залегания, м	Возраст вмещающих отложений	Удельный вес $d_4^{20}$	Зольность, %	V/Ni
Самгори	149	1619—1548	В. эоцен	0,8474	0,0033	0,12
Ю. к. Самгори	40	2180—2302	Ср. эоцен	0,8274	0,0032	0,26
Ниноцминда	43	2630	В. эоцен	0,8283	0,0098	0,34
Ниноцминда	9	2706—2852	Ср. эоцен	0,8252	0,0045	0,2
Рустави	2	3483—3504	"	0,7685	0,0016	0,03
Рустави	22	3320—3378	"	0,8432	0,014	0,5
Норно	57	1074—1400	Ср. сармат	0,925	0,0299	0,34
Сацхениси	14	1400—1820	В. олигоцен	0,8618	0,0032	0,21
Кавтис-Хеви	2	3840—3860	В. мел	0,8714	0,015	0,35
Тарибани	22	2374—2362	В. сармат	0,8386	0,0135	0,23
Кила-Купра	Восточная группа грязевых вулканов			0,9673	0,575	0,2
Ильдокани	15	690—680	В. палеоцен	0,8311	0,022	0,17

Как видно из данных таблицы, все легкие нефти малозольные, а высоковязкие нефти Норно из Кила-Купра являются высокозольными — 0,0299 и 0,575% соответственно.



Спектральный анализ золы нефтей проводился в ВНИГРИ (г. Ленинград) на кварцевом спектрографе ИСП-29. Спектральным анализом в исследуемых образцах установлено количественное содержание следующих элементов: V, Ni, Co, Cr, Mn, Mo, Cu, Ti, Pb, Sn, Zn, Zr, Sr, Ba, Ga.

Результаты количественного спектрального анализа зольных остатков нефтей в процентах относительно золы приведены в табл. 2, а в табл. 3 — данные относительно нефти.

Таблица 2

Результаты количественного спектрального анализа зольных остатков нефтей

Месторождение или проявление	№ скв.	Содержание элементов в золе, %												
		V	Ni	Cr	Co	Mn	Mo	Cu	Ti	Pb	Sn	Zn	Sr	Ba
Самгори	149	0,1	0,8	0,06	0,02	0,14	0,1	0,08	0,05	0,09	0,03	0,13	0,3	0,19
Ю. к. Самгори	40	0,16	0,6	0,02	0,03	0,12	0,022	0,11	0,25	0,6	0,1	0,01	0,06	0,23
Ниноцминда	43	0,16	0,47	0,1	0,04	0,65	0,002	0,17	0,4	1,0	0,03	1,0	0,07	1,0
Ниноцминда	9	0,13	0,63	0,06	0,04	0,14	0,002	0,05	0,13	0,08	0,04	0,01	0,02	0,17
Рустави	2	0,03	1,0	0,1	0,03	0,18	0,003	0,5	0,07	0,8	0,1	0,06	0,23	0,8
Рустави	22	0,05	0,1	0,03	0,01	0,12	0,002	0,15	0,25	0,6	0,02	0,15	0,08	0,3
Норио	57	0,40	1,0	0,02	0,04	0,16	0,007	0,14	0,22	0,02	0,01	0,3	>1	>1
Сацхениси	14	0,23	1,2	0,08	0,03	0,21	0,004	0,27	0,21	0,08	0,03	0,6	0,12	0,3
Кавтис-Хеви	2	0,1	0,28	0,08	0,01	0,13	0,002	0,2	0,13	~1	0,1	~1	0,01	0,26
Тарибани	22	0,2	3,0	0,1	0,18	0,16	0,006	0,8	0,25	0,12	0,12	0,6	0,11	0,26
Кила-Купра		0,01	0,07	0,01	0,01	0,07	0,001	0,03	0,09	0,01	—	0,1	~1	~1
Ильдокани	15	0,05	0,5	0,02	0,25	0,18	0,01	0,9	0,2	0,08	0,13	0,6	0,04	0,23

Таблица 3

Результаты количественного спектрального анализа зольных остатков нефтей

Месторождение или проявление	№ скв.	Содержание элементов в 100 г нефти, $\mu\text{-}10^{-5}$												
		V	Ni	Cr	Co	Mn	Mo	Cu	Ti	Pb	Sn	Zn	Sr	Ba
Самгори	149	0,33	2,64	0,2	0,08	0,4	0,33	0,26	0,17	0,3	0,1	0,43	0,99	0,63
Ю.к. Самгори	40	0,51	1,92	0,1	0,1	0,38	0,06	0,35	0,8	1,92	0,32	0,03	0,19	0,74
Ниноцминда	43	1,59	4,2	0,98	0,39	6,6	0,02	1,67	3,92	9,8	0,3	9,8	0,7	9,8
Ниноцминда	9	0,6	2,84	0,27	0,18	0,63	0,01	0,23	0,6	0,36	0,18	0,05	0,1	0,7
Рустави	2	0,05	1,6	0,16	0,05	0,29	0,01	0,8	0,11	1,28	0,16	0,1	0,37	1,28
Рустави	22	0,7	1,4	0,42	0,06	1,68	0,03	2,1	3,5	8,4	0,28	2,1	0,42	4,2
Норио	57	15,0	29,9	0,72	1,04	4,9	0,21	4,2	6,6	0,59	0,27	8,9	>29,9	>29,9
Сацхениси	14	0,74	3,84	0,26	0,09	0,7	0,01	0,9	0,7	0,25	0,1	3,2	0,38	0,96
Кавтис-Хеви	2	1,5	4,2	1,2	0,3	1,95	0,03	3,0	1,95	~15,0	1,5	~15,0	0,12	3,9
Тарибани	22	2,7	40,5	1,35	2,43	2,2	0,08	10,8	3,4	1,62	1,62	8,1	1,49	3,5
Кила-Купра		7,48	40,3	4,6	4,6	40,3	0,58	18,4	51,8	1,73	—	57,5	~575	~575
Ильдокани	15	0,11	1,1	0,07	0,55	0,4	0,22	1,98	0,44	0,17	0,28	1,32	0,09	0,29

Содержание в золе исследуемых нефтей Fe, Al, Si, Ca больше 3%, а Na и Mg больше 1%, Zr, Ga Ag и Be содержатся не во всех

образцах. В нефтях Норно, Тарибани, Кавтис-Хеви и особенно Кила-Купра с повышением зольности наблюдается увеличение количественного содержания всех элементов. Это, возможно, связано с факторами гипергенеза залежей и вторичным их обогащением микроэлементами.

С целью установления обогащенности нефтей некоторыми элементами приводим средние содержания определяемых элементов в литосфере в весовых процентах: V—0,015; Ni—0,008; Sn—0,008, Zn—0,05, Cu—0,01, Mn—0,09, Pb—0,00016, Ba—0,05, Ti—0,6 [3].

Сопоставляя содержания микроэлементов в изученных нефтях с атомными их кларками в литосфере, можно отметить, что в зольных остатках концентрация большинства элементов заметно увеличивается.

Как известно, наблюдается определенная закономерность соотношения ванадия и никеля в нефтях. Это отношение является довольно постоянной величиной и характерно для ряда групп нефтей. Отношение  $V/Ni$  для палеозойских нефтей чаще всего превышает единицу, а для мезозойских и кайнозойских не достигает единицы [4, 5].

Эта закономерность прослеживается и в изученных нефтях Восточной Грузии, в которых содержание никеля преобладает над содержанием ванадия и отношение  $V/Ni$  изменяется в узком интервале от 0,03 до 0,5.

По результатам спектрального анализа золы нефтей можно отметить, что нефти из меловых отложений характеризуются повышенным содержанием Pb и Sn, а по содержанию других элементов нет резкого различия между третичными и меловыми нефтями изученных месторождений. Это положение можно объяснить процессом метаморфизма или недостаточной сохранностью залежей нефтей.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт физической и  
 органической химии  
 им. П. Г. Меликишвили

ГрузКНИПО СевКавНИПИНефть

(Поступило 26.6.1987)

ორბანული ჟიჟია

ა. გოდერძიშვილი, ა. ტყეშელაშვილი, თ. გაბუნია, ნ. ლლონტი

მიკროელემენტები ალმოსავლეთ საპარტველოს ნავთობებში

რეზიუმე

ალმოსავლეთ საპარტველოს ნავთობებში და მათგან ფოტოქიმიური გზით მიღებულ ნაცრებში დადგენილია V, Ni, Cr, Co, Mn, Cu, Ti, Sn, Sr და Ba რადიონობრივი შემცველობები. ნაცრებში, განსაკუთრებით მაღალი სიბლანტის ნავთობების ნაცრებში, აღნიშნული ელემენტების შემცველობები მნიშვნელოვნად აღემატება მათ კლარკულ მონაცემებს.

K. G. GODERDZISHVILI, M. T. TKEMALADZE, T. I. GABUNIA,  
N. I. GLONTI

## MICROELEMENTS IN CRUDE OILS OF EASTERN GEORGIA

### Summary

Proportions of V, Ni, Cr, Co, Mn, Cu, Ti, Sn, Zn, Ba and Sr have been determined in the crude oils of eastern Georgia and in the ashes photochemically obtained from them. Amounts of the stated trace elements, present in the ash samples and especially in the samples of high-viscous oil ashes, are considerably greater than their percent abundance values.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Металлы в нефтях. Алма-Ата, 1984, 140.
2. Л. Д. Меликадзе, К. Г. Годердзишвили, Дж. И. Зульфугарли.  
К изучению микроэлементов нефтей Грузии. Тбилиси, 1976.
3. С. М. Катченков. ДАН СССР, 86, 4, 805, 1952.
4. С. М. Катченков, Е. И. Флегонтова. Труды ВНИГРИ, геохим. сб., 227,  
1964, 174.
5. С. М. Катченков. Там же, 191.



Г. В. ЦИЦИШВИЛИ (академик АН ГССР),  
Т. Г. АНДРОНИКАШВИЛИ (член-корреспондент АН ГССР),  
О. Ю. ЗАРДАЛИШВИЛИ, И. Ш. ШАТИРИШВИЛИ, К. О. КИКОДЗЕ

## ВЛИЯНИЕ ЦЕОЛИТОВ, ВНЕСЕННЫХ В ПОЧВУ, НА ПРОЦЕСС УДЕРЖАНИЯ ВЛАГИ И ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Присутствие определенного количества влаги в почве является обязательным для развития растений и регулирования поступления в них элементов питания. При дефиците влаги нарушается согласованность в работе ферментных систем, усиливаются процессы гидролиза и распада органических веществ, резко снижается интенсивность фотосинтеза, прекращается рост растений [1].

Влажность почв определяется типом почвы, характером ее структуры, фильтрационной способностью.

В почве происходят значительные потери питательных элементов, в частности азота; отмечаются как вертикальная их миграция до грунтовых вод с нисходящими токами воды, так и горизонтальная — с поверхностными и внутрипочвенными стоками. Также происходят потери азота из почвы в газообразной форме в результате денитрификации. Суммарно эти потери достигают в среднем 30%, а в некоторых случаях — 50—60% и более. Все это определяется емкостью поглощения катионов, которая зависит от типа почвы; так, у чернозема она вдвое больше, чем у серо-коричневой почвы.

Внесение в почву различных веществ, в том числе природных цеолитов, например клиноптилолитсодержащих туфов [2], приводит к увеличению гидрофильности и емкости поглощения катионов почвы, а также способствует ее структурированию.

Нами были проведены эксперименты по изучению влияния цеолитов — клиноптилолитсодержащих туфов месторождения Тедзари (ГССР) на удерживание влаги и питательных элементов (N, P, K). Для выполнения опытов были отобраны два образца почв: черноземная почва Сартичальского опытного пункта Института почвоведения, агрохимии и мелиорации им. М. Н. Сабашвили и серо-коричневая почва Поницальской экспериментальной базы.

Были проведены классические лизиметрические исследования, которые широко используются в агрономической химии для учета вымывания питательных веществ из почвы. Для этого сосуды заполнялись почвой в количестве 1 кг со следующим содержанием минеральных удобрений:  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ —0,15 г;  $\text{KCl}$ —0,10 г и  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ —0,15 г. Эксперимент был выполнен в шести вариантах в двух повторностях. Один сосуд заполнялся только почвой — абсолютный фон, второй — почвой с НРК с указанным выше количеством минеральных удобрений (контроль), остальные содержали почву, НРК и клиноптилолитсодержащий



туф — 3, 5, 7 и 10 г соответственно. Длительность эксперимента — 20 суток. Поливка осуществлялась дистиллированной водой 1 раз в 5 дней по 300 мл, всего 1200 мл воды. Определялись количество выделенной воды и концентрация питательных элементов в фильтрате в пересчете на  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  и  $\text{P}_2\text{O}_5$  (табл. 1 и 2).

Таблица 1  
Влияние цеолита на удерживающую способность серо-коричневой почвы

Схема эксперимента	Количество выделенной воды, мл	Количество задержанной воды, % от общего полива 1200 мл	Концентрация фильтрата $\text{NH}_4^+$ , мг/мл	Концентрация фильтрата $\text{K}_2\text{O}$ , мг/мл	Концентрация фильтрата $\text{P}_2\text{O}_5$ , мг/мл
Абсолютный фон	625	48	0,9	30,98	0,6
Контроль NPK	540	55	1,7	63,66	1,1
Контроль + 3 г цеолита	377	69	1,5	35,10	0,7
Контроль + 5 г цеолита	245	79	1,3	33,25	0,7
Контроль + 7 г цеолита	185	85	1,0	22,20	0,5
Контроль + 10 г цеолита	145	88	0,9	21,40	0,4

Таблица 2  
Влияние цеолита на удерживающую способность черноземов

Схема эксперимента	Количество выделенной воды, мм	Количество задержанной воды, % от общего полива 1200 мл	Концентрация фильтрата $\text{NH}_4^+$ , мг/мл	Концентрация фильтрата $\text{K}_2\text{O}$ , мг/мл	Концентрация фильтрата $\text{P}_2\text{O}_5$ , мг/мл
Абсолютный фон	785	34,6	0,7	21,60	0,6
Контроль, NPK	642	46,5	1,8	35,48	1,6
Контроль + 3 г цеолита	605	49,6	1,4	27,80	0,9
Контроль + 5 г цеолита	445	63,0	1,2	24,46	0,7
Контроль + 7 г цеолита	340	72,0	0,7	18,05	0,6
Контроль + 10 г цеолита	305	73,7	0,7	12,45	0,3

Введение цеолитов в почву в обоих случаях задерживает выделение воды из лизиметров по сравнению с контролем приблизительно на 4 часа. При этом на серо-коричневой почве удерживается 88% воды, а на черноземе — 74% при 1% содержании цеолита в почве, соответственно в контроле с NPK — 55 и 46%. Значительное влияние оказывает цеолит на удерживание  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{K}^+$  в почве. Концентрация в фильтрате катионов  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{K}^+$  по сравнению с контролем (чернозем) уменьшена в 2,6 и 2,8 раза, в случае с серо-коричневой почвой — в 1,9 и 3,0 раза. Имеет место удерживание и ионов фосфора: для чернозема в 5,3 раза, а серо-коричневой почвы — в 2,8 раза по сравнению с контролем. Это, по-видимому, вызвано тем, что в случае  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{K}^+$  в присутствии цеолитов одновременно наблюдаются два процесса: адсорбция и ионный обмен. Значительное увеличение поглощения фосфора почвой связано с тем, что цеолиты, по всей вероятности, способствуют структурированию почвы, причем в большей степени чернозема. Происходит развитие пористости почвы, удельная поверхность последней увеличивается, вследствие чего растет адсорбционная способность почвы по отношению к фосфору, хотя не лишено смысла

предположение, что и сам цеолит за счет вторичной пористости может поглощать фосфор [3]. Весьма возможно, что поглощение фосфора происходит как на структурированной почве, так и на цеолитах одновременно.

Академия наук Грузинской ССР  
 Институт физической и  
 органической химии  
 им. П. Г. Меликишвили

(Поступило 7.1.1988)

ფიზიკური ქიმია

ბ. ციციშვილი (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი),  
 თ. ანდრონიკაშვილი (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი),  
 ო. ჯარღალიშვილი, ი. შათირიშვილი, ძ. კიკოძე

### ნიდაგზი შეტანილი ცეოლითის გავლენა ტენის და საკვები ელემენტების შეკავებაზე

რეზიუმე

ლიზომეტრულ პირობებში, შესწავლილ იქნა ცეოლითების გავლენა ტენის და საკვები ელემენტების შეკავებაზე ყავისფერ და შავმიწა ნიადაგებში.

ექსპერიმენტის ხანგრძლიობა — 20 დღე-ღამე. ნიმუშები ირწყვებოდა ხუთ დღეში ერთხელ და მაშინვე ისახლვებოდა წყლის გამოყოფის დრო, მოცულობა და გამოყოფილი საკვები ელემენტების შემცველობა.

გამოკვლევებმა ცხადყო ცეოლითის დადებითი მოქმედება ნიადაგის შთანთქმის უნარიანობის გაზრდაზე.

### PHYSICAL CHEMISTRY

G. V. TSITSISHVILI, T. G. ANDRONIKASHVILI, O. Yu. ZARDALISHVILI,  
 I. Sh. SHATIRISHVILI, K. O. KIKODZE

### THE EFFECT OF ZEOLITES APPLIED TO THE SOIL ON THE PROCESS OF MOISTURE AND NUTRIENT ELEMENTS RETENTION

#### Summary

The effect of zeolites on the retention of moisture and nutrient elements in brown and black earth soils has been studied in lisometric conditions.

The results obtained point to an increased absorbing capacity of the soils under the influence of zeolites.

#### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Агрохимия. Под ред. Б. А. Ягоднина. М., 1982, 574.
2. Г. В. Цицишвили, Т. Г. Андроникашвили, Г. Н. Киров, Л. Д. Филизова. Природные цеолиты. М., 1985, 224.
3. В. Ж. Аренс, Р. Ф. Кнубовец, Л. И. Курицына, О. Н. Гридин, В. Т. Гнеденкова, Т. С. Кахнашвили. Применение природных цеолитов в животноводстве и растениеводстве. Тбилиси, 1984, 128.



Р. К. КВАРАЦХЕЛИЯ, Т. Ш. МАЧАВАРИАНИ, Г. Р. КВАРАЦХЕЛИЯ

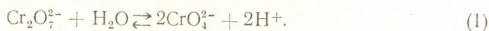
О РАСЧЕТЕ КОНСТАНТЫ РАВНОВЕСИЯ РЕАКЦИИ ИОНОВ  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  С ИОНАМИ  $\text{Ba}^{2+}$  ПО ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИМ ДАННЫМ

(Представлено академиком Р. И. Агладзе 19.5.1987)

Электрохимическое восстановление оксианионов Cr(VI), изученное ранее подробно лишь на ртутном каплющем электроде [1—3], было исследовано нами на вращающихся дисковых электродах из высококочистых Pt, Cu, Cd, Ni, Sn, In, Pb, Zn, Ta, Cu—Hg. Показано, что в нейтральных небуферных растворах хлоридных фонов ( $\text{LiCl}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{CsCl}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{SrCl}_2$ ) наблюдаются хорошо выраженные волны восстановления бихромат-иона в ионы  $\text{Cr}^{3+}$ ; хромат-ион в указанных растворах волны не образует. В кислых растворах бихромат-ион также образует волны процесса  $\text{Cr(VI)} \rightarrow \text{Cr(III)}$ . Предложен механизм данного процесса, включающий (в нейтральных растворах) образование хромат-ионов из бихромат-ионов по быстрой химической реакции, медленный перенос электрона на хромат-ион с образованием гипохромат-ионов и быстрое диспропорционирование последних с образованием ионов  $\text{Cr}^{3+}$ . Факт наличия волны бихромат-иона и отсутствия волны хромат-иона в нейтральных растворах объяснен образованием ионов водорода (необходимых для диспропорционирования гипохромат-ионов) при переходе бихромат-ионов в хромат-ионы. По вольтамперометрическим данным рассчитана концентрация хромат-ионов в нейтральных растворах  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

На фоне четкой вольтамперометрической картины процесса  $\text{Cr(VI)} \rightarrow \text{Cr(III)}$  в вышеупомянутых фонах на всех изученных электродах большим своеобразием отличается картина, наблюдаемая в растворах  $\text{BaCl}_2$ . Волна, полученная в 0,1 М  $\text{BaCl}_2$  (при  $10^{-3}$  М  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ), имеет значение предельного тока  $1,15 \cdot 10^{-3}$  А/см<sup>2</sup> (средняя квадратичная величина из значений  $i_{\text{пр}}$  для разных электродов), в то время как значение  $i_{\text{пр}}$  иона  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  в других фонах равно  $0,48 \cdot 10^{-3}$  А/см<sup>2</sup> (также средняя квадратичная величина из значений  $i_{\text{пр}}$  для разных электродов). Значения потенциала полуволны ( $E_{1/2}$ ) волны в 0,1 М  $\text{BaCl}_2$  для всех электродов менее отрицательны (разница в пределах 0,01—0,12 В), чем значения  $E_{1/2}$  бихромат-иона. При добавлении бихромата к фоновому раствору  $\text{BaCl}_2$  (в процессе записи вольтамперограмм) последний мутнеет из-за образования осадка.

В данном случае имеют место следующие явления. В растворе  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , кроме ионов  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ , имеются в небольшой концентрации и ионы  $\text{CrO}_4^{2-}$ , образующиеся по реакции взаимодействия ионов бихромата с водой:







Концентрация ионов хромата, однако, достаточна для того, чтобы произведение растворимости  $\text{BaCrO}_4$  оказалось превзойденным раньше, чем будет достигнуто произведение растворимости  $\text{BaCr}_2\text{O}_7$  [4]. Поэтому в осадок выпадает  $\text{BaCrO}_4$ :



Общее уравнение рассматриваемой реакции



Реакция не доходит до конца, так как образующаяся сильная кислота —  $\text{HCl}$  частично растворяет осадок  $\text{BaCrO}_4$ .

Таким образом, волны, наблюдающиеся в 0,1М  $\text{BaCl}_2$  при добавлении бихромата на всех использованных электродах, являются волнами ионов водорода, образующихся по реакции (3). Рост концентрации  $\text{BaCl}_2$  в интервале 0,05—0,2М не влияет на значения  $i_{\text{пр}}$  наблюдающихся волн. С дальнейшим ростом концентрации фона имеет место заметное уменьшение значений  $i_{\text{пр}}$ , что может быть связано с ингибирующим действием ионов  $\text{Ba}^{2+}$  на процесс разряда ионов  $\text{H}_3\text{O}^+$ .

По данным вольтамперометрии бихромат-иона в 0,1М  $\text{BaCl}_2$  можно рассчитать константу равновесия реакции (3):

$$K = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}][\text{Ba}^{2+}]^2}. \quad (4)$$

Концентрацию ионов водорода можно вычислить по значениям предельных токов волн водорода в 0,1М  $\text{BaCl}_2$ , содержащем  $10^{-3}\text{M}$   $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , используя уравнение Левича (поскольку эти предельные токи, судя по линейной зависимости их от числа оборотов электрода,

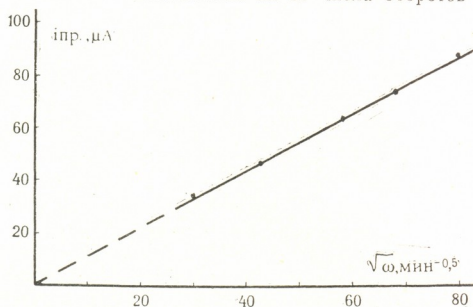


Рис. 1. Зависимость  $i_{\text{пр}} - \sqrt{\omega}$  для случая платинового электрода. 0,1М  $\text{BaCl}_2$ ;  $10^{-3}\text{M}$   $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ; 20°C; -0,8В (нас. к. э.)

являются предельными диффузионными токами; зависимость  $i_{\text{пр}} - \sqrt{\omega}$  для случая платинового электрода представлена на рис. 1):

$$i_d = 0,62 \text{ nF CD}^{2/3} \nu^{-1/6} \omega^{1/2}, \quad (5)$$

где  $n$  — число электронов;  $F$  — постоянная Фарадея;  $C$  — концентрация, моль/см<sup>3</sup>;  $D$  — коэффициент диффузии, см<sup>2</sup>/с;  $\nu$  — кинематическая вязкость, см<sup>2</sup>/с;  $\omega$  — угловая скорость, рад/с. Среднее значение:

рассчитанной по уравнению (5) концентрации ионов водорода равно  $2,2 \cdot 10^{-4} \text{M}$ . Исходя из этого, на реакцию (3) расходуется  $1,1 \cdot 10^{-4} \text{M}$  ионов  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  и  $2,2 \cdot 10^{-4} \text{M}$  ионов  $\text{Ba}^{2+}$ . Подставив в уравнение (4) значения концентрации ионов водорода и концентраций оставшихся в растворе ионов бихромата и бария, получим значение константы равновесия реакции (3), равное  $5,46 \cdot 10^{-3} \text{ л/моль}$ .

Академия наук Грузинской ССР

Институт неорганической

химии и электрохимии

(Поступило 29.5.1987)

ელემენტარული

რ. კვარაცხელია, თ. მაჩავარიანი, გ. კვარაცხელია

$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  და  $\text{Ba}^{2+}$  იონების რეაქციის წონასწორობის მუდმივას  
ვოლტამპერული მონაცემებით გამოთვლის შესახებ

რეზიუმე

ნაჩვენებია, რომ ბიქრომატ-იონი ნეიტრალური ქლორიდული ფონების ხსნარებში იძლევა  $\text{Cr(VI)} \rightarrow \text{Cr(III)}$  პროცესის კარგად გამოხატულ ტალღებს სხვადასხვა მეტალებიდან დამზადებულ დისკის ელექტროდებზე.  $0,1 \text{ BaCl}_2$ -ის ხსნარში ბიქრომატის შეყვანისას მიიღება ტალღა, რომლის ზღვრული დენი და ნახევარტალღის პოტენციალი მკვეთრად განსხვავდებიან სხვა ფონებში არსებული ტალღების ანალოგიური პარამეტრებისაგან.

ნაჩვენებია, რომ ეს ტალღა შეესაბამება წყალბად-იონების აღდგენას, რომლებიც წარმოიქმნებიან ბიქრომატ-იონებისა და ბარიუმის იონების ურთიერთქმედების შედეგად. ვოლტამპერული მონაცემებიდან გამოთვლილია აღნიშნული რეაქციის წონასწორობის მუდმივა, რომელიც ტოლია  $5,46 \cdot 10^{-3} \text{ ლ/მოლ}$ .

ELECTROCHEMISTRY

R. K. KVARATSKHELIA, T. Sh. MACHAVARIANI, G. R. KVARATSKHELIA

CALCULATION OF THE EQUILIBRIUM CONSTANT OF REACTION  
BETWEEN  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  AND  $\text{Ba}^{2+}$  IONS BY VOLTAMMETRIC DATA

Summary

It is shown that the wave observed in bichromate-containing  $0,1 \text{M BaCl}_2$  solution corresponds to the hydrogen ions discharge; these ions are formed as a result of interaction between bichromate and barium ions. The equilibrium constant of this reaction has been calculated by voltammetric data. It amounts to  $5.46 \cdot 10^{-3} \text{ l/mole}$ .

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

- I. J. J. Lingane, Y. M. Kolthoff. J. Am. Chem. Soc., 62, 1940, 852.
- J. J. Tondeur, A. Dombret, L. Gierst. J. Electroanal. Chem., 3. № 4, 1962, 225.
- Л. Гирст, Ж. Тондер, Р. Корнелиссен, Ф. Лами. Основные вопросы современной теоретической электрохимии (сборник работ). М., 1969, 425.
- В. Н. Алексеев. Качественный анализ. М., 1954, 139.



Д. Ф. ВАРФОЛОМЕЕВ, А. И. СТЕХУН, Г. Ш. ХИТИРИ,  
Л. Д. МЕЛИКАДЗЕ (академик АН ГССР)

## ИЗУЧЕНИЕ ГУДРОНОВ САМГОРСКОЙ НЕФТИ В АСПЕКТЕ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОДНОГО КОКСА

Ранее [1] сообщались результаты исследования углеводородного состава гудронов самгорской нефти.

В настоящей работе приведены результаты исследования гудронов малосернистой самгорской нефти с незначительным содержанием гетероатомных соединений в качестве сырья при производстве электродного кокса в процессе замедленного коксования. Указанный путь освоения высококипящих остатков нефти является одним из экономичных и рациональных вариантов глубокой переработки нефти [2].

При проведении исследований исходным сырьем послужил представительный образец мазута (атмосферного остатка), отобранного с технологической установки Батумского НПЗ, занятой отдельной переработкой грузинской нефти Самгорского месторождения. Для получения сырья коксования с повышенной концентрацией коксообразующих компонентов [2] образец мазута подвергали вакуумной перегонке и термическому крекированию на пилотных установках Уфимского опытного завода. Полученные образцы гудронов, выкипающие выше 480 и 540°C, а также крекинг-остаток коксовали на лабораторной установке периодического действия в режиме, моделирующем выход продуктов промышленной установки замедленного коксования.

Характеристика образцов мазута, гудронов, крекинг-остатка и материальный баланс их коксования приведены в табл. 1—3.

Анализ полученных данных показывает, что остаточные фракции самгорской нефти (прямогонные и вторичного происхождения) являются ценным сырьем в производстве электродного кокса как по выходу кокса, так и по его качеству. При их коксовании достигается высокий выход нефтяного кокса (23—32% по сырью), а полученные образцы коксов по основным показателям качества удовлетворяют требованиям ГОСТ 22898-78 на кокс электродной марки КЗ-8 со значительным запасом качества по содержанию серы и ванадия.

Содержание сераорганических соединений в коксе является одним из основных показателей его качества и в значительной степени определяет направление использования нефтяного кокса в народном хозяйстве. В связи с этим был изучен также характер распределения серы при коксовании гудрона выше 480°C. Из табл. 4 видно, что в процессе коксования гудрона термической деструкции до образования сероводородной серы в газах коксования подвергается всего 11,9% серы сырья, что указывает на высокий порог термической стабильности сернистых соединений, содержащихся в гудронах самгорской неф-

Характеристика прямогонного мазута самгорской нефти

Показатели	Данные
Плотность при 20 °С, кг/см <sup>3</sup>	922
Содержание серы, %	0,39
Коксуемость, %	4,5
Вязкость условная при 50 °С, в градусах	7,5
Фракционный состав, °С	
Температура начала перегонки	294
5 % перегоняется при температуре	328
10 % " "	354
20 % " "	369
30 % " "	385
40 % " "	399
50 % " "	422
60 % " "	451
70 % " "	479
80 % " "	515
90 % " "	555
Температура конца кипения	560
Групповой углеводородный состав, % мас.	
парафино-нафтеновые	52,5
ароматические легкие	7,8
средние	10,7
тяжелые	14,6
Смолы	12,6
Асфальтены	1,8

Таблица 2

Характеристика образцов гудронов и крекинг-остатка

Показатели	Гудроны, выкипающие выше, °С		Крекинг-остаток мазута*)
	480	540	
Плотность при 20°С, кг/м <sup>3</sup>	991	1053	1003
Коксуемость, %	10,3	14,4	10,9
Содержание серы, %	0,67	0,82	0,51
Фракционный состав, °С			
Температура начала кипения	443	449	350
10% перегоняется при т-ре	478	542	372
40% " "	525	—	383
Групповой углеводородный состав, % масс.:			
Парафино-нафтеновые	29,6	22,5	31,9
Ароматические легкие	8,8	6,9	4,2
средние	9,0	7,1	10,5
тяжелые	26,1	31,7	35,3
Смолы	21,3	24,6	15,1
Асфальтены	5,2	7,2	3,0

\*) Термическое крекирование мазута проводили на пилотной установке при температуре 495 °С, давлении 20 атм., производительности 2,5 л/ч, без рециркуляции.



Таблица 3

## Материальный баланс коксования и качество кокса

Показатели	С ы р ь е		Крекинг-остаток мазута
	Гудроны, выкипающие выше, °С		
	480	540	
Выход продуктов коксования, % масс. на сырье			
Газ по C <sub>4</sub>	11,9	10,3	6,7
Фракции: C <sub>5</sub> —180 °С	9,2	9,2	4,0
180—300 °С	30,9	25,3	17,4
350—КК	23,0	20,7	47,1
к о к с	23,2	32,7	23,0
п о т е р и	1,8	1,8	1,8
Качество кокса			
Содержание серы, %	0,80	0,90	0,64
Зольность, %	0,30	0,53	0,27
Действительная плотность после прокаливания при 1300°С в течение 5 ч, г см <sup>3</sup>	2,09	2,09	2,12
Содержание ванадия, %	0,002	0,003	0,001

ти. Остальная сера из сырья переходит в кокс (28,4%) и дистилляты коксования (59,7%).

При коксовании гудронов самгорской нефти наряду с коксом получают значительные объемы (55—68%) дистиллятов коксования (табл. 3). Их квалифицированное облагораживание позволяет суще-

Таблица 4

## Распределение серы в продуктах коксования

Сырье и продукты коксования	Содержание серы, %	Удельное содержание серы в продуктах коксования, %
Гудрон выше 480 °С	0,67	100,0
Газ по C <sub>4</sub>	0,70	11,9
Фракция C <sub>5</sub> —180 °С	0,15	1,5
180—350 °С	0,69	31,3
350—КК	0,79	26,9
К о к с	0,80	28,4

ственно расширить ресурсы дистиллятных малосернистых моторных топлив и повысить экономическую эффективность процесса коксования [2]. Газы коксования отличаются низкой концентрацией сероводорода, состоят преимущественно из углеводородов C<sub>1</sub>—C<sub>2</sub>, их используют, как правило, в качестве энергетического топлива на самих установках замедленного коксования.

Таким образом, установлено, что гудроны самгорской малосернистой нефти являются ценным сырьем в производстве электродного кок-



სა замедленным коксованием. Это намечает возможность углубления переработки самгорской нефти с целью расширения ресурсов дефицитных в стране электродного кокса в малосернистых дистиллятных моторных топлив.

Башкирский научно-исследовательский институт нефтепереработки

Академия наук Грузинской ССР  
Институт физической и органической химии  
им. П. Г. Меликишвили

(Поступило 2.10.1987)

ქიმიური ტექნოლოგია

დ. ვარფოლომეივი, ა. სტახუნი, გ. ხიტირი, ლ. მილიკაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი)

სამგორის ნავთობის გუდრონების შესწავლა ელექტროდული კოქსის მიღების თვალსაზრისით

რეზიუმე

შესწავლილია სამგორის ნავთობის გუდრონებიდან ელექტროდული კოქსის მიღების შესაძლებლობა შენელებული დაკოქსვის მეთოდით. დადგენილია, რომ აღნიშნული გუდრონებიდან შენელებული დაკოქსვის მეთოდით მიიღება მაღალი ხარისხის, საკმაოდ დიდი გამოსავალით, მცირეგოგირდიანი ელექტროდული კოქსი და დისტილატური მოტორის საწვავები.

CHEMICAL TECHNOLOGY

D. F. VARFOLOMEYEV, A. I. STEKHUN, G. Sh. KHITIRI,  
L. D. MELIKADZE

STUDY OF THE SAMGORI OIL GOUDRONS WITH A VIEW TO  
OBTAINING ELECTRODE COKE

Summary

The feasibility of obtaining electrode coke from the goudrons of the Samgori oil by the retarded coking method has been studied. High yields of top-quality low-sulphur electrode coke and distillate motor fuels have been obtained.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Д. Ф. Варфоломеев, Л. Д. Меликадзе и др. Сообщения АН ГССР, 98, № 2, 1980.
2. З. И. Сюняев. Нефтяной углерод. М., 1980.



ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Г. У. БЕРОЗАШВИЛИ

ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ АГРАРНО-ИНДУСТРИАЛЬНОГО РАЙОНА  
ТРАНСПОРТНОЙ СЕТЬЮ

(Представлено членом-корреспондентом Академии В. Ш. Джаошвили 24.6.1987)

Выработка методики рационального размещения путей сообщения является предпосылкой полного обеспечения района транспортной сетью.

Густота и рисунок транспортной сети зависит от уровня развития производительных сил и их размещения. В этом отношении рассматриваемый нами аграрно-индустриальный Восточный экономический район Грузинской ССР (Кахети) относим к следующим двум типам районов, выделенных И. В. Никольским [1]:

1. Выборного экономического освоения — отдельно расположенных промышленных очагов. Транспортная сеть редкая, большую роль играют автомобильные дороги.

2. Интенсивного земледелия в отдельных зонах в сочетании с отгонно-пастбищным скотоводством. Транспортная сеть редкая.

При расчете густоты транспортной сети и количественной оценке обеспеченности дорогами в научной литературе используются статистические формулы Э. Энгеля и Ю. Успенского

$$d = \frac{L}{\sqrt{SP}} \text{ и } d = \frac{L}{\sqrt[3]{SPT}}$$

$L$  — длина сети в км;  $S$  — территория в 100 кв. км;  $P$  — население в тыс. человек;  $t$  — перевезенные за год грузы в тыс. тонн [2]. Но эти формулы являются не всегда приемлемыми, так как, например,  $t$  может меняться довольно в больших пределах (особенно в таком аграрно-индустриальном регионе, каким является Кахети, где суммарный вес сельскохозяйственной продукции неустойчив и меняется посезонно), что повлечет за собой такие же ощутимые изменения показателя обеспеченности района транспортной сетью.

На основе вышеназванных формул и введенного Р. И. Кверенчхиладзе в качестве уточняющего момента коэффициента  $K = \frac{L}{S}$

[2], т. е. протяженность транспортных путей ( $L$ ) в отношении хозяйственно освоенной территории ( $S$ ) — тех сельскохозяйственных угодий, на которых происходит систематическая деятельность человека и, которые являются главными грузо-и пассажирообразующими регионами, нами была разработана новая формула для определения транспортной обеспеченности территории:

$$K = \frac{L}{\sqrt{S_{\text{осв}} \cdot P}}, \text{ где (кроме вышеназванных } L \text{ и } P),$$

$S_{\text{осв}}$  — хозяйственно освоенная территория в 100 кв. км;

$K$  — коэффициент обеспеченности.

Как видно из формулы, нами сделан акцент на определение обеспеченности территории транспортной сетью с учетом площади хозяйственно освоенной территории и количества населения. Приведенные



ниже расчеты свидетельствуют о целесообразности применения этой формулы для определения обеспеченности регионов транспортной сетью, в первую очередь аграрно-индустриальных регионов. В внутри-республиканских экономических районах, где расположены крупные (с населением более 500 тыс. человек) города, как Тбилиси в Центрально-восточном экономическом районе ГССР, коэффициент обеспеченности, рассчитанный по формуле  $K = \frac{L}{\sqrt[3]{S_{\text{осв}} \cdot P}}$ , несколько снижается из-за

большого количества населения и не отражает реальную картину. Поэтому для таких регионов целесообразно применение формулы

$$K = \frac{L}{\sqrt[3]{S_{\text{осв}} \cdot P}}$$

При определении уровня обеспеченности транспортной сетью района, как нам кажется, необходимо учитывать следующие основные факторы:

а) густоту транспортной сети; б) ее конфигурацию; в) грузонапряженность опорной транспортной сети.

Произведенные нами расчеты для определения густоты транспортной сети и обеспеченности дорогами по союзным республикам СССР, а также экономическим районам ГССР, согласно формуле  $K = \frac{L}{\sqrt[3]{S_{\text{осв}} \cdot P}}$  на 1985 г. дали следующие результаты (данные о  $L$ ,  $S_{\text{осв}}$  и  $P$  взяты из

Территориальная единица	Коэффициент обеспеченности железными дорогами на каждые 100 кв. км хозяйственно освоенной территории и тыс. человек	Коэффициент обеспеченности автомобильными дорогами на каждые 100 кв. км хозяйственной территории и тыс. человек
СССР	1,16	7,79
РСФСР	1,51	8,31
Украина	1,55	11,10
Белоруссия	1,79	13,06
Узбекистан	0,50	5,40
Казахстан	0,81	5,38
Азербайджан	1,25	14,60
Литва	1,76	22,33
Молдавия	1,11	9,73
Латвия	2,94	25,33
Киргизия	0,18	11,62
Таджикистан	0,34	9,44
Армения	1,11	11,08
Туркменистан	0,34	3,93
Эстония	2,17	31,64
Грузия	1,14	19,81
Экономические районы Грузии:		
Восточный	1,18	19,70
Цент.-восточный	1,15 (1,59)*	12,54 (22,07)*
Цент.-западный	1,60	27,94
Западный	1,57	26,35
Южный	0,85	18,77
Абхазская АССР	1,87	30,26
Аджарская АССР	0,68	24,96
Юго-Осетинская АО	0,15	25,02

\* — коэффициент обеспеченности рассчитан по формуле  $K = \frac{L}{\sqrt[3]{S_{\text{осв}} \cdot P}}$ .



статистического сборника «Народное хозяйство СССР в 1985 году»).

Для упрощения задачи определения уровня обеспеченности территории транспортной сетью, мы ввели балльную систему оценки, с помощью которой был оценен коэффициент обеспеченности транспортной сетью разных территориальных единиц. Оценку коэффициента обеспеченности в баллах предложили как для железных, так и для автомобильных дорог. Исходя из наших суждений, система балльной оценки коэффициента обеспеченности приняла следующий вид:

для железных дорог	для автомобильных дорог
Обеспеченность высокая (4 балла) — $K > 1,7$	$K > 20$
Обеспеченность средняя (3 балла) — $K = 1-1,7$	$K = 10-20$
Обеспеченность слабая (2 балла) — $K = 0,5-1$	$K = 5-10$
Обеспеченность очень слабая (1 балл) — $K < 0,5$	$K < 5$

Расчеты по предложенной нами формуле показали, что обеспеченность Грузинской ССР железными дорогами близка к среднесоюзному показателю — соответственно 1,14 и 1,16 (по 3 балла). ГССР по этому показателю отстает от Прибалтийских республик, где хотя уже несколько лет наметилась тенденция уменьшения длины железных дорог, но все же обеспеченность ими высокая.

Среди экономических районов ГССР лучше других обеспечена железными дорогами Абхазская АССР ( $K=1,87-4$  балла). В 3 балла можно оценить обеспеченность железными дорогами Центрально-западного, Центрально-восточного и Западного экономических районов Грузии. Показатель Восточного экономического района ( $K=1,18-3$  балла) близок к среднереспубликанскому. Все экономические районы ГССР (кроме Юго-Осетинской АО) обеспечены железными дорогами более или менее одинаково.  $K$  варьирует от 0,68 (в Аджарской АССР) до 1,87 (в Абхазской АССР). Вообще, Грузия характеризуется средним уровнем обеспеченности железными дорогами.

Для всесторонней оценки уровня обеспеченности района железными дорогами, кроме густоты сети, необходимо учитывать еще несколько факторов, например, конфигурацию транспортной сети. Особенностью конфигурации железнодорожной сети Кахети, в отличие от автомобильной, является ее относительная удаленность от густонаселенных зон, что со своей стороны вызывает малую интенсивность пассажиропотоков. Сельскохозяйственная специализация района предопределяет ее малую грузообразующую мощность.

