

524
1984



ISSN—0182—1447

საქართველოს სსრ
მეცნიერებათა აკადემიის

აზაზა

СООБЩЕНИЯ

АКАДЕМИИ НАУК
ГРУЗИНСКОЙ ССР

BULLETIN

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE GEORGIAN SSR

ტომი 113 TOM

№ 3

მარტი 1984 MART

№38
(20113 №3)

II-1125

თბილისი • ТБИЛИСИ • TBILISI

594
1984
საქართველოს
მეცნიერებათა აკადემიის
ბიულეტენი

საქართველოს სსრ
მეცნიერებათა აკადემიის

ბიულეტენი

СООБЩЕНИЯ

АКАДЕМИИ НАУК
ГРУЗИНСКОЙ ССР

BULLETIN

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE GEORGIAN SSR

17835

ტომი 113 том

№ 3

მარტი 1984 МАРТ

№ 38

(1113 №3)

II-1125

თბილისი • ТБИЛИСИ • TBILISI

ქ. შარტავის სსრ სსრ
სახელმწიფო ბიბლიოთეკა
ბიულეტენი

ს ა რ ე დ ა ქ ც ი ო კ ო ლ ე გ ი ა

- ფ. ანდრონიკაშვილი, ა. აფაქიძე, ა. ბიუაძე, ლ. გაბუნია (მთავარი რედაქტორის მოადგილე),
თ. ვამყრელიძე, ი. გვერდწითელი, ა. გუნია, ს. ღურმიშიძე, ა. თავხელიძე, ვ. კუპრაძე
(მთავარი რედაქტორის მოადგილე), გ. მელიქიშვილი, ვ. ოკუჯავა, ა. დრანგიშვილი,
ა. ცაგარელი, გ. ციციშვილი, ა. ძიძიგური, შ. ძიძიგური, გ. ხარატიშვილი,
ე. ხარაძე (მთავარი რედაქტორი), ნ. ჭავჭავაძე, გ. ჭიბლაძე

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

- ფ. ლ. ანდრონიკაშვილი, ა. მ. აპაქიძე, ა. ვ. ბიუაძე, ლ. კ. გაბუნია (заместитель
главного редактора), თ. ვ. გამყრელიძე, ი. გ. გვერდითელი, ა. ლ. გუნია,
ნ. ა. დავაიშვილი, გ. ნ. დიხლაძე, ა. ა. დიდიგური, შ. ვ. დიდი-
გური, ს. ვ. დურმიშიძე, ვ. დ. კუპრაძე (заместитель главного ре-
дактора), გ. ა. მელიქიშვილი, ვ. მ. ოკუჯავა, ა. ს. პრანგიშვილი,
ა. ნ. თავხელიძე, ე. კ. ხარაძე (главный редактор), გ. ვ.
ხარატიშვილი, ა. ლ. ცაგარელი, გ. ვ. ციციშვილი

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

გადაეცა ასაწყობად 27.1.1984; ხელმოწერილია დასაბეჭდად 19.6.1984; შკვ.
№ 236; ანაწყობის ზომა 7×12³/₄; ქაღალდის ზომა 70×108; ფიზიკური ფურცე-
ლი 14; სააღრიცხვო-სავამომცემლო ფურცელი 18,5; ნაბეჭდი ფურცელი 19,6;
უე 08941; ტირაჟი 1400; ფასი 1 მან 90 კაპ.

Сдано в набор 27.1.1984; подписано к печати 19.6.1984; зак. № 236; размер
набора 7×12³/₄; размер бумаги 70×108; физический лист 14; уч. издатель-
ский лист 18,5; печатный лист 19,6; УЭ 08941; тираж 1400;
цена 1 руб. 90 коп.

საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის სტამბა, თბილისი, 380060, კუტუზოვის ქ., 19
Типография АН Груз. ССР, Тбилиси, 380060, ул. Кутузова, 19

გამომცემლობა „მეცნიერება“, თბილისი, 380060, კუტუზოვის ქ., 19
Издательство «Мецниереба», Тбилиси, 380060, ул. Кутузова, 19



იური ვლადიმერის ძე ანდროპოვი

**От Центрального Комитета
Коммунистической партии Советского Союза,
Президиума Верховного Совета СССР,
Совета Министров СССР**

Центральный Комитет Коммунистической партии Советского Союза, Президиум Верховного Совета СССР и Совет Министров СССР с глубокой скорбью извещают партию и весь советский народ, что 9 февраля 1984 года в 16 час. 50 мин. после продолжительной болезни скончался Генеральный секретарь Центрального Комитета КПСС, Председатель Президиума Верховного Совета СССР Юрий Владимирович АНДРОПОВ.

Имя Юрия Владимировича Андропова — выдающегося деятеля Коммунистической партии и Советского государства, стойкого борца за идеалы коммунизма, за мир — навсегда сохранится в сердцах советских людей, всего прогрессивного человечества.

ИНФОРМАЦИОННОЕ СООБЩЕНИЕ

о Пленуме Центрального Комитета Коммунистической партии Советского Союза

13 февраля 1984 года состоялся внеочередной Пленум Центрального Комитета КПСС.

По поручению Политбюро ЦК Пленум открыл член Политбюро, секретарь ЦК КПСС тов. К. У. Черненко.

В связи с кончиной Генерального секретаря ЦК КПСС, Председателя Президиума Верховного Совета СССР Ю. В. Андропова участники Пленума ЦК почтили память Юрия Владимировича Андропова минутой скорбного молчания.

Пленум ЦК отметил, что Коммунистическая партия Советского Союза, весь советский народ понесли тяжелую утрату. Ушел из жизни выдающийся деятель Коммунистической партии и Советского государства, пламенный патриот, ленинец, неутомимый борец за мир и коммунизм.

Находясь по воле партии на важнейших постах партийной и государственной работы, Юрий Владимирович Андропов отдавал все свои силы, знания и огромный жизненный опыт осуществлению политики партии, упрочению ее связей с массами, укреплению экономического и оборонного могущества Советского Союза.

Много внимания уделял Ю. В. Андропов проведению в жизнь выработанной XXVI съездом КПСС и последующими Пленумами ЦК КПСС линии на всемерную интенсификацию производства, ускорение научно-технического прогресса, совершенствование управления народным хозяйством, усиление ответственности кадров, организованности и дисциплины, на неуклонный рост материального и духовного уровня жизни народа.

Большой вклад внес Ю. В. Андропов в развитие всестороннего сотрудничества стран социалистического содружества, в укрепление единства и сплоченности международного коммунистического и рабочего движения, в поддержку справедливой борьбы народов за свою свободу и независимость. Под его руководством последовательно и настойчиво осуществлялся на международной арене ленинский внешнеполитический курс нашей партии и государства — курс на устранение угрозы термоядерной войны, на твердый отпор агрессивным проискам империализма, на упрочение мира и безопасности народов.

Пленум подчеркнул, что в эти скорбные дни коммунисты, весь советский народ еще теснее сплачивают свои ряды вокруг ленинского

Центрального Комитета партии, Политбюро ЦК КПСС, полны решимости беззаветно бороться за претворение в жизнь ленинской внутренней и внешней политики партии.

Участники Пленума ЦК выразили глубокое соболезнование родным и близким покойного.

Пленум ЦК рассмотрел вопрос об избрании Генерального секретаря ЦК КПСС.

По поручению Политбюро ЦК с речью по этому вопросу выступил член Политбюро ЦК КПСС, Председатель Совета Министров СССР тов. Н. А. Тихонов. Он внес предложение избрать Генеральным секретарем ЦК КПСС тов. К. У. Черненко.

Генеральным секретарем Центрального Комитета КПСС Пленум единогласно избрал тов. Черненко Константина Устиновича.