Таким образом, с учетом всех факторов обеспеченность Кахети железными дорогами нельзя признать удовлетворительной, в отличие от обеспеченности автомобильными дорогами. По этому показателю ГССР входит в число самых обеспеченных республик СССР. Лучше Грузии автодорогами обеспечены лишь Прибалтийские республики. Если в среднем по СССР  $K=7,79$  (2 балла), то в Грузии — 19,81 (3 балла), а в Эстонии, Латвии и Литве — соответственно 31,46, 25,33 и 22,33 (по 4 балла).

В экономических районах ГССР коэффициент обеспеченности автодорогами меняется от 18,77 (в Южном экономическом районе) до 30,26 (в Абхазской АССР).

Уровень обеспеченности автодорогами зависит и от удельного веса дорог с твердым покрытием в общей протяженности сети автодорог. Этот показатель в Грузии довольно высок — 92,5% [3], и данное обстоятельство улучшает условия эксплуатации автотранспорта. В Кахети доля дорог с твердым покрытием несколько меньше, чем в среднем по республике, что вызвано высоким удельным весом внутрихозяйственных плантационных дорог — дорог без твердого покрытия. Можно сказать, что Кахети автодорогами обеспечен удовлетворительно.



но: все населенные пункты связаны между собой автодорогами (в основном с твердым покрытием).

В заключение следует отметить, что обеспеченность Кахети автодорогами способствует дальнейшему успешному развитию экономики данного аграрно-индустриального региона.

НИИ экономики, планирования  
и управления народным хозяйством  
при Госплане Грузинской ССР

(Поступило 26.6.1987)

ეკონომიკური გეოგრაფია

ბ. ბეროზაშვილი

აგრარულ-ინდუსტრიული რაიონის სატრანსპორტო ქსელით  
უზრუნველყოფა

რეზიუმე

შესწავლილია აგრარულ-ინდუსტრიული რაიონის სატრანსპორტო ქსელით უზრუნველყოფის საკითხი საქართველოს სსრ აღმოსავლეთი ეკონომიკური რაიონის მაგალითზე. სატრანსპორტო ქსელით უზრუნველყოფის დონის განსაზღვრისათვის შემოთავაზებულ ახალ ფორმულაში ყურადღება გამახვილებულია სატრანსპორტო ქსელის სიგრძის შეფარდებაზე სამეურნეო ათვისებულ ტერიტორიის ფართობსა და მოსახლეობის რაოდენობასთან.

განხილულია სატრანსპორტო ქსელით უზრუნველყოფის კოეფიციენტის ბალური სისტემით შეფასების შესაძლებლობა.

ECONOMIC GEOGRAPHY

G. U. BEROZASHVILI

PROVISION OF THE AGRARIAN-AND-INDUSTRIAL REGION  
WITH TRANSPORT NETWORK

Summary

The paper deals with the problem of providing the agrarian-and-industrial region with transport network, with Eastern economic region of the Georgian SSR considered as an example. To define the transport network provision standard, a new formula is suggested which takes into account the relation between the network length, the total area of territories to a commercial status and the size of the population. The possibility of assessing the transport network provision coefficient by numerical score is considered.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. И. В. Никольский. География транспорта СССР. М., 1978.
2. Р. И. Кверенчиладзе. Географические проблемы транспорта Грузии. Тбилиси, 1976.
3. Народное хозяйство СССР в 1985 году. Статистический сборник. М., 1986.



А. М. ГАВАШЕЛИ

## О СРЕДНЕМ МИРОВОМ СПИЛИТЕ

(Представлено академиком Г. А. Твалчрелидзе 8.1.1987)

При изучении спилитов Кавказа (1964—1985 гг.) мы пришли к выводу, что существующий средний состав спилита Земли не удовлетворяет современным требованиям, и сочли необходимым попытаться вывести его средний состав.

Для решения затронутого вопроса были использованы материалы Г. Д. Николса ([1], Англия, Швейцария), М. Г. Ломизе ([2], Северо-Западный Кавказ, Советские Карпаты), М. Х. Батти ([3], Новая Зеландия, архипелаг Три Кинга), Н. С. Скрипченко ([4—6], Северный Кавказ), В. А. Наревского ([7], Скандинавия, Шпицберген, Западные Судеты, Вогезы), В. И. Лебединского ([8—10], Крым), В. В. Велинского ([11, 12], Саяны, средний спилит Западного Саяна), К. С. Пичамутху ([13], Индия), Ф. Ю. Левинсона-Лессинга ([14], ГССР, Чечено-Ингушская АО), Т. Жнтав, Г. Росси ([15], Англия, ФРГ, Франция), А. П. Лебедева ([16], Северный Кавказ), Л. А. Варданянца ([17, 18], Кавказ), Р. В. Дачатко, А. Г. Полдерварта ([19], США), Ч. Р. Парка ([20], США), Н. А. Савченко ([21], Тарбагатай, — Читинская область), А. С. Уэлса ([22], средний спилит мира), Н. Н. Синдиуса ([23], средний спилит мира — Англия, Швеция, Финляндия, Новый южный Уэлс и Новая Зеландия), Г. В. Бартрума ([24], Орегон, США), А. А. Джилули ([25], США), К. И. Дьюни, Ж. В. Флета ([26], Англия), А. П. Заваарицкого ([27], Блява—Урал), Д. С. Штейнберга ([28, 29], УССР, Урал), С. П. Соловьева ([30], средний спилит СССР), Ю. А. Кузнецова ([31], Западный Саян), А. Е. Егорова и В. Ф. Ерохова ([32], Сахалин), А. Н. Абдулаева ([33], АзССР), И. Я. Баранова ([34], Северо-Западный Кавказ), Ф. Е. Тернера и Д. Х. Ферхугена ([35], средний спилит мира — остров Грейт Кинг, Новая Зеландия, Новый южный Уэлс, Орегон), В. С. Шарфмана ([36], средний спилит Урала), П. В. Аржавитина и М. Ю. Аржавитиной ([37], средний спилит раннесилурийской, эйфельской, позднесилурийской спилит-диабазовых формаций Магнитогорского мегосинклиория — Урал), Д. С. Белянкина ([38], Кавказ), А. Н. Формозовой ([39], Югославия, Тюрингия, ФРГ), Н. А. Елисеева ([40], Рудный Алтай), Г. И. Чайко ([41], Урал), А. А. Чумакова ([42], Мугоджар), Г. П. Беляниной ([43], [44], Урал), А. Ф. Белоусова ([45], Салаир), П. В. Аржавитина ([46], Буримбаевский р-н — Урал), И. В. Гетман ([47], Терско-Ассинская зона, ГССР, Северо-Осетинская АО), Н. М. Старкова ([48], Урал), В. В. Пешеханова ([49], Кузнецкий Алатау), А. П. Ритмана ([50], Граубоденские





Альпы), А. К. Савосиной ([51], северо-восток СССР), Г. П. Авдейко ([52—55], Камчатка), А. Л. Формозовой ([39], Кируна), Р. А. Миндалаяна ([56], Армения), Г. С. Харина ([57], Норвежско-Гренландский бассейн в Атлантическом океане), Е. Н. Дьяконова-Савельева ([58], Армения), М. А. Гельмана ([59], Корьяковское нагорье), Р. Аумаитре ([60], Франция), Г. Амштуц ([61], Альпийская и Карпатская зоны в Европе, траппы Декана, Канадский щит, Курильско-Японская зона и почти все спилитсодержащие провинции мира, кроме СССР, за исключением Камчатки) и многих других.

В результате проделанной весьма трудоемкой работы был получен (с подсчетом на ЭВМ) средний состав мирового спилита ( $\text{SiO}_2$ —47,50;  $\text{TiO}_2$ —0,95;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ —17,65;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ —5,20;  $\text{FeO}$ —5,30;  $\text{MnO}$ —0,18;  $\text{MgO}$ —7,30;  $\text{CaO}$ —8,10;  $\text{Na}_2\text{O}$ —3,01;  $\text{K}_2\text{O}$ —0,8;  $\text{P}_2\text{O}_5$ —0,10;  $\text{SO}_3$ —0,12;  $\text{H}_2\text{O}^+$ —1,50;  $\text{H}_2\text{O}^-$ —0,56, ППП—1,21) по 1050 пробам (тогда как средний спилит А. С. Уэлса подсчитан по 9 пробам, Н. Г. Синдиуса — по 19 пробам, Ф. Е. Тернера и Дж. Х. Ферхунгена — по 18 пробам и С. П. Соловьева — по 19 пробам).

Прежде чем проанализировать полученные данные, следует отметить, что, ввиду отсутствия информации о химизме спилитов Австралии, Китая, Антарктиды, дна Мирового океана (за исключением северо-западной части Атлантического океана в районе Норвежско-Гренландского бассейна и др.), Малайского архипелага, Филиппинских островов, Сирии и ряда других районов и регионов, приведенный состав является в какой-то степени неполноценным. Но поскольку в подсчет среднего спилита мира вошли более  $3/4$  стран мира, включая часть дна Мирового океана, то на современном уровне наших знаний можно условно опереться на эти данные.

Управление геологии ГССР

(Поступило 12.3.1987)

გეოლოგია

ა. გავაშელი

მსოფლიო საშუალო სპილიტი

რეზიუმე

მოცემულია მსოფლიო საშუალო სპილიტი, რომელიც გამოთვლილია (1050 სინჯით) დაახლოებით მსოფლიოს  $3/4$  ქვეყნებისა და მსოფლიოს ოკეანის ფსკერის ნაწილის ქიმიური ანალიზების გათვალისწინებით.

GEOLOGY

A. M. GAVASHELI

THE WORLD MEAN SPILITE

Summary

The mean composition of spilite is given which is based on 1050 spilite samples from  $3/4$  countries of the world and from the ocean floor.



## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. Д. Николс. Сб. «Проблемы палеовулканизма». М., 1963.
2. М. Г. Ломизе. Вулканизм Северо-Западного Кавказа и его связь с тектоникой. М., 1969.
3. М. Х. Батти. Сб. «Проблемы палеовулканизма». М., 1963.
4. Н. С. Скрипченко. Сб. «Закономерности размещения полезных ископаемых», т. VII. М., 1964.
5. Н. С. Скрипченко. Зап. Всесоюз. мин. о-ва, ч. XIV, вып. 3, 1965.
6. Н. С. Скрипченко. Вулканогенно-осадочное рудообразование. М., 1966.
7. W. A. Nabebski. Spilites and Spilitic Rocks. Berlin, 1960.
8. В. И. Лебединский, А. И. Шалимов. ДАН СССР, т. 132, № 2, 1960.
9. В. И. Лебединский, Н. М. Макаров. Вулканизм Горного Крыма. Киев, 1962.
10. В. И. Лебединский. Сб. «Вулканизм Камчатки и некоторых других регионов СССР», М., 1963.
11. В. В. Велинский. ДАН АН СССР, т. 163, № 4, 1965.
12. В. В. Велинский. Кембрийский вулканизм Западного Саяна. М., 1968.
13. К. С. Пичамутху. Сб. «Проблемы палеовулканизма». М., 1963.
14. Ф. Ю. Левинсон-Лессинг. Сб. «Через Главный Кавказский хребет». СПб, 1896.
15. Th. Jeteau, G. Rossi. Spilites und Spilitic Rocks. Berlin, 1960.
16. А. П. Лебедев. Труды ГИН АН СССР, вып. 113, 1950.
17. Л. А. Варданянц. Труды Азово-Черноморского геологического треста, № 11. Ростов-Дон, 1935.
18. Л. А. Варданянц. Зап. Росс. мин. о-ва, 4—69. № 2—3, 1940.
19. Р. В. Дачатко, А. Г. Полдерварт. Сб. «Проблемы палеовулканизма». М., 1963.
20. Ч. Р. Парк. Сб. «Проблемы палеовулканизма». М., 1963.
21. Н. А. Савченко. Сб. «Вулканизм Северо-Западного Кавказа и его связь с тектоникой». М., 1970.
22. А. С. Уэлс. Труды ГИН АН Уральского филиала, вып. 72. Свердловск, 1964.
23. Н. Г. Синдиус. Сб. «Проблемы палеовулканизма». М., 1963.
24. Г. В. Бартрум. Труды ГИН АН Уральского филиала, вып. 72. Свердловск, 1964.
25. А. А. Джилули. Там же.
26. К. И. Дьюин, Ж. В. Флет. Главнейшие породообразующие минералы. М., 1965.
27. А. П. Заварицкий. Труды ГИН АН Уральского филиала, вып. 73. Свердловск, 1965.
28. Д. С. Штейнберг. Труды ГИН АН Уральского филиала, вып. 72. Свердловск, 1964.
29. Д. С. Штейнберг. Труды Второго Уральского петрографического совещания, т. 3. Свердловск, 1969.
30. С. П. Соловьев. Химизм магматических горных пород и некоторые вопросы петрохимии. М., 1970.
31. Ю. А. Кузнецов. Главные типы магматических формаций. М., 1964.
32. А. Е. Егоров, В. Ф. Ерохов. Труды Ин-та геологии и геофизики, вып. 75. Новосибирск, 1974.
33. А. Н. Абдулаев. Изв. АН СССР, сер. геол., № 4, 1975.
34. И. Я. Баранов. Там же.
35. Ф. Е. Тернер, Дж. Х. Ферхуген. Петрология изверженных и метаморфических пород. М., 1961.
36. В. С. Шарфман. ДАН АН СССР, т. 180, № 1, 1968.
37. П. В. Аржавитин, М. Ю. Аржавитина. Сб. «Материалы по геологии и полезным ископаемым Южного Урала». М., 1972.
38. Д. С. Белянкина. Сб. геол. иссл. в области перевальной жел. дороги через Гл. Кавказский хребет. СПб, 1914.
39. А. Н. Формозова. Труды ГИН АН СССР, т. II, вып. 106, 1968.



40. Н. А. Елисеева. Петрография Рудного Алтая, вып. 6. М., 1938.
41. Г. И. Чайко. Труды Ильменского заповедника, вып. 18. Свердловск, 1974.
42. А. А. Чумаков. Изв. АН СССР, сер. геол., вып. 2, 1940.
43. Г. П. Белянина. Основные вулканы дифференцированных комплексов эвгеосинклиналей и их соотношение с колчеданным оруденением на Южном Урале. Свердловск, 1975.
44. Г. П. Белянина. Автореферат канд. дисс. Свердловск, 1975.
45. А. Ф. Белоусов. Геология и геофизика, № 2, 1965.
46. П. В. Аржавитин. Труды Второго Уральского петрографического совещания, т. 3, Свердловск, 1969.
47. И. В. Гетман. Труды СКГУ. Ессентуки, 1966.
48. Н. М. Старков. Сб. «Геология и петрография Западного Урала», вып. 6. Свердловск, 1977.
49. В. В. Пешеханов. Изв. Томского политех. ин-та, т. 196, 1969.
50. А. П. Ритман. Вулканы и их деятельность. М., 1981.
51. А. К. Савосина. ДАН АН СССР, т. 230, № 2, 1976.
52. Г. П. Авдейко. Сб. «Вулканические фации Камчатки». М., 1969.
53. Г. П. Авдейко. Сб. «Вопросы магматизма, метаморфизма и оруденения Дальнего Востока». Владивосток, 1973.
54. Г. П. Авдейко. Сб. «Геодинамика вулканизма и гидротермальные процессы». Петропавловск-Камчатский, 1974.
55. Г. П. Авдейко. Сб. «Магмообразование и его отражение в вулканическом процессе». М., 1977.
56. Р. А. Миндалян. ДАН АрмССР, VIII, № 4, 1974.
57. Г. С. Харин. Сб. «Минеральные преобразования пород океанического субстрата». М., 1981.
58. Е. Н. Дьяконова-Савельева. Сб. «Бассейн Севан», т. I. М., 1929.
59. М. А. Гельман. Вулканология и сейсмология, № 1, 1979.
60. R. Aumaitre. Mineralogie, petrographie et geochimie des lawes Spilitiques et des Alpen francaises occiden folls, Grenoble, 1973.
61. G. Amstutz. Spilites und Spilitic Rocks. Berlin, 1960.

Д. Е. ВАХАНИЯ

## О СТРАТИГРАФИЧЕСКОМ СООТНОШЕНИИ НИЖНЕМЕЛОВОЙ СУБПЛАТФОРМЕННОЙ ФОРМАЦИИ СО СМЕЖНЫМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ МЕЗОЗОЯ ГРУЗИИ

(Представлено академиком А. Л. Цагарели 10.4.1987)

Анализ наших полевых наблюдений [1], а также бурения скважин с учетом литературных источников [2—8] показывает, что развитая в пределах Грузинской глыбы и Гагрско-Джавской складчатой зоны нижнемеловая субплатформенная формация наиболее полно обнажается вдоль южной периферии этой зоны и на крыльях Асхского, Окрибского, Сачхерского и Дзирульского поднятий Имеретинского воздымания отмеченной глыбы. Кроме того, она вместе с более молодыми отложениями осадочного чехла заполняет Колхидскую и Картлийскую впадины и разделяющие упомянутые поднятия Рачинско-Лечхумскую, Симонети-Чиатурскую и Свири-Ваханскую депрессии. Вместе с тем, в пределах Картлийской впадины эта формация полностью прорезана только Шиндиской опорной скважиной, тогда как в Колхидской впадине она вскрыта бурением на ряде площадей — у гг. Самтредиа, Цхалтубо, Цхакая, Хоби, Зугдиди, Гали, Очамчире, Сухуми и у сс. Парцханаканеби, Маглаки, Носири, Салхино, Сахарбдио, Сагвамичао, Леса, Квалони, Чаладиди, Кулеви, Цаиши, Читацкари, Оцарце, Биа, Зана, Саберио, Речхи, Охурей, Дранда, Тамыш, Моква, Киндга и курорта Пицунда.

Сопоставление разрезов не оставляет сомнения в том, что в составе рассматриваемой формации присутствуют все известные для нижнего мела на Кавказе [3, 8] основные подразделения — берриасский, валанжинский, готеривский, барремский, аптский и альбский ярусы. Они сравнительно легко отличаются друг от друга по текстуре, литологическому составу и фаунистической характеристике пород. При этом в Колхиде нижний неоком, начинаясь в полных разрезах либо пачкой доломитовой брекчии и песчаных известняков (Абхазия, Горная Мегрелия), либо песчаниками (нижняя и восточная части Колхидской впадины), представлен свитой (100—400 м) стального цвета трещиноватых слоистых доломитов и доломитовых известняков с редкими прослоями ангидрида и с бедной фауной берриасского, валанжинского и готеривского ярусов, а выше последовательно залегают: толстослоистые и массивные светло-серые и сильно трещиноватые плотные кристаллические доломитовые известняки (100—300 м) ургонской фации готерива (?) -нижнего баррема; среднеслоистые трещиноватые белые известняки (до 200 м) с верхнебарремской фауной; тонкослоистые светло-серые мергелистые известняки (30—200 м) с богатой аптской фауной; альбские темно-серые и голубоватые глинистые мергели (100—600 м) с прослоями туфопесчаников, к которым в южных районах Грузинской глыбы присоединяются покровы базальтов.

При региональной выдержанности по общему облику пород этих ярусов последние в разной степени подвержены изменениям литофации и мощностей. Если в западной части Нижнерионской депрессии Колхиды, у сс. Квалони и Чаладиди нижний неоком, баррем, апт и альб имеют мощности соответственно 400, 500, 200 и 600 м, то в осталь-





ных районах Грузинской глыбы они не достигают таких величин, а в Цулукидзеvской депрессии, в южной части Окрибы и на Сачхерском поднятии мощности нижнего неокома и баррема снижаются до 200 и 100 м, апта и альба — до первых десятков метров, не говоря уже о полном выклинивании нижних ярусов неокома на подступах к Дзирульскому и Келасурскому массивам и почти всего нижнего мела в целом на этих массивах. От района к району меняется и характер соотношения нижнего мела со смежными подразделениями, что наиболее отчетливо может быть прослежено в восточном от с. Чаладиди и в южном от Шаорской угленосной площади направлениях, в сторону Дзирульского массива. Мощность неокома у с. Чаладиди достигает 900 м (скв. 4), у г. Самтредиа не превышает 400 м (скв. 1), а на южном склоне Дзирульского массива, у с. Лаше снижается до 50—100 м. При этом неоком во всех трех разрезах, согласно покрываясь аптскими мергелями, начинается базальным горизонтом (10—30 м) кварцаркозовых песчаников, который несогласно залегает у Чаладиди и Самтредиа на окрибской свите верхней юры, а у с. Лаше — на порфиритовой серии байоса, но у этого села неоком представлен только верхним барремом, у г. Самтредиа — барремом (и верхним готеривом?), а у с. Чаладиди — полным своим разрезом.

На Шаорской площади неоком (скв. 10), имея мощность 750 м, залегает между окрибской свитой (1100 м) и аптским ярусом и начинается также горизонтом (20 м) кварцаркозовых песчаников. Южнее, на южном склоне горы Накерала в составе данного горизонта (до 30 м), явно несогласно залегающего здесь на неровной, размытой поверхности окрибской свиты (800 м), наряду с хорошо окатанными гальками палеозойских гранитов и байосских вулканогенных пород, присутствуют угловатые обломки этой свиты. Последняя в южном направлении полностью выклинивается (у с. Бзиаури) под горизонтом кварцаркозовых песчаников, который в том же направлении, омолаживаясь по причине первичного выпадения снизу вверх из разреза нижних слоев неокома, обогащается конгломератами, увеличивается в мощности (до 50—80 м) и на южных крыльях Окрибского и Сачхерского поднятий несогласно покрывает юрские отложения, а южнее, на Дзирульском массиве еще и породы доюрского фундамента, где неоком местами представлен лишь верхним барремом. При этом угловое несогласие между неокомом и байосом в зависимости от конфигурации домеловых складок массива колеблется в широких пределах. На крыльях Харагоульской синклинали она достигает 30°. Вдоль восточной периферии массива, точнее, на восточном склоне Сурамского хребта баррем (до 120 м), начинаясь в обнажениях кварцаркозовыми песчаниками (до 5 м), падает на юг под углом 25° и с угловым несогласием до 35° [6] срезает байос и лейас и у сс. Чумателети, Цхетисджвари и Али трансгрессивно покрывает и кристаллические породы фундамента, а выше баррема залегают апт (100—150 м) и альба (100—120 м), подстилающей сеноман. Восточнее массива, у с. Шиндиси (скважина) нижний мел представлен полным своим разрезом, имеет валую мощность (270 м), залегает полого (10—12°) и с угловым несогласием (40°) покрывает круто падающие (50—55°) слои байоса. Угловое несогласие между неокомом и байосом известно в ряде других участков Грузии. Из них особого внимания заслуживают восточные склоны гор Хвамли и Асхи (севернее с. Гведи и южнее с. Исундери) и горы Чегвала и Урулаф Эгрисского хребта, где это несогласие достигает 40°, а в окрестностях сс. Техи, Н. Лати и Георгиевск Гульрипшского района Абхазии оно превышает 45°. Вместе с тем, угловое





несогласие нижнего мела непосредственно с верхней юрой в известных нам разрезах не превышает 3—5°, а в обнажениях у сс. Цеси и Бзыбь и у г. Ткварчели эти подразделения связаны постепенным переходом. Исчезновение этого несогласия можно предполагать и в большинстве синклиналей Колхиды.

Несколько сходное соотношение имеет нижний мел с сеноманом. Последний, проявляя региональную трансгрессивность, в большинстве районов согласно продолжает альб, но местами — у с. Георгиевск, севернее г. Цхалтубо, в окрестностях сс. Хидикари, Гогна, Али и др. с небольшим угловым несогласием (до 5°) покрывает различные слои альба [1, 2, 3, 5], а на крупных поднятиях — всего нижнего мела и юры, что согласуется с мнением А. Л. Цагарели [3] о проявлении в Грузии т. н. австрийской фазы складчатости.

Аналогичная с Дзирульским массивом картина наблюдается в Центральной Абхазии, где неокм с горизонтом (10—50 м) песчаников и конгломератов в основании несогласно покрывает различные слои верхней-средней юры. При этом в северном направлении мощность нижнего мела уменьшается в связи с первичным выклиниванием сперва нижнего неокома под барремом, а затем последнего под аптом на Келасурском массиве. Здесь, а также на горе Кацирха трансгрессивно залегает и нижний альб [1].

Можно прийти к выводу, что уменьшение мощностей и конседиментационное выклинивание снизу вверх и по направлениям к Дзирульскому и Келасурскому массивам подразделений нижнемеловой субплатформенной формации, а также скользящий возраст ее базального горизонта обусловлены медленным нарастанием раннемеловой самостоятельной (по А. И. Джанелидзе [4]) трансгрессии. Она началась не в поздней юре [7], а в берриасе, сразу же после поздне-титонской регрессии, вызванной слабой в Грузии т. н. андийской фазой складчатости, затем непрерывно расширялась и только в позднем альбе сменилась регрессией, после чего последовала обширная сеноманская трансгрессия.

(Поступило 17.4.1987)

გამოცემა

დ. ვახანიძე

ქვედაცარცული სუბპლატფორმული ფორმაციის საკარტველოს მეზოზოურის მოსაზრებამ დასაბუთებთან სტრატობრაფიული დამოკიდებულების შესახებ

რეზიუმე

ქვედაცარცული სუბპლატფორმული ფორმაცია, რეგრესიული ზედალბურის გამოკლებით, ასახავს რა ადრეცარცული ტრანსგრესიის ხანგრძლივ განვითარებას საქართველოში, უთანხმოდ არის განლაგებული იურული და უფრო ძველი ასაკის სხვადასხვა ქანებზე და ამავდროს, ზედალბურთან ერთად, ასევე უთანხმოდ იფარება ძველ ამოწვევებზე ტრანსგრესიული სენომანურით.

D. E. VAKHANIA

ON STRATIGRAPHIC RELATION BETWEEN THE LOWER  
CRETACEOUS SUBPLATFORM FORMATION AND ADJACENT  
SUBDIVISIONS OF THE MESOZOIC OF GEORGIA

## Summary

The Lower Cretaceous subplatform formation, with the exception of the regressive Upper Albian stage, reflects a slow advance of the Early Cretaceous transgression in Georgia unconformably overlying various Jurassic and prejurassic rocks, and together with the Upper Albian is in turn unconformably overlain by the Cenomanian within ancient uplifts.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Д. Е. Вахания. Автореферат канд. дисс. Тбилиси, 1983.
2. Е. К. Вахания. Труды ВНИГНИ, вып. 151. Тбилиси, 1973.
3. Геология СССР, т. X. ГССР, ч. I. М., 1964.
4. А. И. Джанелидзе. Труды ГрузФАН СССР. Тбилиси, 1940.
5. И. В. Кванталиани, Н. И. Квахадзе. Сообщения АН ГССР, 61, № 1, 1971.
6. Г. П. Лобжанидзе. Труды ГИН, нов. сер., вып. 36. Тбилиси, 1972.
7. Б. Ф. Мефферт. Геология СССР, т. X, Закавказье, ч. I. М.—Л., 1941.
8. Е. Е. Милановский, В. Е. Хаин. Геологическое строение Кавказа. М., 1963.

Н. Л. РЧЕУЛИШВИЛИ

## О РЕЗУЛЬТАТАХ МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ЛУХУМСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

(Представлено академиком Г. А. Твалчрелидзе 5.5.1987)

Мышьяковое месторождение Лухуми расположено в Шовско-Пасанаурской подзоне Чиатуро-Дибрарской геоструктурной зоны [1]. Оруденение вмещают флишоидные карбонатные породы, представляющие собой чередование турбидитовых фаций толсто-среднеслоистых известняков и тонкоклинажированных карбонатных глинистых сланцев. Вопросы общей и рудной геологии месторождения разрабатываются начиная с 30-х гг., когда оно было передано в эксплуатацию. Перспектива комплексного освоения рудной залежи в настоящее время возродила интерес к этому объекту. Возникла новая концепция генезиса руд [2].

В период 1984—1985 гг. автором были составлены литолого-геохимические разрезы Лухумского рудного узла. Спектральный анализ был выполнен Алагирской лабораторией ЦГЛ ИМГРЭ. Значимыми оказались 25 элементов: Li, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, Sn, Sb, Ba, W, Hg, Pb, Bi. Остальные имели равные или нулевые значения. Единый массив данных 485 проб был обработан методом многомерного анализа на ЭВМ ЕС 1033.

Комплексом процедур классификации выделялись 107 проб с соотношением элементов, характерных для рудного процесса. Критерием группирования была принята мера подобия по Cos угла связи. Сравнение статистических параметров разделенных массивов установило 14 элементов, участвующих в рудном процессе: Li, Cr, Cu, Zn, As, Mo, Ag, Sn, Sb, Nb, W, Hg, Pb, Bi. Промышленное значение элемента определяет его количественное содержание (таблица).

Совокупность 107 рудных проб кластеризировалась в пространстве факторов, рассчитанных на специальной программе. Выделилось 6 классов. Анализ результатов выявил, что совокупность отдельных классов формируется посредством проб, отобранных из различных типов руд. Совокупность первого класса составляют образцы массивных мышьяковых руд, второго — арсенопирит-шеелит-антимонитовые прожилки с литиевыми хлоритами в зальбандах. В состав четвертого класса вошли образцы с пирит-арсенопиритовой вкрапленностью. Эти два последних класса проявляют наибольшую геохимическую схожесть. Пятый, шестой и третий (изолированный) классы образовали жильные и макроскопически безрудные породы. Основные классы

Таблица

Элементы	Li	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Sr	Y	Zr	Mo	Ag	Sn	Sb	Ba	Nb	W	Hg	Pb	Bi	
Средние содержания рудного массива																										
$\bar{X}_p$ (107 проб)	404,1	1,16	790,9	56,2	138,1	33,0	5,7	10,5	53,4	103,9	9,6	4608,4	162,3	5,7	14,8	0,65	0,95	29,5	1164,9	90,2	15,3	37,3	94,4	224,2	0,74	
Средние содержания безрудного массива																										
$\bar{X}_n$ (369 проб)	26,4	1,11	947,3	97,6	75,9	47,3	7,9	15,4	33,3	40,03	9,9	87,6	394,2	5,1	12,8	0,5	0,48	3,78	42,31	134	2,35	1,1	1,63	30,4	0,3	
Коэффициенты концентраций																										
$\frac{\bar{X}_p}{\bar{X}_n}$	15,3	1,04	0,8	0,6	1,81	0,7	0,7	0,7	1,4	2,6	0,9	52,6	0,4	1,1	1,1	1,3	1,9	7,8	27,5	0,7	6,5	33,9	57,9	7,3	2,5	

Статистические параметры разделенных массивов. Содержание серебра  $1 \cdot 10^{-5}$  %, остальных элементов  $1 \cdot 10^{-4}$  %.



охарактеризовались следующими коэффициентами концентраций ведущих рудных элементов.

I класс—12,9 Hg—3,97 W—2,5 As—2,3 Sb

II класс—3,05 Nb—2,55 W—2,31 Li—2,23 Cr—1,9 Sb—1,6 Zn—1,5 As

IV класс—2,54 Ag—2,28 V—1,84 Zr—1,83 Co—1,74 Ni.

Дендрограмма связи классов отражает наименьшую, близкую к критической, связь первого класса с остальными взаимосвязанными классами. В факторной нагрузке класса концентрация шестого фактора достигает большого количественного значения;  $6F \ 14,8+13F \ 4,7+4F \ 3,2$ . Структура фактора (Hg 0,93+As 0,57+SbO, 29+Cu 0,2)

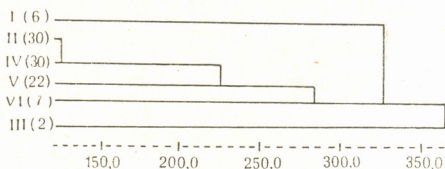


Рис. 1. Дендрограмма связи рудных классов Лухумского массива. Значение среднего коэффициента 369,605. Римскими цифрами обозначены номера классов, арабскими — количество проб в классе

отражает ведущие минеральные ассоциации данного класса: реальгар, аурипигмент, галхаит, акташит. В остальных классах концентрация этого фактора не превышает единицы, что подчеркивает обособленный геохимический характер рудных образований первого класса. Руды второго и четвертого классов отличаются усложнением химического состава и структур ведущих факторов. Последнее свойственно полигенным и полициклическим рудным процессам [3, 4].

Обработка геохимической информации с применением математических методов установила разобщенность облаков свойств мышьяковых и редкометалльных руд Лухумского месторождения в многомерном признаком пространстве. Рассчитанные геохимические параметры свойственны дискретным рудным процессам. Результаты исследований должны служить дополнительными критериями при решении вопросов, связанных с проблемой источников рудного вещества и временных взаимоотношений различных минеральных типов руд.

Приведенные данные позволяют утверждать перспективность второго класса элементов, наличие которых в значительной степени повышает ценность руд месторождения. Не вызывает сомнения необходимость продолжения детальных геохимических его исследований.

## 6. რჩეულიშვილი

 ლუხუმის მადნიანი ველის გეოქიმიური ინფორმაციის  
 მრავალზომიერებრივი ანალიზის შედეგები

რეზიუმე

ლუხუმის მადნიანი ველის გეოქიმიური ინფორმაცია დამუშავდა მათემატიკური მეთოდების გამოყენებით. გამოიყო მადნიანი სინჯების ექვსი კლასი. კლასტერ-ანალიზმა გამოავლინა დარიშხანისა და იშვიათი ლითონების მადნების თვისებათა ერთობლიობის განკერძოება მრავალზომიერებრივ სივრცეში.

მეორე მადნიანი კლასის ელემენტები მნიშვნელოვნად ზრდიან საბადოს პერსპექტიულობას.

GEOCHEMISTRY

N. L. RCHEULISHVILI

 RESULTS OF A MULTIDIMENSIONAL ANALYSIS OF GEOCHEMICAL  
 INFORMATION ON THE LUKHUMI ORE FIELD

## Summary

Geochemical data on the Lukhumi ore field have been processed by a computer using mathematical methods. Six classes of ore sample assemblages have been identified by a set of classification procedures. The cluster analysis technique showed isolated clouds of Lukhumi arsenic and rare-metal ore properties in the multidimensional indication space.

The presence of second-class elements considerably improves the value of the ores under study.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. И. П. Гамкрелидзе. В кн.: «Тектоника и металлогения Кавказа». Тбилиси, 1984.
2. А. Г. Жабин. ДАН СССР, 288, № 1, 1986.
3. А. Г. Твалчрелидзе. Генезис медно-пирротиновых руд Горной Абхазии. Тбилиси, 1978.
4. Н. Л. Рчеულიшвили. Тез. докл. семинара «Опыт и методика форм нахождения элементов в рудах и их геохимических ореолах». Тбилиси, 1986.

РАЗРАБОТКА И ОБОГАЩЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИИ

А. И. БУЛАТОВ, Г. Х. ВАШАЛОМИДZE, В. В. ДЕЙКИН

ПРОЧНОСТЬ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ СКВАЖИНЫ В СЛОЖНОМ  
НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ

(Представлено академиком А. А. Дзидзигури 5.5.1987)

Для разобобщения пластов важно не допустить растрескивания цементного камня и образования остаточного зазора на границе с обсадной колонной. Крезь скважины — составной цилиндр из обсадной колонны и цементного камня — подвергается действию различных механических факторов. Поэтому необходимо возможно более полно, на базе имеющихся экспериментальных данных, использовать резервы феноменологической концепции прочности, как это достаточно успешно осуществляется, например, для бетонов [1, 2].

Опытные данные по объемной прочности цементного камня [3, 4] для случая статического (кратковременного статического [2], квазистатического [5]) нагружения не обобщены; не проведено их сравнение с теоретическими оценками предельного механического состояния.

Статическая объемная прочность цементного камня согласно экспериментальным данным ВНИМИ [3] (исследованы цилиндрические образцы из цемента марки 500 при  $V/C=0,34$ ) задается условием

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \sigma_c e^{\sigma_1/\sigma_3} \quad (1)$$

при  $0 > \sigma_1 = \sigma_2 > \sigma_3$  и  $\sigma_1/\sigma_3 = C = \text{const}$  (для каждого отдельного опыта), где  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  — главные нормальные напряжения, МПа. Прочность цементного камня на одноосное сжатие составила  $\sigma_c = 116$  МПа, а на растяжение —  $\sigma_p = 23,2$  МПа, при показателе хрупкости  $x = \sigma_p/\sigma_c = 0,2$ ; пропорциональное нагружение проведено для  $C = 0,07; 0,12; 0,20$  и  $0,24$ .

При увеличении  $C$  монотонно возрастает и предельная осевая остаточная деформация образцов (в момент разрушения)  $\epsilon_{oc}^*$ . Если задаться традиционным уровнем  $\epsilon_{oc}^* = 0,002$ , то можно найти и критическое значение коэффициента пропорциональности  $C^*$ , при котором разрушение сколом сменяется разрушением вследствие пластического сдвига. Для цементного камня первый вид нарушения прочности соответствует нагружению при  $C < C^* = 0,2$ , а второй — при  $C \geq 0,2$  (рис. 1, кривые 1 и 2).

На графике представлены также экспериментальные точки, полученные нами для камня из новороссийского портландцемента, твердевшего при нормальных условиях в воде в течение 35 сут, с  $V/C = 0,45$ , прочностью  $\sigma_c = 22$  МПа,  $\sigma_p = 2,3$  МПа ( $x = 0,11$ ). Цилиндрические образцы диаметром 29,5 мм и высотой 50 мм подверглись объемному сжатию в камере-кернодержателе установки УИПК.

Пропорциональность нагружения приближенно создавалась за счет последовательного ступенчатого повышения бокового и осевого давлений с величинами ступеней соответственно 0,5 и  $0,5/C$  МПа, где



коэффициент  $C$ , уточненный для момента разрушения, составляет 0,07, 0,09 и 0,10. Полученные данные подтверждают приемлемость формулы А. Н. Ставрогина и др. [3] (см. выражение (1)) для цементных камней с показателем хрупкости 0,10—0,20.

Необходимо заметить, что уравнение (1) объединяет два существенно различных условия прочности — предельного состояния хрупкого разрушения и пластического сопротивления сдвигу (см. рис. 1, кривые 1 и 2).

Для крепи скважины опасна и пластическая деформация цементного кольца. Если связать предельное состояние начала текучести цементного камня при объемном сжатии с условием  $\epsilon_{oc} = 0,002$  (хотя возможен иной допуск на осевую остаточную деформацию), то по опытным данным ВНИМИ можно рассчитать соответствующую интенсивность напряжений  $\sigma_i$  [6] и оценить «предел текучести»  $\sigma_T$  для различных условий нагружения

$$\sigma_i = \sigma_1 - \sigma_3 = \sigma_T(C). \quad (2)$$

Рекомендуемое в работе [3] уравнение для состояния предельной упругости без указания допуска на пластическую деформацию лишено конкретности

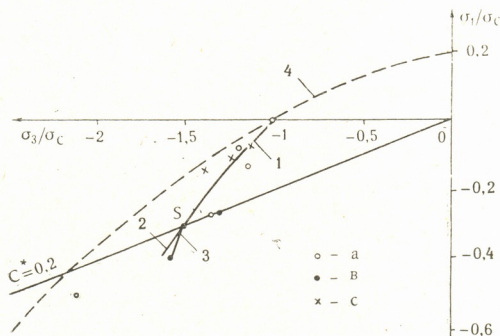


Рис. 1. Критические напряженные состояния цементного камня в случае пропорционального нагружения цилиндрических образцов давлением: 1 — предельное состояние хрупкого разрушения [3]; 2 — пластическое сопротивление сдвигу [3]; 3 — предельное состояние пластичности; 4 — предельные состояния хрупкого разрушения и пластичности [2] для  $x=0,2$ ; а — данные ВНИМИ [3], б — расчетные значения по данным [3], с — данные авторов

Очевидно, установленное выше критическое значение  $C^*=0,2$  характеризует и хрупко-пластический переход для цементного камня, поэтому линия текучести (см. рис. 1, кривая 3) начинается в т. S, общей для кривых 1 и 2 и принадлежащей лучу нагружения  $C=0,2$ . Деформация  $\epsilon_{oc}^*$  быстро нарастает при увеличении жесткости нагружения: например, для  $C=0,12$  она составляет  $6 \cdot 10^{-4}$ , а в случае  $C=0,24$  —  $5,6 \cdot 10^{-3}$  (при  $C=0,2$ :  $\epsilon_{oc}^* = 2 \cdot 10^{-3}$ ) [3].



Участок графика в окрестности т. S (см. рис. 1) не вполне определен, так и в связи с недостатком экспериментальных данных.

«Предел текучести» хрупкого материала зависит, в общем случае, от C (см. (2)), но для цементного камня может считаться, в первом приближении, константой материала:

$$\sigma_T(C) \approx \sigma_T(C^*) = \text{const},$$

как и критическое значение коэффициента пропорциональности нагружения  $C^*$ , после достижения которого образец способен получать заметную предельную остаточную деформацию (см. таблицу).

Условия пластичности цементного камня при объемном сжатии в случае пропорционального нагружения

Характеристика цементного камня	Цемент марки 500, В/Ц=0,34 [3]		Цемент Вольского завода для „холодильных“ скважин, возраст 3 сут [4]		
$\sigma_c$ , МПа	116		10,3		
$C = \sigma_1 / \sigma_3$	0,2	0,24	0,26	0,39	0,55
$-\sigma_1$ , МПа	32	46	4	7	14
$-\sigma_3$ , МПа	160	195	15	18	25
$\sigma_T = \sigma_1 - \sigma_3$ , МПа	128	149	11	11	11
$C^*$	0,2		0,26		

Для обоих видов цементного камня «предел текучести» при трехосном сжатии превышает предел прочности для одноосного сжатия:  $\sigma_T > \sigma_c$ . Такое соотношение можно получить аналитически для любого хрупкого материала из совместного рассмотрения условий пластичности и хрупкого разрушения в их геометрической интерпретации по Мору — поскольку главные круги текучести расположены слева (в области отрицательных напряжений) от круга прочности при одноосном сжатии. Однако наибольшее различие в прочности исчерпывается ролью параметра Лоде—Надаи, или промежуточного напряжения  $\sigma_2$ , которую большинство исследователей признает малосущественной [2, 6].

Из множества теоретических критериев, наряду с линейным условием прочности Мора, заслуживает внимания обобщенный критерий предельных состояний Писаренко—Лебедева [2]

$$x^2 \sigma_1^2 + \sigma_p (1 - x^2) \sigma_1 \leq \sigma_p^2, \quad (3)$$

который качественно верно отражает прочность хрупкого материала и при трехосном сжатии. С учетом соотношения (2) условие (3) запишется в виде

$$\sigma_3 \geq \sigma_1 - \sigma_c \sqrt{1 - \frac{1-x^2}{x} \frac{\sigma_1}{\sigma_c}},$$

задающем (см. рис. 1, кривая 4) нелинейную связь между экспериментальными напряжениями в момент разрушения цементного камня.

Таким образом, с помощью предложенной интерпретации экспериментальных данных оказывается возможным для любого напряженного состояния, после уточнения параметров  $C^*$  и  $\sigma_T(C^*)$  для применяемого типа цементного камня, используя соответствующие кривые прочности (см. рис. 1), однозначно оценить опасность и вид потери несущей способности цементным кольцом скважины.

Государственный плановый комитет  
 Аджарской АССР

«ВНИИКрнефть»  
 г. Краснодар

(Поступило 7.5.1987)

საბადოთა და მუშავება და გახდინება

ა. ბულატოვი, ბ. ვაშალომიძე, ვ. დეიკინი

ცემენტის ძირითადი მახასიათებლები რთულ დაძაბულ მდგომარეობაში

რეზიუმე

ნიმუშების სამივე ღერძის მიმართულად შეკუმშვაზე ცდების მონაცემების საფუძველზე მიღებულია ცემენტის ქვის დენადობის მიკროსკოპული მახასიათებლები. ეს უკანასკნელი შედარებულია მყიფე რღვევის სიმტკიცესთან და პლასტიკური დენადობის წინააღმდეგობასთან.

#### EXPLOITATION AND CONCENTRATION OF DEPOSITS

A. I. BULATOV, G. Kh. VASHALOMIDZE, V. V. DEYKIN

### SET CEMENT STRENGTH UNDER COMPLEX STRESS

#### Summary

Based on the analyses of experimental data on triaxial compression, microscopic flow characteristics of cement specimens are obtained and compared with brittle failure and failure in shear strength.

#### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. И. Булатов. Цементирование глубоких скважин. М., 1964.
2. Г. С. Писаренко, А. А. Лебедев. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состоянии. Киев, 1976.
3. А. Н. Ставрогин, А. Г. Протосеня. Пластичность горных пород. М., 1979.
4. Г. С. Саркисов, А. Е. Сароян, А. Г. Бурмистров. Прочность крепления стенок нефтяных скважин. М., 1977.
5. Сб. «Динамика удара». М., 1985.
6. Ю. Н. Работнов. Механика деформируемого твердого тела. М., 1979.



А. Р. БАСМАН, Л. И. ФРЕЙМАН, Е. А. ПИКУС, Л. А. АХВЕДИАНИ,  
 Д. Е. ВОЛКОВ, М. М. БАНДАЛОВА

КОРРОЗИОННО-ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
 СТАЛИ 08X14AG15 С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ СЕРЫ

(Представлено академиком Ф. Н. Тавадзе 3.4.1987)

Включения MnS, образующиеся в хромоникелевых аустенитных сталях при взаимодействии обычных металлургических примесей серы и марганца, ухудшают пассивируемость металла в кислых средах и характеристики стойкости против питтинговой коррозии (ПК) в хлоридных растворах [1—5]. Предотвращение образования таких включений, которое в определенных условиях сопровождается резким улучшением коррозионной стойкости сталей, возможно при выполнении условия  $\Pi = [Mn] \cdot [S] \leq \Pi_{кр} \approx 2,4 \cdot 10^{-3} (\%)^2$ , причем не имеет значения, как достигается неравенство  $\Pi < \Pi_{кр}$ : за счет снижения содержания марганца, серы или обеих примесей одновременно [2] (<sup>1</sup>. В коррозионностойких сталях, в которые намеренно вводят повышенные количества марганца, предотвратить образование фазы MnS теоретически можно только за счет уменьшения содержания серы. Однако при этом необходимо достижение столь низких ее содержаний (например, 0,00016% в стали 08X14AG15), которые не могут быть обеспечены существующими технологиями выплавки и переплава, снижающими величину [S] лишь до 0,002—0,003% [3]. С другой стороны, даже в области  $\Pi > \Pi_{кр}$  происходит определенное улучшение коррозионных характеристик хромоникелевых сталей при снижении величины  $\Pi$ , которое сопровождается уменьшением количества включений MnS в металле [2—5]. Это позволило нам предположить возможность улучшения коррозионных характеристик хромомарганцевых сталей за счет уменьшения в них количества включений MnS, в частности путем снижения содержания серы в металле.

Изучали коррозионно-электрохимическое поведение двух плавок стали 08X14AG15 с содержанием серы 0,02% («обычная» сталь № 1) и 0,004% («чистая» сталь № 2). Допустимое предельное содержание серы в данной стали составляет 0,03% [6, с. 96]. Химические составы плавок приведены в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав исследованных сталей

Условный №	Cr %	Mn %	C %	S %	Si %
1	13,86	13,44	0,038	0,020	0,09
2	14,48	12,35	0,044	0,004	0,06

Технология изготовления сталей, включая закалку с 1050—1060°, аналогична описанной для хромоникелевых сталей в [2].

(<sup>1</sup> Величина  $\Pi_{кр}$  близка к произведению растворимости MnS в стали  $L_{MnS}$  [2,4].



Неметаллические включения в сталях изучали на растровом электронном микроскопе «Nanolab» с приставкой Linc для рентгено-спектрального микроанализа. Обе стали содержали включения MnS (рис. 1), но в обычной их было явно больше, а средний размер ( $\approx 1$  мкм) в  $\approx 2$  раза крупнее, чем в чистой стали.

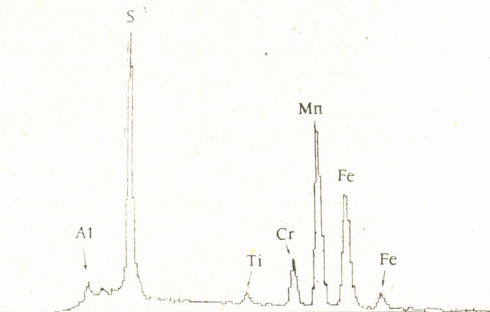


Рис. 1. Данные рентгеноспектрального микроанализа включения сульфида марганца в стали 08X14AG15

Как видно из табл. 2, в 0,1 М растворе NaCl тонкошлифованные образцы обеих плавок характеризуются примерно одинаковыми электрохимическими критериями стойкости против ПК, рекомендованными в [7].

Хотя величины основного критерия ( $\Delta E_{пк}$ ) положительны и указанные образцы не подверглись ПК при 20-суточных коррозионных испытаниях в том же растворе, стойкость обеих плавок против ПК следует признать сравнительно низкой. Это вытекает как из весьма малых по абсолютным значениям величин  $\Delta E_{пк}$ , так и из того факта, что грубошлифованные образцы обеих плавок подвергались ПК при идентичном коррозионном испытании.

Таблица 2

Электрохимические характеристики стали 08X14AG15 в естественно азрированном 0,1 М растворе хлорида натрия при 25°

Условный №	$E_{кор}$ , В	$E_{пк}$ , В	$E_{по}$ , В	$E_{рп}$ , В	$\frac{\Delta E_{пк}}{B} = \frac{E_{пк} - E_{кор}}{B}$	$\frac{\Delta E_{по}}{B} = \frac{E_{по} - E_{кор}}{B}$	$\frac{\Delta E_{рп}}{B} = \frac{E_{рп} - E_{кор}}{B}$
1	-0,06	-0,02	+0,22	+0,10	+0,04	+0,28	+0,16
2	-0,02	+0,04	+0,25	+0,13	+0,06	+0,27	+0,15

\* Потенциалы даны по Н. В. Э.

В то же время в растворах серной кислоты снижение содержания серы ощутимо улучшает важнейшие пассивационные характеристики стали — критический ток пассивации  $i_{кр}$  и потенциал пассивации  $E_{пос}$  (рис. 2). Соответствующее уменьшение  $i_{кр}$  составляет не менее половины порядка величины (кривые 1, 2), а смещение  $E_{пос}$  к более отрицательным значениям при переходе от стали № 1 и стали № 2 0,02—



0,04 В (в 0,001 н. кислоте даже  $\approx 0,2$  В). Можно сказать, что снижение содержания серы в стали 08X14AG15 существенно приближает ее по пассивационным характеристикам, например, к более высоколегированной стали 08X25AG15C (кривая 3, рис. 2).

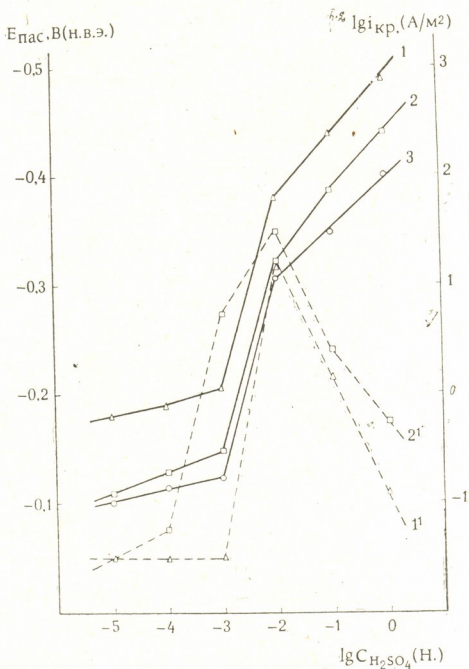


Рис. 2. Зависимости критического тока пассивации от концентрации серной кислоты для стали 08X14AG15 с обычным (1), пониженным (2) содержанием серы и стали 08X25AG15C (3). Зависимости потенциала пассивации от концентрации серной кислоты для стали 08X14AG15 с обычным (1') и пониженным (2') содержанием серы

Таким образом, десульфурация хромомарганцевой стали, не способная предотвратить выделения включения  $MnS$  в структуре металла, но снижающая их количество и размеры, может повысить пассивируемость металла до уровня более высоколегированных сталей. Глубокая десульфурация стали 08X14AG15 требует рафинирующих переделов и экономически вряд ли целесообразна. Однако известно [2, 8], что связывание серы в металле более сильными сульфидообразователями, чем  $Mn$  (например, титаном, РЗМ), сульфиды, коррозионная стойкость которых в растворах электролитов намного выше, чем  $MnS$ , может создавать примерное такое же (или ненамного меньшее) улучшение коррозионных свойств металла, как и рафинирование с обеспечением соотношения  $\Pi > \Pi_{кр} \approx L_{MnS}$ . Поэтому представляются перспективными попытки повышать коррозионную стойкость хромо-



марганцевых сталей не только увеличением содержания основных легирующих элементов (Cr, Ni, Si и др.), но и введением малых количеств сульфидообразователей указанного типа.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт металлургии  
им. 50-летия СССР  
Грузинский политехнический институт  
им. В. И. Ленина

Академия коммунального  
хозяйства  
им. К. Д. Памфилова  
Центральный научно-  
исследовательский институт  
им. И. П. Бардина

(Поступило 10.4.1987)

მეტალურგია

ა. ბასმანი, ლ. ფრეიმანი, ე. პიკუსი, ლ. ახვლედიანი, დ. ვოლკოვი,  
მ. ბანდალოვა

გოგირდის სხვადასხვა შემცველობის 08X 14Ag 15 ფოლადის  
კოროზიულ-ელექტროქიმიური მახასიათებლები

რეზიუმე

შესწავლილია გოგირდის სხვადასხვა შემცველობისას ქრომმანგანუმიანი კოროზიამედეგი ფოლადის კოროზიულ-ელექტროქიმიური ქცევა ნატრიუმის ქლორიდის და გოგირდმქადას ხსნარებში.

ნაჩვენებია, რომ დესულფირება აღმოგვსებებს ქრომმანგანუმიანი ფოლადის კოროზიულ მახასიათებელს, მასში მანგანუმის სულფიდის ჩაართვის რაოდენობის და ზომის შემცირების ხარჯზე.

METALLURGY

A. R. BASMAN, L. I. FREIMAN, E. A. PIKUS, L. A. AKHVLEDIANI,  
D. E. VOLKOV, M. M. BANDALOVA

CORROSION ELECTROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF  
08Cr 14N Mn15 STEEL WITH DIFFERENT CONTENTS OF SULPHUR

Summary

Corrosion-electrochemical behavior of Cr-Mn stainless steel with different contents of sulphur has been investigated in chloride and acid sulphate media.

It is shown that desulphuration of CrMn steel improves its corrosion-electrochemical characteristics due to decreased MnS inclusions amount and size.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Л. И. Фрейман, Г. С. Раскин, Я. М. Колотыркин, Э. А. Медведев. ДАН СССР, 226, № 5, 1976, 1140.
2. Л. И. Фрейман, И. И. Реформатская, С. Д. Боголюбский, Д. Е. Волков. Защита металлов, 16, № 6, 1980, 714.
3. L. I. Freiman, I. I. Reformatskaya, Ya. M. Kolotyркиn *et al.* In: Improvement of corrosion resistance of structural materials in aggressive media. Proc. 3rd Soviet-Japanese seminar on corrosion and protection of metals, Moscow, 1982, Nauka Publishers, Moscow, 1984, 132-155.
4. И. И. Реформатская, Л. И. Фрейман, Я. М. Колотыркин и др. Защита металлов, 20, № 4, 1984, 552.
5. И. И. Реформатская, Л. И. Фрейман, Ю. П. Коннов и др. Защита металлов, 22, № 1, 1986, 3.
6. Е. А. Ульянин. Коррозионностойкие стали и сплавы. Справочник. М., 1980.
7. Л. И. Фрейман, Я. Флис, М. Пражак и др. Защита металлов, 22, № 2, 1986, 179.
8. Я. М. Колотыркин, Л. И. Фрейман. В кн.: «Итоги науки и техники. Коррозия и защита от коррозии», т. 6. М., 1978, 5.

Ф. Н. ТАВАДЗЕ (академик АН ГССР), Г. М. СУРМАВА,  
К. Г. СВАНИДЗЕ

## О КИНЕТИКЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ НИТЕВИДНЫХ КРИСТАЛЛОВ МЕДИ В ПРОЦЕССЕ ПАРОТВЕРДОФАЗНОЙ ДИФфуЗИИ

Исследование диффузии в нитевидных кристаллах (НК) связано с определением кинетики прироста диаметра НК в процессе паротвердофазной диффузии [1, 2]. Суть методики заключается в том, что компонент, обладающий высокой упругостью пара, диффундирует из паровой фазы в НК, который не содержит в начале процесса этого диффундирующего компонента. В равновесии концентрация летучего компонента на поверхности образца равна его концентрации в доноре, откуда он поступает в паровую фазу. Кинетика роста НК будет определяться диффузией, если скорость диффузии будет значительно меньше скорости напыления (оценки показали, что это условие выполняется в наших опытах). Таким образом, единственным измеряемым параметром является поперечный размер — диаметр НК и экспериментальная задача сводится к определению кинетики изменения диаметра НК.

Экспериментальное определение кинетики прироста диаметра НК проводилось оптическим методом и методом измерения и синхронной фиксации электросопротивления в процессе диффузионного отжига. Наряду с этими методами, представляло определенный интерес проследить за изменением структуры поверхности НК в процессе диффузии. Была исследована диффузия цинка в НК меди диаметрами ( $d_0$ ) 5—55 мкм в интервале температур 600—750°C в вакууме  $2 \cdot 10^{-4}$ — $2 \cdot 10^{-5}$  Па при точности стабилизации температуры  $\pm 0,05^\circ$ . Источником цинка служила латунь (32% по массе цинка). Поверхность НК фотографировалась в микроскопе МБИ-6 через разные интервалы времени изотермического отжига.

На рис. 1 представлены фотографии поверхности НК меди диаметром 12 мкм при 720°C. Видно, что до отжига НК имеет четкую огранку и гладкую поверхность, без видимых дефектов. С увеличением времени отжига грани теряют четкость, на поверхности появляются выступы, она постепенно становится шероховатой. Еще более дефектной становится поверхность НК ( $d_0 = 38$  мкм), представленная на рис. 2. Заметим, что поверхность этого кристалла и в начальный момент не является оптически гладкой. Аналогичные фотографии были сделаны в процессе диффузии для всех исследованных НК, с помощью которых были рассчитаны коэффициенты диффузии, а по температурным зависимостям последних — энергии активации и предэкспоненциальные факторы.





Было показано, что коэффициенты диффузии в тонких НК (с  $d_0 = 5$  мкм) на 1—2 порядка ниже по сравнению с макромонокристаллами. При этом почти в 3 раза понижается энергия активации и на 9 порядков предэкспоненциальный фактор по сравнению с макромонокри-

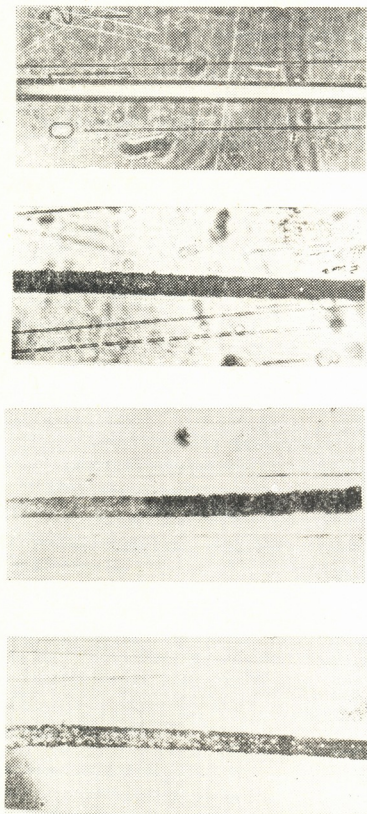


Рис. 1. Поверхность НК меди ( $d_0 = 12$  мкм) при разных временах изотермического отжига ( $720^\circ\text{C}$ ) ( $\times 500$ ): а — в начальный момент времени  $t=0$ , б —  $t=5$  мин, в —  $t=15$  мин, г —  $t=35$  мин

сталлами. Столь сильное уменьшение параметров диффузии в тонких НК следует объяснить совершенством, до атомногладкого, строения поверхности НК. При диффузии в более толстых НК ( $d_0 = 10\text{—}15$  мкм)



совершенство поверхности нарушается, на ней появляются единичные дефекты (незастроенные ступеньки, изломы на ступеньках), вследствие чего коэффициенты диффузии увеличиваются, растут энергия активации и предэкспоненциальный фактор по сравнению с тонкими НК. В толстых НК ( $\bar{d}_0=30-55$  мкм) поверхность становится шероховатой, приближаясь к поверхности, характерной для макрокристаллов,

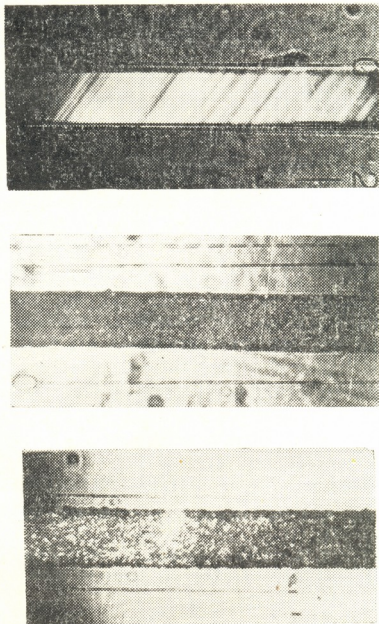


Рис. 2. Поверхность НК меди ( $d_0=38$  мкм) при разных временах изотермического отжига ( $720^\circ\text{C}$ ) ( $\times 500$ ): а—в начальный момент времени  $t=0$ , б— $t=5$  мин, в— $t=15$  мин

и соответственно значения коэффициентов диффузии, энергия активации и предэкспоненциальный фактор сближаются с обычными объемными значениями в монокристаллах.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт металлургии  
им. 50-летия СССР

(Поступило 16.4.1987)

ფ. თავაძე (საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), ბ. სურმავა, კ. სვანიძე

## დიფუზიის პროცესში სპილენძის ქაფისებრი კრისტალების ზედაპირის ცვლილებების კინეტიკა

რეზიუმე

გამოკვლეულია სპილენძის ჭაფისებრი კრისტალების ზედაპირის სტრუქტურა თუთიით დიფუზური გაჯერების პროცესში  $600-750^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურულ ინტერვალში. ნაჩვენებია, რომ დიფუზური მოწვის პროცესში კრისტალების წიბოები კარგავენ სწორხაზოვნებას და მათი ზედაპირი ხდება უსწორმასწორო.

METALLURGY

F. N. TAVADZE, G. M. SURMAVA, K. G. SVANIDZE

## ON THE SURFACE STRUCTURE CHANGE KINETICS OF COPPER WHISKERS IN THE VAPOUR-SOLIDPHASE DIFFUSION PROCESS

Summary

The surface structure of copper whiskers have been investigated in the process of homogenizing annealing with zinc in the temperature range of  $600-750^{\circ}\text{C}$ . It is shown that in the process of homogenizing annealing the crystals lose their shape, and their surface becomes rough.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Б. С. Бокштейн, А. А. Жуховицкий, Г. М. Сурмава. Зав. лаб., т. 32, № 4, 1966, 438—442.
2. Б. С. Бокштейн, А. А. Жуховицкий, Г. М. Сурмава. Сб. «Конструкционные и жаропрочные материалы для новой техники». М., 1978, 133—137.

Р. Ш. АДАМИЯ (член-корреспондент АН ГССР), З. Н. НАДИРАДЗЕ,  
 В. Б. СПИВАКОВСКИЙ

### О ПОСТРОЕНИИ ПРИБЛИЖЕННОГО РЕШЕНИЯ В КЛАССЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ГАСИТЕЛЕЙ КОЛЕБАНИЙ ВАГОНОВ ПАССАЖИРСКИХ ПОДВЕСНЫХ КАНАТНЫХ ДОРОГ

В работе [1] была предложена математическая модель достаточно актуальной задачи о гашении колебаний вагонов пассажирских подвесных канатных дорог (ППКД), основанная на известном принципе «качелей» [2], суть которого состоит в выборе такого закона движения гасителя, чтобы амплитуда колебаний вагона в наиболее опасных местах (на опоре или у посадочной площадки) не превышала установленной техническими условиями величины.

В данной работе предлагается способ исследования этой математической модели гасителя колебаний, расчетная схема которого представлена на рис. 1, а, и его распространение на другие конструктивные варианты (рис. 1, б, в).

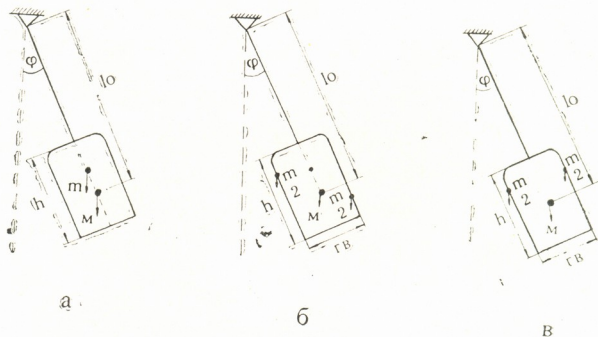


Рис. 1

Полагая колебания малыми, что вполне обосновано для рассматриваемых динамических систем, запишем закон их колебания на основе уравнение Лагранжа второго рода:

$$\ddot{\varphi} + A(t)\dot{\varphi} + B(t)\varphi = 0, \quad (1)$$

где для схемы а)

$$A(t) = \frac{2ml(t)\dot{l}(t)}{Ml_0^2 + ml^2(t)}, \quad B(t) = \frac{g[Ml_0 + ml(t)]}{Ml_0^2 + ml^2(t)}, \quad (2a)$$

для схемы б)

$$A(t) = \frac{2m[l(t) - \dot{l}_0]l(t)}{Ml_0^2 + m[b^2 + l_0^2 + (l(t) - l_0)^2]},$$



$$B(t) = \frac{gl_0 [M+m]}{Ml_0^2 + m [b^2 + l_0^2 + (l(t) - l_0)^2]}; \quad (26)$$

для схемы в)

$$A(t) = \frac{2ml(t) \dot{l}(t)}{Ml_0^2 + m [b^2 + l^2(t)]}, \quad B(t) = \frac{g [Ml_0 + ml(t)]}{Ml_0^2 + m [b^2 + l^2(t)]}. \quad (2в)$$

Здесь  $M$ —масса вагона, приведенная к его центру тяжести;  $m$ —масса гасителя;  $\varphi$ —угол отклонения вагона от вертикали;  $l(t) = l_0 + a(t)$ —закон движения гасителя, где  $a(t)$ —колеблющаяся функция;  $|a(t)| \leq h$ ,  $l_0$ ,  $h$ ,  $b$ —конструктивные параметры системы.

Считая (1) уравнением Эйлера для некоторого функционала с подынтегральной функцией  $F(t, \varphi, \dot{\varphi})$ , после несложных преобразований [3], восстановим указанную функцию:

$$F(t, \varphi, \dot{\varphi}) = \left[ B(t) \frac{\varphi^2}{2} - \frac{\dot{\varphi}^2}{2} \right] \exp \left[ \int A(t) dt \right]. \quad (3)$$

Соответствующий (3) гамильтониан имеет вид ( $p = F_{\dot{\varphi}}$ )

$$H(t, \varphi, \dot{\varphi}) = -\frac{1}{2} p^2 \exp \left[ -\int A(t) dt \right] - B(t) \cdot \frac{\dot{\varphi}^2}{2} \exp \left[ \int A(t) dt \right], \quad (4)$$

а уравнение Гамильтона—Якоби

$$\frac{\partial S}{\partial t} + H \left( t, \varphi, \frac{\partial S}{\partial \varphi} \right) = 0 \quad (5)$$

для рассматриваемого случая запишется следующим образом:

$$2 \exp \left[ \int A(t) dt \right] \cdot \frac{\partial S}{\partial t} - \left( \frac{\partial S}{\partial \varphi} \right)^2 = B(t) \varphi^2 \exp \left[ 2 \int A(t) dt \right]. \quad (6)$$

По теореме Якоби [4], если  $S = S(t, \varphi, C_1)$ —некоторое решение уравнения (6), зависящее от произвольной постоянной  $C_1$ , то  $\frac{\partial S(t, \varphi, C_1)}{\partial C_1} = C_2$  есть общий интеграл уравнения (1).

Нетрудно видеть, что уравнение (6) допускает разделение переменных, если

$$B(t) \exp \left[ 2 \int A(t) dt \right] \equiv \text{const}. \quad (7)$$

Следуя [3], получаем для этого случая общее решение уравнения (1)

$$\varphi = \sqrt{\frac{C_1}{L}} \sin \left( \sqrt{L} \int_0^t \exp \left[ -\int A(t) dt \right] dt + C_2 \right), \quad (8)$$

где через  $L$  обозначена левая часть тождества (7).

Однако для рассматриваемых здесь коэффициентов уравнения (1)  $L$  не является константой. Действительно, для коэффициентов (2а)

$$L = gM^2 l_0^3 \left[ 1 + \mu \left( 1 + \frac{a(t)}{l_0} \right) \right] \left[ 1 + \mu \left( 1 + \frac{a(t)}{l_0} \right)^2 \right]; \quad (9а)$$

для коэффициентов (2б)

$$L = gM^2 l_0^3 (1 + \mu) \left[ 1 + \mu \left( 1 + \frac{b^2}{l_0^2} + \frac{a^2(t)}{l_0^2} \right) \right]; \quad (9б)$$



для коэффициентов (2в)

$$L = gM^2 l_0^3 \left[ 1 + \mu \left( 1 + \frac{a(t)}{l_0} \right) \right] \left[ 1 + \mu \left( 1 + \frac{a(t)}{l_0} \right)^2 + \mu \frac{b^2}{l_0^2} \right], \quad (9в)$$

где  $\mu = \frac{m}{M}$ .

В силу малости величин  $\mu$  и  $\left| \frac{a(t)}{l_0} \right|$ , их произведением можно пренебречь по сравнению с  $(1+\mu)$ . При этом переменные величины  $L$ , определяемые формулами (9а)—(9в) заменятся соответствующими постоянными, для которых сохраним те же обозначения

$$L = gM^2 l_0^3 (1 + \mu)^2, \quad (10а)$$

$$L = gM^2 l_0^3 (1 + \mu) \left( 1 + \mu + \mu \frac{b^2}{l_0^2} \right). \quad (10б, в)$$

Таким образом, для вышеуказанных значений  $L$  выражение (8) определяет приближенное решение уравнения (1) при соответствующих коэффициентах  $A(t)$ .

Так как поперечные колебания вагона возбуждаются обычно из вертикального положения ( $\varphi(0) = 0$ ), только за счет начальной скорости ( $\dot{\varphi}(0) = \dot{\varphi}_0$ ), то соответствующее этим начальным условиям приближенное решение (8) имеет вид:

для схемы а)

$$\begin{aligned} \varphi = & \frac{\dot{\varphi}_0}{1 + \mu} \sqrt{\frac{l_0}{g}} \left[ 1 + \mu \left( 1 + \frac{a(0)}{l_0} \right)^2 \right] \sin \left[ (1 + \mu) \times \right. \\ & \left. \times \sqrt{\frac{g}{l_0}} \int_0^t \frac{dt}{1 + \mu \left[ 1 + \frac{a(t)}{l_0} \right]^2} \right], \quad (11а) \end{aligned}$$

для схемы б)

$$\begin{aligned} \varphi = & \frac{\dot{\varphi}_0 \sqrt{\frac{l_0}{g}}}{\sqrt{(1 + \mu) \left( 1 + \mu + \mu \frac{b^2}{l_0^2} \right)}} \left[ 1 + \mu \left( 1 + \frac{b^2}{l_0^2} + \frac{a^2(0)}{l_0^2} \right) \right] \times \\ & \times \sin \left[ \sqrt{(1 + \mu) \left( 1 + \mu + \mu \frac{b^2}{l_0^2} \right)} \sqrt{\frac{g}{l_0}} \int_0^t \frac{dt}{1 + \mu \left( 1 + \frac{b^2}{l_0^2} + \frac{a^2(t)}{l_0^2} \right)} \right], \quad (11б) \end{aligned}$$

для схемы в)

$$\begin{aligned} \varphi = & \frac{\dot{\varphi}_0 \sqrt{\frac{l_0}{g}}}{\sqrt{(1 + \mu) \left( 1 + \mu + \mu \frac{b^2}{l_0^2} \right)}} \left[ 1 + \mu \left( 1 + \frac{a(0)}{l_0} \right)^2 + \mu \frac{b^2}{l_0^2} \right] \times \\ & \times \sin \left[ \sqrt{(1 + \mu) \left( 1 + \mu + \mu \frac{b^2}{l_0^2} \right)} \sqrt{\frac{g}{l_0}} \int_0^t \frac{dt}{1 + \mu \left( 1 + \frac{a(t)}{l_0} \right)^2 + \mu \frac{b^2}{l_0^2}} \right]. \quad (11в) \end{aligned}$$



Полученные по формулам (11а)—(11в) результаты сопоставлялись с результатами численного интегрирования на ЭВМ соответствующих дифференциальных уравнений, при функции  $a(t) = -h \cos \frac{4\pi}{T} t$  и следующих значениях параметров:  $l_0 = 3,5$  м,  $b = 1,0$  м,  $h = 1,1$  м,  $\varphi_0 = 0,35$  1/сек,  $\mu = 0,003$ ,  $\mu = 0,1$ , (реальные конструктивные параметры вагона и гасителя ППКД). За величину  $T$  брался период свободных колебаний вагона без гасителя. Результаты показали, что максимальная относительная погрешность построенного в работе приближенного решения по сравнению с численным интегрированием составляет около 6%.

Удовлетворительное совпадение полученных результатов указывает на возможность применения предложенного способа исследования при выборе закона движения гасителя  $a(t)$  с целью минимизации отклонения  $\varphi$ .

В заключение отметим, что этот способ можно распространить на вынужденные колебания рассматриваемых систем, а также для исследования гашения колебаний при значительных углах отклонения вагона от равновесного состояния.

Кутаисский комплексный научный центр  
Института металлургии  
АН ГССР

Днепропетровский государственный  
университет

მაშხანათმშენებლობა

რ. ადამია (საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ზ. ნადირაძე,  
З. Садирадзе

სამგზავრო ბაგირგზის ვაგონების რხევების ჩამქრობების  
მათემატიკური მოდელების კლასური მიახლოებითი ამონახსნების  
აპროქსიმაცია

რეზიუმე

ჰამილტონ — იაკობის თეორემის საფუძველზე მოცემულია სამგზავრო ბაგირგზის ვაგონების რხევების ჩამქრობების მათემატიკური მოდელის კლასური მიახლოებითი ამონახსნის აგება, რის შედეგადაც დადგენილია უშუალო კავშირი ვაგონის წონასწორობის მდგომარეობიდან გადახრის კუთხესა და ჩამქრობის მოძრაობის კანონს შორის.

MACHINE BUILDING SCIENCE

R. Sh. ADAMIA, Z. N. NADIRADZE, V. B. SPIVAKOVSKY

ON CONSTRUCTING AN APPROXIMATE SOLUTION IN THE  
GROUP OF MATHEMATICAL MODELS OF DAMPERS IN  
TRAMWAY CARRIAGES

Summary

Based on the Hamilton-Jacobi theorem, a method is suggested for constructing an approximate solution in the group of mathematical models of dampers in tramway carriages which makes it possible to ascertain direct relationship between the carriage deflection angle and the damper's law of motion.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. З. Н. Надирадзе. Сообщения АН ГССР, 123, № 3, 1986.
2. С. П. Стрелков. Введение в теорию колебаний. М.—Л., 1950.
3. В. Б. Спиваковский. Сб. «Дифференциальные уравнения и их приложения». Днепропетровск, 1984.
4. И. М. Гельфанд, С. В. Фомин. Вариационное исчисление. М., 1961.

Б. Л. АСАТИАНИ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ЦВМ  
 ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ВИБРАЦИОННОЙ  
 МАШИНЫ С ДЕБАЛАНСНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. В. Хвингия 17.6.1987)

Расчетную схему вибрационной машины (ВМ) можно предста-  
 вить в виде совокупности твердых тел (активной и реактивной мас-  
 сы, подвески двигателя) и точечных неуравновешенных масс (деба-  
 лансов), совершающих пространственные движения (рис. 1). Анализ  
 колебаний конструкции сводится к исследованию системы из  $n$  обо-  
 бщенных связанных осцилляторов, взаимодействующих между собой  
 посредством обобщенных сил. При определении динамических усилий,  
 передаваемых на конструкции двухмассной ВМ, требуется определе-  
 ние относительных смещений масс; выбирая их в качестве обобщен-  
 ных координат (соответственно степеням свободы установки), на ос-  
 нове уравнений Лагранжа второго рода по известной методике [1]  
 получили систему из 15 нелинейных уравнений вида

$$M\ddot{Q} + F(Q, \dot{Q}) = P(t), \quad (1)$$

где  $M$  — матрица масс и моментов инерций;  $Q$  — вектор-столбец пере-  
 мещений;  $F$  — вектор-столбец внутренних сил,  $P(t)$  — вектор-столбец  
 возмущающих сил. Координаты  $q_1, q_2, \dots, q_{12}$  (рис. 1) соответствуют

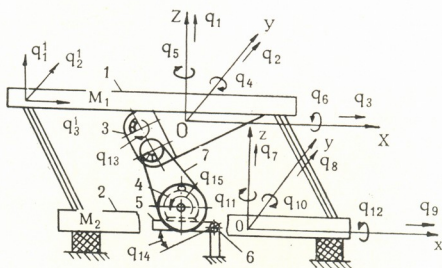


Рис. 1

линейно-поворотным смещениям активной 1 и реактивной 2 масс,  
 $q_{13}, q_{15}$  — угловым поворотам осей вибратора 3 и двигателя 4,  $q_{14}$  —  
 движению двигательной подвески 5 вокруг оси 6 для самонатяжения  
 ветвей гибкой связи 7.

Система (1) решалась численным интегрированием. На рис. 2—4  
 показаны результаты машинного счета на ЭЦВМ ЕС 10—45 действую-



щей модели ВМ (созданной по аналогу питателя КВЗС-4,5 [2]) с параметрами: активная и реактивная масса —  $M_1=600$  кг,  $M_2=150$  кг, моменты инерции масс —  $J_x=32,5$  кг.м,  $J_y=107,1$  кг.м,  $J_z=116,7$  кг.м;  $J_x=20,1$  кг.м,  $J_y=71,1$  кг.м,  $J_z=89,2$  кг.м; масса и радиус инерции дебаланса —  $m=3$  кг,  $r=0,04$  м; передаточное отношение от оси двигателя к ротору вибратора —  $1/2$ ; привод — асинхронный двигатель АОС2-61 — 4, вибровозбудитель — АШЛ.05.

На рис. 2,3 представлены соответственно перемещения активной и реактивной масс в горизонтальном и вертикальном направлении попарно. ВМ работает в зарезонансном режиме, и колебания с большей амплитудой происходят в переходном режиме. Одновременно имеет место наложение свободных колебаний, что увеличивает амплитуду. В итоге стационарный режим работы с меньшими значениями амплитуд прямолинейных и угловых колебаний устанавливается через 5—7 сек после включения. Указанные параметры двух масс находятся в

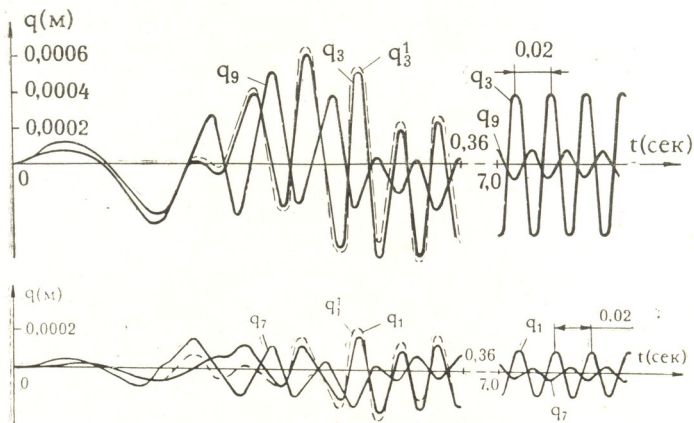


Рис. 2, 3

противофазах. На рис. 2, 3 прерывистой линией показан закон движения точки крепления рессоры 8 к активной массе 1 (рис. 1); амплитуда колебаний этой точки в переходном режиме выше, а в стационарном совпадает с траекторией центров масс, так как движения направляются.

Из полученных решений системы (1) можно сконструировать с помощью машинной графики фигуры Лиссажу, фазовые портреты, проследить за процессом установления стационарных колебаний, определить устойчивость режима. На рис. 4 дана траектория движения точки крепления рессоры в плоскости  $XOZ$ ; сплошная линия соответствует разгону ВМ, прерывистая — стационарному режиму работы.

Определив амплитуду колебаний ВМ, можно рассчитать на прочность конструкцию и, в частности, самый нагруженный элемент —





рессору. ВМ совершает пространственное движение, и рессора работает в условиях сложного сопротивления: она подвергается совместному действию изгиба-сжатия и изгиба-кручения. Рассчитав динамические и статические усилия, определим нормальные и касательные напряжения, а также приведенное нормальное напряжение [3]. Все формулы прочностного расчета заложены в памяти ЭЦВМ, и на каждом этапе интегрирования выдаются значения напряжений. В таблице приведены значения максимальных приведенных напряжений по четвертой теории прочности в различных режимах нагружений ВМ, рассчитанные на ЭЦВМ. Характеристики рессор: материал — 60С2 (сталь кремнистая); площадь сечения —  $0,1 \times 0,013$  м.м; длина — 0,6 м; количество рессор — 8 шт., предел выносливости  $[\sigma_{-1}] = 5 \cdot 10^8$  н/м<sup>2</sup>. Расчетные формулы для напряжений приведены в [3].

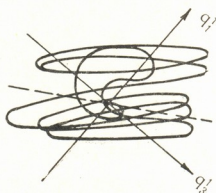


Рис. 4

Таким образом, на основе численного эксперимента рассчитываются основные выходные параметры системы, включающие амплитуду, уровень вибрации, закон движения при разгоне, остановке и в стационарном режиме при различных значениях инерционных, жесткостных и демпфирующих параметров элементов системы, при разном ко-

Вид нагружения	статическое	динамическое при разгоне	динамическое при стационарном режиме
Напряжение $\sigma_{пр}$ , н/м <sup>2</sup>	$3,4 \cdot 10^7$	$5,0 \cdot 10^7$	$4,5 \cdot 10^7$

личестве и расположении дебалансов и упругих элементов. Полученная имитационная математическая модель может быть использована как для исследования существующих двухмассовых дебалансных ВМ, так и при проектировании новых, на основе полученных результатов имеется возможность установить экстремальные значения динамических параметров и рассчитать прочностные характеристики ВМ для увеличения долговечности конструкций.



ბ. ასათიანი

დებალანსური აღმგზნებიანი ვიბრაციული მანქანის სივრცითი  
რხევების მათემატიკური მოდელირება ეგმ-ზე

რეზიუმე

ციფრული ექსპერიმენტის საშუალებით განსაზღვრულია დებალანსური აღმგზნებიანი ვიბრაციული მანქანის დინამიკური პარამეტრები. დადგენილია მათი ექსტრემალური მნიშვნელობები და გაანგარიშებულია კონსტრუქციის სიმტკიცე.

MACHINE BUILDING SCIENCE

B. L. ASATIANI

MATHEMATICAL SIMULATION OF SPACE OSCILLATIONS OF A  
VIBRATION MACHINE WITH DEBALANCING EXCITATION ON  
DIGITAL COMPUTER

Summary

With the use of the numerical experiment, dynamic parameters of the de-  
balancing vibration machine are defined, experimental meanings of these pa-  
rameters are established, and the structural strength is computed.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. П. М. Заика. Динамика вибрационных зерноочистительных машин. М., 1977.
2. А. О. Сливаковский, И. Ф. Гончаревич. Вибрационные и волновые транспортирующие машины. М., 1983.
3. М. В. Хвингия. Динамика и прочность вибрационных машин с электромагнитным возбуждением. М., 1980.

В. И. ГОМЕЛАУРИ (академик АН ГССР), О. Ш. ВЕЗИРИШВИЛИ,  
 Н. А. МИРИАНАШВИЛИ

## К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СУШКИ ЧАЙНОГО ЛИСТА

Во избежание перегрева чайного листа при его сушке необходимо, чтобы процесс поступления влаги из внутренней части листа к его поверхности и процесс испарения влаги с поверхности листа были бы взаимно уравновешены. При нарушении этого условия происходит пересыхание нежных и наиболее ценных частей листа, что ведет к потере растворимого танина и, следовательно, к существенному снижению качества чая. Кроме того, при принятию в настоящее время способе сушки воздухом с естественным влагосодержанием, равным в среднем  $d=14$  г/кг с. в., наблюдается образование твердой корки на поверхности листа, в связи с чем внутри листа остается неиспарившаяся влага. Впоследствии это приводит к плесневению листа и его почве [1].

Из всего сказанного следует, что принятый в настоящее время процесс сушки чайного листа нуждается в существенном совершенствовании.

Как показали проведенные экспериментальные исследования, весьма эффективным путем в этом направлении является использование для сушки чайного листа воздуха с повышенным начальным влагосодержанием  $d = (21-23)$  г/кг с. в. [2].