Затем на Пленуме выступил Генеральный секретарь ЦК КПСС тов. К. У. Черненко. Он выразил сердечную благодарность за высокое доверие, оказанное ему Центральным Комитетом партии.

Тов. К. У. Черненко заверил Центральный Комитет КПСС, Коммунистическую партию, что приложит все свои силы, знания и жизненный опыт для успешного выполнения задач коммунистического строительства в нашей стране, обеспечения преемственности в решении поставленных XXVI съездом КПСС задач дальнейшего укрепления экономического и оборонного могущества СССР, повышения благосостояния советского народа, упрочения мира, в осуществлении ленинской внутренней и внешней политики, которую проводят Коммунистическая партия и Советское государство.

На этом Пленум ЦК закончил свою работу.

Константин Устинович ЧЕРНЕНКО

Константин Устинович Черненко родился 24 сентября 1911 года в деревне Большая Тесь Новоселовского района Красноярского края, русский.

Член КПСС с 1931 года. Образование высшее — окончил педагогический институт и Высшую школу парторганизаторов при ЦК ВКП(б).

Трудовую жизнь К. У. Черненко начал с ранних лет, работая по найму у кулаков. Вся его дальнейшая трудовая деятельность связана с руководящей работой в комсомольских, а затем в партийных органах. В 1929—1930 годах К. У. Черненко заведовал отделом пропаганды и агитации Новоселовского райкома ВЛКСМ Красноярского края. В 1930 году он пошел добровольцем в Красную Армию. До 1933 года служил в пограничных войсках, был секретарем партийной организации пограничной заставы.

После окончания службы в армии К. У. Черненко работал в Красноярском крае: заведующим отделом пропаганды и агитации Новоселовского и Уярского райкомов партии, директором Красноярского краевого дома партийного просвещения, заместителем заведующего Отделом пропаганды и агитации, секретарем Красноярского крайкома партии.

С 1943 года К. У. Черненко учится в Высшей школе парторганизаторов при ЦК ВКП(б). По окончании учебы с 1945 года работает секретарем Пензенского обкома партии. В 1948 году был направлен в Молдавскую ССР и утвержден заведующим отделом пропаганды и агитации ЦК Компартии Молдавии. Работая в этой должности, он много сил и знаний отдал экономическому и культурному строительству в республике, коммунистическому воспитанию трудящихся.

В 1956 году К. У. Черненко выдвигается на работу в аппарат ЦК КПСС, где он возглавил сектор в Отделе пропаганды, и одновременно был утвержден членом редакционной коллегии журнала «Агитатор». С 1960 года он работает начальником секретариата Президиума Верховного Совета СССР. В 1965 году К. У. Черненко утверждается заведующим Общим отделом ЦК КПСС. В 1966—1971 годах он — кандидат в члены ЦК КПСС. На XXIV съезде партии (март 1971 г.) избирается членом Центрального Комитета КПСС, а в марте 1976 года на Пленуме ЦК КПСС, состоявшемся после XXV съезда партии, — секретарем ЦК КПСС.

С 1977 года он — кандидат в члены Политбюро, а с 1978 года — член Политбюро ЦК КПСС. Депутат Верховного Совета СССР 7—10-го созывов. Депутат Верховного Совета РСФСР 10-го созыва. К. У. Черненко был членом советской делегации на международном Совещании по безопасности и сотрудничеству в Европе (Хельсинки,



სკპ ცენტრალური კომიტეტის გენერალური მდივანი
კონსტანტინე უსტინის ძე ჩერნეცკი

1975 год), участвовал в переговорах в Вене по вопросам разоружения (1979 год).