Таблица 1  
 Доли нормально высушенных, недосушенных и пересушенных фракций чайного листа (%)

Скорость конвейера	Сушка воздухом с естественным начальным влагосодержанием ( $d = 14$ г/кг с. в.)			Сушка воздухом с повышенным начальным влагосодержанием ( $d = (21-23)$ г/кг с. в.)		
	Нормально высушенный лист	Недосушенный лист	Пересушенный лист	Нормально высушенный лист	Недосушенный лист	Пересушенный лист
ЧСП I	80,5	4,1	15,4	88,9	4,9	6,2
II	84,1	3,3	12,6	92,3	3,8	3,9
III	87,0	3,1	9,9	93,8	3,6	2,6
IV	88,4	2,6	9,0	95,0	3,0	2,0

Выяснилось, что использование в процессе сушки чайного листа воздуха с повышенным начальным влагосодержанием обеспечивает улучшение качества продукции и практически не приводит к снижению производительности чаесушильных печей (ЧСП).

Соответствующие экспериментальные данные представлены в табл. 1 и 2 и на рис. 1, 2, 3. При их рассмотрении следует учитывать, что

I, II, III и IV скоростям ленты конвейера ЧСП соответствуют скорости 2,92; 1,46; 1,17 и 0,84 м/мин.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что использование в процессе сушки чайного листа воздуха с повышенным начальным влажосодержанием обеспечивает увеличение доли нормально вы-

Таблица 2

Содержание танина (%)

Скорость конвейера ЧСП	Сушка воздухом с естественным начальным влажосодержанием ( $d=14$ г/кг с. в.)	Сушка воздухом с повышенным начальным влажосодержанием ( $d=(21-23)$ г/кг с. в.)
I	6,44	7,19
II	7,57	8,49
III	8,18	9,11
IV	8,72	10,47

сушенного полуфабриката, снижение долей недосушенных и пересушенных фракций и, кроме того, повышение содержания танина в полуфабрикате.

Кривые на рис. 1 характеризуют ход снижения во времени аб-

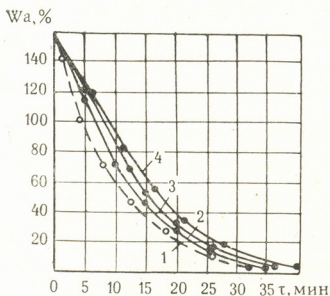


Рис. 1. Кривые процесса сушки в зависимости от ее продолжительности при различных начальных влажосодержаниях воздуха: 1 —  $d=14$  г/кг; 2 —  $d=21$  г/кг; 3 —  $d=23$  г/кг; 4 —  $d=25$  г/кг

солютной влажности листа  $W_a$ , т. е. отношения массы, содержащейся в листе влаги, к массе сухого вещества в %, при различных начальных влажностях подаваемого в ЧСП нагретого воздуха с температурой, равной  $105^\circ\text{C}$ . Согласно экспериментальным данным, при начальном влажосодержании греющего воздуха, равном  $(21-23)$  г/кг с. в., продолжительность сушки, составляющая в случае сушки воздухом с естественным влажосодержанием, равным  $14$  г/кг с. в., около 35 мин, увеличивается всего на  $(2-4)$  мин.

На рис. 2 дана зависимость скорости сушки, т. е. скорости снижения абсолютной влажности листа  $\frac{dW_a}{d\tau}$ , от величины его убывающей абсолютной влажности  $W_a$ . До определенного значения  $W_a$  скорость убыви  $W_a$  остается постоянной. После того как  $W_a$  достигает некоторого



критического значения,  $\frac{dW_a}{d\tau}$  с убывлю  $W_a$  начинает убывать по линейному закону.

На рис. 3 на основании данных табл. 1 представлена зависимость отношения  $R$  доли нормально высушенного листа к сумме долей недосушенного и пересушенного листа от условий сушки. Отношение  $R$

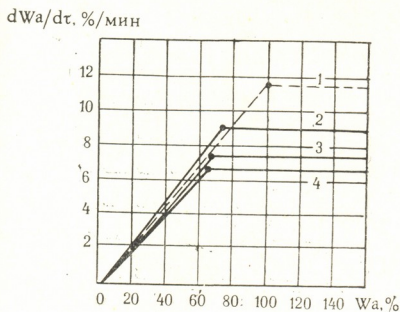


Рис. 2. Скорости сушки в зависимости от режима сушки при:  
1 —  $d = 14$  г/кг; 2 —  $d = 21$  г/кг;  
3 —  $d = 23$  г/кг; 4 —  $d = 25$  г/кг

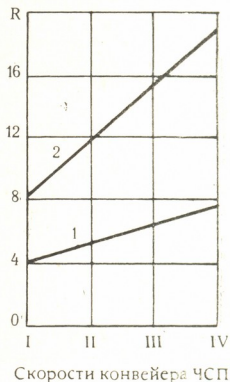


Рис. 3. Зависимость коэффициента равномерности сушки  $R$  от скорости конвейера ЧСП: 1 — сушка воздухом с естественным начальным влажосодержанием ( $d = 14$  г/кг с. в.); 2 — сушка воздухом с начальным влажосодержанием  $d = (21-23)$  г/кг с. в.

в случае сушки воздухом с начальным влажосодержанием (21—23) г/кг с. в. более чем в 2 раза превосходит значение  $R$  в случае сушки воздухом с естественным влажосодержанием 14 г/кг с. в.

Рассмотренные данные свидетельствуют о несомненной целесообразности осуществления процесса сушки чайного листа воздухом с повышенным начальным влажосодержанием.

Исключительно благоприятные условия для практического использования этого эффекта создает перевод чайных фабрик на теплонасосное теплохладоснабжение [3].

Поскольку в случае наличия теплонасосной установки начальная влажность воздуха, подаваемого в ЧСП, может регулироваться в достаточно широких пределах, внедрение теплонасосных установок создает исключительно благоприятные перспективы для оптимизации процесса сушки чайного листа.

Следует отметить, что сушка воздухом с повышенной начальной влажностью была практически внедрена на Самтредской чайной фабрике и дала существенный экономический эффект.



3. გომელაური (საქ. სსრ მეცნ. აკად. აკადემიკოსი), ო. ვეზირიშვილი  
6. მირიანაშვილი

ჩაის ფოთლის უროზის პროცესის ოპტიმიზაციის საკითხისათვის

რეზიუმე

ექსპერიმენტულად არის დამტკიცებული ჩაის ფოთლის უროზის პროცესის განსაზოორციელებლად გაზრდილი საწყისი ტენიანობის მქონე გაცხელებული ჰაერის გამოყენების ეფექტურობა.

POWER ENGINEERING

V. I. GOMELAURI, O. Sh. VEZIRISHVILI, N. A. MIRIANASHVILI

ON THE OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF TEA LEAVES DRYING

Summary

The effectiveness of heated air with increased humidity for tea leaves drying is proved experimentally.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. И. А. Хочолава. Технология чая. М., 1977.
2. В. И. Гомелаури и др. Способ сушки чая. Авт. свид. 1296092 (СССР).
3. В. И. Гомелаури. Вестник АН СССР, № 6, 1986, 47—51.

Н. А. КЕВХИШВИЛИ, М. Ш. ЛОЛАДЗЕ

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ИСТИННОГО ОБЪЕМНОГО ПАРСОДЕРЖАНИЯ В ЭЛЕМЕНТАХ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ ПРИ БОЛЬШИХ ТЕЧАХ

(Представлено академиком В. И. Гомелаури 3.4.1987)

Необходимость расчета истинного объемного паросодержания возникает при анализе аварийных режимов работы водо-водяных реакторов, связанных с разгерметизацией главного циркуляционного трубопровода. Положение истинного уровня, а также паросодержание на входе в патрубок истечения в большой степени определяют критический расход пароводяной смеси через место разрыва, динамику падения давления в рассматриваемом элементе, уровень теплоносителя по окончании процесса и кризис теплообмена на теплопередающей поверхности.

К настоящему времени разработано несколько методов решения этой задачи [1, 2]. Теоретическая модель, приведенная в [2], позволяет рассчитать распределение объемного паросодержания по высоте элемента как при наличии внутренних источников тепла, так и без них. При математической формулировке задачи принималось, что в системе обе фазы находятся в равновесном состоянии, давление во всех точках одинаково, истинная скорость пара постоянна по высоте элемента. Было показано, что при малых течах, когда жидкость может считаться неподвижной, распределение истинного объемного паросодержания по высоте элемента подчиняется уравнению

$$\varphi(z) = \left[ 1 - \frac{Q(\tau) v'}{\frac{di'}{dT} \frac{dT}{d\tau} V_{\text{дф}}} \right] [1 - \exp(B \cdot z)], \quad (1)$$

где  $B = \rho' \frac{di'}{dT} \frac{dT}{d\tau} / (\rho'' \omega'' r)$ ;  $Q(\tau)$  — мощность внутренних источников тепла;  $\rho'$ ,  $\rho''$  — плотность жидкости и пара, соответственно;  $r$  — удельная теплота парообразования;  $i'$  — удельная энтальпия насыщенной жидкости;  $\omega''$  — истинная скорость паровой фазы;  $V_{\text{дф}}$  — объем двухфазной смеси;  $T$  — температура;  $\tau$  — время.

На основе уравнения (1) был разработан алгоритм расчета теплогидравлических параметров теплоносителя при разгерметизации сосуда высокого давления [2]. Сравнение результатов численных решений полученной системы дифференциальных уравнений с имеющимися опытными данными дало хорошее совпадение.

Расхождение результатов расчета при больших течах, по методике [1, 2] с экспериментальными данными, вызвано неправомерностью допущения о квазистационарном движении фаз. Другими словами, 24. „მეცნიერება“, ტ. 131, № 2, 1988



определение скорости пара  $\omega''$  при больших диаметрах течи является сложной задачей ввиду существенной неравномерности распределения скоростей по сечению сосуда и из-за отсутствия стабилизации объемного расхода пара по высоте на начальной стадии истечения теплоносителя. Для устранения этой трудности проинтегрируем уравнение (1) в пределах двухфазной смеси и учтем, что при больших течах на всем протяжении процесса истечения влияние теплоподвода  $Q(\tau)$  на изменение теплогидравлических параметров теплоносителя незначительно [3]. В результате получим следующее выражение:

$$\frac{1}{B} (e^{B \cdot H_y} - 1) = H_y (1 - \bar{\Phi}_{дф}), \quad (2)$$

где  $H_y$  — высота двухфазной смеси;  $\bar{\Phi}_{дф}$  — среднее значение паросодержания в двухфазной области.

Из выражения (2) определить коэффициент  $B$  в элементарных функциях невозможно. Поэтому (2) перепишем в следующем виде:

$$e^{B \cdot H_y} - 1 = B \cdot C,$$

где  $C = H_y(1 - \bar{\Phi}_{дф})$  и сделаем замену

$$x = B H_y,$$

$$\alpha = C/H_y.$$

Тогда окончательно получим

$$e^x - 1 = \alpha x. \quad (3)$$

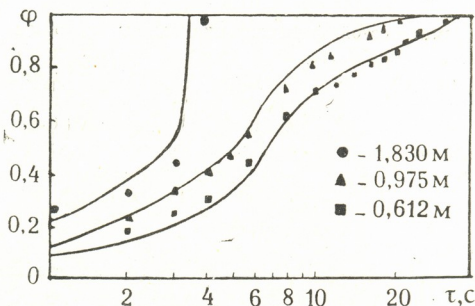


Рис. 1. Сравнение расчетных кривых распределения объемного паросодержания в пучке нагревателей на различных отметках по высоте сосуда с опытными данными [3].

$$d_{т}^H = 0025 \text{ м}$$

Параметр  $\alpha$  изменяется от нуля до единицы, и, следовательно, решение функции (3) в этом диапазоне выглядит следующим образом [4]:

а) когда  $\alpha$  находится в пределах  $0,9 \leq \alpha \leq 1$ , решение можно представить в виде степенного ряда

$$x = 2(\alpha - 1) - \frac{4}{3}(\alpha - 1)^2,$$



ბ) в диапазоне изменения  $0 < \alpha \leq 0,1$  уравнение (3) решается с помощью ассиптотического ряда

$$x = -\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\alpha} e^{-1/\alpha},$$

в) в промежутке  $0,1 < \alpha < 0,9$  результат вычисляется по методу Ньютона

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)},$$

где  $f(x) = e^x - 1 - \alpha x$ .

С целью достоверности определения характера распределения паросодержания по высоте сосуда в принятой расчетной модели на рис. 1 приводится сравнение расчетных и экспериментальных результатов [3].

Из сопоставления видно, что предлагаемая методика расчета истинного объемного паросодержания в целом учитывает сложную динамику состояния двухфазной смеси в сосуде при сбросе давления и дает близкое совпадение с экспериментом.

Грузинский политехнический институт  
им. В. И. Ленина

(Поступило 3.4.1987)

თბოტექნიკა

ბ. ჰეხიშვილი, ა. ლოლაძე

რეაქტორული დანადგარის ელემენტებში ნამდვილი მოცულობითი ორთქლამცველობის ანგარიშის მეთოდის აღიარების კირობები

რეზიუმე

მოცემულია მეთოდის, რომელიც საშუალებას იძლევა განგარიშებულ იქნეს მოცულობითი ორთქლამცველობის განაწილება წყალწყლიანი ტიპის რეაქტორში მთავარი საცირკულაციო მილგაყვანილობის ავარიული გარღვევის შემთხვევაში.

HEAT ENGINEERING

N. A. KEVKHISHVILI, M. Sh. LOLADZE

DESIGN TECHNIQUE FOR DETERMINING TRUE STEAM CONTENT BY VOLUME IN THE ELEMENTS OF THE REACTOR PLANT AT STRONG LEAKAGE

Summary

The paper presents an analysis of emergency operation of water-cooled and water-moderated reactors related to the depressurization of the main circulation pipeline. Design procedure for determining steam content by volume in the elements of the reactor plant is proposed.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. А. Авдеев, А. А. Авдеева. Теплоэнергетика, № 8, 1980, 53—57.
2. Б. А. Дементьев, Н. А. Кевхишвили, Б. В. Гемегა. Теплоэнергетика, № 2, 1987, 37—41.
3. Н. А. Кевхишвили, Б. А. Дементьев. Теплоэнергетика, № 7, 1985, 67—70.
4. М. М. Вайнберг, В. А. Трелогин. Теория ветвления решения нелинейных уравнений. М., 1969, 326.



А. Н. АБУРДЖАНИЯ, Г. В. БЕРОЗАШВИЛИ, Т. А. МАГЛАКЕЛИДЗЕ,  
 Т. Г. МУСЕЛИАНИ, Т. П. ВЕКУА

## ИНВАРИАНТНОСТЬ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИНДУКТИВНО СВЯЗАННЫХ КОНТУРОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К СИСТЕМЕ ОТСЧЕТА

(Представлено членом-корреспондентом Академии З. Е. Крушвили 12.1.1987)

Математическая модель индуктивно связанных контуров составляется на основе законов электромагнитной индукции и равновесия э.д.с. и падения напряжения [1—3]. Несмотря на то, что эти законы являются инвариантными по отношению к системе отсчета, в литературе [4] описано несколько разных неоднозначных математических моделей для одной и той же системы индуктивно связанных контуров. Возникшие противоречия [5], как нам представляется, должны быть устранены на основе правильного моделирования индуктивно связанных контуров.

Покажем, что правильно составленная математическая модель индуктивно связанных контуров [6] инвариантна по отношению к системе отсчета.

Как известно, система отсчета для реализации в математической модели закона электромагнитной индукции образуется из ориентированных в пространстве контура и ограниченной этим контуром поверхности. Ориентация контура определяется вектором  $\vec{dl}$ , т.е. направлением обхода контура при исчислении циркуляции электрического поля, а ориентация поверхности — ее нормалью  $\vec{n}$ , направлением положительной производной вектора магнитной индукции.

Контур и ее поверхность могут образовать правовинтовую (рис. 1, а, б) или левовинтовую (рис. 1, в, г) систему отсчета, для которых закон электромагнитной индукции выражается соответственно как

$$e = - \frac{d\Phi}{dt}, \quad (1)$$

$$e = \frac{d\Phi}{dt}. \quad (2)$$

Предположим для упрощения задачи, что рассеивание магнитных потоков отсутствует, и составим математические модели сначала для э.д.с. самоиндукции и взаимной индукции в контурах, а потом самих контуров для следующих четырех возможных вариантов:

1. При  $t=0$  в первом контуре (правовинтовая система рис. 1, а) включается постоянная э.д.с.  $E$ . Согласно (1), знаки производных магнитных потоков и э.д.с. самоиндукции и взаимной индукции в промежутке времени  $0 < t < t_1$  определяются как

$$\frac{d\Phi_{11}}{dt} > 0, \quad e_{11} < 0, \quad \frac{d\Phi_{12}}{dt} < 0, \quad e_{12} > 0, \quad (3)$$

$$\frac{d\Phi_{22}}{dt} < 0, \quad e_{22} > 0, \quad \frac{d\Phi_{21}}{dt} > 0, \quad e_{21} < 0. \quad (4)$$



2. При  $t=t_1$  первый контур размыкается (рис. 1,б) и аналогично предыдущему получим

$$\frac{d\Phi_{11}}{dt} < 0, \quad e_{11} > 0, \quad \frac{d\Phi_{12}}{dt} > 0, \quad e_{12} < 0, \quad (5)$$

$$\frac{d\Phi_{22}}{dt} > 0, \quad e_{22} < 0, \quad \frac{d\Phi_{21}}{dt} < 0, \quad e_{21} > 0. \quad (6)$$

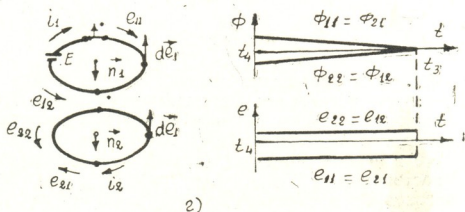
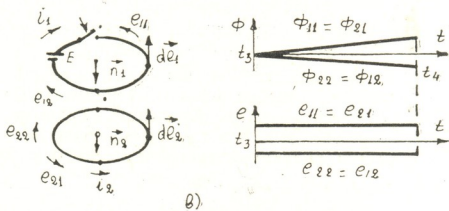
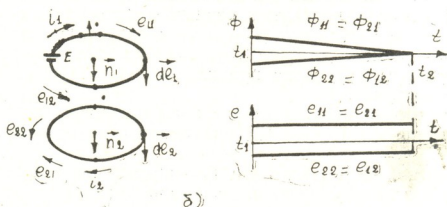
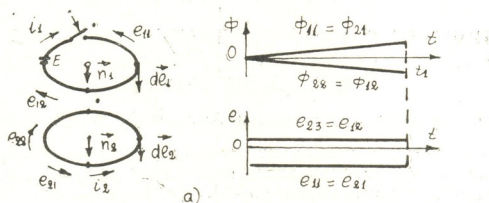


Рис. 1

3. При  $t=t_3$  первый контур замыкается (левовинтовая система рис. 1,в). Согласно (2), знаки производных магнитных потоков и э.д.с. определяются следующими выражениями:



$$\frac{d\Phi_{11}}{dt} > 0, \quad e_{11} > 0, \quad \frac{d\Phi_{12}}{dt} < 0, \quad e_{12} < 0, \quad (7)$$

$$\frac{d\Phi_{22}}{dt} < 0, \quad e_{22} < 0, \quad \frac{d\Phi_{21}}{dt} > 0, \quad e_{21} > 0. \quad (8)$$

4. При  $t=t_4$  первый контур размыкается (рис. 1 и 2) и аналогично предыдущему имеем

$$\frac{d\Phi_{11}}{dt} < 0, \quad e_{11} < 0, \quad \frac{d\Phi_{12}}{dt} > 0, \quad e_{12} > 0, \quad (9)$$

$$\frac{d\Phi_{22}}{dt} > 0; \quad e_{22} > 0, \quad \frac{d\Phi_{21}}{dt} < 0, \quad e_{21} < 0. \quad (10)$$

Соответствующие графики изменения потоков и э.д.с. приведены на рисунке.

Полученные варианты (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 и 10) определяют направления э.д.с. самоиндукции и взаимной индукции по отношению к вектору  $\vec{dl}$  в каждом конкретном случае.

Составим теперь математические модели для самих контуров на основе второго закона Кирхгофа:

$$\sum e = \sum u. \quad (11)$$

При этом направление обхода контуров совпадает с направлением соответствующих токов.

Для первого и третьего вариантов получим

$$E - \frac{d\Phi_{11}}{dt} + \frac{d\Phi_{12}}{dt} = r_1 i_1, \quad (12)$$

$$\frac{d\Phi_{21}}{dt} - \frac{d\Phi_{22}}{dt} = r_2 i_2. \quad (13)$$

Для второго и четвертого вариантов математическая модель первого контура выражается как

$$E + \frac{d\Phi_{11}}{dt} - \frac{d\Phi_{12}}{dt} = r_1 i_1, \quad (14)$$

а для второго контура (13) остается в силе.

Таким образом, математические модели контуров для включения и отключения стороннего источника э.д.с. инвариантны по отношению к системе отсчета.

Грузинский политехнический институт  
им. В. И. Ленина

(Поступило 5.03.1987)

ელექტროტექნიკა

ა. აბურჯანია, ზ. ბეროჯანიძე, თ. მაღლაკალიძე, თ. მუსელიანი,  
თ. შატაია

ინდუქციურად დაკავშირებული კონტურების მათემატიკური  
მოდელის ინვარიანტობა ათვლის სისტემის მიმართ

რეზიუმე

ნაჩვენებია, რომ ინდუქციურად დაკავშირებული კონტურების მათემატიკური მოდელი ინვარიანტულია ათვლის სისტემის მიმართ.

A. N. ABURJANIA, G. V. BEROZASHVILI, T. A. MAGLAKELIDZE,  
T. G. MUSELIANI, T. P. VEKUA

INVARIANCE OF THE MATHEMATICAL MODEL OF INDUCTIVELY  
INTERCONNECTED CONTOURS RELATIVE TO THE REFERENCE  
SYSTEM

Summary

It is shown that the mathematical model of inductively interconnected contours is invariant relative to the reference system.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Д. К. Максвелл. Закон Ленца. Избр. соч. по теории электромагнитного поля. М., 1954, 400—401.
2. И. Е. Тамм. Основы теории электричества. М., 1976, 367—368.
3. А. Н. Матвеев. Электричество и магнетизм. М., 1983, 360—365.
4. В. П. Смирнов, К. А. Мушегьянц. Изв. вузов, Энергетика, № 2, 1984, 36—40.
5. А. В. Нетушил, В. Г. Герасимов, Э. А. Меерович. Электричество, № 5, 1986, 43—47, 71—74.
6. А. Н. Абурджания. Сообщения АН ГССР, 122, № 3, 1986, 517—520.



Т. Ф. УРУШАДЗЕ, Ш. К. ШУБЛАДЗЕ, А. Г. БИРИНА

## ГЛИНИСТЫЕ МИНЕРАЛЫ В ПОЧВАХ ВЫСОКОГОРИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. К. Дараселия 8.4.1987)

В качестве объектов исследования были взяты горно-луговые и вторичные горно-луговые почвы, сформированные на различных почвообразующих породах (гранит, андезито-базальты, глинистые сланцы). Горнолуговые почвы формируются в субальпийском и альпийском поясах (выше 2000 м н. у. м.) и характеризуются в целом средней мощностью, задернованностью, кислой реакцией, высокой и глубокой гумусированностью, суглинистым механическим составом, неоднородностью в распределении отдельных фракций и валовых окислов. Вторичные горно-луговые почвы формируются на послелесных территориях, непосредственно примыкающих к субальпийскому поясу и при близости основных показателей состава к горно-луговым почвам выявляют известные следы «лесного» почвообразования.

Илистая фракция из почв выделялась по методу Р. Х. Айдиняна [1]. Минералогический состав илистых фракций определялся на рентгеновском дифрактометре ДРОН-2. Методика приготовления препаратов илистых фракций для съемки на дифрактометре, режим съемки приводятся в работе Т. А. Соколовой [2]. Снимались илистые фракции, обработанные 30%-ным  $H_2O_2$  для удаления органического вещества и насыщенные Mg; снятие несиликатного железа по методу Мера и Джексона не проводилось.

В иле горно-луговой почвы на граните (р. ГВ-2) преобладают гидрослюда и железисто-магнезиальный хлорит. Минералы каолинитовой группы однозначно не определяются, т. к. находятся в смеси с хлоритовыми минералами. Минералогический состав ила не дифференцирован по профилю почв, что свидетельствует о слабой проработке силикатной части почвы процессами почвообразования. Сходный минералогический состав ила имеет горно-луговая почва, развитая на глинистых сланцах (р. 56). Здесь также преобладают гидрослюда и железисто-магнезиальный хлорит; смешаннослойные минералы отсутствуют. Существенно иной минералогический состав ила в горно-луговой почве, развитой на андезито-базальте (р. КБ-2). В составе ила в значительных количествах найдены смешаннослойные минералы-гидрослюда-сметтит, биотит-вермикулит, а также железисто-магнезиальный хлорит, гидрослюда, вермикулит, тонкодисперсный кварц и полевые шпаты. Глинистые минералы дифференцированы по профилю почв. Вверх по профилю снижается содержание железисто-магнезиального хлорита и увеличивается содержание биотит-вермикулитовых смешанно-



слоистых минералов и вермикулита. Возможно, это связано со стадийной трансформацией слюдяных минералов, идущей до промежуточных членов трансформационного ряда: биотит-вермикулита и вермикулита. Подобные изменения минералов в кислой обстановке при участии агрессивных гумусовых кислот в гумидном климате описаны рядом авторов [3—5]. Наблюдаемая дифференциация глинистых минералов может быть связана также с делювиальным привносом мелкоземистого материала.

Таблица 1

Некоторые свойства исследованных почв

№ разр.	Глубина, см	рН водн.	Гумус, %	100 ∇	10 ∇	Баловой состав илистой фракции (в % на прокаленное вещество)					
						SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub> / R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Горно-луговая на элюво-делювии гранитов											
ГВ-6	0—15	5,3	3,12	12	55	57,49	18,45	10,93	3,07	1,77	2,73
	15—25	5,3	2,82	8	36	62,15	17,60	8,31	3,09	2,14	2,72
	25—45	5,3	1,39	13	59	57,75	21,16	9,64	1,78	3,05	5,09
Горно-луговая на элюво-делювии андезит-базальтов											
КБ-2	0—7	5,5	8,70	30	48	52,04	24,66	11,46	3,55	0,74	2,76
	7—40	5,4	4,75	14	55	56,72	22,73	7,22	3,08	1,32	3,53
	40—75	5,0	3,30	6	34	59,32	21,50	4,89	3,97	1,40	4,12
Горно-луговая на элюво-делювии глинистых сланцев											
56	0—15	6,2	4,72	20	59	51,29	28,41	8,94	6,10	0,24	2,56
	15—35	6,4	3,32	21	62	49,83	29,32	7,33	7,01	0,46	2,49
	35—60	6,6	3,03	20	61	50,64	28,36	8,44	6,96	0,58	2,55
Вторичная горно-луговая на элюво-делювии андезит-базальтов											
41	0—13	6,8	13,35	15	52	51,13	28,45	8,38	6,71	0,24	2,58
	13—32	6,6	3,06	18	50	53,60	26,48	8,45	4,56	0,46	2,85
	32—65	6,6	1,82	20	54	49,83	28,25	9,28	6,22	9,70	2,37
Вторичная горно-луговая на элюво-делювии глинистых сланцев											
198	0—10	5,6	10,29	6	36	53,39	27,58	9,02	4,32	0,27	2,73
	10—35	6,5	2,82	12	42	53,52	27,54	9,22	4,19	0,27	2,72
	35—75	6,2	1,26	10	48	65,32	17,86	6,25	2,93	1,46	5,09

Таким образом, в горно-луговых почвах, сформированных на различных почвообразующих породах не выявляется строгой приуроченности состава глинистых минералов к тем или иным породам. Все это свидетельствует о интенсивном развитии денудационных процессов в почвах высокогорий, обуславливающих постоянное механическое перемещение продуктов почвообразования.

Эта закономерность прослеживается и в отношении вторичных горно-луговых почв. Делювиальная неоднородность в содержании глинистых минералов особенно наглядно выявляется на примере вторичной горно-луговой почвы на глинистых сланцах (р. 198). В то же время горно-луговая почва на тех же породах (р. 56) имела совершенно иной состав глинистых минералов. Сходная картина выявляется и



Минералогический состав иллитных фракций почв высокогорий Центрального Кавказа

№ разр.	Почва, порода	Глубина, см	Гидролюда	Fe—Mg хлорит	Смешанный гидрослюда-сметит	Смешанный биотитвермикулит	Вермикулит	Тонкодисперсный кварц	Полевые шпаты	
ГВ-6	Горно-луговая на граните	0—15	+	+	+	—	—	—	+	+
		15—25	+	+	+	—	—	—	+	+
		25—45	+	+	+	—	—	—	+	+
56	Горно-луговая на глинистых сланцах	0—15	+	+	+	—	—	—	—	—
		15—35	+	+	+	—	—	—	—	—
		35—60	+	+	+	—	—	—	—	—
КБ-2	Горно-луговая на андезито-базальте	0—7	+	—	+	+	+	—	+	+
		7—40	+	+	+	+	+	—	+	+
		40—75	+	+	+	+	—	—	+	+
41	Вторичная горно-луговая на андезито-базальте	0—13	+	+	+	—	—	—	—	—
		13—32	+	+	+	—	—	—	—	—
		32—65	+	+	+	—	—	—	—	—
198	Вторичная горно-луговая на глинистых сланцах	0—10	+	+	+	—?	+	+	+	+
		10—35	+	+	+	—	—	+	+	+
		35—75	+	—	+	+	+	+	—	—

Условные обозначения: ++ минерал преобладает, + минерал присутствует, — минерал отсутствует, +? присутствие минерала вызывает сомнение.

при сравнении горно-луговой (р. КБ-2) и вторичной горно-луговой почвы (р. 41) на андезито-базальтах.

Таким образом, состав глинистых минералов и их дифференциация по профилям почв высокогорий Центрального Кавказа определяется, с одной стороны, минералогическим составом почвообразующего материала, а с другой — процессами склоновых перемещений продуктов почвообразования.

Грузинский сельскохозяйственный институт

(Поступило 16.4.1987)

ნიდაგათმცოდნეობა

თ. ურუშაძე, შ. შუბლაძე, ა. ბირინა

თიხა მინერალები ცენტრალური კავკასიონის მაღალმთიანეთის ნიდაგაბებში

რეზიუმე

ცენტრალური კავკასიონის მაღალმთიანეთის ნიდაგაბებში თიხა მინერალების შედგენილობა და მათი პროფილის მიხედვით განაწილება განისაზღვრება, ერთის მხრივ, ნიდაგათმცოდნეობის მეთოდით დაკვირვებული ქანების მინერალოგიური შედგენილობით, ხოლო მეორეს მხრივ — დელუვიური პროცესებით.

T. F. URUSHADZE, Sh. K. SHUBLADZE, A. G. BIRINA

## CLAY MINERALS CONTAINED IN HIGH-MOUNTAIN SOILS OF THE CENTRAL CAUCASUS

### Summary

The contents of clay minerals in high-mountain soils of the Central Caucasus is determined both by the mineral composition of the soil bed rocks, and by the deluvial processes in these soils.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Р. Х. Айдинян. Извлечение ила из почв. Краткая инструкция. М., 1960.
2. Т. А. Соколова. Глинистые минералы в почвах гумидных областей СССР. Новосибирск, 1985.
3. А. Н. Геннадиев, Т. А. Соколова. Почвоведение, 6, 1977.
4. Т. Ф. Урушадзе, Б. П. Градусов. Почвоведение, 3, 1976.
5. M. L. Jackson. Soil Science, 99, 1, 1965.



Д. И. КАХАДЗЕ, Л. В. МЕНАГАРИШВИЛИ, Т. К. КАТАМИДЗЕ,  
Н. И. ТОДУА

## ИЗУЧЕНИЕ РАЗМЕРОВ АЗОТФИКСАЦИИ СОЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. К. Дараселия 11.3.1987)

Симбиотический фиксированный азот атмосферы занимает видное место в общем балансе этого элемента в земледелии [1, 2]. Однако мнения о возможных размерах прихода в почву азота за счет симбиотической фиксации противоречивы.

В наших исследованиях была поставлена задача установить баланс азота удобрений под соей и определить количество фиксированного азота в зависимости от различных доз азотных удобрений. Изучение указанных вопросов проводили в условиях вегетационного опыта на подзолисто-глеевой почве. Агрохимические показатели данной почвы следующие: гумус—5,3%, легкогидролизуемый азот—5,87 мг/100 г почвы, общий азот—0,195%, усвояемый  $P_2O_5$ —2,56 мг/100 г почвы, общий фосфор—0,112%, подвижный  $K_2O$ —42,96 мг/100 г почвы, общий калий—0,975%,  $CaCO_3$ —3,8%, рН 6,1.

В вегетационные сосуды (4 кг почвы) вносили по 0,1 г/кг почвы  $P_2O_5$  и  $K_2O$  в виде суперфосфата и хлористого калия. В опыте применяли меченный по  $^{15}N$  сульфат аммония (обог. 21%) в дозах 0,015; 0,03; 0,045; 0,06 г/кг почвы, что соответствовало 30, 60, 90 и 120 кг/га. Семена сои при посеве обрабатывали нитрагином (местный штамм 17, выведенный на кафедре микробиологии ТГУ). Азотфиксацию изучали методом меченых атомов и методом сравнения бобовых (соя) и небобовых (овес) культур. Азотфиксацию бобовых культур определяли с применением метода меченых атомов ( $^{15}N$ ) по прописи [2—4].

В результате проведенных работ установлен коэффициент использования азота удобрений отдельными органами сои (табл. 1). Показано, что коэффициент использования меченого азота в зависимости от доз азотных удобрений мало меняется. Наивысший вынос азота удобрений отмечен в надземной массе, причем с увеличением доз азотных удобрений коэффициент использования уменьшается (28—20%). В зерне сои в зависимости от вариантов накапливается от 10 до 19% от внесенного азота, при этом с увеличением норм удобрений его использование повышается. В корнях содержание меченого азота колебалось в пределах 9—12%.

В табл. 2 показан баланс азота удобрений под соей. Установлено, что соя из удобрений использует в зависимости от вариантов 48—50%  $^{15}N$ , в почве иммобилизуется 20—41%, а газообразные потери колеблются в пределах 7—29% и с увеличением доз азота резко возрастают. Несмотря на высокий эффект азотных удобрений, доля почвенного азота в общем выносе больше, чем азота удобрений. В случае

Использование азота почвы и удобрений отдельными органами сои

Схема опыта	Органы растений	Урожай, г	Вынос общего азота, мг	Использовано, мг		К %
				14 <sub>N</sub>	15 <sub>N</sub>	
РК (фон)	Корни	14,5	260	260	—	—
	Надз. масса	52,0	520	520	—	—
	Зерно	17,0	1020	1020	—	—
Фон+N30	Корни	16,0	250	243	7,0	11,7
	Надз. масса	59,0	790	773	17,0	28,3
	Зерно	19,5	1207	1201	6,0	10,7
Фон+N60	Корни	17,0	270	258	12,0	10,0
	Надз. масса	60,5	850	824	26,0	21,7
	Зерно	20,0	1160	1148	11,6	9,7
Фон+N90	Корни	16,2	270	254	16,0	8,9
	Надз. масса	60,5	750	710	40,0	22,2
	Зерно	21,5	1247	1217	30,9	17,2
Фон+N120	Корни	13,0	250	223	27,0	11,3
	Надз. масса	54,8	570	521	49,0	20,4
	Зерно	22,8	1468	1423	45,4	18,9

овса при дозе N30 доля почвенного азота соответствует 92% от общего выноса, а на азот удобрений приходится 8%. С увеличением доз доля почвенного азота уменьшается до 79%, а доля азота удобрений увеличивается до 21%. Азот удобрений не играет существенной роли в азотном балансе сои в вариантах NPK. Так, доля немеченого азота в общем выносе при дозе N30 99%, а на азот удобрений приходится 1%. С увеличением дозы до N120 доля немеченого азота составляет 95%, а на азот удобрений приходится 5%, что, очевидно, объясняется фиксацией биологического азота.

Таблица 2

Баланс азота удобрений

Варианты опыта	Вынос азота биологическим урожаем, мг		К %	Осталось в почве 15 <sub>N</sub>		Всего 15 <sub>N</sub>		Газообразные потери 15 <sub>N</sub> , %
	из почвы и атмосферы	из удобрений		мг	%	мг	%	
РК (фон)	1800							
Фон+N30	2224	30,0	50,0	24,8	41	54,8	91	7
Фон+N60	2230	49,6	49,5	37,2	31	86,8	72	28
Фон+N90	2180	87,0	48,0	44,0	24	131,0	73	27
Фон+N120	2167	121,0	50,5	48,0	20	169,0	71	29

Определение размеров фиксированного азота проводилось в фазе налива бобов сои (табл. 3). Установлено, что внесение полного минерального удобрения способствует повышению биологического урожая сои. Эффективность азотных удобрений зависит от его доз. Увеличение биологического урожая отмечено при дозах N 30 и 60 (22—16%). Дальнейшее увеличение доз азота не влияет на урожай.



В азотном питании сои решающая роль принадлежит азоту атмосферы и почвы. С увеличением доз азота удобрений поступление в растения почвенного азота по сравнению с РК повышается, но в зависимости от доз азота мало меняется, а усвоение азота удобрений в абсолютных единицах повышается с 24 до 76 г/сосуд. Количество симбиотически фиксированного азота зависит от доз вносимых азотных удобрений. Его максимальное количество отмечено при дозе N 60. Дальнейшее увеличение норм азота приводит к снижению количества фиксированного азота с 811 до 458 мг/сосуд.

Максимальный коэффициент азотфиксации отмечен на фоне РК (84%). При внесении полного минерального удобрения по всем вариантам опыта по сравнению с РК коэффициент азотфиксации снижается. Значительно высокий коэффициент азотфиксации в фоновом варианте, очевидно, объясняется тем, что удобренные растения берут почвенный азот больше по сравнению с РК, к этому добавляется еще азот удобрений, что и отражается на коэффициенте азотфиксации. При применении высоких доз азотных удобрений коэффициент азотфиксации резко снижается. Если учесть биологический урожай, количество фиксированного азота, эффективность применяемых доз и стоимость удобрений, то предпочтение можно отдать стартовой дозе азота (N 30).

Коэффициент азотфиксации, полученный методом сравнения бобовых и небобовых культур мало меняется, отмечено его снижение при высоких дозах азота.

Таблица 3

Фиксация азота соей  
(изотопный метод)

Варианты опыта	Биологический урожай, г	Усвоено растениями азота, мг				Уд. вес $^{15}N$ в общем вы- носе азота овсом, %	Коэффициент азотфикса- ции, %
		в том числе					
		всего	из удо- брений	из почвы	из воз- духа		
РК (фон)	66,5	780	—	127	653	—	84
Фон+N30	75,0	1040	24	284	732	7,8	70
Фон+N60	77,5	1120	38	271	811	12,3	72
Фон+N90	76,7	1020	56	260	704	17,7	69
Фон+N120	67,8	820	76	286	458	21,0	56

Процесс азотфиксации интенсивнее идет при внесении N 30 и 50, что согласуется с данными изотопного метода. Сопоставление данных изотопного и метода сравнения показывает, что в первом случае получены более низкие коэффициенты азотфиксации, что связано с точным учетом использования растениями азота почвы и удобрений. Следовательно, при установлении параметров симбиотической азотфиксации целесообразно применять изотопный метод.

Грузинский НИИ почвоведения,  
агротехники и мелиорации  
им. М. Н. Сабашвили

(Поступило 13.3.1987)

ჯ. კახაძე, ლ. მენაღარიშვილი, ტ. კატამიძე, ნ. თოდუა

სოიას აზოტფიქსაციის ფორმების შესწავლა აზოტიანი სსსუჰის  
 სხვადასხვა დოზების გამოყენებისას

რეზიუმე

ექსპერიმენტული ნიადაგზე დადგენილია სოიას მიერ ფიქსირებული აზოტის პარამეტრები იზოტოპური და შედარებითი მეთოდის გამოყენებით. აზოტფიქსაციის კოეფიციენტი № 90, № 120 დოზით შეტანისას ეცემა 70%-დან 56%-მდე. ბიოლოგიური მოსავლის, ფიქსირებული აზოტის რაოდენობის, გამოყენებული სასუქის დოზის ეფექტიანობის და ღირებულებიდან გამომდინარე აზოტის ოპტიმალური დოზა სოიას კულტურისათვის არის 30 კგ/ჰა.

AGRICULTURAL CHEMISTRY

D. I. KAKHADZE, L. V. MENAGARISHVILI, T. K. KATAMIDZE,  
 N. I. TODUA

A STUDY OF NITROGEN FIXATION OF SOYA BEAN DEPENDING  
 ON DIFFERENT DOSES OF NITROGENOUS FERTILIZERS

Summary

Pot experiments on podzolic-gley soil with the use of the isotopic and comparative methods made it possible to determine parameters of fixed nitrogen in soya bean, depending on different doses of nitrogenous fertilizers.

It is established that application of relatively high doses of nitrogen fertilizers (N 90, N 120) in the soil results in a sharp fall of nitrogen fixation coefficient from 70 to 56%. Taking into account biological yield, the amount of fixed nitrogen, effectiveness of the applied doses, and the cost of fertilizers, it can be concluded that the optimum dose of nitrogen for soya bean constitutes 30 kg/ha.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Л. М. Добросинский, Т. С. Посыпанов. Бобовые культуры и проблема растительного белка. М., 1983.
2. Е. В. Трепачев, Н. А. Аргашкова, А. И. Хабарова. Сб. «Применение стабильного изотопа  $^{15}\text{N}$  в исследованиях земледелия». М., 1973.
3. Л. М. Доросинский, Л. А. Афанасьева. Там же.
4. П. Н. Шиян, В. П. Черепанов, В. Н. Якоменко. Агрохимия, № 3, 1980.



Д. Г. БАГРАТИШВИЛИ, М. Н. ЗАПРОМЕТОВ

## ВЛИЯНИЕ ЭТИЛЕНА НА ОБРАЗОВАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В СУСПЕНЗИОННОЙ КУЛЬТУРЕ КЛЕТОК ЧАЙНОГО РАСТЕНИЯ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. Н. Нуцубидзе 19.5.1987)

Каллусные и суспензионные культуры клеток чайного растения сохраняют способность к образованию характерных для интактного растения фенольных соединений, а именно катехинов [(—)-эпикатехин и (+)-эатехин] и проантоцианидинов [1, 2]. При этом, как и в большинстве других случаев, в культурах клеток и тканей чайного растения значительно уменьшается общее содержание полифенолов по сравнению с исходными растительными тканями и меняется их состав (отсутствуют галлированные формы катехинов и флавонол-гликозиды).

Среди факторов, воздействующих на образование фенольных соединений в культурах клеток и тканей, значительное влияние могут оказывать гормоны и гормоноподобные эффекторы. Более подробно изучено действие таких веществ, как 2,4-дихлорфеноксисукусная кислота, 1-нафтилуксусная кислота, кинетин и др. Влияние на фенольный метаболизм такого гормонального эффектора, каким является этилен, весьма мало изучено. Сообщалось, например, что этилен стимулирует образование растворимых фенольных соединений и лигнина в срезах корней брюквы [3] и моркови [4], но подавляет биосинтез полифенолов в культуре клеток *A. pseudoplatanus*, не оказывая при этом влияния на рост [5].

Целью настоящей работы являлось изучение влияния этилена на образование фенольных соединений в суспензионной культуре клеток стебля чайного растения в зависимости от роста клеток.

В опытах использовали суспензионную культуру клеток чайного растения (*Camellia sinensis* L., грузинская разновидность), полученную ранее описанным методом [2] из каллусной ткани, введенной в культуру в 1977 г. в Институте физиологии растений АН СССР. Питательная среда для выращивания клеток имела следующий состав (мг/л): минеральные соли — по Хеллеру [6],  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2$  ЭДТА — 3,5, глюкоза — 25000, витамины — по Уайту [6], 2,4-Д — 5,0, аденин — 5,0, Са-пантотенат — 0,1, миоинозит — 20,0 и дрожжевой экстракт — 1000.

Клетки выращивали в темноте в колбах Эрленмейера (500 мл) на качалке с эллиптическим вращением (100 об/мин) при 26° и относительной влажности 70% в течение 18 дней. Для опытов использовали клетки второго пассажа.

Этилен в виде этрела (2-хлорэтилфосфоновая кислота) добавляли в питательную среду после автоклавирования, стерилизуя его через бактерицидный фильтр.

Учитывали свежую и сухую массу культуры клеток (масса, выросшая в колбе за определенный интервал времени). Повторность вариантов 3-кратная.

По окончании экспозиции суспензию, состоящую из отдельных клеток и мелких клеточных агрегатов, отфильтровывали, клетки про-



мывали водой и затем лиофильно высушивали. В фильтрате и промывных водах внеклеточные фенольные соединения отсутствовали.

Фенольные соединения извлекали из лиофильно высушенного материала экстракцией горячим метанолом до исчезновения окраски с 1%-ным раствором ванилина в концентрированной HCl. В полученных экстрактах содержание суммы фенольных соединений определяли, пользуясь реактивом Фолина—Дениса, а содержание суммы флаванов (катехины+проантоцианидины) — по реакции с 1%-ным раствором ванилина в 70%-ной H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> [7] с последующим спектрофотометрированием при 725 и 500 нм соответственно («Specol», кюветы 1 см). Калибровочные кривые в обоих случаях строили по перекристаллизованному (—)-эпикатехину.

Хроматографический анализ полифенолов проводили во фракциях, полученных после их очистки от примесей на колонке полиамида («Вёлм»), уравновешенной водой. Метанольные экстракты из лиофильно высушенного материала выпаривали в вакууме, остаток раст-

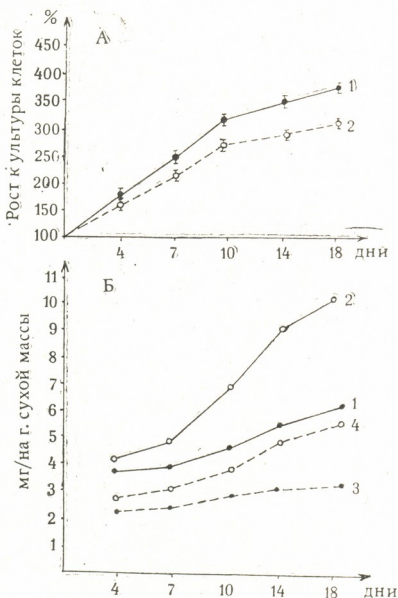


Рис. 1. Динамика роста суспензионной культуры клеток чайного растения и образование в них фенольных соединений в присутствии этрела: А — рост культуры клеток при расчете на сухую массу: 1 — контроль, 2 — в присутствии этрела ( $4 \cdot 10^{-5} M$ ); Б — сумма фенольных соединений (1 и 2) и флаванолы (3 и 4), 1 и 3 — контроль, 2 и 4 — в присутствии этрела ( $4 \cdot 10^{-5} M$ )

воряли в воде и пропускали через колонку полиамида ( $2,5 \times 3,0$  см). Колонку промывали водой и затем фенольные соединения элюировали метанолом, контролируя полноту элюции по 1%-ному ванилиновому реактиву в концентрированной HCl. Метанольные экстракты упа-



ривали в вакууме до небольшого объема и использовали для хроматографии в тонком слое микрокристаллической целлюлозы.

Состав фенольных соединений анализировали при помощи тонкослойной хроматографии на целлюлозе (пластинки  $20 \times 20$  см, толщина слоя 0,25 мм). В качестве растворителя использовали смесь  $n$ -бутанол- $\text{CH}_3\text{COOH}-\text{H}_2\text{O}$  (40:12:28). Идентификацию веществ проводили по значениям  $R_f$  сравнительно с метчиками, по качественной реакции с ванилиновым реактивом и на основании их флуоресценции в УФ-свете (до и после обработки парами аммиака).

На рис. 1 представлены данные о влиянии этилена на рост суспензионной культуры клеток стебля чайного растения и накопление в них суммы фенольных соединений и флаванов. Источником этилена являлась 2-хлорэтилфосфоновая кислота (этрел) в концентрации  $4 \cdot 10^{-5}$  М (или 5 мг/л). Последняя, как известно, при введении в культуральную жидкость постепенно расщепляется с высвобождением этилена. Контролем служила питательная среда с 2,4-Д ( $2 \cdot 10^{-5}$  М), в которую в опытных вариантах через каждые 48 часов добавляли этрел.

Как видно из рис. 1, А, этрел в концентрации  $4 \cdot 10^{-5}$  М через 18 дней подавляет рост клеток примерно на 20%. При этом наблюдается значительное усиление образования фенольных соединений — содержание суммы растворимых фенольных соединений возрастает на 90%, а содержание суммы флаванов — на 75% (рис. 1, Б). Наиболее интенсивный синтез фенольных соединений происходит в стационарной фазе роста, когда среда истощается питательными веществами и замедляется биосинтез первичных веществ.

Результаты хроматографического анализа показали, что при действии этилена не происходит изменение качественного состава фенольных соединений. В этом случае также образуются (—)-эпикатехин ( $R_f$  0,63), (+)-катехин ( $R_f$  0,7), два проантоцианидина ( $R_f$  0,42 и 0,51) и несколько неидентифицированных веществ, флуоресцирующих в УФ-свете голубым или синим цветом. При этом доминируют проантоцианидины и (—)-эпикатехин.

#### ВАСХНИЛ

Региональный отдел ВНИИ  
 прикладной молекулярной  
 биологии и генетики

#### Академия наук СССР

Институт физиологии растений  
 им. К. А. Тимирязева

(Поступило 21.5.1987)

გეგნარეთა ფეზიოლოგია

ა. ბაგრატიშვილი, ა. ჯაპრომიტოვი

ეთილენის გავლენა ფენოლურ ნაერთთა წარმოქმნაზე ჩაის  
 უჯრედების სუსპენზიურ კულტურაში

რეზიუმე

შესწავლილია ფენოლურ ნაერთთა წარმოქმნა ჩაის ღეროს უჯრედების სუსპენზიურ კულტურაში ეთილენის მოქმედებით. ეთილენი რომელიც წარმოდგენილი იყო ეტრელის (2-ქლორეთილფოსფონის მქაეა) სახით  $4 \cdot 10^{-5}$  М კონცენტრაციაში, იწვევს კულტურის ზრდის დათრგუნვას (20%-ით მშრალ წონაზე გადაანგარიშებით). ამავე დროს ფენოლურ ნაერთთა და ფლავანების ჯამი ეთილენის გავლენით მატულობს შესაბამისად 90 და 75%-ით. ამ ნაერთების განსაკუთრებით ინტენსიური წარმოქმნა მიმდინარეობს კულტურის ზრდის სტაციონარულ ფაზაში.

D. G. BAGRATISHVILI, M. N. ZAPROMETOV

 THE EFFECT OF ETHYLENE ON THE FORMATION OF PHENOLIC  
COMPOUNDS IN THE SUSPENSION CULTURE OF TEA PLANT  
CELLS

## Summary

The synthesis of phenolic compounds in the suspension culture of tea plant stem cells under the influence of ethylene has been studied. Ethylene, which was represented by ethrel (2-chloroethyl phosphonic acid) in concentration  $4 \cdot 10^{-5}$  M, suppresses cell culture growth by 20%. At the same time, the total content of phenolic compounds and flavans (catechins + proanthocyanidines) increases by 90% and 75%, respectively. The synthesis of these compounds is most intensive in the stationary phase of the culture growth.

The chromatographic analysis has shown that ethylene causes no change in the composition of phenolic compounds. In this case proanthocyanidines and (—)-epicatechin also dominate.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Т. Ф. Корецкая, М. Н. Запрометов. Физиол. раст., 22, вып. 2, 1975, 282—288.
2. Д. Г. Багратишвили, М. Н. Запрометов, Р. Г. Бутенко. Физиол. раст., 26, вып. 2, 1979, 449—451.
3. M. J. C. Rhodes, L. S. C. Woollorton. Phytochem., 12, № 3, 1973, 107-120.
4. S. K. Sarkar, C. T. Phan. Physiol. Plantarum, 30, № 1, 1974, 72-80.
5. R. J. Westcott. Planta, 131, № 5, 1976, 209-210.
6. Р. Г. Бутенко. Культура изолированных тканей и физиология морфогенеза растений. М., 1964.
7. T. Swain, W. E. Hillis. J. Sci. Food Agric., 10, № 1, 1959, 63-70.

ბ. ბოგონიძე

ვაზის სამყნობი კომპონენტების გავლენა კალიუმის შეთვისების  
დინამიკაზე

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ. სანაძემ 6.8.1987)

ვაზის საერთო ბიოლოგიურ პროდუქტიულობას, მოსავლიანობასა და ნიადაგიდან შეთვისებულ N, P, K რაოდენობას შორის დადგენილია მჭიდრო კორელაციური დამოკიდებულება. ამასთან შეთვისებული საკვები ნივთიერების რაოდენობა მნიშვნელოვნად იცვლება სამყნობი კომპონენტების ჭიშური ბიოლოგიური თავისებურებისა და ეკოლოგიური პირობების ცვლადობის შესაბამისად. მაშასადამე, მინერალური კვების ოპტიმალური რეჟიმის დადგენა აღნიშნულ ასპექტში უნდა ხდებოდეს.

ამასთან დაკავშირებით, განვითარების ბიოლოგიური ფაზების მიხედვით, დასავლეთ საქართველოს განსხვავებულ ნიადაგურ-კლიმატურ პირობებში შევისწავლეთ სხვადასხვა საძირეზე დამყნობი ვაზის ზოგიერთი სტანდარტული ჭიშის მიერ ნიადაგიდან N, P, K შეთვისების დინამიკა.

წინამდებარე გამოკვლევაში განვიხილავთ შუა იმერეთის პირობებში კალიუმის შეთვისების დინამიკას სამყნობი კომპონენტების მიხედვით.

ცდები ჩავატარეთ ზესტაფონის რაიონის ს. ზოვრეთში საქარის საცდელი სადგურის აფინიტეტის ნაკვეთზე, რომელიც ზღვის დონიდან 270 მეტრ სიმაღლეზე მდებარეობს. კვების არე —  $1,5 \times 1,5$  მ. ვენახი გაშენებულია 1957 წ. ნიადაგი ნეშომპალა-კარბონატული, მექანიკური შედგენილობით სუსტად გაეწვრებული მძიმე თიხნარია. ცდისათვის ავიღეთ კრახუნა, ალოგოტე და გორული მწვანე დამყნობი რიპარია რუპესტრის 3309-ზე, ბერლანდიერი X რიპარია 420 ა-ზე და რუპესტრის დიულოზე. გასხვლის ფორმა — ქართული ორმხრიანი შპალერული. დატვირთვა — ზრდის სიძლიერის მიხედვით. დანაყოფზეა 15—20 ვაზი. განმეორება — 3. კალიუმის ( $K_2O$ ) შემცველობა შევისწავლეთ ალური ფოტომეტრით შჩეგლოვისა და გინზბურგის მეთოდით [1]. მოგვეყვას 1968—1970 წლების მონაცემების საშუალო სიდიდეები.

მიღებული მასალებიდან ირკვევა, რომ კალიუმის პროცენტული შემცველობა ვაზის ორგანოებში შედარებით მაღალია ყვავილობის ფაზაში, როდესაც ინტენსიურად მიმდინარეობს ვეგეტატიური ორგანოების ზრდა და გენერაციული ორგანოების ფორმირება, ხოლო ვეგეტაციის ბოლოს ყურძნის ტექნიკური სიმწიფის ფაზაში ზრდის პროცესების მკვეთრი დაქვეითებისას კალიუმის პროცენტული შემცველობა და შეთვისება ნიადაგიდან შედარებით დაბალია.

ვაზის ორგანოებიდან ყვავილობის ფაზაში კალიუმის პროცენტული შემცველობით გამოირჩევა ფოთლები და მტევნები, ხოლო ისკრიშობის და ყურძნის ტექნიკური სიმწიფის ფაზაში — ყლორტები.

შესწავლილი ვაზის ჭიშებიდან, როდესაც საძირედ გამოყენებულია რიპარია X რუპესტრის 3309, კალიუმის შედარებით მაღალი პროცენტული შემცველობა აღინიშნება კრახუნას ორგანოებში.

ვაზის ჭიშები	ვაზის ორგანოებში კალიუმის რაოდენობა, %-ში (აბსოლუტურ მშრალ ნივთიერებაზე)									კალიუმის შემცველობა ვაზის ორგანოებში ძირზე გადაანგარიშებით, გ			ვაზის მიერ წლის განმავლობაში შეთვისებული კალიუმის რაოდენობა, კგ/ა			
	ყვებილობის ფაზა			ისერიმობის ფაზა			აუროპის ტექ. სიმწიფის ფაზა			ყვებილობის ფაზა	ისერიმობის ფაზა	აუროპ. ტექ. სიმწ. ფაზა	კალიუმის მთლიანი რაოდენობა	კალიუმის დასაწყისი რაოდენობა	სეზონობის დასაწყისი რაოდენობა	წლის განმავლობაში
	ფოთლო	კლორტი	შტეიანი	ფოთლო	კლორტი	შტეიანი	ფოთლო	კლორტი	შტეიანი							
1. კრაზენა რიბ. X რუბ. 3309-ზე	0,87	0,71	0,81	0,51	0,58	0,50	0,39	0,43	0,29	1,50	3,86	4,89	6,70	10,46	5,51	22,67
2. კრაზენა ბერლ. X რიბ. 420 ა-ზე	0,90	0,82	0,72	0,51	0,59	0,48	0,42	0,52	0,31	1,98	4,92	7,17	8,78	13,08	10,44	32,30
3. კრაზენა რუბესტრის დიელოზე	0,84	0,70	0,88	0,49	0,59	0,60	0,37	0,42	0,25	1,36	2,83	3,83	6,04	6,54	5,44	18,12
4. ალიგოტე რიბ. X რუბ. 3309-ზე	0,71	0,60	0,73	0,56	0,45	0,38	0,46	0,42	0,26	0,79	1,64	2,18	3,51	3,71	2,64	9,86
5. ალიგოტე ბერლ. X რიბ. 420 ა-ზე	0,72	0,65	0,71	0,50	0,58	0,44	0,45	0,40	0,23	0,53	1,51	1,65	2,36	4,35	0,61	7,32
6. ალიგოტე რუბესტრის დიელოზე	0,87	0,44	0,77	0,55	0,55	0,53	0,44	0,48	0,27	1,13	2,92	4,44	5,02	7,96	6,75	19,73
7. გორული მწვანე რიბ. X რუბ. 3309-ზე	0,75	0,62	0,76	0,35	0,44	0,50	0,38	0,34	0,20	1,61	4,74	4,98	7,15	13,89	325	24,29
8. გორული მწვანე ბერლ. X რიბ. 420 ა-ზე	0,70	0,56	0,67	0,31	0,41	0,43	0,30	0,35	0,15	1,26	2,85	3,08	5,60	8,08	1,88	15,56
9. გორული მწვანე რუბესტრის დიელოზე	0,81	0,61	0,78	0,34	0,56	0,48	0,30	0,48	0,25	1,82	4,83	7,71	8,09	13,35	12,99	34,43



კრახუნა კალიუმს პროცენტულად შედარებით მეტს შეიცავს, როდესაც იგი დამყნილია საძირე ბერლანდიერი X რიპარია 420 ა-ზე, ხოლო ალიგოტე და გორული მწვანე — საძირე რუპესტრის დიულოზე (იხ. ცხრილი). ეს კანონზომიერება ძირითადად დაცულია განვითარების ბიოლოგიური ფაზების მიხედვით.

განვითარების ფაზების მიხედვით კალიუმის აბსოლუტური რაოდენობა ფოთლებში შედარებით მაღალია ისვრიმობის ფაზაში, ხოლო ყლორტებში და მტევნებში — ყურძნის ტექნიკური სიმწიფის ფაზაში.

კრახუნას, ალიგოტეს და გორული მწვანეს ორგანოებიდან კალიუმის აბსოლუტური შემცველობით ყვავილობის და ისვრიმობის ფაზაში გამოირჩევა ფოთლები, ყურძნის ტექნიკური სიმწიფის ფაზაში კი მტევნები.

საძირე რიპარია X რუპესტრის 3309-ზე დამყნილი ჯიშებიდან კალიუმის აბსოლუტური შემცველობით გამოირჩევა გორული მწვანე, შემდეგ მოდის კრახუნა და ალიგოტე.

განვითარების ბიოლოგიური ფაზების მიხედვით ვაზის ორგანოებში კალიუმის პროცენტული და აბსოლუტური შემცველობის განსაზღვრის შემდეგ დადგინდა სამყნობი კომპონენტების ცალკეული კომბინაციის ნამყენი ვაზის მიერ ნიადაგიდან შეთვისებული კალიუმის რაოდენობა. იგი საშუალებას გვაძლევს ცალკეული ჯიშების მიხედვით განვსაზღვროთ ნიადაგში სასუქის შეტანის ვადები და დოზები.

მიღებული შონაცემებიდან ირკვევა, რომ შესწავლილი სამყნობი კომპონენტების ყველა კომბინაციის ვაზები კალიუმის შეთვისებაში მეტ აქტიუობას ავლენენ ვეგეტაციის პირველ ნახევარში (კვირტის გაშლიდან ისვრიმობის ფაზამდე). ვეგეტაციური ორგანოების ინტენსიური ზრდისა და მშრალი მასის გაძლიერებული დაგროვების პერიოდში ვეგეტაციის მეორე ნახევარში ზრდის პროცესების შესუსტებისას კალიუმის შეთვისებაც შედარებით კლებულობს.

რიპარია X რუპესტრის 3309-ზე დამყნილ ჯიშებში ნიადაგიდან გამოტანილი კალიუმის შეტი რაოდენობით ხასიათდება გორული მწვანე, შემდეგ მოდის კრახუნა და ალიგოტე. როგორც ირკვევა, ჯიში, რომელიც გამოირჩევა ზრდის, სიძლიერით და მშრალი ნივთიერების დაგროვებით, კალიუმსაც შედარებით მეტი რაოდენობით ითვისებს ნიადაგიდან.

მიღებული შედეგებიდან ნათლად ჩანს, რომ კრახუნა, დამყნილი ბერლანდიერი X რიპარია 420 ა-ზე, გაცილებით მეტ კალიუმს ითვისებს ნიადაგიდან, ვიდრე რიპარია X რუპესტრის 3309-ზე და რუპესტრის დიულოზე; ალიგოტე და გორული მწვანე კალიუმის მეტ რაოდენობას მოითხოვს საძირე რუპესტრის დიულოზე, რიპარია X რუპესტრის 3309-თან და ბერლანდიერი X რიპარია 420 ა-თან შედარებით.

ამრიგად, განვითარების ბიოლოგიური ფაზების მიხედვით, სანამყენე და საძირე ვაზის ჯიშებთან დაკავშირებით მნიშვნელოვნად იცვლება კალიუმით ნიადაგის გაღარიბების დონე, რაც გათვალისწინებულ უნდა იქნეს ნიადაგში შესატანი კალიუმის ნორმების და ვადების დადგენის დროს.

საქართველოს მეზღობის, მევენახეობის და მეღვინეობის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი

(შემოვიდა 10.9.1987)



Г. В. ТОГОНИДЗЕ

## ДИНАМИКА УСВОЕНИЯ КАЛИЯ ИЗ ПОЧВЫ ВИНОГРАДНОЙ ЛОЗОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИВИВАЕМЫХ КОМПОНЕНТОВ

## Резюме

Установлено, что Алиготе, Крахуна и Горули мцване на всех изученных подвоях усваивают наибольшее количество калия из почвы в первой половине вегетации — от распускания почек до налива ягод.

При прививке на Рипариа×Рупестрис 3309 относительно большим количеством калия, выносимого из почвы, характеризуется Горули мцване; за ним следуют Крахуна и Алиготе.

По количеству усвояемого калия Крахуна выделяется на Берландиери×Рипариа 420А, а Горули мцване и Алиготе — на Рупестрис дю Ло.

Все это необходимо учитывать при определении норм и сроков внесения в почву калия по биологическим фазам их развития в зависимости от прививаемых компонентов.

PLANT PHYSIOLOGY

G. V. TOGONIDZE

## DYNAMICS OF POTASSIUM UPTAKE BY VINE DEPENDING ON GRAFTED COMPONENTS IN THE CENTRAL IMERETI

## Summary

It is found that Aligoté, Krakhuna and Goruli Mtsvane, when grafted on all the studied rootstocks, assimilate the maximum amount of potassium from the soil during the first half of the vegetative period, i. e. beginning from buds opening till grapes ripening.

When grafted on Riparia×Rupestris 3309, Goruli Mtsvane is characterized with a relatively high amount of potassium taken from the soil, followed by Krakhuna and Aligoté. According to potassium uptake, Krakhuna grafted on Berlandieri×Riparia 420A, and Goruli Mtsvane and Aligoté grafted on Rupestris du Lo are the best.

All these data must be taken into account while determining doses and dates of potassium application depending on grafted components.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

- \* I. Н. Н. Иванов. Методы физиологии и биохимии растений. М.—Л., 1946, 494.



ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

А. А. УНГИАДЗЕ

**ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ГИППОКАМПА,  
ВЫЗВАННАЯ СТИМУЛЯЦИЕЙ ЗАДНЕЙ ПОЯСНОЙ ИЗВИЛИНЫ**

(Представлено академиком Т. Н. Ониани 12.6.1987)

Выяснению функционального значения поясной извилины (ПИ) и гиппокампа (Г) придается особое значение в связи с эффектами, наблюдаемыми в нейрохирургической практике при применении цингулоэктоми и гиппокампоэктоми на неподдающихся фармакологическому лечению больных, и с результатами опытов на животных. Цингулярная кора рассматривается как рецептивная область «эмоциональных переживаний», играющая важную роль в осуществлении висцеральных и соматических функций организма, в психической деятельности и процессах памяти [1—3]. Однако обширные нервные связи ПИ с нескортикальными и подкорковыми образованиями мозга, в том числе с Г, исток и ходология их, участие в формировании эмоционального поведения все еще четко не установлены. При изучении взаимоотношения роstralного отдела ПИ с дорсальным гиппокампом (ДГ) [4] нами было показано участие в генезе вызванной активности Г, помимо известных полисинаптических проекций, двусторонних прямых моносинаптических путей. В настоящем сообщении представлены результаты электрофизиологического изучения нервных связей задней поясной извилины (ЗПИ) с ДГ.

Опыты были проведены на 15 кошках, наркотизированных нембуталом (35—40 мг/кг). Константановые электроды с диаметром неизолированного кончика 120—150 мкв вживляли в структуры мозга по координатам атласа [5]. Отведение вызванных потенциалов (ВП) проводили монополярно, раздражение — биполярно прямоугольными толчками тока от генератора с радиочастотным выходом. Отключение энторинальной коры (ЭК) производили путем ее электрокоагуляции (ток 5—10 мА) или подрезки ее специальным ножом. Локализацию электродов и повреждений верифицировали по фронтальным срезам мозга животных.

В ответ на одиночное электрическое раздражение ЗПИ в ДГ регистрировались стабильные хорошо выраженные положительно-отрицательные потенциалы. Оба отклонения ВП углублялись по мере увеличения интенсивности раздражения (рис. 1, А<sub>1-8</sub>). Эти ответы характеризовались более высоким порогом вызова и меньшей амплитудой (рис. 1, А) в сравнении с моносинаптическими ответами ДГ на стимуляцию поля 24 [4]. Что касается скрытого периода ВП, как показала статистическая обработка данных опытов, он варьирует в пределах 9—10 мс ( $P < 0,01$ ). Стабильность ВП отмечалась как при ритмических (рис. 1, В), так и парных раздражениях с различным межим-



пульсным интервалом ЗПИ (рис. 1,Б). Все вышперечисленные показатели: относительно высокий порог для вызова ответа (1,5—2 В), низкая амплитуда и латентность, равная 9 и более мс, а также чувствительность к анестезии — предполагают прохождение импульсов возбуждения к ДГ по мультисинаптическому пути. Основным афферентным входом в гиппокамп признана ЭК, которая через ряд последовательных, сложно организованных звеньев переходит в собственно Г [6, 7]. Для ВП ЭК на стимуляцию ЗПИ характерны стабильность ответа и скрытый период около 5—6 мс; такой же латентности ВП регистрируются в ДГ при раздражении ЭК (5 мс) [4]. Исходя из вышесказанного следует думать, что энторинальный вход является основным нервным путем, причастным к генезу дорсогиппокампальных ответов, вероятным посредником в передаче импульсов возбуждения от ЭПИ к ДГ.

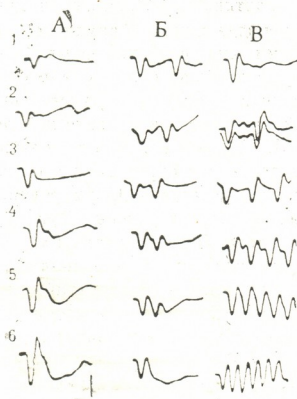


Рис. 1. Ответы дорсального гиппокампа, вызванные одиночными (А), парными (Б) и ритмическими (В) электрическими раздражениями задней поясной извилины. На А: 1 — интенсивность раздражения 2 в, 0,2 мс, 1 в сек; 2 — 3 в; 3 — 4 в; 5 — 6 в; 6 — 8 в. Калибровка амплитуды на рисунках — 200 мкв, времени — 20 мс

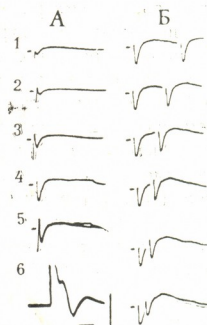


Рис. 2. Ответы дорсального гиппокампа на стимуляцию задней поясной извилины после отключения энторинального входа в гиппокамп. Отведения на А: одиночная стимуляция: 1—3,5 в, 0,2 мс, 1 в сек; 2—4 в; 3—5 в; 4—7 в; 5—8 в; 6—12 в. На Б: парная стимуляция с различным межимпульсным интервалом

Для проверки данного предположения было осуществлено отключение энторинального входа методом его электрокоагуляции и подрезки. Морфо-гистологический контроль мозга показал, что повреждения охватывали медиальную и латеральную части ЭК, через которые проходят перфорантный и альвеарный пути к Г [6, 7]. Следовательно думать, что в случае прохождения импульсов возбуждения только через ЭК к Г отключение ее должно предотвратить возникновение ВП в ДГ на стимуляцию ЗПИ. Однако как одиночная (рис. 2,А), так и парная электрическая стимуляции (рис. 2,Б) продолжают вызы-





вать ответы в ДГ. Эти ответы несколько отличны по своим характеристикам от ответов при интактном энторинальном входе. Наблюдаются некоторое увеличение порога вызова ответа (он равен 3,5—4 В), снижение амплитуды начального положительного отклонения, регистрируется лишь положительная фаза ответа (рис. 2, А<sub>1-5</sub>). Что касается латентности ВП ДГ на стимуляцию ЗПИ, она сохраняется в тех же пределах (9—10 мс) (рис. 2, А<sub>6</sub>).

Вышеперечисленные данные указывают на участие в генезе ВП ДГ, помимо основного энторинального пути к Г, другой нейрональной связи, судя по характеристикам ВП, также полисинантической, действие которой, по всей видимости, маскируется при наличии интактной ЭК. Отключение энторинального входа в Г, очевидно, активирует дублирующий его путь. В данном случае импульсы возбуждения достигают Г уже путем, обходящим ЭК. Следует думать, что структурой мозга, принимающей участие в генезе ВП ДГ на раздражение ЗПИ, являются передние таламические ядра, обладающие дифференцированными проекциями с Г и ПИ [8—10]. Это находит подтверждение в наших опытах с повреждением лимбических ядер таламуса. Электрокоагуляция антеровентрального и антеромедиального таламических ядер у животных с отключенной ЭК препятствует возникновению ВП ДГ на стимуляцию ЗПИ.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт физиологии  
им. И. С. Бериташвили

(Поступило 12.6.1987)

აღაზიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

ა. უნგიადე

უკანა სარტყლის ხვეულის გაღიზიანებით გამოწვეული ჰიპოკამპის ელექტრული აქტივობა

რეზიუმე

ელექტროფიზიოლოგიურად დადგინდა, რომ ენტორინალური პოლისინანტური გზის გამოთიშვის პირობებში უკანა სარტყლის ხვეულის გაღიზიანებაზე დორსალური ჰიპოკამპის გამოწვეული აქტივობის გენეზში მონაწილეობენ ლიმბური თალამური ბირთვები, რომლებსაც აქვთ პირდაპირი ნეირონული კავშირები ამ სტრუქტურებთან.

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

A. A. UNGIADZE

CHANGES IN ELECTRICAL ACTIVITY OF THE HIPPOCAMPUS  
INDUCED BY POSTERIOR CINGULATE GYRUS STIMULATION

Summary

Results of the experiments with posterior cingulate gyrus stimulation and cutting of the main cortical pathway to the hippocampus—the entorhinal cortex—suggest that the entorhinal cortex and limbic thalamic nuclei are involved in the genesis of dorsal hippocampal responses to posterior cingulate gyrus stimulation.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. Н. Беллер. Висцеральное поле лимбической коры. Л., 1977.
2. Н. Н. Брагина, Т. А. Доброхотова. Физиология и патология лимбико-ретикулярной системы. М., 1971, 302.
3. М. Г. Когидзе, Т. Н. Опиани. Acta neurobiol. exp., 32, 5, 1972, 9.
4. А. А. Унгиадзе. Изв. АН ГССР, сер. биол., 12, 3, 1986, 149.
5. F. Reinos-Suarez. Topographischer Hirnatlas des Katze fur experimental-physiologische Untersuchugen. Darmstadt, Merck, 1961.
6. R. Y. S. Cajal. Studies of the cerebral cortex. Lloyd-Luke; LDT, 1955. p. 127.
7. G. W. VanHoesen, D. N. Pandya. Brain Res., 95, 1, 1975, 1.
8. И. А. Замбрицкий. Лимбическая область большого мозга. М., 1972. 280.
9. А. А. Унгиадзе. Нейрофизиология, 13, 1, 1981, 17.
10. R. T. Robertson, S. S. Kaitz. J. Comp. Neurol., 195, 5, 1981, 501.

Н. И. СКОБЕЛЕВА, Т. А. ПЕТРОВА, А. А. БЕЗЗУБОВ,  
М. А. БОКУЧАВА (академик АН ГССР)

## $\beta$ -D-ГЛЮКОЗИДЫ МОНОТЕРПЕНОВЫХ СПИРТОВ В ЧАЙНЫХ ПОБЕГАХ

В состав эфирных масел многих растений входят спирты, относящиеся к двум классам соединений: терпеноидам и ароматическим спиртам. Кроме свободных спиртов, в растениях обнаружены их глюкозидосвязанные формы [1—8].

Целью настоящей работы является изучение состава эндогенных предшественников свободных монотерпеновых спиртов  $\beta$ -D-глюкозидов в чайных побегах.

В основу выделения глюкозидов из чайных побегов была положена методика А. Р. Гусевой и др. [3] с некоторыми изменениями. Эта методика имела ряд преимуществ перед другими [9], так как использование активированного угля позволило необратимо адсорбировать больше 80% примесей, попадающих в спиртовый экстракт и мешающих очистке глюкозидов.

В качестве метчиков использовали глюкозиды гераниола и линалоола, синтезированные нами по методу Кенигса и Кнорре [10].

Материалом для исследования служили 5-листные чайные побеги, полученные с чайных плантаций в Анасеули. Чайный побег предварительно разделяли на отдельные элементы (почка, черешки, 1, 2, 3, 4, 5-й листы). 50,0 г каждого элемента чайного побега экстрагировали 70% этиловым спиртом. Спиртовую вытяжку фильтровали, остаток на фильтре высушивали, измельчали и еще раз экстрагировали спиртом. Объединенные экстракты сгущали в роторном испарителе досуха. Остаток в колбе обезжиривали пентаном при кипячении с обратным холодильником в течение 1 часа. Остаток пентана удаляли в вакууме, а в колбу добавляли дистиллированную воду, полиамидный порошок (для связывания фенольных соединений) и оставляли на ночь. Затем содержимое колбы фильтровали и к фильтрату добавляли 7 г активированного угля, предварительно обработанного концентрированной соляной кислотой, и оставляли на сутки. Уголь отфильтровывали на воронке Бюхнера, промывали дистиллированной водой (для удаления моносахаров), а затем — возрастающими концентрациями этилового спирта (5—70%), по 50 мл, до полной элюции глюкозидов. Полноту элюции контролировали методом тонкослойной хроматографии в смеси хлороформ: метанол:вода (65:25:10) — смесь № 3. Фракции, содержащие глюкозиды, объединяли, сгущали. Сухой остаток растворяли в 2 мл смеси № 3 и вносили в колонку размером 2×24 см, заполненную смесью из 30 г силикагеля 1—40/100 в хлороформе. Элюцию с колонки проводили смесью № 3. Собирали по 10 мл 8—10 фракций. Контроль состава фракций проводили на пластинках силуфола в системе смеси № 3. Проявителем был 1% раствор ванилина в концентрированной серной кислоте. Однородные по составу фракции объединяли, сгущали во взвешенных колбочках и подвергали дальнейшему исследованию.



Хроматография на пластинках силуфола показала, что с кОЛОНКИ элюируются два глюкозида. Эти глюкозиды по величине  $R_f$  совпали в трех системах растворителей с синтетическими препаратами  $\beta$ -D-глюкопиранозидом линалоола и  $\beta$ -D-глюкопиранозидом гераниола: система № 1 — этилацетат:ацетон:вода (5:5:0,5); система № 2 — хлороформ:метанол:вода (65:35:10+10% метанола); система № 3 — хлороформ:метанол:вода (65:25:10).

В табл. 1 представлены величины  $R_f$  синтезированных и выделенных из чайного побега глюкозидов линалоола и гераниола.

Таблица 1

Величины  $R_f$  синтезированных и природных  $\beta$ -глюкозидов линалоола и гераниола

Глюкозиды	Величина $R_f$ в различных системах		
	№1	№2	№3
Синтезированный линаллил-глюкозид	0,65	0,81	0,90
Выделенный из чайных побегов линаллил-глюкозид	0,66	0,80	0,92
Синтезированный геранил-глюкозид	0,62	0,78	0,85
Выделенный из чайных побегов геранил-глюкозид	0,64	0,78	0,85

Выделенные глюкозиды были подвергнуты ферментативному гидролизу по методике Н. Ш. Сихарулидзе и др. [11] с применением препарата очищенной  $\beta$ -глюкозидазы (фирма «NBC», Англия) с 0,05 M ацетатном буфере (рН 5,2). Экспозиция 3 часа и 24 часа при 37°C.

Агликоны извлекали диэтиловым эфиром и анализировали по величине  $R_f$  с применением пластинок силуфола и методом ГЖХ по времени удерживания. При этом величина  $R_f$  агликона совпала с  $R_f$  стандартного препарата линалоола и гераниола.

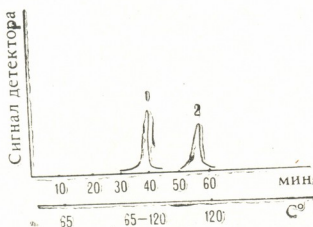


Рис. 1. Газожидкостная хроматограмма линалоола (1) и гераниола (2), образовавшихся в результате ферментативного гидролиза  $\beta$ -D-глюкозидов.

На рис. 1 приведены газожидкостные хроматограммы линалоола и гераниола, образовавшихся в результате ферментативного гидролиза глюкозидов. Был использован хроматограф фирмы «Вариан Аэрограф», модель 86С—42—03 [12].

Кроме ферментативного гидролиза, был проведен кислотный гидролиз с 1 мл 3 N серной кислоты в течение 3 часов на кипящей водяной бане. Состав моносахаров определяли методом хроматографии на бумаге [13]. Было показано, что в гидролизате после кислотного





гидролиза глюкозидов линалоола и гераниола из чайного флеша находится только глюкоза.

Таким образом, в чайном флеше содержатся  $\beta$ -D-глюкопиранозиды линалоола и гераниола. Выход глюкозидов определяли весовым методом.

В табл. 2 представлены данные о содержании глюкозидов линалоола и гераниола в различных частях чайного побега.

Таблица 2

Содержание глюкозидов линалоола и гераниола в различных элементах 5-листного чайного побега

Элементы чайного побега	Линаллил- $\beta$ -D-глюкозид	Геранил- $\beta$ -D-глюкозид
	мг/100 г сырого веса	
Почки	149	315
1-й лист	117	153
2-й лист	73	89
3-й лист	52	81
4-й лист	48	79
5-й лист	28	30
Черешки	76	84

Как видно из табл. 2, наибольшее количество глюкозидов содержится в растущей части чайного побега — почке, 1-м и 2-м листе, а меньше всего — в 5-м листе.

При этом в большем количестве содержится глюкозид гераниола.

Интересно отметить, что нежная часть чайного побега (почка, 1-й и 2-й лист) содержит в большем количестве и свободные монотерпеновые спирты.

Так, содержание свободных монотерпеновых спиртов — линалоола и гераниола — в разных элементах чайного побега различно. Наибольшее количество этих спиртов содержится в почках, 1-м и 2-м листах [8].

На тесную связь между свободными и связанными в виде глюкозидов спиртами указывается в ряде работ [4, 11].

Таким образом, нежная часть чайного побега содержит значительное количество как свободных монотерпеновых спиртов, так и связанных в виде глюкозидов.

По мере огрубения чайного побега, как видно из табл. 2, содержание глюкозидов линалоола и гераниола уменьшается и также уменьшается содержание свободных форм линалоола и гераниола [8].

Полученные данные имеют важное значение в познании природы и путей образования аромата в биотехнологии чая.

Академия наук СССР  
Институт биохимии  
им. А. Н. Баха  
Москва

6. სომხეთში, ბ. ვებრძობა, ა. ბაზუზოვი, მ. გოჭუჩავა  
 (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი)

## მონოტერპენული სპირტების $\beta$ -D-გლუკოზიდები ჩაის ღუძეებში რეზიუმე

ნაჩვენებია, რომ ჩაის ღუძეები შეიცავს  $\beta$ -D-გლუკოზიდებს — თავისუფალი მონოტერპენული სპირტების ლინალოლისა და გერანიოლის ენდოგენურ წინამორბედებს, რომლებიც მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ ჩაის არომატის წარმოქმნაში.

ამასთან, აღნიშნული გლუკოზიდების უფრო მეტი შემცველობით ხასიათდებიან ჩაის ღუძის ნახი ნაწილები — კვირტი, 1 და 2 ფოთოლი. ჩაის ღუძის გაუხეშებასთან ერთად გლუკოზიდების შემცველობა მცირდება.

## BIOCHEMISTRY

N. I. SKOBELEVA, T. A. PETROVA, A. A. BEZZUBOV, M. A. BOKUCHAVA

## $\beta$ -D-GLUCOSIDES OF MONOTERPENE ALCOHOLS IN TEA SHOOTS

### Summary

Tea shoots were found to contain  $\beta$ -D-glucosides, which are endogenous precursors of free monoterpene alcohols: linalool and geraniol, that are vital to tea aroma formation. The largest amount of the glucosides under consideration was found in the most delicate part of the tea shoot—the bud—as well as in the 1st and 2nd leaves. Hardening of the tea shoot results in a decreased amount of the glucosides.

### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. L. Sakata, T. Mitsui. J. Agric Biol. Chem., 39, 1975, 1329..
2. K. Skopp, H. Hörster. Planta med. 29 (30), 1976, 208.
3. А. Р. Гусева, Н. Ш. Сихарулидзе, В. А. Пасешниченко. ДАН СССР, 223, № 5, 1975, 1260.
4. В. Ш. Берикашвили, В. А. Пасешниченко, А. Р. Гусева. Прикл. биохим. и микробиол., XLIII, вып. 3, 1982, 431.
5. A. Nanninga. Levende verslag over de ondersoeking of Lavs gecultiveerde theen, Batavia, 1900, 48.
6. V. Kozai. Researches on the manufacture of various kinds of tea, Tokio, 1890, 54.
7. K. Katayama. Bull. of Centr. Agr. Esper. State of Japan. 1, 1907, 149.
8. T. Takeo. Phytochemistry, 20, № 9, 1981, 2149.
9. В. Н. Мельников, П. С. Бугорский. Физиол. и биохим. культ. раст., 9, 1977, 210.
10. Ю. А. Жданов, Г. Н. Дорофенко, Г. А. Корольченко, Г. В. Богданова. Практикум по химии углеводов. М., 1963, 59.
11. Н. Ш. Сихарулидзе, А. Р. Гусева, В. А. Пасешниченко, М. Г. Борихина. Прикл. биохим. и микробиол., 12, 1976, 759.
12. А. К. Родопуло, А. А. Беззубов, И. А. Егоров. Методы современной биохимии. М., 1975, 90.
13. Р. Блок, Р. Лестранж, Г. Цвейс. Хроматография на бумаге. М., 1954, 91.

П. Д. САГДИЕВА, Л. М. ТКАЧЕНКО

## К ИЗУЧЕНИЮ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГАМАЗОВОГО КЛЕЩА *LAELAPS AGILIS* KOCH — ПАРАЗИТА ЛЕСНОЙ МЫШИ НА БОЛЬШОМ КAVKAZE

(Представлено членом-корреспондентом Академии Б. Е. Курашвили 15.4.1987)

*L. agilis* — специфичный паразит мышей подрода *Sylvimus* (лесной — *Arodemus* (S.) *sylvaticus* и желтогорлой — *A. (S.) flavicollis*), сопровождающий хозяев по их обширным ареалам. Изменчивость этого клеща ранее не изучалась.