Константин Устинович Черненко — видный деятель Коммунистической партии и Советского государства. На всех постах, которые поручала ему партия, он проявил высокие организаторские способности, партийную принципиальность, преданность великому делу Ленина, идеалам коммунизма. К. У. Черненко — автор ряда научных трудов по актуальным вопросам повышения руководящей роли партии в жизни советского общества, совершенствования стиля и методов партийной и государственной работы, развития социалистической демократии. На июньском (1983 г.) Пленуме ЦК КПСС К. У. Черненко выступил с докладом, в котором определены главные направления улучшения идеологической деятельности КПСС в современных условиях.

За большие заслуги перед Родиной Константин Устинович Черненко дважды удостоен звания Героя Социалистического Труда и награжден тремя орденами Трудового Красного Знамени, многими медалями Советского Союза. Он является лауреатом Ленинской премии.

К. У. Черненко награжден высшими наградами социалистических стран.

შ ი ნ ა ა რ ს ი

მათემატიკა

*გ. სულხანიშვილი. რიკის ამოცანის ამოხსნის შესახებ	471
*რ. გურიელაშვილი. შეუღლებული ფუნქციის შესახებ	475
*ლ. გოგოლაძე. მრავალი ცვლადის შეუღლებული ფუნქციების არსებობის შესახებ	478
*ა. არსენაშვილი. სწრაფქმედების აზრით ოპტიმალური მართვის სინთეზი წრფივი საფეხუროვანი სისტემების ერთი კლასისათვის დაგვიანებებით	484
*გ. მაქაცარიძე. ლიუვილის ტიპის თეორემები განზოგადებული ანალიზური ფუნქციებისათვის	488
*ტ. კაბუციანი. სამგანზომილებიანი სივრცის კომბინატორული გეომეტრიისათვის	491

მექანობა

*თ. ოზგაძე. ქარის ტურბულენტური ნაკადით საინჟინრო ნაგებობათა გარსდენის ერთი მოდელის შესახებ	495
--	-----

დრეპალოგის თეორია

*შ. მქავანაძე. დრეკადობის ბრტყელი თეორიის ერთი შებრუნებული ამოცანის შესახებ	500
---	-----

ფიზიკა

*ა. ლონდაძე, გ. გურიგენიშვილი, გ. ხარაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი). ტექსტურული გადასვლა ბრტყელ ღრეოში მოქცეულ მბრუნავ $^3\text{He-B}$ -ში	504
*რ. ახალაძე, რ. მირიანაშვილი, ო. ნაზაროვა, თ. ლანაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი). Ce^{3+} -ის ტეტრაგონალური ცენტრის ლიგანდური ზენაზი ურთიერთქმედება SrF_2 -ის მონოკრისტალში	508
*ი. თევზაძე, მ. დასაევა, ნ. კუციდი, მ. თოფურიძე, თ. ჯალაღანიძე. $p\text{Ta}$ -დაჯახებებში დაბადებული დამუხტული ნაწილაკების განაწილებების შესწავლა სტატისტიკურ-პარტონული მოდელის საშუალებით	512
*ჯ. ჩიღვინაძე, ი. ლესელიძე, გ. გეგიაძე. სტრუქტურული დამახიჩვებების გავლენა ბინინგის მაქსიმალურ ძალაზე $\text{Ta}_{70}\text{Nb}_{30}$ -ის შენადნობის მონოკრისტალებში	516

გეოფიზიკა

*გ. ხასლავესკი. ზოგიერთი გრავიმეტრიული ველის ამპლიტუდური სპექტრი	520
*ჯ. ქეშელაშვილი. იონოსფეროში მოქმედების ცენტრების შესახებ	524

ანალიზური ძიების

*თ. ანდრონიკაშვილი (საქ. სსრ მეცნ. აკად. წევრ-კორესპონდენტი), ლ. ეპარიკაშვილი, ს. უროტაძე. $\text{C}_1\text{—C}_4$ ნახშირწყალბადური გაზების გაზ-ქრომა-
--

* ვარსკვლავით აღნიშნული სათაური ეკუთვნის წერილის რეზიუმეს.