Мы исследовали взрослых клещей *L. agilis*, собранных с лесной мыши в нескольких точках лесной зоны Большого Кавказа; 1) предгорья южного макросклона восточной части Большого Кавказа, Сагурамский заповедник, около 500—550 м н. у. м., 1975 г.; 2) северный макросклон центральной части Большого Кавказа, Северо-Осетинский заповедник (Цейское ущелье), около 1500—1600 м н. у. м., 1977 г.; 3) южный макросклон центральной части Большого Кавказа, Рачинский хребт, Верхняя Рача, окрестности сел. Земо Бари, около 900—1000 м н. у. м., 1985 г.

В нашем распоряжении имелась серия из 356 клещей (305 самок и 51 самец). Для выявления распределения самок изучаемого вида по длине тела измерена длина спинного щита у 190 клещей из

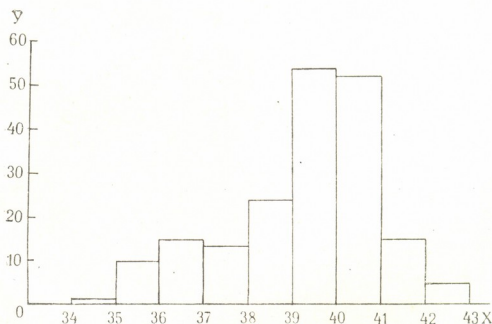


Рис. 1. Гистограмма распределения самок *Laelaps agilis* по длине спинного щита (Сагурамский заповедник): по оси ОХ — границы классовых интервалов (в делениях окуляр-микрометра); по оси ОУ — число особей в классах

Сагурамского заповедника. Изменчивость размерных признаков клещей оценена по трем выборкам: 25 самок и 25 самцов из Сагурамского заповедника и 25 самок из Северо-Осетинского заповедника, причем у самок измеряли по 15, а у самцов — по 13 признаков. Кроме того, измерено 16 самок *L. agilis* из Верхней Рачи. Измерения проводили при различных увеличениях микроскопа МБИ-1 со съем-

26, „მეცნიერება“, ტ. 131, № 2, 1988

Размеры и изменчивость клешей *Laclaps agilis* в предгорьях восточной части южного макросклона Большого кавказа (Сагуражский заповедник)

С а м к и*				С а м ц ы*			
Признаки	n	M	CV	Признаки	n	M	CV
Длина спинного щита	25	640,8	6,0	Длина спинного щита	25	605,9	7,3
Ширина спинного щита	25	487,0	10,0	Ширина спинного щита	25	421,1	8,0
Длина стернального щита	25	122,9	12,2	Длина брюшного щита	25	494,3	8,6
Ширина стернального щита	25	284,6	7,5	Ширина брюшного щита в передней части	25	219,8	7,5
Длина генито-вентрального щита	25	286,1	4,7	Ширина брюшного щита в задней части	25	262,5	8,3
Ширина генито-вентрального щита	25	241,1	6,9	Длина сперматодактиля	22	78,2	7,9
Длина анального щита	24	126,3	10,7	Длина щетинок спинного щита	D <sub>5</sub>	62,4	18,8
Ширина анального щита	24	127,7	8,9		D <sub>7</sub>	47,1	18,3
Длина щетинок спинного щита	D <sub>5</sub>	64,4	8,3		D <sub>8</sub>	35,5	16,6
	D <sub>7</sub>	52,4	15,2		S <sub>4</sub>	60,6	19,3
	D <sub>8</sub>	41,5	14,7		S <sub>8</sub>	17,9	26,1
	S <sub>4</sub>	62,2	11,9		M <sub>10</sub>	75,1	23,7
	S <sub>8</sub>	18,7	9,3		M <sub>11</sub>	101,0	13,4
	M <sub>10</sub>	74,2	10,8				
	M <sub>11</sub>	93,6	7,7				

\* Обозначения: n — объем выборки; M — среднее значение признака (мм); CV — коэффициент вариации.



ным окуляр-микрометром. Для обработки материалов использованы общепринятые биометрические методики: построение гистограмм, вычисление среднего значения признаков ( $M$ ), коэффициента вариации ( $CV$ ), достоверности различий по критерию Стьюдента [1]. Наиболее полно обработана статистически самая многочисленная выборка из Сагурамского заповедника (270 клещей), тогда как у экземпляров из Верхней Рачи, ввиду малого объема выборки, подсчитаны лишь средние значения признаков. Для графического отображения использовали результаты измерений непосредственно в делениях окуляр-микрометра, а для количественной обработки пересчитывали на мкм. Номенклатуру щетинок клещей рода *Laelaps* приводим по А. А. Захваткину [2].

У *L. agilis* известен полиморфизм самцов [3, 4], однако в нашем материале самцы оказались однородными.

Исходя из гистограммы (см. рис. 1) следует полагать, что распределение самок *L. agilis* по длине спинного щита в Сагурамском заповеднике имеет отрицательную асимметрию; модальный класс образовали особи с длиной щита приблизительно от 650 до 668 мкм. Самки здесь оказались крупнее самцов по 7 из 9 сопоставимых признаков. Изменчивость щетинок у клещей обоих полов обычно превышала таковую щитов (см. таблицу). Ширина спинного щита самок составила в среднем 76% от его длины.

В Северо-Осетинском заповеднике размерные признаки самок оказались следующими: длина и ширина спинного щита — 610 и 439,9 соответственно; длина и ширина стернального щита — 122,1 и 260,5; длина и ширина генито-вентрального щита — 257,7 и 202,7; длина и ширина анального щита — 118,4 и 120,5; длина щетинок спинного щита  $D_5, D_7, D_8, S_4, S_8, M_{10}, M_{11}$  — 58,0, 48,6, 37,5, 57,0, 18,1, 63,2, 87,7.  $CV$  щитов составил 2,0—7,4, а щетинок — 3,7—10,9. Ширина спинного щита составила в среднем 70% от его длины.

В Верхней Раче средние значения размерных признаков составили: длина и ширина спинного щита — 656,0 и 461,3; длина и ширина стернального щита — 121,6 и 273,5; длина и ширина генито-вентрального щита — 283,9 и 230,4; длина и ширина анального щита — 125,4 и 131,1; длина щетинок спинного щита той же номенклатуры, что и в предыдущих выборках, — 66,9, 54,8, 46,1, 66,3, 20,4, 71,7, 95,0. Ширина спинного щита составила в среднем 70% от его длины.

Отметим, что в Сагурамском заповеднике у самцов резко выражена более высокая изменчивость щетинок по сравнению со щитами, у самок же подобная тенденция выявляется менее четко. Изменчивость сперматодактиля сравнительно невысока. Сходные проявления изменчивости обнаружены нами ранее [5, 6] у близкого к *L. agilis* вида — *L. pavlovskyi* Zachv.

Можно полагать, что исследованные нами выборки клещей, собранных в горных условиях и на сравнительно далеко отстоящих друг от друга участках, относятся к трем отдельным популяциям.

Сравнение материалов, собранных на южном макросклоне Большого Кавказа, показало, что длина спинного и ширина анального щитов, а также 6 щетинок у самок *L. agilis* из среднегорья (Верхняя Рача) больше, чем у таковых из предгорий (Сагурамский заповедник), тогда как по 5 размерным признакам щитов и длине одной щетинки особи из Сагурамского заповедника крупнее, чем экземпляры из Верхней Рачи.

Для самок *L. agilis* из Сагурамского заповедника характерны более крупные размеры большинства исследованных признаков, чем для экземпляров из Северной Осетии, собранных на наибольшей высоте. По 11 признакам у особей из Сагурамского заповедника выявлены различия с клещами из Северной Осетии, достоверные по критерию Стьюдента с 5%-ным уровнем значимости; по 4 признакам



(длина стернального щита, щетинок  $D_7$ ,  $S_8$ ,  $M_{11}$ ) различия оказались недостоверными. Изменчивость (по CV) у клещей из Северной Осетии значительно ниже, чем у особей из Сагурамского заповедника.

Экземпляры из Верхней Рачи по размерам щитов обычно занимают промежуточное положение между особями из Сагурамского и Северо-Осетинского заповедников; у самок *L. agilis* из Верхней Рачи более удлиненный спинной щит и более длинные щетинки, чем у особей из двух других точек сбора матернала.

Таким образом, наши предварительные данные свидетельствуют о заметных межпопуляционных различиях размерных признаков клещей *L. agilis* на Большом Кавказе.

Академия наук Грузинской ССР  
Институт зоологии

(Поступило 16.4.1987)

ზოოლოგია

პ. საგდიევა, ლ. ტაკაჩენკო

კავკასიონში ტყის თაბვის პარაზიტი ზამაზონიღური ტიპის  
*LAELAPS AGILIS KOCH* ცვალებადობის შესწავლისათვის

რეზიუმე

მოცემულია ტყის *L. agilis* ცვალებადობის შესწავლის შედეგები კავკასიონის სამ ნაკვეთზე.

გამორკვეულია მკვეთრად გამოხატული შიდაპოპულაციური განსხვავებები მდედრების ფარებსა და ჯაგრების სიდიდეებში. ორივე სქესის წარმომადგენლებში ტიპების ჯაგრების ცვალებადობა (ვარიაციის კოეფიციენტის მიხედვით), როგორც წესი, აღემატება ფარების ცვალებადობას, მაგრამ ეს ცვალებადობა მამრებში უფრო ძლიერაა გამოხატული, ვიდრე მდედრებში.

ZOOLOGY

P. D. SAGDIEVA, L. M. TKACHENKO

A STUDY OF THE VARIABILITY OF *LAELAPS AGILIS KOCH*  
PARASITIFORMES, *GAMASIDAE*, *LAELAPTIDAE*, THE PARASITE  
OF *APODEMUS SYLVATICUS* IN THE GREAT CAUCASUS

Summary

Data are presented on variability of the mite *L. agilis*, collected in three points of the Great Caucasus forest zone.

Considerable differences have been revealed in shield and seta sizes between the females of *L. agilis* from different populations. The variability (coefficient of variation) of setae usually exceeds that of shields, especially in males as compared to females.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. Ф. Лакин. Биометрия. М., 1980.
2. А. А. Захваткин. Паразитол. сб. ЗИН АН СССР, 10, 1948.
3. А. Б. Ланге. В кн.: «Клещи грызунов фауны СССР». Л., 1955.
4. Н. Г. Брегетова. Гамазовые клещи (Gamasoidea). Л., 1956.
5. П. Д. Сагдиева. Автореферат канд. дисс. М., 1984.
6. П. Д. Сагдиева, Л. М. Ткаченко. Материалы IV Закавказ. конф. по паразитологии. Тбилиси, 1985.

Г. Ш. ДАВИТАЯ, М. З. ЦАГАРЕЛИ

## ИЗМЕНЕНИЯ ЛИМФОЦИТОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ У ДЕТЕЙ С ДИФFUЗНЫМ ПЕРИТОНИТОМ

(Представлено академиком Н. А. Джавахишвили 13.3.1987)

Для суждения о защитных иммунологических реакциях организма, обеспечивающих постоянство гомеостаза, большое значение имеет изучение реакции лимфоцитов периферической крови [1] на воздействие воспаления и стресс-реакции [2].

Работа основана на анализе данных, полученных от 20 детей с диффузным перитонитом, причиной которого у 12 больных был флегмонозно-гангренозный аппендицит, у 5—инвагинационная форма кишечной непроходимости, у 3—аппopleксия яичника. У 15 больных имелась реактивная фаза, у 5—токсическая фаза перитонита.

Ультраструктуру лимфоцитов изучали в пробах венозной крови, взятой при поступлении больного и спустя 5 суток после операции. Контролем служили лимфоциты 18 детей, прооперированных в плановом порядке по поводу водянки яичника, паховой грыжи и хронического аппендицита.

Материал для электронно-микроскопического исследования (лейкоцитарную пленку) обрабатывали общепринятыми методами. Ультратонкие срезы исследовали в электронном микроскопе «Tesla BS-500» при ускоряющем напряжении 60 квт.

При изучении контрольного материала отчетливо выявились популяции малых и средних лимфоцитов.

Малые лимфоциты имеют округлую или слегка овальную форму, маленькое ядро с небольшими инвагинациями. Хроматин уплотняется или скапливается в центральной части ядра (рис. 1). В цитоплазме малых лимфоцитов определяются рибосомы, единичные каналцы шероховатого эндоплазматического ретикулума и лизосомоподобные гранулы. В некоторых малых лимфоцитах виден пластинчатый комплекс Гольджи.

В средних лимфоцитах клеточная мембрана имеет единичные выпячивания цитоплазмы.

Узкая цитоплазма окаймляет относительно крупное ядро с мелкоглыбчатым хроматином, который нередко уплотнен вдоль ядерной мембраны. Довольно часто обнаруживаются 1—2 инвагинации нуклеолеммы, содержащие различные цитоплазматические органеллы, каналцы зернистой и гладкой цитоплазматической сети, рибосомы, митохондрии.

У детей с диффузным перитонитом в реактивной стадии при поступлении в стационар отчетливо наблюдаются малые лимфоциты с ядром неправильной формы, в ядерных карманах расположены митохондрии и рибосомы. Цистерны цитоплазматической сети расширены, неправильной формы. В некоторых клетках эти цистерны представлены огромными мешками, заполненными аморфной субстанцией. В некоторых же лимфоцитах цитоплазматическая сеть имеет ламеллярный тип строения. В таком случае параллельные каналцы цитоплазматической сети занимают большую часть цитоплазмы.



В некоторых клетках лимфоцитов цитоплазматическая сеть имеет вид концентрически закрученных мембран, в других она слита с ламеллярными структурами. Размер и расположение митохондрий варьируют. Встречаются как крупные, вытянутые митохондрии с хорошо различной внутренней структурой, так и мелкие, овальные с нечетко дифференцируемыми кристами, размытыми оболочками, свет-

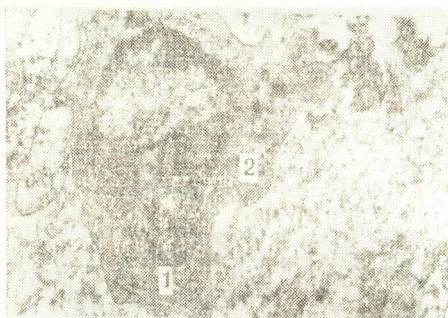


Рис. 1. Малый лимфоцит периферической крови ребенка 6 лет. Контрольная группа. Ядро овальное, в цитоплазме митохондрии (1), многочисленные рибосомы (2).  $\times 9000$

лым матриксом. Некоторые митохондрии претерпевают частичную или полную миелопоподобную дегенерацию. Ядро лимфоцитов у больных с токсической стадией перитонита повторяет форму клетки, оно круглое или овальное, часто с углублением, окружено тонким ободком светлой мелкозернистой цитоплазмы. Сравнительно реже встречаются ядра неправильной формы, разделенные на две дольки U-образной выемкой, в устьях которой часто сгруппированы элементы пластинчатого комплекса. В этой зоне можно обнаружить также мелкие округлые гранулы, очерченные мембраной с резко осмиофильным однородным матриксом, похожие на обычные лизосомы других клеток. Наряду с таковыми, отмечаются лизосомы с разрыхленной пограничной мембраной, очагово или полностью просветленным содержимым. В некоторых клетках мембрана лизосом сильно истончена и даже размыта и содержимое лизосом непосредственно контактирует с цитоплазмой клетки. Вокруг таких лизосом цитоплазма нередко гомогенизирована и собственной мембраной отделена от зоны цитолиза. Хроматин распределен в нуклеоплазме равномерно или в виде более крупных глыбок сконцентрирован вблизи внутреннего листка хорошо контурированной ядерной мембраны. Нередко в ядре обнаруживаются ядрышко или его остатки. Нуклеопротеидные комплексы в основном в виде свободных рибосом, локализованы около ядра. Микропиноцитозные пузырьки, мультивезикулярные тельца, а также липидные капли распределены равномерно в цитоплазме.

Спустя 5 суток после операции обнаруживаются изменения в лимфоцитах. Общим для обеих групп лимфоцитов является наличие овального небольшого ядра с одним углублением, хроматин распределен в виде небольших скоплений по всей нуклеоплазме или образует более крупные агрегаты, прилежащие к ядерной мембране (рис. 2). Имеются ядрышко или остатки его, окруженные хроматином.



Иногда встречаются клетки с крупным лопастным ядром, с нарушением целостности наружной мембраны и с диффузно распределенным хроматином. Тонкозернистая цитоплазма содержит митохондрии, различающиеся как по форме, так и по внутреннему строению. Встречаются митохондрии с почти нормальной неизменной структурой крист и оболочек, а также в стадии полного разрушения и распада. В цитоплазме, как правило, обнаруживаются различного вида гранулы, лизосомы, как обычные, так и слившиеся с вакуолями — так называемые сложные вакуоли в виде прозрачного образования, ограниченного мембраной с несколькими более плотными пузырьками внутри (рис. 2).

Нередко в цитоплазме появляются участки лизиса, чаще в околоядерной зоне. Цистерны и каналцы цитоплазматической сети рас-



Рис. 2. Малый лимфоцит из периферической крови ребенка 9 лет при диффузном перитоните. Ядро овальной формы. В цитоплазме участок лизиса (1), скопление мультивезикулярных телец (2) и мелких вакуолей (3).  $\times 9000$

ширены до такой степени, что в некоторых клетках создают впечатление «заблачивания».

Данные исследования лимфоцитов периферической крови указывают на дистрофические изменения в клетках, проявляющиеся в вакуолизации, «заблачивании» цитоплазмы, уменьшении числа нуклеопротеидных комплексов, скоплении остаточных телец. В лимфоцитах отсутствуют признаки плазматизации.

Описанные морфологические изменения лимфоцитов позволяют предположить о понижении функциональной активности иммунокомпетентных клеток при диффузном перитоните у детей, что подтверждается данными о понижении содержания Ig G и РБТЛ в сыворотке крови у этих больных [3].

ბ. ღაშითაია, მ. ცაგარელი

ბავშვის პერიფერიული სისხლის ლიმფოციტების ცვლილებები  
 დიფუზური პერიტონიტის დროს

რეზიუმე

შესწავლილია სხვადასხვა ეტიოლოგიის დიფუზური პერიტონიტით დაავადებული 20 ბავშვის პერიფერიული სისხლის ლიმფოციტების ულტრასტრუქტურა. საკონტროლოდ გამოყენებული იყო მუცლის ღრუს არაანთებითი დაავადებების დროს აღებული ლიმფოციტები.

დადგენილია, რომ დიფუზური პერიტონიტის რეაქტიულ სტადიაში მცირე ლიმფოციტები ჰიპერტროფირდება, ტოქსიკურ სტადიაში კი ქარბობს ლიმფოციტების დისტროფიულ-დესტრუქციული ცვლილებები, რაც იმუნოკომპეტენტური უჯრედების ფუნქციის დაქვეითებაზე მიუთითებს.

CYTOLOGY

G. Sh. DAVITAYA, M. Z. TSAGARELI

CHANGES OF PERIPHERAL LYMPHOCYTES UNDER DIFFUSE  
 PERITONITIS IN CHILDREN

Summary

Ultrastructure of peripheral blood lymphocytes at different etiology peritonitis has been studied in 20 children, with lymphocytes of the abdominal cavity under noninflammatory diseases used as a control.

It has been found that in the reactive stage of diffuse peritonitis there occurs a hypertrophy of small lymphocytes, whereas in the toxic stage destructive and dystrophic changes<sup>†</sup> of small lymphocytes prevail, which is indicative of a depressed function of immunocompetent cells.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. К. Русина. Арх. анат., 6, 1974, 5—9.
2. Г. Ш. Давითა, З. Г. Цаგარელი. Вестн. хир. им. Грекова, 11, 1985, 119—121.
3. Г. Ш. Давითა, Л. Е. Гогнашвили, Л. В. Авалнани. Тез. докл. и сообщений XXXI Всесоюз. съезда хирургов. Ташкент, 1986, 12—83.

Зиг. А. ЗУРАБАШВИЛИ, Т. Ш. ШАБУРИШВИЛИ, Н. Ш. ДАРЧИЯ,  
Н. Г. КИКОДЗЕ, Н. Д. ОКРИБЕЛАШВИЛИ

## ИЗМЕНЕНИЯ ЭРИТРОЦИТОВ И ТРОМБОЦИТОВ ПРИ АТЕРОСКЛЕРОЗЕ

(Представлено академиком А. Д. Зурабашвили 14.4.1987)

В последнее время атеросклероз поражает все большее число трудоспособного населения, а среди причин смерти осложнения, вызванные этим заболеванием, занимают первое место. Однако, несмотря на распространенность атеросклероза, этиология и патогенез его продолжают оставаться до конца не выясненными, а лечение носит паллиативный характер. Поэтому целью исследования явилось дальнейшее изучение структурно-цитохимических особенностей форменных элементов крови при атеросклерозе для нахождения более эффективных методов лечения.

Изучены форменные элементы крови 25 больных (женщин) атеросклерозом. Материал просматривался в световом, люминесцентном и сканирующем микроскопах. Часть материала исследована *in vitro*, определялось влияние плазмы больного атеросклерозом на форменные элементы крови доноров (практически здоровые люди). Электронограммы, полученные со сканирующего микроскопа, обработаны с помощью дифрактометра. Проведено сравнение полученных данных с контрольным материалом (практически здоровые люди — 25 случаев). Полученные данные обработаны вариационно-статистически. Достоверными считались данные при  $t > 2$ .

Наблюдения выявили ряд структурно-цитохимических отклонений форменных элементов крови при атеросклерозе. В периферической крови изменена форма эритроцитов, некоторые из них удлинены. Отмечаются микроэритроциты, имеющие форму гантелей, стержней.

Число патологически измененных эритроцитов в периферической крови доходит до 51%, из них 9% акантоцитов. Так, до лечения эритроциты перераспределены в мазке. Они часто склеены в отдельные небольшие группы. Кроме обычных форм, в мазке крови встречаются эритроциты с изрезанными краями, ответвлениями или складками на поверхности, а также эритроциты с расщепленным краем. На ответвлениях, отходящих от эритроцитов, преимущественно с их внутренней стороны, выявляются мелкие по размерам «частицы невыясненной природы» и тромбоциты. Местами ответвления, отходящие от поверхности эритроцитов, образуют замкнутый круг, внутри которого находятся «частицы невыясненной природы» и тромбоциты.

«Частицы невыясненной природы», лежащие на поверхности эритроцитов и видимые в световом, а также в люминесцентном микроскопах, могут быть подразделены на три вида: бесцветные в световом микроскопе, люминесцирующие бледно-желтым цветом; красноватые в световом, люминесцирующие желтым или зеленовато-желтым цветом; темные в световом, в люминесцентном имеющие темно-коричневый или черный цвет. Частицы эти группируются преимущественно около поверхности эритроцитов, но не между клетками. На сморщенных или разрушенных эритроцитах они не отмечаются. Поверхность других форменных элементов — лейкоцитов и тромбоцитов также окружена





«частицами невыясненной природы», но количество последних ничтожно.

В культуре ткани на 15-й мин культивирования количество эритроцитов, покрытых «частицами невыясненной природы», достигает 40,2%, на 30-й — 85,9%, на 60-й — 20,1%, на 2-м часу — 22,2%, на 3-м — 10,2%, на 6-м — 9,8%, на 9-м — 8,2%.

Небезынтересен факт, что тромбоциты адгенизированные на поверхности нормальных эритроцитов, имеют темную окраску. Что касается складок на эритроцитах, то они не однородны по толщине, длине, часто имеют зубчатый вид. Складки расположены как по краю (периферии), так и по центру поверхности клеток. В люминесцентном микроскопе края складок всегда носят неоднородно матовую, темную окраску.

Изучение эритроцитов периферической крови в сканирующем микроскопе показало, что мембрана их извита, местами слабо контурирована. Величина ее дифракции до лечения составляет в среднем  $2,1120 \pm 0,0605$  (норма  $0,7024 \pm 0,0031$ ), однако местами наблюдается значительно более высокий уровень дифракции.

Что касается эритроцитов с расщепленным краем, то расщепления эти имеют вид треугольника с основанием, направленным к поверхности, а острием — вовнутрь клетки. В местах расщеплений часто выявляются «частицы невыясненной природы» или светлые тромбоциты.

В периферической крови число измененных форм эритроцитов на 15-й мин эксплантации достигает 62,1%, на 30-й — 45,8%, на 60-й — 55,8%, на 2-м часу — 70,2%, на 3-м — 75,5%, на 6-м — 68,4%, на 9-м — 90,1%.

Большинство эритроцитов к 30-й мин культивирования набухает, к 6-му часу сморщивается, к 9-му преимущественно разрушается. При культивировании выявляются также эритроциты без окраски, т. е. «клетки-тени». К 15-й мин число их составляет 10,1%, мишеневидных — 18,4%, к 30-й мин соответственно — 14,8 и 25,2%, к 60-й — 8,1 и 19,9%, к 2-му часу — 8,2 и 10,1%, к 3-му — 5,2 и 11,6%, к 6-му — 7,2 и 12,7%, к 9-му — 1,1 и 2,4%. На поверхности эритроцитов-теней отмечаются «частицы невыясненной природы».

В культуре ткани выявляются «симпласты», наибольшее число которых отмечается к 60-й мин культивирования —  $11,2 \pm 0,5\%$ .

Если на контрольном материале тромбоциты в периферической крови представлены в виде мелких светлоокрашенных гроздьев, то у больных атеросклерозом до лечения не только мелкие, склеенные в отдельные небольшие группы, но и хорошо контурированные, набухшие тромбоциты. В культуре ткани при изучении плазмы крови больных атеросклерозом максимальное число набухших тромбоцитов выявляется к 30-й мин и 18-му часу от начала культивирования. На 15-й мин культивирования набухшие тромбоциты составляют 24,4%, на 30-й — 84,2%, на 60-й —  $79,8 \pm$ , на 2-м часу — 48,8%, на 3-м — 44,4%, на 6-м — 22,3%, на 9-м — 31,9%, на 18-м — 80,1%, на 24-м — 48,2%, на 48-м — 43,8%. Набухшие тромбоциты в люминесцентном микроскопе имеют черную окраску. На поверхности светлых тромбоцитов выявляются протуберанцы. В культуре ткани преимущественно темные тромбоциты адгезированы с эритроцитами.

После лечения больных мисклероном сердечными гликозидами, антиритмическими, гипотензивными, мочегонными средствами, витаминами групп В и С улучшается состояние больных атеросклеротическим кардиосклерозом, что выражается в структурном отношении в



определенных изменениях со стороны тромбоцитов и эритроцитов. Так, с улучшением состояния больных в периферической крови повышается число плазматических клеток —  $17,4800 \pm 1,1961$  (до лечения  $11,4400 \pm 1,49,30$ ; норма 0) и макрофагов —  $19,4400 \pm 0,7949$  (до лечения  $9,1200 \pm 0,8900$ ; норма  $1,0100 \pm 0,0100$ ).

Что касается эритроцитов, то после лечения края их становятся ровными. Уменьшается число эритроцитов с ответвлениями и расщепленных форм эритроцитов. Патологически измененные эритроциты в крови составляют  $9,6000 \pm 0,9574$ . 1,3% патологически измененных эритроцитов составляют акантоциты. Снижается количество «частиц невыясненной природы».

В сканирующем электронном микроскопе визуально мембрана эритроцитов без видимых изменений. Однако величина дифракции снижается, приближаясь по показателям к норме, и составляет  $1,1680 \pm 0,0450$ .

Что касается тромбоцитов, то после лечения они в основном разрознены, мелкие, хорошо контурированы, края ровные. В остальном наблюдаются светлые тромбоциты, светящиеся в люминесцентном микроскопе желтоватым цветом.

Проведенные наблюдения выявили структурно-цитохимические различия в эритроцитах и тромбоцитах больных атеросклерозом и доноров. Вышеперечисленные показатели лишь приближаются к норме после лечения, но не достигают ее полностью. Изменения как в периферической крови, так и *in vitro* дают возможность предположить, что в крови больных атеросклерозом циркулируют специфические антигены.

НИИ психиатрии  
им. М. М. Асатнани  
МЗ ГССР

(Поступило 16.4.1987)

მასპარეზობის მდივანი

წმ. ზურაბაშვილი, თ. შაბურიშვილი, ნ. ღარიბა, ნ. კეკელიძე,  
ნ. თარგამაშვილი

ერითროციტების და თრომბოციტების ცვლილება ათეროსკლეროზის დროს

რეზიუმე

შესწავლილია 25 ათეროსკლეროზით დაავადებულის და 25 დონორის ერითროციტების და თრომბოციტების სტრუქტურულ-ციტოქიმიური ცვლილებები. ნაჩვენებია, რომ პერიფერიულ სისხლში და ქსოვილოვან კულტურაში ერითროციტების მემბრანა დანგრეულია, ზედაპირზე აღინიშნება „გაურკვეველი ბუნების ნაწილაკები“ და თრომბოციტები. ერითროციტებს აქვთ უსწორმასწორო კიდეები განშტოებებით, ზოგიერთი მათგანი თითქოს გახლეჩილია. ქსოვილოვან კულტურაში აღინიშნება „უჭრედი — ჩრდილები“ და სამიზნისებური ერითროციტები. აღინიშნება „სიმპლასტები“.

Z. A. ZURABASHVILI, T. Sh. SHABURISHVILI, N. Sh. DARCHIA,  
N. G. KIKODZE, N. D. OKRIBELASHVILI

## CHANGES IN ERYTHROCYTES AND THROMBOCYTES IN ATHEROSCLEROSIS

### Summary

Structural and cytochemical changes of erythrocytes and thrombocytes have been studied in 25 atherosclerotic patients and 25 donors. The effect of atherosclerotic patients' plasma on the formed elements of blood of practically healthy individuals has been determined. It is shown that in the peripheral blood and in vitro the membrane of erythrocytes is destroyed, with "some particles of unidentified origin" and thrombocytes observed on its surface. Also observable, besides normal erythrocytes, are erythrocytes with serrated edges, with off-branches as well as their split forms. In tissue culture "ghost cells", target erythrocytes and symplasts are noted.

Л. Н. ЛОМТАТИДZE, И. М. КВАЧАДZE

## АГРЕГАЦИЯ ТРОМБОЦИТОВ У ДЕТЕЙ С ДИФFUЗНЫМ ПОРАЖЕНИЕМ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ ТКАНИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. И. Деканосидзе 4.6.1988)

Феномен агрегации тромбоцитов продолжает оставаться предметом научных изысканий в педиатрических клиниках различного профиля [1—5]. Это естественно, ибо от степени выраженности внутрисосудистой агрегации тромбоцитов в значительной мере зависит яркость клинических проявлений ряда заболеваний. Однако, несмотря на многочисленность работ, проведенных в данном направлении (преимущественно в клиниках взрослых больных), многие стороны физиологической целесообразности внутрисосудистой агрегации тромбоцитов остаются нераскрытыми. В частности, неудовлетворительны наши знания об агрегации тромбоцитов при диффузных поражениях соединительной ткани.

В последние годы стало известно, что при ряде заболеваний с поражением соединительной ткани (системная красная волчанка — СКВ и ревматоидный артрит — РА) в крови обнаруживается люпоидный антикоагулянт [6]. Последний является фрагментарной частицей иммуноглобулинов IgG и IgM и ингибирует выделение различными тканями простагландинов (в частности  $PGI_2$ ), которые, в свою очередь, представляют собой защитный механизм против внутрисосудистой агрегации тромбоцитов. Из ранее опубликованных работ [7] получена интересная информация о том, что коллаген и даже некоторые разрушенные его структуры (последнее много лет отрицалось [7]) индуцируют агрегацию тромбоцитов. Как нам представляется, это позволит подойти к оценке агрегации тромбоцитов с новых позиций. Известно, что агрегация тромбоцитов сопровождается высвобождением ионов кальция, АТФ и АДФ, серотинина и других медиаторов, усиливающих пролиферацию фибробластов [8], которые синтезируют коллаген [7]. Все это заслуживает пристального внимания, ибо при СКВ и РА имеет место разрушение коллагена, и следовательно, агрегация тромбоцитов не может рассматриваться только как патологический феномен.

В связи с изложенным нами было предпринято изучение внутрисосудистой агрегации тромбоцитов у детей в возрасте от 5 до 15 лет, страдающих СКВ (22 больных) и РА (26 больных). Среди последних были больные с суставно-висцеральной формой РА. В настоящем сообщении излагаются данные об агрегационной активности тромбоцитов у детей с СКВ и РА в периоде клинической ремиссии и при обострении процесса, а также при наличии патологических изменений в почках.

По результатам клинко-лабораторных исследований у 2/3 больных имел место почечный синдром.

Способность к агрегации и дезагрегации тромбоцитов изучали на агрегометре французской фирмы «Coultronics» по методу Борна [9], в основе которого лежит определение падения оптической плотности плазмы, богатой тромбоцитами. Индукцию агрегации осуществляли АДФ. Степень агрегации и дезагрегации вычисляли по формуле



$$A = \frac{E_{\max} - E_t}{E_{\max}}, 100 \%,$$

где  $E_{\max}$  — исходная оптическая плотность плазмы,  $E_t$  — динамика оптической плотности плазмы, определяемая в течение 10 мин.

Для установления нормальных показателей агрегации и дезагрегации нами была исследована плазма здоровых детей в возрасте от 5 до 15 лет (11 мальчиков и 14 девочек). Максимальная величина падения оптической плотности плазмы составила  $22,9 \pm 1,40\%$  (без достоверных отличий у мальчиков и девочек), а разница между величиной агрегации и уровнем оптической плотности плазмы к 10-й минуте от начала исследования равнялась  $3,0 \pm 0,15\%$ .

В группе больных с СКВ в периоде клинической ремиссии наблюдалась выраженная тенденция к снижению агрегационной способности тромбоцитов и процесса дезагрегации ( $20,1 \pm 1,1\%$  и  $1,9 \pm 0,2\%$  соответственно) по сравнению с нормальными показателями здоровых детей.

Интеграционная оценка агрегационной способности и дезагрегации у больных с СКВ хотя и дает общее представление, однако не раскрывает индивидуальных проявлений указанного феномена. Из 22 больных у 18 имело место клинико-лабораторное подтверждение наличия почечной патологии. В этой подгруппе изучаемые показатели процесса агрегации и дезагрегации были существенно ниже, чем у здоровых ( $17,3 \pm 1,4\%$  и  $0,8 \pm 0,03\%$ ), и соответственно приближались к статистически значимой разнице ( $t=2,36$ ). В этой же подгруппе больных было 7 детей с давно текущим почечным синдромом, который расценивался как лопус-нефрит. Это были тяжелые по основному заболеванию дети, в основном старше 12 лет, получавшие длительно глюкокортикоидную терапию. У них показатели агрегации и дезагрегации были еще ниже —  $16,18 \pm 2,1\%$  и  $0\%$  ( $t=2,70$ ,  $P<0,05$ ).

В периоде заболевания, когда у больных с СКВ были повышены показатели активности процесса, у 4 детей с выраженной гематурней агрегация тромбоцитов была выше, чем у здоровых ( $24,21 \pm 1,2\%$ ), при нулевой дезагрегации. У остальных больных показатель агрегации тромбоцитов был явно снижен и в среднем по подгруппе (18 детей) составил  $17,0 \pm 1,1\%$ . Разницы между исходной величиной агрегации и уровнем оптической плотности к 10-й минуте ее исследования не отмечалось.

У больных с РА в периоде клинической ремиссии по сравнению со здоровыми также наблюдалось снижение агрегационной способности тромбоцитов, однако степень ее падения была менее выраженной, чем у детей с СКВ, и в целом по группе (26 детей) показатель агрегации составил  $21,1 \pm 1,5\%$ , а дезагрегации —  $2,3 \pm 0,2\%$ . Однако при более тщательном отборе больных в подгруппе с однотипными поражениями внутренних органов показатели агрегации и дезагрегации тромбоцитов имели другое значение. Так, в подгруппе детей с патологией почек (14 больных, у 3 из которых поражение почек было подтверждено биопсией) агрегационная способность тромбоцитов была существенно ниже ( $17,0 \pm 1,2\%$ ) и статистически достоверно ( $P<0,01$ ) отличалась от таковой здоровых детей. В периоде высокой активности процесса в подгруппе детей с почечной патологией происходило даль-



нейшее снижение показателя и агрегации тромбоцитов и в отдельных наблюдениях он составлял 15,8% при  $16,1 \pm 1,1\%$  в целом по подгруппе.

Таким образом, проведенное исследование агрегационной и дезагрегационной способности тромбоцитов у детей с СКВ и РА показало, что снижение ее у детей коррелирует с активностью процесса и, следовательно, может служить дополнительным критерием тяжести заболевания. Наличие почечных осложнений способствует угнетению агрегации тромбоцитов, что, возможно, обусловлено усиленным выбросом простагландинов пораженной почкой.

Тбилисский государственный  
медицинский институт

(Поступило 30.6.1988)

მაკაბრიძის მდივანი

ლ. ლომთაძე, ი. კვაჩაძე

თრომბოციტების აგრეგაცია ბავშვებში უმეარტიკული ქრონიკული დიფუზური დაზიანებისას

რეზიუმე

თრომბოციტების აგრეგაციისა და დეაგრეგაციის შესწავლამ რევმატოიდული ართრიტი და სისტემური წითელი მგლურით შეპყრობილ ბავშვებში გვიჩვენა, რომ შათი რაოდენობის დაქვეითება კორელირდება პროცესის აქტივობასთან და იგი შეიძლება წარმოადგენდეს დამატებით კრიტერიუმს დაავადების სიმძიმისა. აღსანიშნავია, რომ თირკმლის-მიერი გართულებანი განპირობებენ თრომბოციტების აგრეგაციის დათრგუნვას, რაც შეიძლება გამოწვეული იყოს დაზიანებული თირკმლის მიერ პროსტაგლანდინების გაძლიერებული გადმოსროლით.

EXPERIMENTAL MEDICINE

L. N. LOMTATIDZE, I. M. KVACHADZE

## THROMBOCYTE AGGREGATION IN CHILDREN WITH DIFFUSIVE DAMAGES OF THE CONNECTIVE TISSUE

### Summary

The study of thrombocyte aggregation and disaggregation in children with rheumatic arthritis and systemic lupus erythematosus has revealed that a decrease in the number of thrombocytes correlates with the activity of the process and may represent an additional criterion of the severity of disease. It should be also noted that kidney complications result in thrombocyte aggregation depression which may be due to an increased release of prostaglandins by damaged kidneys.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Д. Д. Бабаджанова, И. В. Кошель, Х. М. Марков. Педиатрия, 8, 1987, 43—45.
2. Г. А. Вершинина. Автореферат канд. дисс. М., 1987, 24.
3. О. Н. Заботина. Автореферат канд. дисс. М., 1986, 24.
4. С. М. Мустафина. Педиатрия, 10, 1980, 24.
5. N. R. Carrell, D. A. Gabriel, P. M. Blatt *et al.* Haematologia, 62, 1983, 439-447.
6. М. Ферстрате, Ж. Фермилен. Тромбозы. М., 1986, 333.
7. В. В. Серов, А. Б. Шехтер. Соединительная ткань. М., 1981, 312.
8. R. B. Butherford, R. U. Ross. J. Cell. Biol., 69, 1976, 116-203.
9. V. R. Born. Nature, 194, 1962, 227-229.

Р. Л. МИТАШВИЛИ, Е. Н. КВИТАШВИЛИ

## ОБ ИЗМЕРЕНИИ ПОТЕНЦИАЛА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

(Представлено академиком А. Л. Гунна 15.6.1987)

Производственная система, представляющая собой самостоятельную в юридическом смысле организацию, характеризуется целенаправленностью, является частью некоторой другой целенаправленной системы, а сами элементы этой системы имеют собственные цели.

Потенциал этой системы представляется как ее способность выполнять намеченные цели.

Для измерения потенциала производственной системы, являющейся сложной вероятностной системой, необходимо ее описать, что обычно осуществляется на основе моделирования основных взаимосвязей и закономерностей, характеризующих исследуемый объект.

Для этой цели прибегают к моделированию показателей, характеризующих производственный процесс, обычно принятых в практике народнохозяйственного планирования.

Совокупность показателей должна характеризовать производственную систему как нечто целое. Обозначим через  $Y_{ij}$  показатель  $j$  производственной системы  $i$  ( $i = \overline{1, n_1}$ ;  $j = \overline{1, n_2}$ ). Тогда  $Y_{ij}(t)$  будет характеризовать значение этого показателя в момент времени  $t$ . Совокупность этих показателей

$$Y_i(t) = F_i(Y_{i1}(t), Y_{i2}(t), \dots, Y_{in}(t), x_{i1}, \dots, x_{ik}(t)) + \varepsilon_i, \quad (1)$$

назовем состоянием производственной системы в момент времени  $t$ , где  $x_{id}(t)$  — предопределенная переменная, а  $\varepsilon_i$  — случайная переменная со средней, равной 0, и дисперсией  $\sigma_i^2$ . Следовательно, показатели, включенные в модель функционирования производственной системы, находятся в некотором отношении. Это отношение устанавливает необходимый уровень их значений. Очевидно, что при равенстве нулю некоторых переменных функционирование производственной системы прекращается (если показатели структурно между собой взаимосвязаны). Искомые отношения определяют величину потенциала. Увеличение потенциала требует изменения этих отношений.

В связи с вышеизложенным рассмотрим измерение потенциала для различных однородных производственных систем, объединенных в две группы. В одну группу включены производственные системы, подчиненные некоторому одному ведомству, в другую — с такой же технологией производства, но некоторому другому ведомству; к примеру, в первую группу включены автотранспортные производственные объединения Министерства автомобильного транспорта Грузинской ССР, а во вторую — автотранспортные предприятия РПО «Агропромтранс» Госагропрома Грузинской ССР. Показатели по первой группе обозначены через  $y'_i$ , а по второй — через  $y''_i$ . Пусть система структурных эконометрических моделей (2) описывает производственные объекты первого ведомства, а (3) — второго, т. е.



$$\left. \begin{aligned}
 y'_1 &= \beta'_{12} y_2 + \dots + \beta'_{1h} y_h + \gamma'_{11} x_1 + \dots + \gamma'_{1k} x_k + \varepsilon'_1, \\
 y'_h &= \beta'_{h1} y_1 + \dots + \beta'_{h,h-1} y_{h-1} + \gamma'_{h1} x_1 + \dots + \gamma'_{hk} x_k + \varepsilon'_h, \\
 y''_1 &= \beta''_{12} y_2 + \dots + \beta''_{1h} y_h + \gamma''_{11} x_1 + \dots + \gamma''_{1k} x_k + \varepsilon''_1, \\
 y''_h &= \beta''_{h1} y_1 + \dots + \beta''_{h,h-1} y_{h-1} + \gamma''_{h1} x_1 + \dots + \gamma''_{hk} x_k + \varepsilon''_h,
 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} (2) \\ (3) \end{array}$$

где  $y'_i$  и  $y''_i$  — одноименные показатели,  $x_j$  — predetermined переменные, а  $h + k = n_2$ .