• ტოგრაფიული დაყოფა მყარ სარჩულზე დაფენილ ტუტემიწათა მეტალეზით მო-
დიფიცირებულ X ტიპის ცეოლოთებზე 527

ზოგადი და არაორგანული ქიმია

*გ. მითაიშვილი, რ. მაჩხოშვილი, ნ. ფირცხალავა. მეტალთა დითო-
ნატების კომპლექსური ნაერთები ენანტის მქავეს პიღრაზიდთან 532

ორგანული ქიმია

*რ. ქაცარავა, თ. ქართველიშვილი, მ. ზაალიშვილი (საქ. სსრ მეცნ.
აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი) პოლიმაროვანების სინთეზის ახალი მეთოდი
ბის-კარბამინის მქავეს აქტივირებული ეთერის მოქმედებით დიამინებთან და მათ
N' N' ბის-ტრიმეთილსილილირებულ ნაწარმოებთან 536

ფიზიკური ქიმია

*ი. თავართქილაძე. ევოლუციური პროცესების კინეტიკის განტოლება 540

ელემენტარული ქიმია

*გ. აღნიაშვილი, კ. ვანიძე, ლ. ზადიკაშვილი, გ. კასრაძე,
თ. ოსიაშვილი, ა. შველაშვილი. ტიტან-მანგანუმის ანოდების გამო-
ყენება გამდინრე ელექტროლიტთან მონიკვლების პროცესში 543

*გ. აგლაძე, ნ. ქოიავა. ბიბლარულად მომუშავე გრაფიტის ნაწილაკებზე ნატ-
რიუმის ქლორატის და ბრომატის ელექტროსინთეზის შესწავლა 547

ქიმიური ტექნოლოგია

*ა. ჩხეიძე, ჯ. იოსებიძე, ლ. მელიქაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადე-
მიკოსი) ნახშირბადოვანი სუსპენზიური სატრანსმისიო ზეთების შემუშეით თვისებები 552

*ლ. მელნიკი, ო. საზიკინა, ლ. ხანანაშვილი (საქ. სსრ მეცნ. აკად.
წევრ-კორესპონდენტი), ი. გრიდუნოვი, ვ. კოპილოვი, ლ. ნეჩეტი.
ორგანოციკლოსილაზანების გავლენა პოლიდიმეთილსილოქსანების სტრუქტური-
რების პროცესზე აეროსილის თანაობისას 556

*ნ. ვასაძე. ვაშლის დადუღებული წვენების გამოხდისას მადღარის სვეტის სხვა-
დასხვა სიმალღზე აქროლადი მინარეების განაწილების დინამიკის შესწავლა 559

ბიოლოგია

*გ. ასტახოვი. ჩორდის ბარიტის საბადოს მადანმოძიჯნე შარავანდედების გეოქი-
მიური ზონალობა 564

პალეონტოლოგია

*ც. სვანიძე, ო. ხუციშვილი. ახალი მონაცემები ამიერკავკასიის შუა მასივის
ფუნდამენტის ხრამის შვერილის ვულკანოგენურ-დანალექი წყების შუაყარბონუ-
ლი ფლორის შესახებ 567

ჰიდროლოგია

*კ. ბილაშვილი, რ. ხაზალია. წყალქვეშა ალუვიური მაკროფორმების ტრან-
სფორმაცია შესართავის ზღვიურ ნაწილში 571

ბოკიმი

*გ. სუპატაშვილი, ნ. გოლიაძე. მდინარის წყლებში ელემენტების მიგრაციუ-
ლი უნარის შეფასება 576

საბადოთა დამუშავება და გამდიდრება

- *ვ. ხითარიშვილი, ი. დიდებულიძე. თიხამცირე ხსნარების გამოყენების ეფექტურობა საძიებო ჰაბურღილების ბურღვისას საქართველოს პირობებში 579
- *ს. ბოლქვაძე, ზ. ლებანიძე, ბ. გვრიტიშვილი, შ. ონიანი. ღრუ სამთო მასივის არასტაციონარული სითბოგამტარობის ამოცანის ამოხსნა თბოფიზიკური თვისებების რადიალური ცვლილებების პირობებში 583
- *ლ. მახარაძე. ჰიდრაულიური დარტყმებისაგან დამცავი საშუალებების გავლენა ჰიდროსტრანსპორტო სადაწნეო მილადენებში წნეების განაწილების კანონზომიერებაზე 588

მეტალურგია

- *ფ. თავაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), ბ. ამალლობელი, გ. ინანიშვილი. ბულატის ფოლადის მექანიკური თვისებები 592
- *ლ. ტრუსოვი, ვ. ლაპოვოვი, ტ. გელეიშვილი, მ. კვერნაძე. დაფარვის ხარისხის შეფასების შესახებ კომპოზიციური ფხვნილების მიღებისას 596
- *ი. ქორდანი, ვ. ბულგაკოვი. დეფორმაციის გავლენა თხევადი ფაზის შემცველ უწყვეტადსხმულ ნამზადში შუალედური ზონის მინარეგების სეგრეგაციაზე 600
- *ფ. თავაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), ბ. ამალლობელი, გ. ინანიშვილი, თ. ეთერაშვილი. ბულატის ფოლადის ელექტრონულმიკროსკოპული გამოკვლევა. 603

მანქანათმშობველობა

- *ა. გუხტომიასოვი, ზ. ბოგველიშვილი. ცვლებადი სტრუქტურის შერეოსორებულ სისტემის გარდამავალი პროცესების კვლევა 608

ენერგეტიკა

- *ი. გრიშინი, მ. კრუგლოვი, ა. მანჯალაძე. შიგაწვის ძრავას გამომშვებ არხში დინების შესწავლა 612
- *ა. მანჯალაძე. გეომეტრიული პარამეტრების გავლენა შიგაწვის ძრავას გამომშვები არხის ჰიდრაულიკურ მახასიათებლებზე 616

ავტომატური მართვა და გამოთვლითი ტექნიკა

- **გ. მუსხელიშვილი, გ. ჩერკესოვი. წყობურა სვეტებში იზოტოპური ნარეგების გაყოფის პროცესზე ტექნოლოგიური პარამეტრების რეგულირების სიზუსტის გავლენის შესახებ 620

გენეტიკა და სელექცია

- *რ. ბერიძე. მემოზური დრაივი, მისი მოქმედების მექანიზმი და ევოლუციური მნიშვნელობა 624

ადამიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

- *გ. შაგინიანი. გულის იშემიური დაავადების მიმდინარეობის პროგნოზირების კლინიკო-ფიზიოლოგიური შესაძლებლობანი 628
- *შ. შელეგია, ა. აბესაძე, რ. ყურაშვილი, ლ. ახმეტელი, ე. წიწულაშვილი. ჰიპოფიზ-თირკმელზედა ჯირკვლისა და რენინ-ალდოსტერონის სისტემათა ჰორმონების როლი სისხლის კომპონენტების გადასხმის მოქმედების მექანიზმში 631

ბიოფიზიკა

- *ჭ. ონიანი, რ. გიგაური, ბ. ლომსაძე, ლ. გოდერძიშვილი, ნ. გორელაშვილი, ქ. კასლანძია. წყალმცენარე *Nitella* [*Syncarpa*]-ზე მეთილეთილდი-(მ-ტოლილ)არსონიუმის იოდიდის მოქმედების შესწავლა 635

ბიომიმია

- *თ. ზაალიშვილი, მ. ქუროვანიძე, ქ. კოლხიდაშვილი. Zn^{2+} -ის იონების გავლენა ვირთაგვას თავის ტვინის ბირთვული პოლი (ადფ-რიბოზა) პოლიმერაზის აქტივობაზე 639
- *ფ. ჯალიაშვილი, ი. პლიაშკევიჩი, ა. ხალანსკი, ლ. კონდაკოვა, ვ. დიომუშკინი. აცეტილქოლინის ნიკოტინისა და მუსკარინის რეცეპტორები ცხოველისა და ადამიანის თავის ტვინის გლიურ უჯრედებში 644