При одном и том же уровне  $x_i$  величины  $y'_i$  и  $y''_i$  будут зависеть от параметров  $\beta'$ ,  $\beta''$ ,  $\gamma'$ ,  $\gamma''$ . Если цель исследуемых систем заключается в росте объемов обслуживания народного хозяйства и населения при росте эффективности перевозок, то у более эффективно функционирующих производственных систем показатели, характеризующие рост, будут больше, а эффективность — выше, т. е.

$$y'_e \geq y''_e \quad (l = \overline{1, c}) \quad \text{и} \quad y'_d \leq y''_d \quad (d = \overline{c + 1, n}).$$

В связи с вышеизложенным рассмотрим статические пространственные структурные регрессионные модели, разработанные для производственных систем автомобильного транспорта общего пользования ( $Y'$ ) и ( $Y''$ ) предприятий РПО «Агропромтранс». Модели, характеризующие потенциал производственных систем и эффективность функционирования, а также некоторые статистические характеристики, приведены соответственно в табл. 1 и 2.

Таблица 1  
Модели, характеризующие потенциал производственных систем

№ модели	М о д е л и	Статистические характеристики		
		R	F	S <sub>...</sub>
1	$y'_1 = 1004,0 + 16,0 x_2 + 61 y_2 + 197 y_8$	0,995	649,4	1703,8
2	$y'_2 = -21,2 + 52 x_1$	0,973	356,8	27,5
3	$y'_3 = 750,8 + 2920 x_1$	0,980	126,81	2584,7
4	$y''_1 = 66,1 + 83,0 y_2$	0,992	1098,5	180,2
5	$y''_2 = -9,63 + 32,0 x_1$	0,991	1067,8	2,1
6	$y''_3 = 126,6 + 1420 x_1$	0,980	453,5	145,4

Представленные в табл. 1 и 2 модели и статистические характеристики позволяют оценить степень соответствия модели наблюдаемым данным и провести формальный и количественный анализ. Сравнение моделей показывает, что в табл. 1 модель под номером один отличается от четвертой, являющейся неполноидентифицированной, количеством факторов. Это объясняется тем, что РПО «Агропромтранс» перевозкой пассажиров не занимается. Остальные модели табл. 1 отличаются друг от друга лишь коэффициентами. Именно эти коэффициенты позволяют сравнивать между собой две различные системы. Коэффициенты регрессии в моделях 2 и 3 значительно больше, что гарантирует более быстрый рост потенциала, в том числе и рост доходов.



Таблица 2

Модели, характеризующие эффективность производственных систем

№ модели	М о д е л и	Статистические характеристики		
		R	F	S <sub>y</sub>
1	$y_4' = 0,37 + 7,1 x_1$	0,979	426,7	0,446
2	$y_5' = -0,941 + 10,4 x_1 + 0,01 x_3$	0,988	253	4,6
3	$y_6' = -1286 + 1192 x_4 + 1274 x_5$	0,949	85,7	3932,3
4	$y_7' = -22,48 + 67,33 x_4 + 6192 x_5$	0,943	76,6	205,9
5	$y_4'' = 0,44 + 4x_1$	0,979	576	2,9
6	$y_5'' = -0,17 + 7,6 x_1 + 0,019 x_3$	0,984	588,9	0,8
7	$y_6'' = -153 + 1895,2 x_4$	0,967	265,1	408,1
8	$y_7'' = -3,78 + 127,6 x_4$	0,968	269,5	27,2

R—коэффициент множественной корреляции; F—расчетное значение коэффициента Фишера; S<sub>y</sub>—стандартное отклонение оценки зависимой переменной; y<sub>1</sub>—доходы (тыс. руб.); y<sub>2</sub>—грузооборот (млн. ткм); y<sub>3</sub>—объем перевозок грузов (тыс. т); y<sub>4</sub>—пробег автомобиля с грузом (млн. км); y<sub>5</sub>—общий пробег автомобилей (млн. км); y<sub>6</sub>—среднегодовая стоимость основных фондов (млн. руб.); y<sub>7</sub>—сумма нормируемых оборотных средств (млн. руб.); y<sub>8</sub>—платный пробег такси (млн. км); x<sub>1</sub>—используемая грузоподъемность парка (тыс. т); x<sub>2</sub>—используемая вместимость парка (тыс. мест); x<sub>3</sub>—количество грузовых автомобилей (штук); x<sub>4</sub>—общая грузоподъемность парка (тыс. т); x<sub>5</sub>—вместимость автобусов (тыс. мест).

Такое же положение складывается и в моделях, отражающих эффективность производственных систем. Так, по первой системе моделей при одном и том же уровне использования грузоподъемности, общей грузоподъемности, количества автомобилей последние осуществляют больший полезный пробег, имеют меньшую сумму нормируемых оборотных средств и меньшую стоимость основных производственных фондов.

В табл. 3 приведены конкретные расчеты по обеим системам мо-

Таблица 3

Величины зависимых переменных по двум системам моделей

Зависимая переменная	Величина значений переменных по I системе моделей	Зависимая переменная	Величина значений переменных по II системе моделей
y <sub>1</sub> '	25863,9	y <sub>1</sub> ''	7235
y <sub>2</sub> '	407,5	y <sub>2</sub> ''	71,2
y <sub>3</sub> '	24826,2	y <sub>3</sub> ''	14239
y <sub>4</sub> '	58,9	y <sub>4</sub> ''	41,7
y <sub>5</sub> '	107,5	y <sub>5</sub> ''	100,8
y <sub>6</sub> '	13435,2	y <sub>6</sub> ''	20345
y <sub>7</sub> '	809	y <sub>7</sub> ''	1500

делей при условии функционирования РПО «Агропромтранс» как объединения Минавтотранса, при этом общая грузоподъемность парка принимается равной 12,35 тыс. т.



Анализ табл. 3 убеждает в том, что первый способ организации производственных систем обеспечивает более высокий уровень потенциала и эффективности.

Научно-исследовательский институт  
экономики, планирования и  
управления народным хозяйством  
при Госплане Грузинской ССР

(Поступило 18.6.1987)

ეკონომიკა

რ. მითაიშვილი, ე. კვიტაშვილი

საწარმოო სისტემათა პოტენციალის გაზომვის შესახებ

რეზიუმე

ერთობლივ ეკონომეტრიკულ მოდელთა სისტემის შემუშავების საფუძველზე შერჩეულია ერთგვაროვანი საწარმოო სისტემების მართვის ორგანიზაციული ფორმა.

ECONOMICS

R. L. MITAISHVILI, E. N. KVITASHVILI

ON MEASURING THE POTENTIAL OF PRODUCTION SYSTEMS

Summary

An approach to choosing the organizational forms for the management of similar production systems has been developed based on a system of joint econometric models.

ლ. კვანტალიანი

„არის“ ზმნის ერთი ფუნქციონისათვის ქართულში

(წარმოადგენს აკადემიკოსმა შ. ძიძიგურმა 1.3.1987)

წინადადებებში ზოგჯერ გვხვდება სიტყვა (ან სიტყვათა ჯგუფი), რომელიც სინტაქსურ კავშირში არ არის კონსტრუქციასთან და ერთი შეხედვით „ზედმეტად“ გამოიყურება. ასეთ სიტყვებს ერთადერთი დანიშნულება აქვთ — გამოყონ მოსაუბრის თვალსაზრისით ხაზგასასმელი სიტყვა გამონათქვამში. მათ ლექსიკურ აქტუალიზატორებს უწოდებენ.

ქართულში აქტუალიზაციის სხვადასხვა საშუალება არსებობს. ლექსიკური აქტუალიზატორებიც საკმაოდ არის. ჩვენ შევეხებით მხოლოდ ერთ მათგანს — „არის“ ზმნის გამოყენებას ამ დანიშნულებით.

„არის“ მოსდევს ხოლმე იმ სიტყვას, რომელსაც გამოყოფს. ასეთი შეიძლება იყოს ქვემდებარე, დამატებები, განსაზღვრებაც და გარემოებაც.

შ ა გ ა ლ ი თ ე ბ ი :

ქვემდებარე- დამატებებთან

წადიო და ფალავნისა ეგების შენც არის ჰსცნა რამეო (შჰნმ, III, 384); თქვენც არის გებრალეზოდეთ (იესე ბარათ., 587); ორიოდ-სამი პურიც არის წაიღეო (სულხან-საბა, სიბრძნე, 14); შემოსავალი არა აქეს რა და ეგების ცხენებიც არის დაარჩინოსო (იესე ბარათ., 586); იმას თავისი ეკა დაემალეზოდა სადმე და ნახვასაც არის ვერ მოავგარებდა (ანტ. ფურც.; 582); [ონისეს] პირმოკუმულს სუნთქვაც კი ვერ გაებედა, რათა პაერის მცირედის ნოძრაობითაც არის მისთვის მყუდროება არ დაერღვია (ალ. ყაზბ., 297); სიკვდილით მაინც არის ეხსნა ამ მწუხარებისაგან (ანტ. ფურც.; 503):

განსაზღვრებასთან

ეგების ერთმაც არის შვილმა შეიძლოს... კარგი მდივნობა (იესე ბარათ., 696); არ იქნების, რაგინდ ბრძენი იყოს, ერთიც არის საქმე არ დაიციდინოს (სულხან-საბა, 53); სად არის... ამოდენა ღონისძიება სახელმწიფოში, დავაყენოთ თვითოც არის სწავლული (ანტ. ფურც., 624); თუ თქვენთან ერთად სამიც არის შეგნებული ქართველი ამას იტყვის ჩემზე... მაშინ მე კალამს ვაგდებ ხელიდან (ეაუა, VII, 258); თუ რაც ხალხი ჰყავს, ნახევარიც არის იმის საზრდო მივეც, ჩემი ეკლესიის შემოსავალი იმას მოუნდება (იესე ბარათ., 657).

გარემოებასთან

გასწიეს ანაკლიის გზისაგან იმ იმედით, რომ იქაც არის იქნება შევხვდეთ გემსაო (ანტ. ფურც. 631,8); რა პირს ცოტასაც არის გააღებს. ფეხს შეუყოფს, ნელ-ნელა შევა შიგ (სულხან-საბა, 55); ამ დროს ღმერთსაც ნუ ექნა, რომ მახამეთას ოდნავადაც არის ცხენები გაებრუნებინა (ალ. ყაზბ., 1,23).



ყველა ზემოთ დასახელებულ შემთხვევაში „არის“ ხაზს უსვამს, გამოყოფს წინდგომ წევრს, ყურადღებას ამახვილებს მასზე და ამდენად ასრულებს გამოორჩევითი, გაძლიერებითი ნაწილაკის (მაინც, კი...) ფუნქციას. ეს ჩანს შემდეგიდან:

1. „არის სინტაქსურ კავშირში სხვა სიტყვებთან არ არის, მისი ამოღებით სტრუქტურა არ იშლება. მაგ.: ნეტა ერთიც არის მეგობარი მომცა (ვაჟა, 12, 371); შდრ. ნეტა ერთი ნეგობარი მომცა.

2. ეს ზმნა, ჩვეულებრივ, გვხვდება ც-ს ნაწილაკიან სრულმნიშვნელოვან სიტყვებთან, ე. ი. ამ ნაწილაკის მნიშვნელობას კიდევ უფრო აძლიერებს. მაგალითები: დიად, ცოტასაც არის ეს მართალი და პატიოსანი ენა ამარლებს იმას და აფრთხილებს (ვაჟა, VII, 94); იმას უნდოდა ერთი დღეც არის გაეტარებინა თავის მშობლების სახლში (ანტ. ფურც., 599).

სადაც ც ნაწილაკი არ არის, იქ შეიძლება სხვა გაძლიერებითი ნაწილაკი გაჩნდეს მაგალითები: ფიქრადაც არ შოუვიდა ესლა მაინც არის სახლის მოგონება (ანტ. ფურც., 503); მათთან ერთად სხვებიც ირეოდნენ, რომ თვალით არის მაინც გამოეცხადებინათ ერთმანეთისათვის გრძობა (შ. არაგვ., 135).

სემანტიკურად ჭარბი ჩანს „მაინც“ ნაწილაკის გვერდით „არის“. ამიტომ ქართულში პირველმა მეორე ადვილად განდევნა. ამგვარივე სიჭარბე იგრძნობა მაშინაც, როცა „არის“ სხვა ნაწილაკებს დაერთვის მაგ.:

ლამის არის გავიფიჩხე (დ. შენგ., 347); გამოიხრტუკა კია საკრამიტეში ეგ საცოდავი (შ. ელიოზ., 108).

3. ნაწილაკის ფუნქციით გამოყენებული „არის“ ხაზგასასმელი სიტყვის შემდეგ დგას, მისი ადგილის შეცვლა შეუძლებელია. მაგალითად: I. რა პირს ცოტასაც არის გააღებს, ფერხს შეუყოფს (სულხან-საბა, 55); შდრ. II. ფარსავი სახლი, ძვირად არის, არ გამოდიოდეს (იქვე, 196).

პირველ მაგალითში „არის“ ნაწილაკის ფუნქციას ასრულებს და მას წინ ვერ დავსვამთ, მისი ამოღებით კონსტრუქციას არა მოუვა რა. მეორე მაგალითში „არის“ სრულმნიშვნელოვანი ზმნაა, რომელსაც ვითარების გარემოებაც ახლავს, ამიტომ ასეც შეიძლება შეგვხვდეს: არის ძვირად... უფრო მეტიც: „არის“ თუ ამოვიღეთ, კონსტრუქცია დაირღვევა (აქ მთავარი კომპონენტი დამოკიდებულშია ჩართული). შეიძლება ასეც: ძვირად არის, ფარსავი სახლი არ გამოდიოდეს.

ღადასტურებით-გაძლიერებითი მნიშვნელობა „არის“ ზმნისა მისი სემანტიკიდან გამომდინარეობს, ამიტომ ზეპირმა მეტყველებამაც იგი ამ მიზნით თავისუფლად გამოიყენა. აქედან გადმოვიდა მწერლობაშიც, ოღონდ სალიტერატურო ენაში ფართოდ გავრცელებულმა „მაინც“ ნაწილაკმა თანდათან გამოდევნა „არის“ სრულმნიშვნელოვანი სიტყვების გასააქტიურებლად.

ამავე ფუნქციისა ჩანს „არის“ („რე“) მეგრულშიც, მაგალითები: სირე მომიკიონტე (მ. ტ. 33, 59) — შენ არის გამაბრუე; ათეს რდუო მნატრედინი (მ. ტ. 164, 227) — ამას იყო რომ ვნატრობდი; მა თეშა რე მოშკურუნი, საწმოხონოთ ვეგუენი (მ. ტ. 105, 197) — მე ამისა არის რომ მეშინია, სამერმისო რომ არ იქნე.

მეგრულმა ქვეყნობას დაამსგავსა ამგვარი კონსტრუქცია. ამ შემთხვევაშიც „რე“ რომ ნაწილაკია, ამას ადასტურებს შემდეგი: „რე“--ს ამოღებით კონსტრუქცია არ ირღვევა [ათეს რდუო მნატრედინი — შდრ. ათეს მნატრედინი]; სახელი, რომელსაც გამოყოფს, ააქტიურებს. „რე“, ბრუნვაში იმართვს ძირითადი ზმნის მიერ [ათეს (რდუო) მნატრედინი]; სი[რე]მომიკიონტე.



„რე“||„რდუ“-ს მოხმარება ნაწილაკის მნიშვნელობით მეგრულში ცხად-  
ყოფს, რომ ქართულშიც უნდა გვექონოდა ამგვარი ვითარება. მართლაც, ინ-  
გილოურ დიალექტში გრ. იმნაიშვილს დადასტურებული აქვს გაძლიერებით  
ნაწილაკის მნიშვნელობის მქონე იყო (||ეყო).

ამგვარად, უახლეს ქართულში „არის“, როგორც გაძლიერებითი ნაწილა-  
კი, თითქმის აღარ ვეხვდება. მეგრული კი „რე“-ს ამ ფუნქციით ახლაც იყე-  
ნებს.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
ენათმეცნიერების ინსტიტუტი

(შემოვიდა 20.3.1987)

ЯЗЫКОЗНАНИЕ

Л. М. КВАНТАЛИАНИ

ОБ ОДНОЙ ФУНКЦИИ ГЛАГОЛА *aris* (БЫТЬ) В ГРУЗИНСКОМ  
ЯЗЫКЕ

Резюме

В грузинской разговорной речи глагол *aris* (быть) употреблялся  
в качестве выделительно-усилительной частицы и выполнял функцию  
лексического актуализатора.

В современном литературном языке *aris* не имеет этого значе-  
ния, а в мингрельском соответствующий «ге» сохранил эту функцию.

LINGUISTICS

L. M. KVANTALIANI

ON ONE FUNCTION OF THE VERB "TO BE" (*ARIS*) IN  
THE GEORGIAN LANGUAGE

Summary

The paper considers the verb "to be" (*aris*), which was one of the  
means of actualization in the Georgian oral speech. Its function was that  
of a distinguishing and intensifying particle. Nowadays the verb under  
consideration does not take such a function.

Н. М. МУРМАНИШВИЛИ

ДИАХРОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СЛОВ, ОБОЗНАЧАЮЩИХ МЕРУ  
ДЛИНЫ И ВОСХОДЯЩИХ К НАЗВАНИЯМ ЧАСТЕЙ ТЕЛА  
В ДРЕВНЕАНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

(Представлено академиком Ш. В. Дзидзигури 29.3.1988)

Среди небольшой группы слов, обозначающих меру длины в древнеанглийском языке, обращает на себя особое внимание компактная группа существительных, связанных с названиями частей тела, и настоящее сообщение посвящается их диахроническому анализу, как позволяющему обнаружить их семантические и ономастологические особенности в динамике их возникновения. Несмотря на то что в работах многих английских лексикологов содержались отдельные замечания об истории слов, обозначающих разные единицы измерений, полного описания этой важнейшей части лексики ни в историческом, ни в синхронном аспекте не существовало. Нельзя не отметить в этой связи, что близкая нам, казалось бы, работа С. А. Швачко [1] сосредоточена на изучении других вопросов — группа счетных слов и слов-измерителей анализируется в ней по их функционированию в разных моделях сочетания слов и с разной частотностью в современном английском языке. Наше сообщение мыслится как восполняющее этот пробел в отношении единиц, связанных по своему происхождению с названиями частей тела.

Мы ставим перед собой задачу рассмотреть, как формировалась семантическая структура изучаемых нами слов и какими изменениями исторического характера было ознаменовано их развитие. С этой целью мы выдвигаем понятие моделированного семантического сдвига, т. е. того конкретного изменения, благодаря которому в семантической структуре слов появляются новые значения одного и того же типа. В этом смысле можно утверждать, что анализ нашего материала имеет прямое отношение к решению проблем регулярной полисемии слова, исследование которых было начато в работах М. В. Никитина и его учеников [2].

В древнеанглийском языке вся группа слов, служащих обозначению длины, ширины, расстояния, протяженности, считывала около 26 слов. Среди них только обозначению длины служили 23 слова. Тем важнее представляется тот факт, что почти половина этого пласта лексики представлена словами, первое номинативное значение которых подается в словаре как обозначение части тела. Интересно также отметить, что за несколькими единичными исключениями (foot, ell, hand, span, thumb, finger, nail) эти же слова сохраняются и в современном английском языке и что их семантическая структура по-прежнему включает и значение части тела, и значение меры.



На первых стадиях развития человеческого общества измерения носили лишь приблизительный характер и совершались «на глаз». Древнеанглийский язык отражает уже следующий этап проводимых измерений — использование в качестве эталонов длины естественных объектов, прежде всего небольших частей тела (ступни, локтя, пальцев и т. п.). Единицей измерения становятся соответственно ширина ладони (palm), расстояние от локтя до вытянутого среднего пальца (fathom). Хорошо известно, что использование частей тела в указанном качестве, т. е. для осуществления измерений, характерно для самых разных языков. Таким образом, первый семантический сдвиг, наблюдаемый в словах рассматриваемого типа, заключается в переходе от значения части тела к значению «мера длины, связанная с использованием данной части тела в качестве эталона измерения». Совершенно очевидно, однако, что потребности более точных измерений указанным способом удовлетворены быть не могли: само измерение было лишено необходимой строгости, оно оставалось достаточно субъективным и т. д. Вполне объяснимым поэтому представляется и следующий семантический сдвиг — от диффузного обозначения длины к более точному или же более специализированному. Первый тип семантического сдвига наблюдается в таких случаях как фут = 30,48 см из значения «мера длины, определяемая ступней человека» (ср. A lineal measure based on the length of a man's foot) или — в другой системе измерений — фут = 12 дюймов, 1/3 ядра. Сравним также историю слова fathom, обозначавшего первоначально «локоть», а позднее использовавшегося для измерений небольших длин, откуда далее его специализация со значением «морская сажень». В современном английском языке это слово демонстрирует полную перестройку своей семантической структуры: значение «локоть» полностью устраняется, и его первым номинативным значением становится «морская сажень = 6 футам» (ср. A definite measure of 6 feet; Now chiefly used in taking soundings).

Примечательно, что точной единицей измерения является в древнеанглийском языке заимствование из латинского языка и что все исконные меры длины, диффузные и неточные, постепенно начинают коррелировать с этим заимствованием (inch), благодаря чему и происходят, собственно, совмещение двух разных систем измерений и перевод из одной в другую. Эту новую систему в древнеанглийском можно изобразить в следующем виде:

	INCH
	THUMB = 3 inches
	SPAN = 9 inches
	ELL = 45 inches

Анализируя слова рассматриваемой группы, необходимо обратить внимание и на особое положение руки в системе эталонов измерения: практически не только сама рука, но и ее отдельные части — мизинец (tinger), расстояние между мизинцем и большим пальцем (span) ладонь — так или иначе использовались для измерения разных вели-



чии и объектов. От обозначений руки идут и такие обозначения объема, как «горсть», и такие обозначения длины, как «пядь», и такие обозначения ширины, как «ширина ладони» (palm). Это позволяет нам выделить еще один тип семантического сдвига от обозначения линейного к обозначению объема или же плоскости, поверхности, что приводит к возможности совмещения в одной и той же семантической структуре разных измерений. Примером такого развития могут служить слова foot, inch, nail, ell, которые объединяют названия длины и емкости или же длины и веса. В основе древнеанглийского nail лежало обозначение ногтя; метонимически оно стало обозначать маленький гвоздь или кусок металла разной длины и толщины, откуда в среднеанглийском появляется и значение длины, и значение меры плоскости (земли), и меры веса. Все это показывает взаимосвязанность разных мер и разных единиц измерений и, по всей видимости, их первоначальную диффузность.

Хотя в древнеанглийском языке, наряду с обозначениями частей тела, в качестве мер длины использовались и обозначения других вещных предметов (палки, хлыста, посоха, трости и т. п.), по-видимому тех, которые могли служить измерительными рейками (эталоны), основные меры длины сформировались на основе первых (фут, дюйм, ярд, пальма). О важности и исторической стабильности рассматриваемой группы слов свидетельствует и тот факт, что лишь малый процент ее слов вообще элиминируется из языка. В целом же ее анализ демонстрирует однотипность семантических преобразований у семантических структур слов данной группы, естественность перехода с обозначений референтов одного семантического класса (жестких десигна-тов) на другой — названия единиц измерений со строго очерченными величинами.

Московский государственный институт  
 иностранных языков  
 им. Мориса Тореза

(Поступило 31.3.1988)

ენათმეცნიერება

ბ. შურბანიშვილი

სახელის ნაწილების სახელებთან დაკავშირებული სიბრძნის ზომების აღმნიშვნელი სიტყვების დიაქრონული ანალიზი

რეზიუმე

შესწავლილ იქნა არსებით სახელთა ჯგუფი, რომლებიც ძველ ინგლისურ-ში სიგრძის ზომებს აღნიშნავენ და დაკავშირებული არიან სხეულის ნაწილების სახელებთან. ამ მიზნით წამოყენებულ იქნა მოდელირებული სემანტიკური გადაწყვეის ცნება, ე. ი. იმ კონკრეტული ცვლილების ცნება, რომლის მეშვეობითაც სიტყვათა სემანტიკურ სტრუქტურაში ჩნდება ერთი და იმავე ტიპის ახალი მნიშვნელობები. სემანტიკური გადაწყვევა არის სხეულის ნაწილის მნიშვნელობის გადაქცევა სიგრძის ზომის მნიშვნელობად, რაც მიცემული ნაწილის ზომის ეტალონად გამოყენებასთან არის დაკავშირებული.



N. M. MURMANISHVILI

DIACHRONICAL ANALYSIS OF WORDS EXPRESSING THE  
MEASURE OF LENGTH IN OLD ENGLISH AND CONNECTED  
WITH THE NAMES OF THE PARTS OF THE BODY

## Summary

A small group of nouns expressing the measure of length in Old English and connected with the names of the parts of the body has been analysed. With this purpose the notion of modelled semantic shifting has been proposed, i. e. the notion of the concrete change due to which new meanings of the same type appear in the semantic structure of the words. Semantic shifting includes transition from the meaning of the part of the body to the meaning of the measure of length, connected with the usage of the given part of the body as a criterion of measure.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. С. А. Швачко. Автореферат канд. дисс. Киев, 1971.
2. М. В. Никитин. Лексическое значение слова: структура и комбинаторика. М., 1983.

მ. თხიშველი

სამოგზაურო ჟანრი ამინ რეიჰანის შემოქმედებაში

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა კ. წერეთელმა 5.6.1987)

ახალი არაბული ლიტერატურის კლასიკოსის, ამინ რეიჰანის (1876—1940 წ.) შემოქმედებაში მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს სამოგზაურო ჟანრს (რიჰლა). თვალსაჩინო პუბლიცისტი, პოეტი-ნოვატორი და პროზაიკოსი, რეიჰანი ბევრს მოგზაურობდა. მან განვლო უაღრესად მნიშვნელოვანი და საინტერესო ცხოვრების გზა, რაც ნათლად ასახა სამოგზაურო ჟანრის ნაწარმოებებში. ისინი გამოირჩევიან მაღალმხატვრულობით, იმდროინდელი არაბული სამყაროს წინაშე დასმული პრობლემების სიმწვავეთ, მწერლური სიმართლითა და გულწრფელობით, წარმოადგენენ არაბული ყოფის ამსახველ დოკუმენტურ წყაროს, რაც კიდევ უფრო ზრდის ინტერესს მათ მიმართ.

ამინ რეიჰანის ეკუთვნის სამოგზაურო ჟანრის შემდეგი ნაწარმოებები: „არაბთა მეფენი“, „ერაყის გული“, „ლიბანის გული“, „შორეული მადრიბი“. წინამდებარე ნაშრომში შევეცდებით წარმოვადგინოთ თითოეული მათგანის შინაარსობლივი და ჟანრობლივი სტრუქტურა.

„არაბთა მეფენი“ შეიქმნა 1924 წ. ამინ რეიჰანის არაბეთის ნახევარკუნძულზე 14-თვიანი მოგზაურობის შედეგად. ეს მონუმენტური მხატვრული ტილო სამართლიანად ითვლება ყველაზე მნიშვნელოვან სამოგზაურო ჟანრის თხზულებად ახალ არაბულ ლიტერატურაში (2. გვ.252). არსებობს მისი 6 არაბული და 6 ინგლისური გამოცემა. ნაწყვეტები წიგნიდან ნათარგმნია გერმანულად, ფრანგულად, იტალიურად, ებრაულად. „არაბთა მეფენი“ ლიტერატურულ კრიტიკაში „არაბთა ილიადად“ (3. გვ. 95) არის შერაცხული და რეიჰანის შემოქმედების მკვლევარის, მუჰამედ მუსას სიტყვებით წარმოადგენს „მარგალიტს არაბული ლიტერატურის შუბლზე“ (4. გვ. 94).

ნაწარმოები შედგება შესავლისა და ორი ტომისაგან. მასში მოცემულია არაბეთის ნახევარკუნძულის 8 არაბი მეფისა და მათი ქვეშევრდომი ქვეყნების დახასიათება. ესენია: 1. მეფე ჰუსეინ იბნ ალი-ჰიჯაზის მონარქი 2. იმამი აჰია ჰამიდ ალ-დინი — იემენის მმართველი 3. სეიდ იდრისი — ასირის მმართველი 4. სულტანი 'აბდ ალ-აზიზი სა'უდის დინასტიიდან — ნეჯდის მბრძანებელი 5. აჰმად ალ-ჯაბარი, საბაჰის დინასტიიდან — ქუვეითის მმართველი 6. შეიხი ხაზ'ალ ხანი — 'არბუსთანის ემირი. 7. შეიხი ჰამად იბნ 'ისა, ხალიფას დინასტიიდან — ბაჰრეინის მმართველი 8. მეფე ფეისალ იბნ ჰუსეინი — ერაყის მონარქი. აქვე აღწერილია ლაჰჯას სასულტნოები და საშეიხოები.

წიგნში მაღალმხატვრულად არის მოცემული თითოეული მონარქის ლიტერატურული პორტრეტი. ავტორს ყურადღება გამახვილებული აქვს მეფეთა ჩაცმულობაზე, ხასიათის თავისებურებებზე, ლაპარაკის მანერაზე, პოლიტიკურ მმართველზე და სხვა მისთვის საინტერესო დეტალებზე. მაგალითად, ნეჯდის მმართველის, სულტან 'აბდ ალ-აზიზის შესახებ იგი წერს: „ჩემს მიერ გაცნობილ არაბ ემირთა შორის არავინაა 'მასზე დიდი. მე არ ვაზვიადებ... იგი დიდბუნებოვანია ხელის ჩამორთმევაში, ღიმილში, საუბარში, შემოხედვაში



(და) კვერთხის მიწაზე დარტყმაშიც კი... მასში კაცი უფრო იგრძნობა, სულტანია... ეხლა მე ვიცნობ არაბ მონარქებს შესადაარებლად და ბედნიერად ვთვლი ჩემ თავს, რომ ვესტუმრე იზნ საუდს მას შემდეგ, რაც მოვინახულე ყველა მონარქი; (მათ შორის) იგი ჭეშმარიტად გამოჩნეულია“ [5, გვ. 528].

ნაწარმოების თითოეულ თავში მოცემულია არაბეთის ნახევარკუნძულზე არსებულ ცალკეულ სამეფოთა გეოგრაფიული აღწერა და ისტორია. დიდი ადგილი აქვს დათმობილი იმდროინდელი პოლიტიკური მდგომარეობის დახასიათებას. უნდა აღინიშნოს, რომ არაბულ ქვეყნებში მოზაურობისას რეიჰანიმ იყისრა პოლიტიკური მისია. იგი შეეცადა კავშირის დამყარებას დასაქმსულ არაბულ სამეფოთა და საამიროთა შორის. ამ მიზნით ზმინ რეიჰანი წერდა წერილებს და პირადად მონაწილეობდა არაბ მეფეთა მოლაპარაკებებში, სახავდა არაბთა ერთიანობის გზებს, პატრიოტულად განაწყობდა მის გარშემო მყოფთ. როგორც განმანათლებელი, რეიჰანი არაბთა გაერთიანებას შესაძლებლად მიიჩნევდა მშვიდობიანი გზით, განათლების ფართო ქსელის დაწერგვით.

„ერაყის გული“ შეიქმნა ამინ რეიჰანის ერაყში მოგზაურობის შედეგად. მწერალი სამჯერ (1922, 1932 და 1936 წწ.). ეწვია ამ არაბულ ქვეყანას. იგი მას იზიდავდა თავისი ისტორიით, სიძველეებით, ტრადიციებით, იმდროინდელი ლიტერატურული და პოლიტიკური ცხოვრებით. წიგნში მოცემულია ერაყში მცხოვრები არაბული ტომების დახასიათება, მათი ისტორია და თანამედროვე ყოფა. ნაწარმოებში რეიჰანი გამოდის აღმოსავლეთის კულტურის და დასავლეთის ცივილიზაციის სინთეზის თანმიმდევრულ პროპაგანდისტად. ასევე, როგორც „არაბთა მეფეებში“, იგი აქტიურად ქადაგებს არაბთა ერთიანობის იდეას და დიდ ადგილს უთმობს მეფე ფეისალის დახასიათებას. წიგნში მხატვრული ოსტატობით არის აღწერილი ერაყის ქალაქები, ინტელიგენციის და ფელაჰების სულიერი მისწრაფებები. ნაწარმოების თხრობა ლაკონურია, ადგილებში გამოსჭვივის ირონია, რაც საერთოდ დამახასიათებელია რეიჰანისეული თხრობისათვის. საინტერესოდ იწინასწარმეტყველა ამინ რეიჰანიმ ერაყის მომავალი, როდესაც ბაღდადს ახასიათებდა: „ის ნავთია დღეს და მომავალში ნავთობი იქცევა მის სულად“ [6, გვ. 93]. მწერლის ეს სიტყვები დღეისათვის არაბული სამყაროს დიდ ნაწილს მიესადაგება.

„ლიბანის გული“ განსაკუთრებული სითბოთია დაწერილი. მასში აღწერილია რეიჰანის პატარ-პატარა მოგზაურობანი მშობლიურ ლიბანში საუკუნის დასაწყისიდან მეორე მსოფლიო ომამდე. სამოგზაურო ჟანრის სხვა ნაწარმოებებისაგან განსხვავებით, ამინ რეიჰანი ამ წიგნში უფრო პოეტია. ვიდრე მებრძოლი სულთ შთაგონებული პროზაიკოსი.

„წარსულში დაბრუნებაში არის სიმშვიდე და ამავე დროს ტანჯვა“ [7, გვ. 19] — ასე იწყება ნაწარმოები. უმეტესობა მასში აღწერილი მოგზაურობისა რეიჰანის ახალგაზრდობის დროინდელია. წიგნში ვხვდებით აღფრთოვანებულ სტრიქონებს ლიბანის, მისი ბუნების, მისი ხალხის მიმართ. ცხოვრების ბოლო წლებში რეიჰანი განსაკუთრებით დაუახლოვდა ლიბანის სოფელს. იგი ფიქრობდა, რომ ყოველი ინტელიგენტი ხილული თუ უხილავი ძაფებით დაკავშირებულია თავის ხალხთან. არაბ მწერლებში მან ერთ-ერთმა პირველმა აღიარა არაბი გლეხის და ინტელიგენტის სულიერი ერთობა.

„ლიბანის გული“ რეიჰანის გულის წაგლეჯია. მწერალი სიყვარულით აღწერს ლიბანის განუყოფელ მთებსა და მდელოებს, ჰევებსა და კლდეებს, ციხე-სიმაგრეებსა და სალოცავებს, სოფლებსა და მის მცხოვრებთ. ლიბანის სოფლის აღწერისას რეიჰანი ახასიათებს მის მდებარეობას, ფელაჰების ცხოვრების წესს და პირობებს, საუბრობს ამა თუ იმ სოფლის ისტორიის, თანამედ-



როვე მდგომარეობის შესახებ, წარმოაჩენს საარსებო საშუალებებს, ცნობილ ლიბანურ სტუმართმოყვარეობას.

ნაწარმოების ენა მომხიბლავია, სტილი დახვეწილი. ცალკეული თავები ავტორს თეთრი ლექსის სახით აქვს დაწერილი. ასეთია, მაგ. კასიდა კეღარზე: „ო, უფალო ხეთა და ძალგულოვანი მთების ღვთაებავ“ [6, გვ. 214—216]. შთამბეჭქდავი პოეტურობით არის აღბეჭდილი მიძღვნა კლდეების მიმართ: „შეჩერებულხარ ოდესმე კლდეთა შორის, აღგიქვამს მათი წყობა?“ [6, გვ. 222—224]. „ლიბანის გულში“ გამოვლინდა ამინ რეიჰანის თბობის პოეტური სტილისათვის დამახასიათებელი ვირტუოზულობა. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ამინ რეიჰანი ითვლება პოეტური პროზის ფუძემდებლად ახალ არაბულ ლიტერატურაში [1, გვ. 21].

არანაკლებ ინტერესს იწვევს ამინ რეიჰანის მიერ სიცოცხლის ბოლო წლებში შექმნილი „შორეული შადრიბი“. იგი მწერლის გედის სიმღერაა. ავტორმა თითქოს იგრძნო სიცოცხლის დასასრულის მოახლოება და შეეცადა მკითხველსათვის გაეხსნა თავისი შინაგანი სამყარო. „ეს წიგნი შენი ძველი მეგობარია. იგი ამბობს თავის სიტყვას და მიდის“ [8, გვ. 19] — ვკითხულობთ შესავალში. მწერალი დიდხანს ჩერდება კლასიკური არაბული კულტურის მონათვაარზე. იგი სიამაყით აცხადებს: „მას შემდეგ, რაც ახლოს გავიციანი არაბული კულტურა, მე, ადრე ასპროცენტიანმა ამერიკელმა თავი ვიგრძენი ამერიკელზე მეტად — ერთადერთ მოაზროვნე ლიბანელად, არაბად 121 მილ. ამერიკელს შორის“ [8, გვ. 88]. ეროვნული სიამაყის გრძნობა განაპირობებს ნაწარმოებში არაბთა ერთიანობის იდეის სიმძაფრეს, რომლის განხორციელება ამინ რეიჰანის სანუკვარი ოცნება იყო. შეიძლება ითქვას, რომ აღნიშნული იდეის ქადაგებას უძღვნა მან მთელი თავისი სულიერი ენერგია.

ამინ რეიჰანის სამოგზაურო ჟანრის ნაწარმოებებში გამოვლინდა მწერლის მხატვრული, ინტელექტუალური და ფილოსოფიური აზროვნების სიღრმე, მაღალი ლიტერატურული ოსტატობა. ამინ რეიჰანიმ განხილული ნაწარმოებების სახით შექმნა არაბული ლიტერატურის შედევრები, თავის მოძნეთ გადაუშალა არაბთა წარსულისა და აწმყოს ანსახველი ფართო მხატვრული ტილო და სამშობლოს სიყვარულით და სიამაყით აღაგზნო მათი გულები.

ამინ რეიჰანის მოღვაწეობას უდიდესი მნიშვნელობა ჰქონდა არაბული სამყაროსათვის. დასავლურ, ამერიკულ კულტურას ნაზიარები ამინ რეიჰანი საზოგადოებას მოევლინა არაბთა პატრიოტული იდეის აქტიურ მქადაგებლად. მისი მახვილი შურა მოექცა არაბთა ყველაზე საჭირობოტო საკითხების ფოკუსში და პრობლემათა ახლებური, თამამი გაშუქებით არაბ საზოგადოებას ნათლად აგრძნობინა მათი სიმწვავე. არაბთა ერთობის იდეა, რომელიც დღესაც ძვირფასია პროგრესულად მოაზროვნე არაბებისათვის, წითელ ზოლად მიჰყვება ამინ რეიჰანის სამოგზაურო ჟანრის ნაწარმოებებს, რაც კიდევ უფრო მეტ აქტუალობას ანიჭებს მათ.

საქართველოს სსრ მეცნერებათა აკადემია

გ. წერეთლის სახ. აღმოსავლეთმცოდნეობის ინსტიტუტი

(შემოვიდა 24.9.1987)

ИСТОРИЯ ЛИТЕРАТУРЫ

М. Г. ТХИНВАЛЕЛИ

ЖАНР ПУТЕШЕСТВИЙ В ТВОРЧЕСТВЕ АМИНА РЕЙХАНИ

Резюме

Творчество классика новой арабской литературы Амина Рейхани мало изучено в Советском Союзе. В его наследии значительное место



занимают произведения жанра путешествий: «Арабские монархи», «Сердце Ирака», «Сердце Ливана», «Дальний Магриб».

Главная тема этих произведений — патриотизм. Писатель выступает пропагандистом арабского единства.

## HISTORY OF LITERATURE

M. G. TKHINVALELI

### THE TRAVELLING GENRE IN AMINE REIHANI'S WORKS

#### Summary

The works of the classic of new Arabic literature, Amine Reihani, are not sufficiently studied in the Soviet Union. The travelling genre plays an important part in the heritage of the famous Arabic writer in such works as "Arabian Monarchs", "The Heart of Iraque", "The Heart of Liban", "Distant Magrib".

The main theme of these works is patriotism. The writer calls for the unity of Arabs.

#### ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. И. Ю. Крачковский. Арабская литература XX века. Л., 1926.
2. — ۲ — احمد ابو سعد ادب الرحلات، بيروت ۱۹۶۱
3. — ۳ — عبود مرعون امين الريحاني، مصر ۱۹۵۲
4. — ۴ — محمد موسى امين الريحاني، حياته و آثاره، بيروت ۱۹۶۱
5. — ۵ — امين الريحاني، ملوك العرب، الاعمال العربية الكاملة، المجلد الاول، بيروت ۱۹۸۰.
6. — ۶ — امين الريحاني، قلب العراق، الاعمال العربية الكاملة، المجلد الرابع، بيروت ۱۹۸۰.
7. — ۷ — امين الريحاني، قلب لبنان، الاعمال العربية الكاملة، المجلد الثالث، بيروت ۱۹۸۰.
8. — ۸ — امين الريحاني، المغرب الاقصى، الاعمال العربية الكاملة، المجلد الثاني، بيروت ۱۹۸۰.



Н. В. ЖУРУЛИ

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕРЛИБРА

(на материале американской поэзии)

(Представлено академиком Г. Г. Абашидзе 16.5.1987)

Несмотря на жестокие нападки критики, верлибр утвердился в американской поэзии, став признанной и ведущей поэтической формой XX столетия не только в американской, но и во всей мировой литературе. Верлибр настолько новая и многообразная поэтическая форма, что за последние два десятилетия встал вопрос о поиске критериев для исследования его особенностей.

Установление критериев исследования верлибра станет возможным, если будут определены его инвариантные, неизменные особенности (т. е. те, которыми верлибр отличается от прозы и традиционного стиха), которые окажутся общими для всех видов верлибра.

О. А. Овчаренко считает самой перспективной в мировой «верлибристике» школу З. Черны, выдающимися преемниками которого полагает А. Квятковского и А. Жовтиса. Исходя из концепции З. Черны, О. А. Овчаренко [1] считает, что свободный стих характеризуется «нерегламентированной (непредказуемой) сменой мер повтора». И тут же отмечает, что хотя она пользуется термином А. Жовтиса «смена мер повтора», характер этих мер ею понимается более широко. Исследовательница считает, что конструктивными признаками свободного стиха могут быть не только фонетические, но и синтаксические, морфологические, логические, метрические, тонические и другие повторы, а также константы смешанного типа (интонационно-синтаксические, логико-синтаксические, фонетико-грамматические и т. д.).

В этом аспекте мы полностью разделяем мнение О. А. Овчаренко. Но почему-то она избегает употребления понятия «ритма». А ведь «ритм» — центральная категория верлибра и все вышесказанные виды повтора действительно являются основными признаками ритма. Исследование верлибра прежде всего подразумевает изучение особенностей ритмических вариаций.

Мы разделяем точку зрения А. Л. Жовтиса [2], который выделяет четыре критерия исследования верлибра: 1) метрический, 2) графический, 3) композиционный, 4) структурный. Первые три им были подвергнуты критике как необъективные, поэтому на передний план выдвинут четвертый — системно-структурный, равно подходящий для всех видов верлибра. Основным признаком всех типов свободного стиха является членение на строки, графически расположенные как стихотворные, и их ритмико-звуковая соотнесенность.

Основываясь на системно-структурном анализе, мы делаем попытку определить место верлибра среди других художественных систем (проза и традиционный рифмованный поэтический стих), комплексно исследовать особенности верлибра конкретного поэта как на словесном (фонетическом, лексическом, синтаксическом), так и на надсловесном (семантическом) уровне.



Верлибр не является «полиморфным», промежуточным жанром между прозой и поэзией. Он относится к поэзии, так как сохраняет основные компоненты стиха: лирического героя, лирическое переживание поэта, стремление к лаконичности и компактности, суггестивность, метафоричность, строфическую композицию, упорядоченность строк и др.

В отличие от традиционной поэтической формы, верлибр свободен от регулярной метрики, ритма и рифмы. Их употребление в верлибре случайно, окказионально, не является обязательным, нормативным, а принцип их отбора свободный, «эkleктичный», «спорадичный» [3]. Таким образом, в структуре верлибра элементы стиха находятся в свободных отношениях друг с другом. Впрочем, внешняя, кажущаяся «свобода» фактически подчинена имманентной, скрытой, латентной закономерности стиха.

Наиболее наглядное, эксплицитное выражение особенностей верлибра открывается на фонематическом и синтаксическом уровнях. В верлибре усилилось значение интонации, которая в классическом, традиционном стихе сравнительно однородна. В верлибре она столь же изменчива и многообразна, как в прозаическом тексте и в разговорной речи. Поэтому при чтении вслух написанное верлибром не воспринимается как стихотворение.

Традиционные метрические рамки обычно ограничивают свободное течение мысли; смысловое движение стихотворения часто направляется жестким размером, рифмой и др. В верлибре же, наоборот, смысловая сторона выдвигается на передний план и именно она определяет интонацию стиха.

Центральная категория интонации — ритм. Он занимает ведущее место в структуре верлибра. Как отмечает А. Л. Жовтис [2], утверждение верлибра в поэзии перевернуло прежние представления о ритме. Традиционно ритм определялся как закономерное повторение равномерных единиц. В верлибре единицей ритма является неравномерное, нерегулярное повторение почти всех элементов структуры поэтического текста. Традиционный стих моноритмичен (основывается на одном ритмическом образце), верлибр же дает возможность полиритмизации. В отличие от «гоморфного» (однородного) стиха, верлибр — «гетероморфная» (многообразная) форма [4]. В верлибре на первый план выдвинут, с одной стороны, основывающийся на равномерном или неравномерном перемещении различных элементов стиха акустический ритм (что заложило основы для полиритмии), с другой стороны, семантический ритм (ритм образов, ритм идей, ритм семантического движения).

В американской поэзии еще в XIX в. У. Уитмен смело разрушил традиции классического метрического стиха и внедрил в американскую поэзию гибкую форму — верлибр.

Паунд и имажисты одними из первых попытались осмыслить закон организации свободного стиха. Э. Лоуэлл так определяла верлибр: «Это — своеобразная стихотворная форма, построенная на ритме. Если вы хотите понять, что такое свободный стих, не ищите в нем равномерного ритма метрической стопы. Имеющий собственные ритмические законы (разбивка автора. — Н. Ж.) свободный стих совершенно не подчиняется никаким правилам. Если бы у него были определенные правила, он не был бы свободным» [5].

В период «поэтического возрождения» параллельно с имажистским верлибром возник и развился уитменовский свободный стих, одним из самых активных пропагандистов которого стал К. Сэндберг.

В 10—20-х гг. против верлибра развернулась борьба. Под огнем особо страстной критики был уитменовский верлибр. Против него выступил и такой крупный теоретик, как Паунд. Проповедовавший в 10-х гг. «прозаическую поэзию», в 30-х он забил тревогу — по его мне-





нию, «верлибризм, эмижизм и мастерсизм» развились слишком сильно и, если злоупотребление этими тенденциями не будет остановлено каким-нибудь противоположным направлением, поэзия окажется в опасности. Спасение Паунд видел в создании «песнеподобной», а не «прозоподобной» поэзии. К этому он призывал своего собрата по перу и друга Т. С. Элиота.

Элиот выступал против самого понятия «верлибр», предлагал литературоведам заменить его понятием «прозаический стих», ввиду того, что дословный перевод французского «vers libre» означает «свободный стих», а слишком вольное отношение к поэзии не позволяет создать образцы истинного искусства, высокохудожественные поэтические творения. «Не существуют никакого свободного стиха, — пишет Элиот, — существуют только хорошие стихи, плохие стихи и хаос» [6]. По его словам, «никакой стих не является свободным для поэта, серьезно относящегося к своей задаче» [2].

Объективно сходные мысли высказывает и У. К. Уильямс. По его мнению, имажизм освободил стих от многословия, но вскоре перерос в бесформенный верлибр. Уильямс также был противником свободного поверхностного отношения к поэзии. «Нет никакого свободного стиха, стих уже сам по себе — определенная система», — писал он [7]. Какую бы форму ни имело поэтическое произведение, говорил Уильямс, оно должно представлять собой творение искусства.

Таким образом, развитие свободного стиха в первой половине XX в. в американской поэзии происходило двумя путями. По одному из них пошла приверженцы Паунда и Элиота — Э. Каммингс, М. Мур и др., по другому — последователи Уитмена и Сэндберга — Э. Мастерс, Р. Джефферс, А. Маклиш и др.

В последние годы наблюдается тенденция к слиянию обеих этих форм верлибра. Особую важность приобретает опыт У. К. Уильямса. Его свободный стих выделяется экспрессивностью, лаконичностью, звуковой выразительностью. Можно сказать, что творчество этого поэта занимает промежуточное место между обоими вышеуказанными путями развития верлибра. Верлибр Уильямса получил большое развитие в послевоенной поэзии США (Ч. Олсон, А. Гинсберг, Д. Левертон и др.).

Тбилисский государственный  
педагогический институт  
иностранных языков  
им. И. Чавчавадзе

(Поступило 22.5.1987)

ფილოლოგია

ბ. ჟურნალი

ვერლიბრის კვლევის ჯომიერთი საკითხი

რეზიუმე

კლასიკური პომოპორფული (ერთგვაროვანი) ლექსისაგან განსხვავებით ვერლიბრი არის პეტერომორფული (მრავალგვაროვანი). ვერლიბრში წინა პლანზეა, ერთი მხრივ, ლექსის სხვადასხვა ელემენტის თანაზომიერ თუ არათანაბარ მონაცვლეობაზე დაბყარბული აკუსტიკური რიტმი (რამაც შექმნა პორირიტმის საფუძველი) და, მეორე მხრივ, სემანტიკური რიტმი (სახეობრივი რიტმი, იდეათა რიტმი, სემანტიკური მოძრაობის რიტმი და სხვ.), რაც უმთავრესად ფარული და იმპლიციტურია.



N. V. ZHURULI

 SOME PROBLEMS OF INVESTIGATION OF FREE VERSE  
 (ON THE MATERIAL OF AMERICAN POETRY)

## Summary

Free verse differs greatly from classical homomorphic (uniform) verse. Free verse is heteromorphic (multiform, 'diverse'). It has more or less regular or irregular acoustic rhythm, which is the basis of polyrhythmy. On the other hand, there is an implicit, latent rhythm (such as the rhythm of images, the rhythm of ideas, the rhythm of semantic development, etc.).

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. О. А. Овчаренко. *Вопр. лит.*, № 2, 1979.
2. А. Л. Жовтис. *Вопр. языкознания*, № 2, 1970.
3. A. C. Partridge. *The Language of Modern Poetry*. London; 1976, 13.
4. А. Л. Жовтис. *Вопр. лит.*, № 11, 1972.
5. T. Jackson. *The Early Poetry of Ezra Pound*. Cambridge-Massachusetts, 1968, 71.
6. G. Hughes. *Imagism and The Imagists. A Study in Modern Poetry*. London: Bowes and Bowes, 1960, 73.
7. K. L. Goodwin. *The influence of Ezra Pound*. London, 1966, 56.

ა. გიორგაძე

### ქართული ხალხური საბავაფხულო საფერხულო (სამაია)

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ს. ცაიშვილმა. 9.10.1987)

სამაიას შესრულების ხანგრძლივ ტრადიციაზე ცნობებს გვაწვდიან თეიმურაზ მეორე, ვახტანგ ბატონიშვილი, სულხან-საბა ორბელიანი, ალექსანდრე ჯამბაკურ-ორბელიანი და სხვ. პირობითია სამეცნიერო ლიტერატურაში გავრცელებული აზრი, რომ მცხეთის სვეტიცხოვლის ფრესკაზე გამოსახული ქალების ფერხული ძველი ქართული საერო სანახაობის, — სამაიას, — აღწერას უნდა წარმოადგენდეს.

ქართული ხალხური ქორეოგრაფიის მონაცემების შეკვრების შედეგად ირკვევა, რომ სამაია უმეტესად ქალების ფერხულია (შეიძლება შერეულაღადაც სრულდებოდეს) რომელსაც „ჩაბმით“, „ხელმობმით“ თამაშობენ. მწკრივთა შორის მოთამაშე-მომღერლები გამოიყოფა, ერთი, ან რამდენიმე, უმეტესად სამი [1].

რაც შეეხება უშუალოდ ტექსტებს, ჩვენამდე სამაიას ორიოდ ვარიანტმა მოაღწია, ისიც ფრაგმენტულად:

სამაია სამთავანა — რა ტურფა რამ ხარო;  
სამაიას თავი მიყვარდა — რა ტურფა რამ ხარო;  
ლისო, ლისო, ქარი ქრისო — ლისიმ დალაღეო;  
შავარდენი ფრთასა შლისო — ლისიმ დალაღეო;  
არიგებულ, ჩარიგებულ — რა ტურფა რამ ხარო,  
დაუღლიდი, დაჰყვებოდი — რა ტურფა რამ ხარო,  
სამაია სამთავანა — რა ტურფა რამ ხარო... [2].

სამაიას ფრაგმენტებში ჩანს ფერხულის სატრფიალო ხასიათი, რაც აახლოვებს მას საბავაფხულო საფერხულოებთან. ვ. კოტეტიშვილი შენიშნავდა: „შესაძლებელია რომ ეს ქალების როკვა ერთგვარი დიდება იყო ვაჟისა ან ვაჟის სახით რომელიმე მითითური გმირისა, რაზედაც გვანიშნებს ფრაზა „შავარდენი ფრთასა შლისა“... იქნებ რაიმე კავშირი არსებობდეს საბავაფხულო სიმღერასთან“ [3].

ჩვენი აზრით, სტრიქონები, — „შავარდენი ფრთასა შლისო“... „დაუღლიდი, დაჰყვებოდი...“, „სამაიას თავი მიყვარდა...“, „არიგებულ, ჩარიგებული...“ და ა. შ., — ფერხულის მონაწილეების, სოლისტის (სამაიას თავის) საცეკვაო მოძრაობებს გულისხმობს, რაც ჩვეულებრივია საფერხულოებისთვის და არა გმირის განწილვით დაღუპვას, მკვდრეთით აღდგომა-გაცოცხლებასა და სიხარულს [4]. სიტყვები „არიგებულ-ჩარიგებული“ ხშირად გვხვდება სუფრულში, ჭონას დალოცვით ტექსტებში და ყოველთვის დღესასწაულის, ღვინის სუფრის წევრებს გულისხმობს. („ტურფანი სხედან ჩარდახსა არიგებ-ჩარიგებული“... [5].

სამაიას, როგორც ქალთა და ვაჟთა შერეულ ცეკვას, აგვიწერს ალ. ორბელიანი, თეიმურაზ მეორე. ეს უკანასკნელი აღნიშნავს ფერხულის სატრფიალო ხასიათს:

ცალგნით არის კაცის ხმანი, ცალგნით იყოს ქალებსა,  
ძეობაში უკუყრა და ყოფა არის მენესტვისა,  
სამაიაში ქალებსა ილიაში უძვრებისა,  
შარის ეტყვის სამიჯნუროს, უკრავს, ახლოს უდგებისა [6].

ანალოგიური შინაარსისა სამაიას შემდეგი ფრაგმენტი:

სამაია სამთავანა, არ იქნება ორთავანა,  
სამათურის გზა მასწავლეს, სოფელ მიქეს ქალიანი,  
მაგრამ ქალებ ვერა ვნახე, ბებერ იყო ტყავიანი,  
სამაია სამთავანა, არ იქნება ორთავანა,  
მე კი არ დამენახება სამაიაში თავისა,  
კაცი რომ ქალს შემოუფლის, კატაღუასა გავისა [7].

ნიღბოსნურ თამაშობებთან კავშირიც სამაიას საგაზაფხულო ფერხულებთან ახლოვებს. განსაკუთრებით საგულისხმოა მსგავსება სატრფიალო, საქორწინო შინაარსის საფერხულოებთან, ე. წ. „ქალტაციობებთან“ („ნიშხანიშხა“, „ლილილო, ოქროს ღილო“ და სხვ). ბ. ჯორჯაძე ამგვარ თამაშობას საგაზაფხულო დღეობისას აღწერს: „ყველიერი იყო... ხან კაცებს ფერხული ებათ და ქალები ძერაბუას თამაშობდნენ. იქით მყუდროზე მჯდომმა დედაკაცმა დაუძახა ქალებს: — მაგის თამაშობას სამაია დაბათ და ქალის მოტაცება ითამაშოთ, ის არა სჯობს?“ ფერხულს რეფრენად გასდევს სიტყვები: „სამაია, სამთავანა...“ [8]. ფერხულის მოთამაშეთა დაყოფა ორ მოპირდაპირე მწკრივად, გადარბენა-გადმორბენა, დატყვევება, დატაცება და ა. შ. (არჩევანი — არადანი, გაწყვედია...) საგაზაფხულო ციკლის დღეობათა რეპერტუარში საკმაოდ იყო გავრცელებული.

სამაიას ტექსტებში, ფერხულის შესრულების წესებში ხშირად იჩენს თავს სამობის ვაგება სხვადასხვაგვარ ასპექტში: ვახტანგ ორბელიანის სამაია („სამთა გვამთავან ერთმანეთის ხელკიდებით და როკვით სიმღერა“); ხორონის სამი მოსამე, ფშაური სამგუნდოვანი სამაია, სამი ღვთაების სახელი მისამღერში [9] და სხვ. ამასთან დაკავშირებით, ჩვენი ყურადღება მიიპყრო ხალხურ ლექსებში დადასტურებულმა ფორმებმა:

„სამაიას“ სამ მაიას უმღერებენ გულითაო...  
ჩვენ სამ დასა მაიასა, ეგებ გაეხსნათ ბეღია,  
სამი სასიძო მოვიდეს, სიტყვა თქვან გასაგებია“ [10].

საგაზაფხულო ფერხული სამაია, რომელიც სატრფიალო, საქორწინო თამაშობებს, ქალების საფერხულოებს უახლოვდება, შესაძლოა, უკავშირდებოდეს მიწის, ნაყოფიერების, სიყვარულის, ქალური საწყისის მფარველი ღვთაების, მაიას, კულტს, რომლის დღეობა საგაზაფხულო ციკლში, კერძოდ, მაისის დასაწყისში იმართებოდა.

ცნობილა, რომ მაიას კულტი გავრცელებული იყო „კავკასიონის სამხრეთ კალთებზეც“ [11]. მაისის კალენდები ქართულ ხალხურ კალენდარში გამორჩეული დღეები იყო. რასაც ადასტურებს ეთნოგრაფიული მასალებიც. მრავლისმეტყველია ის ფაქტიც, რომ დასავლეთ საქართველოში გავრცელებული იყო თამაშობა „მაია“, რომლის დროსაც ორ მოპირდაპირე მწკრივს შორის გადასარბენ მიწის ნაკვეთს მაიას ეძახდნენ [12].

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია  
შოთა რუსთაველის სახ. ქართული ლიტერატურის ინსტიტუტი

M. Sh. GIORGADZE

ГРУЗИНСКАЯ ВЕСЕННЯЯ ХОРОВОДНАЯ ПЕСНЯ  
(САМАИА).

Резюме

В статье дается анализ поэтического текста и особенностей исполнения весенней хороводной песни «самаиа». Указывается, что хоровод «самаиа» почти всегда связана с числом три (три хора, три солиста, три божества и т. д.). В связи с этим привлекают внимание те варианты текста, в которых упоминаются некие три женщины по имени Майа. В статье традиция исполнения весенней хороводной песни «самаиа» увязана с культом божества земли и плодородия Майи, праздник которой отмечался в весеннем цикле.

PHILOLOGY

M. Sh. GIORGADZE

THE GEORGIAN SPRING ROUND-DANCE SONG  
“SAMAIA”

Summary

The paper analyses poetical text of the Georgian spring round-dance song “Samaia”. The round dance “Samaia” is almost always connected with the number “three” (three chorus, three soloists, three goddesses in the refrain, etc.). In some versions of the text three women, three Maia are mentioned.

In the paper the tradition of performing the spring round-dance song “Samaia” is related to the cult of Maia, the goddess of the earth and productivity, whose feast is celebrated in spring-time.

## ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. ლ. გვარამაძე. ქართული ხალხური ქორეოგრაფია, ძირითადი საკითხები, თბილისი, 1957, 45.
2. ე. კოტეტიშვილი. ხალხური პოეზია, თბილისი, 1961, 59.
3. იქვე, 354.
4. ჯანელიძე. სამაია. „ლიტერატურული საქართველო“, 1984, 30 ნომერი.
5. საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემიის შ. რუსთაველის სახ. ქართული ლიტერატურის ინსტიტუტის ფოლკორის განყოფილების არქივი, ელ. ვირსალაძის ფონდი. II<sub>16</sub>, 91.
6. თეიმურაზ შვორცი. თხზულებათა სრული კრებული. თბილისი, 1939, 72.
7. შ. ასლანიშვილი. ნარკვევები ქართული ხალხური სიმღერების შესახებ, ტ. 2. თბილისი, 1965, 54.
8. ბ. ჯორჯაძე. ლექსები, პოემები, მოთხრობები, წერილები. თბილისი, 1986, 53.
9. დ. ჯანელიძე. ქართული თეატრის ისტორია. თბილისი, 1983, 107—115.
10. გ. სვანიძე, ქართული ხალხური სიმღერები და მათთან დაკავშირებული თქმულებანი. თბილისი, 1957, 26, 141.
11. Грузинские народные праздники. «Кавказ», 1878, № 229.
12. Т. Мамаладзе. СМОМПК, № 17, отд. 2, 1893, 55.





Ю. М. ГАГОШИДЗЕ, В. П. ГУГУШВИЛИ, В. А. МИРЗАЕВА

## ПРИНЦИПЫ СИСТЕМНОГО МОРФОЛОГИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ СОСУДОВ

(Представлено академиком А. М. Апакидзе 13.3.1987)

Морфологический анализ сосудов занимает одно из ведущих мест в археологических исследованиях, служа основой для типологии, классификации, хронологизации и т. п. В процессе разработки автоматизированного фактографического банка данных (БД) по археологическим объектам в рамках Республиканской автоматизированной системы научной информации по общественным наукам перед конструкторской группой, организованной при Центре научной информации по общественным наукам АН ГССР, возникли проблемы разработки принципов морфологического описания как составной части информационно-поискового языка системы.

1.0. Конструкторская группа рассмотрела специальную археологическую литературу с целью изучения практики неформализованного морфологического анализа и описания сосудов и пришла к следующим выводам:

1.1 В археологии не существует формально скоординированных и согласованных правил морфологического описания сосудов, однако все же имеются исторически сложившиеся в процессе научных коммуникаций традиционные методы и правила описания, которые позволяют с определенной точностью передавать семантическую суть морфологических единиц.

1.2. Появившиеся в археологической литературе в течение последних двух десятилетий различные системы кодового представления морфологических характеристик сосудов, предназначенные в основном для использования при компьютеризированной обработке информации, не получили достаточно широкого развития и признания среди археологов, по-видимому, из-за их громоздкости и недостаточной семантической «прозрачности», т. е. из-за чрезмерной сложности восприятия.

Конструкторская группа в принципе не отвергает применения системы числового кодирования. Однако следует отметить, что кодовая система может быть эффективной лишь при условии, если код отражает иерархическую классификаторную семантическую структуру. В противном случае код лишь подменяет дескрипторный термин индексирования. Конструкторская группа применила в БД систему числового кодирования, отражающую иерархическую структуру частей и подчастей сосудов.

1.3. Применяемые в археологической литературе традиционные термины морфологического описания сосудов подразделяются на две основные группы: а) термины, описывающие морфологические части сосудов, и б) термины, описывающие характеристики этих частей.

Даже простая констатация наличия или отсутствия тех или иных частей описываемого сосуда путем применения перечня терминов первой группы создает определенное представление о его характере, которое детализируется (уточняется) терминами второй группы.



В научной археологической (а также этнографической) практике существует традиция описывать не все морфологические части сосуда, а лишь те, которые проявляют какие-либо особенности, позволяющие либо выделить описываемый сосуд внутри данного типа (класса) сосудов, либо, наоборот, отнести его к тому или иному типу (классу). Следовательно, существующая традиция описания сосудов подразумевает их предварительную классификацию, принятую более или менее широким кругом археологов.

1.4. Термины первой группы составляют семантически иерархическую структуру: части сосуда подразделяются на подчасти, последние же — на более мелкие таксономические единицы и т. д.

1.5. Грузинские названия морфологических частей сосудов (термины первой группы), применяемые и в научной археологической (а также этнографической) литературе, созданы исходя из принципа антропоморфизации сосудов, т. е. отдельные части сосуда приравнены к частям человеческого тела и соответственно имеют одинаковые с ними названия: «пири» (устье, букв. рот), «кели» (горло), «тани» (тело), «мхари» (плечо), «муцели» (туловище, букв. живот), «калта» (низ, букв. подол), «кури» (ушко). Поскольку аналогичное положение в той или иной степени фиксируется и в ряде других языков (в индоевропейских, семитских, тюркских, китайском...), «принцип антропоморфизации», очевидно, следует считать присущим всему человечеству.

2.0. Конструкторской группой осуществлена попытка нормализации традиционной терминологии морфологического описания сосудов для ее применения в БД.

2.1. Анализ семантики терминов морфологического описания сосудов дал конструкторской группе основание утверждать, что наиболее эффективно брать за основу норматизации терминологии принцип функциональной идентификации каждой морфологической части сосуда (так же как и всего предмета в целом). Применение принципа функциональной идентификации дает возможность рассматривать сосуд и его морфологические части (и подчасти) в рамках единой концепции.

2.2. Основная (определяющая) функция сосуда имеет две стороны (два аспекта): а) технологическую (потребительскую) и б) эстетическую, которые обычно переплетаются, и сосуд в целом, так же как и составляющие его части, одновременно несут как технологическую, так и эстетическую нагрузку.

2.3. Хотя и могут существовать отдельные части сосуда, предназначенные исключительно для его украшения, однако основой для членения сосуда конструкторской группой избран технологический аспект его функции, ибо в значительной степени именно он определяет формы частей сосуда.

3.0. Исходя из понятий традиционной терминологии конструкторской группой принята следующая схема членения сосуда: 1.1 тело; 1.2 проем.

Тело осуществляет основную функцию сосуда, вмещая содержимое и отгораживая его от внешней среды. Оптимальной формой тела является шар. Проем служит для ввода и вывода содержимого во вместилище тела. Оптимальной формой проема является воронка. Исходя из концепции системы считается, что тело и проем должны присутствовать в любом сосуде.

3.1. Части сосуда делятся на подчасти, каждая из которых выполняет определенную подфункцию в пределах функции части. В отдельных случаях набор подчастей любой части сосуда может быть неполным.

3.2. В системе принято следующее деление тела на подчасти: 1.1.1. спинка; 1.1.2. плечо; 1.1.3. туловище; 1.1.4. низ; 1.1.5. дно.

Указанные подчасти отгораживают содержимое сосуда от внешней среды соответственно порядку перечисления — сверху, сверху-сбоку, сбоку, снизу-сбоку и снизу. Идеальными углами наклона поверхностей подчастей тела в системе принято считать  $0^\circ$  для спинки и дна,  $45^\circ$  для плеча и низа,  $90^\circ$  для тулова.

3.3. Различные наборы подчастей тела формируют различные типы (классы, виды) сосудов. В некоторых типах сосудов могут отсутствовать отдельные подчасти тела или же подчасть может присутствовать в рудиментарном виде.

3.4. В системе принято следующее деление проема: 1.2.1. устье; 1.2.2. горло.

Эти подчасти служат соответственно для направления струи вещества при вводе в полость тела и при выводе из него и для предотвращения случайного выброса содержимого во время передвижения сосуда.

Идеальной формой для устья считается воронка с наклоном стенок в  $45^\circ$ , а для горла — цилиндр. (Примечание: по тем же принципам разработано членение и других таксономических единиц сосудов).

3.5. Исходя из концепции системы считается, что в любом сосуде обязательно должны присутствовать обе составные части сосуда — и тело, и проем, хотя бы в ущербной, рудиментарной форме, в виде какой-либо одной подчасти (или подподчасти).

4.0. Одним из наиболее сложных вопросов при членении сосудов является проблема установления границ между частями и подчастями. По концепции системы считается, что части (подчасти) могут иметь либо четкие, либо нечеткие (стертые) границы.

Граница считается четкой, если имеется налицо резкий (угловатый) переход от одной части к другой или же если этот переход отмечен каким-либо иным способом (например, орнаментальной полосой).

При отсутствии четкой разграничивающей линии считается, что граница стерта. В подобных случаях конструкторская группа, учитывая практику довольно многочисленных, однако неизменно безуспешных попыток разработки каких-то универсальных и, как правило, сложных приемов косвенного установления реально отсутствующих границ между частями сосуда, рекомендует прибегать при индексации к традиционным (субъективным) способам определения границ частей. Практика показала, что субъективно установленные границы, как правило, всегда находятся в пределах «зон переходов» от части к части сосуда и, следовательно, они не менее точны, чем границы, установленные любым другим методом.

5.0. Важным составляющим концепции морфологического описания сосудов в системе являются понятия совмещения функций (полифункциональность частей) и климакса функции.

5.1. Считается, что сосуд может иметь как части с одной функцией (монофункциональные части), так и части, совмещающие несколько (две и более) функций (полифункциональные части). Полифункциональность частей может проявляться в различной степени, что ведет к различной степени модификации типичных форм этих частей.

5.2. Климакс функции выражается в крайней степени проявления (утрировании) формы, характерной для данной части.





6.0. Работы по созданию БД ведутся по инициативе Грузинской археологической комиссии и согласно специальному постановлению Президиума АН ГССР с широким участием ведущих специалистов-археологов Грузии и СССР.

Академия наук Грузинской ССР  
 Центр научной информации  
 по общественным наукам

(Поступило 13.3.1987)

არქეოლოგია

ი. ბაგოშიძე, ბ. გუგუშვილი, ვ. მირზაევა

მუშაკლის სისტემურ-მორფოლოგიური აღწერის პრინციპები

რეზიუმე

არქეოლოგიურ მონაცემთა ავტომატიზებული ფაქტოგრაფიული ბანკისათვის ჭურჭლის აღწერის საფუძვლად აღებულია მისი ნაწილების ტექნოლოგიური ფუნქცია და გათვალისწინებულია ნაწილთა იერარქიული სტრუქტურა, პოლიფუნქციურობა, კლიმაქსი, საზღვრები.

ARCHAEOLOGY

Yu. M. GAGOSHIDZE, V. P. GUGUSHVILI, V. A. MIRZAEVA

PRINCIPLES OF SYSTEMATIC MORPHOLOGICAL INDEXING  
 OF VESSELS

Summary

Indexing of vessels for the automated factographic archaeological data bank is based upon the functions of their parts, with their hierarchical structure, polyfunctionality, climax, and borders taken into account.



## ა ვ ტ ო რ თ ა ს ა ყ უ რ ა დ ლ ე ბ ო დ

1. უურნალ „საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბეში“ ქვეყნდება აკადემიკოსთა და წევრ-კორესპონდენტთა, აკადემიის სისტემაში მომუშავე და სხვა მეცნიერთა მოკლე წერილები, რომლებიც შეიცავს ახალ მნიშვნელოვან გამოკვლევათა ჯერ გამოუქვეყნებელ შედეგებს. წერილები ქვეყნდება მხოლოდ იმ სამეცნიერო დარგებიდან, რომელთა ნომენკლატურული სია დამტკიცებულია აკადემიის პრეზიდიუმის მიერ.

2. „მოამბეში“ არ შეიძლება გამოქვეყნდეს პოლემიკური წერილი, აგრეთვე მიმოხილვითი ან აღწერითი ხასიათის წერილი ცხოველთა, მცენარეთა ან სხვათა სისტემატიკაზე, თუ მასში მოცემული არაა მეცნიერებისათვის განსაკუთრებით საინტერესო შედეგები.

3. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსთა და წევრ-კორესპონდენტთა წერილები უშუალოდ გადაეცემა გამოსაქვეყნებლად „მოამბის“ რედაქციას, ხოლო სხვა ავტორთა წერილები ქვეყნდება აკადემიკოსთა ან წევრ-კორესპონდენტთა წარდგინებით. როგორც წესი, აკადემიკოსს ან წევრ-კორესპონდენტს „მოამბეში“ დასაბეჭდად წელიწადში შეუძლია წარმოადგინოს სხვა ავტორთა არა უმეტეს 12 წერილისა (მხოლოდ თავისი სპეციალობის მიხედვით), ე. ი. თითოეულ ნომერში თითო წერილი. საკუთარი წერილი — რამდენიც სურს, ხოლო თანავტორებთან ერთად — არა უმეტეს სამი წერილისა. გამონაკლის შემთხვევაში, როცა აკადემიკოსი ან წევრ-კორესპონდენტი მოითხოვს 12-ზე მეტი წერილის წარდგენას, საკითხს წყვეტს მთავარი რედაქტორი. წარდგინების გარეშე შემოსულ წერილს „მოამბის“ რედაქცია წარმოსადგენად გადასცემს აკადემიკოსს ან წევრ-კორესპონდენტს. ერთსა და იმავე ავტორს (გარდა აკადემიკოსისა და წევრ-კორესპონდენტისა) წელიწადში შეუძლია „მოამბეში“ გამოაქვეყნოს არა უმეტეს სამი წერილისა (სულ ერთია, თანავტორებთან იქნება იგი, თუ ცალკე).

4. წერილს აუცილებლად უნდა ახლდეს უურნალ „მოამბის“ რედაქციის სახელზე იმ სამეცნიერო დაწესებულებების მომართვა, სადაც შესრულებულია ავტორის სამუშაო.

5. წერილი წარმოდგენილი უნდა იყოს ორ ცალად, დასაბეჭდად საცხებით მზა სახით, ავტორის სურვილისამებრ ქართულ ან რუსულ ენაზე. ქართულ ტექსტს თან უნდა ახლდეს რუსული და მოკლე ინგლისური რეზიუმე. წერილის მოცულობა ილუსტრაციებითურთ, რეზიუმეებითა და დამოწმებული ლიტერატურის ნუსხითურთ, რომელიც მას ბოლოში ერთვის, არ უნდა აღემატებოდეს უურნალის 4 გვერდს (8000 სასტამბო ნიშანი), ანუ საწერ მანქანაზე ორი ინტერვალით გადაწერილ 6 სტანდარტულ გვერდს (ფორმულებიანი წერილი კი 5 გვერდს). არ შეიძლება წერილებს ნაწილებად დაყოფა სხვადასხვა ნომერში გამოსაქვეყნებლად. ავტორისაგან რედაქცია დამტკიცების თვეში მხოლოდ ერთ წერილს.

6. აკადემიკოსთა ან აკადემიის წევრ-კორესპონდენტთა წარდგინება რედაქციის სახელზე დაწერილი უნდა იყოს ცალკე ფურცელზე წარდგინების თარიღის აღნიშვნით. მასში აუცილებლად უნდა აღინიშნოს, თუ რა არის ახალი წერილში, რა მეცნიერული ღირებულება აქვს მას და რამდენად უპასუხებს ამ წესების 1 მუხლის მოთხოვნას.

7. წერილი არ უნდა იყოს გადატვირთული შესავლით, მიმოხილვით, ცხრილებით, ილუსტრაციებითა და დამოწმებული ლიტერატურით. მასში მთავარი ადგილი უნდა ჰქონდეს დათმობილი საკუთარი გამოკვლევების შედეგებს. თუ წერილი გზადაგზა, ქვეთავები მიხედვით გადამოცემულია დასკვნები, მაშინ საჭირო არაა მათი გამეორება წერილის ბოლოს.

8. წერილი ასე ფორმდება: თავში ზემოთ უნდა დაიწეროს ავტორის ინიციალები და ევარი, ქვემოთ — წერილის სათაური. ზემოთ მარჯვენა მხარეს, წარმომდგენმა უნდა წააწეროს, თუ მეცნიერების რომელ დარგს განეკუთვნება წერილი. წერილის ძირითადი ტექსტის ბოლოს, მარცხენა მხარეს, ავტორმა უნდა აღნიშნოს იმ დაწესებულების სრული სახელწოდება და ადგილმდებარეობა, სადაც შესრულებულია შრომა.

9. ილუსტრაციები და ნახაზები წარმოდგენილ უნდა იქნეს ორ ცალად კონვერტით. ამასთან, ნახაზები შესრულებული უნდა იყოს კალკაზე შავი ტუშით. წარწერები ნახაზებს უნდა გაუკეთდეს კალიგრაფიულად და ისეთი ზომისა, რომ შემცირების შემთხვევაშიც კარგად ავითხებოდეს. ილუსტრაციების ქვემო წარწერების ტექსტი წერილის ძირითადი ტექსტის ენაზე წარმოდგენილი უნდა იქნეს ცალკე ფურცელზე. არ შეიძლება ფოტოებისა და ნახაზების დაწებება დედნის გვერდებზე. ავტორმა უნდა აღნიშნოს, რა ადგილას მოთავსდეს ესა თუ ის ილუსტრაცია. არ შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს ისეთი



ცხრილი, რომელიც ჟურნალის ერთ გვერდზე ვერ მოთავსდება. ფორმულები მეტწილად ფიქციურად უნდა იყოს ჩაწერილი ტექსტის ორივე ეგზემპლარში, ბერძნულ ასოებს ქვემოთ წაგან უნდა გაეყვას თითო ხაზი წითელი ფანქრით, მთავრულ ასოებს — ქვემოთ ორ-ორი პატარა ხაზი შავი ფანქრით, ხოლო არამთავრულ ასოებს — ზემოთ ორ-ორი პატარა ხაზი შავი ფანქრით. ფანქრითვე უნდა შემოიფარგლოს ნახევარწრით ნიშნაკებიც (ინდექსები და ხარისხის მაჩვენებლები). რეზიუმეები წარმოდგენილ უნდა იქნეს ცალ-ცალკე ფურცლებზე. წერილში არ უნდა იყოს ჩასწორებები და ჩამატებები ფანქრით ან მელნით.

10. დამოწმებული ლიტერატურა უნდა დაიბეჭდოს ცალკე ფურცელზე. საჭიროა დაცულ იქნეს ასეთი თანმიმდევრობა: ავტორის ინიციალები, გვარი. თუ დამოწმებულია საქართველოში, ვუჩვენოთ ჟურნალის შემოკლებული სახელწოდება, ტომი, ნომერი, გამოცემის წელი. თუ დამოწმებულია წიგნი, აუცილებელია ვუჩვენოთ მისი სრული სახელწოდება, გამოცემის ადგილი და წელი. თუ ავტორი საჭიროდ მიიჩნევს, ბოლოს შეუძლია გვერდების ნუმერაციაც უჩვენოს. დამოწმებული ლიტერატურა უნდა დალაგდეს არა ანბანური წესით, არამედ დამოწმების თანმიმდევრობით. ლიტერატურის მისათითებლად ტექსტსა თუ შენიშვნებში კვადრატულ ფრჩხილებში ნაჩვენები უნდა იყოს შესაბამისი ნომერი დამოწმებული შრომისა. არ შეიძლება დამოწმებული ლიტერატურის ნუსხაში შევიტანოთ ისეთი შრომა, რომელიც ტექსტში მითითებული არ არის. ასევე არ შეიძლება გამოუქვეყნებელი შრომის დამოწმება. დამოწმებული ლიტერატურის ბოლოს ავტორმა უნდა მოაწეროს ხელი, აღნიშნოს საღ მუშაობს და რა თანამდებობაზე, უჩვენოს თავისი ზუსტი მისამართი და ტელეფონის ნომერი.

11. „მოამბეში“ გამოქვეყნებული ყველა წერილის მოკლე შინაარსი იბეჭდება რეფერატულ ჟურნალში. ამიტომ ავტორმა წერილთან ერთად აუცილებლად უნდა წარმოადგინოს მისი რეფერატი რუსულ ენაზე (ორ ცალად).

12. ავტორს წასაკითხად ეძლევა თავისი წერილის გვერდებზე შეკრული კორექტურა მკაცრად განსაზღვრული ვადით (არაუმეტეს ორი დღისა). თუ დადგენილი ვადისათვის კორექტურა არ იქნა დაბრუნებული, რედაქციას უფლება აქვს შეაჩეროს წერილის დაბეჭდვა ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.

13. ავტორს უფასოდ ეძლევა თავისი წერილის 25 ამონაბეჭდი.

(დამტკიცებულია საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის პრეზიდიუმის მიერ 10.10.1968; შეტანილია ცვლილებები 6.2.1969)

რედაქციის მისამართი: თბილისი 60, კუტუზოვის ქ. № 19; ტელ. 37-22-16, 37-86-42, 37-85-61

საფოსტო ინდექსი 380060

ხ ე ლ მ ო წ ე რ ი ს პ ი რ ო ბ ე ბ ი: ერთი წლით 22 მან. 80 კაპ.

## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

1. В журнале «Сообщения АН ГССР» публикуются статьи академиков, членов-корреспондентов, научных работников системы Академии и других ученых, содержащие еще не опубликованные новые значительные результаты исследований. Печатаются статьи лишь из тех областей науки, номенклатурный список которых утвержден Президиумом АН ГССР.

2. В «Сообщениях» не могут публиковаться полемические статьи, а также статьи обзорного или описательного характера по систематике животных, растений и т. п., если в них не представлены особенно интересные научные результаты.

3. Статьи академиков и членов-корреспондентов АН ГССР принимаются непосредственно в редакции «Сообщений», статьи же других авторов представляются академиком или членом-корреспондентом АН ГССР. Как правило, академик или член-корреспондент может представить для опубликования в «Сообщениях» не более 12 статей разных авторов (только по своей специальности) в течение года, т. е. по одной статье в каждый номер, собственные статьи—без ограничения, а с соавторами—не более трех. В исключительных случаях, когда академик или член-корреспондент требует представления более 12 статей, вопрос решает главный редактор. Статьи, поступившие без представления, передаются редакцией академику или члену-корреспонденту для представления. Один и тот же автор (за исключением академиков и членов-корреспондентов) может опубликовать в «Сообщениях» не более трех статей (независимо от того, с соавторами она или нет) в течение года.

4. Статья обязательно должна иметь направление из научного учреждения, где проведена работа автора, на имя редакции «Сообщений АН ГССР».

5. Статья должна быть представлена автором в двух экземплярах, в готовом для печати виде, на грузинском или на русском языке, по желанию автора. К ней должны быть приложены резюме—к грузинскому тексту на русском языке, а к русскому на грузинском, а также краткое резюме на английском языке. Объем статьи, включая иллюстрации, резюме и список цитированной литературы, приводимой в конце статьи, не должен превышать четырех страниц журнала (8000 типографских знаков), или шести стандартных страниц машинописного текста, отпечатанного через два интервала (статья же с формулами—пяти страниц). Представление статьи по частям (для опубликования в разных номерах) не допускается. Редакция принимает от автора в месяц только одну статью.

6. Представление академика или члена-корреспондента на имя редакции должно быть написано на отдельном листе с указанием даты представления. В нем необходимо указать: новое, что содержится в статье, научную ценность результатов, насколько статья отвечает требованиям пункта 1 настоящего положения.

7. Статья не должна быть перегружена введением, обзором, таблицами, иллюстрациями и цитированной литературой. Основное место в ней должно быть отведено результатам собственных исследований. Если по ходу изложения в статье сформулированы выводы, не следует повторять их в конце статьи.

8. Статья оформляется следующим образом: сверху страницы в середине пишутся инициалы и фамилия автора, затем—название статьи; справа сверху представляющей статью указывает, к какой области науки относится она. В конце основного текста статьи с левой стороны автор указывает полное название и местонахождение учреждения, где выполнена данная работа.

9. Иллюстрации и чертежи должны быть представлены в двух экземплярах в конверте; чертежи должны быть выполнены черной тушью на кальке. Надписи на чертежах должны быть исполнены каллиграфически в таких размерах, чтобы даже в случае уменьшения они оставались отчетливыми. Подписанные на языке основного текста, должны быть представлены на отдельном листе. Не следует приклеивать фото и чертежи к листам оригинала. На полях оригинала автор отмечает карандашом, в каком месте должна быть помещена та или



иная иллюстрация. Не должны представляться таблицы, которые не могут быть вписаны на одной странице журнала. Формулы должны быть четко вписаны чернилами в оба экземпляра текста; под греческими буквами проводится одна черта красным карандашом, под прописными — две черты черным карандашом снизу, над строчными — также две черты черным карандашом сверху. Карандашом должны быть обведены полукругом индексы и показатели степени. Резюме представляются на отдельных листах. В статье не должно быть исправлений и дополнений карандашом или чернилами.

10. Список цитированной литературы должен быть отпечатан на отдельном листе в следующем порядке. Вначале пишутся инициалы, а затем — фамилия автора. Если цитирована журнальная работа, указываются сокращенное название журнала, том, номер, год издания. Если автор считает необходимым, он может в конце указать и соответствующие страницы. Список цитированной литературы приводится не по алфавиту, а в порядке цитирования в статье. При ссылке на литературу в тексте или в сносках номер цитируемой работы помещается в квадратные скобки. Не допускается вносить в список цитированной литературы работы, не упомянутые в тексте. Не допускается также цитирование неопубликованных работ. В конце статьи, после списка цитированной литературы, автор должен подписаться и указать место работы, занимаемую должность, точный домашний адрес и номер телефона.

11. Краткое содержание всех опубликованных в «Сообщениях» статей печатается в реферативных журналах. Поэтому автор обязан представить вместе со статьей ее реферат на русском языке (в двух экземплярах).

12. Автору направляется корректура статьи в сверстанном виде на строго ограниченный срок (не более двух дней). В случае невозвращения корректуры к сроку редакция вправе приостановить печатание статьи или печатать ее без визы автора.

13. Автору выдается бесплатно 25 оттисков статьи.

(Утверждено Президиумом Академии наук Грузинской ССР 10.10.1968; внесены изменения 6.2.1969)

Адрес редакции: Тбилиси 60, ул. Кутузова, 19, телефоны: 37-22-16, 37-86-42, 37-85-61

Почтовый индекс 380060

Условия подписки: на год — 22 руб. 80 коп.