ექსპერიმენტული მედიცინა

- *ჯ. მეტრეველი, ნ. ხვინგია. არასპეციფიკური იმუნიტეტის ზოგიერთი მაჩვენებლის ცვლილება ადნექსიტების ახალი მეთოდით მკურნალობის დროს 647

ეკონომიკა

- *რ. მითაიშვილი. სამეურნეო სისტემის მართვის ოპტიმიზაციის კრიტერიუმის შესახებ 651

ენათმეცნიერება

- პ. ფენრიხი. საერთოქართველური* (ჩ) ფონემის რეფლექსები სვანურში 653
- *ვ. ზიცარი. მცირე (ადრინდელი) თვლის ჩამოყალიბებისათვის 660

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

Г. И. Сулханишвили. О решении задачи Рикье	469
Р. И. Гуриелашвили. О сопряженной функции	473
Л. Д. Гоголадзе. К вопросу существования сопряженных функций многих переменных	477
А. И. Арсенишвили. Синтез оптимального по быстродействию управления для одного класса линейных ступенчатых систем с запаздываниями	481
Г. Т. Макацария. Теоремы типа Лиувилля для обобщенных аналитических функций	485
Т. А. Чабукиани. К комбинаторной геометрии трехмерного пространства	489

МЕХАНИКА

Т. А. Обгадзе. Об одной модели обтекания инженерных сооружений турбулентным потоком ветра	493
---	-----

ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

Ш. В. Мжаванадзе. Об одной обратной задаче плоской теории упругости	497
---	-----

ФИЗИКА

А. Д. Гонгадзе, Г. Е. Гургенишвили, Г. А. Харадзе (академик АН ГССР). Текстурированный переход во вращающемся $^3\text{He-B}$, помещенном в плоско-параллельную щель	501
Р. П. Ахаладзе, Р. И. Мирианшвили, О. В. Назарова, Т. И. Санадзе (член-корреспондент АН ГССР). Лигандное сверхтонкое взаимодействие тетрагонального центра Ce^{3+} в монокристалле SrF_2	505
Ю. В. Тевзадзе, М. А. Дасаева, Н. К. Куциди, М. В. Топуридзе, Р. Т. Джалаганиа. Анализ распределений на множественности рТа-взаимодействиях на основе статистической партонной модели	509
Дж. Г. Чигвинадзе, И. К. Леселидзе, Г. Г. Гегнадзе. Влияние структурных нарушений на максимальную силу пиннинга в монокристаллах сплава $\text{Ta}_{70}\text{Nb}_{30}$	513

ГЕОФИЗИКА

В. Н. Заславский. Амплитудный спектр некоторых гравиметрических полей	517
Дж. Р. Кешелашвили. К вопросу о центрах действия в ионосфере	521

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Т. Г. Андроникашвили (член-корреспондент АН ГССР), Л. Г. Эприкашвили, С. Л. Уротадзе. Газохроматографическое разделение смеси	
---	--

* Заглавие, отмеченное звездочкой, относится к резюме статьи.

углеводородных газов C_1-C_4 на цеолитах типа X, модифицированных катионами щелочно-земельных металлов, нанесенных на твердый носитель 525

ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Г. Ш. Митаишвили, Р. И. Мачхошвили, Н. И. Пирцхалава. Координационные соединения дитионатов металлов с гидразидом энетовой кислоты 529

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Р. Д. Кацарава, Т. М. Картвелишвили, М. М. Заалишвили (член-корреспондент АН ГССР). Новый метод синтеза полимочевины путем взаимодействия активированного эфира бискарбаминевой кислоты с диаминами и их N'N' бис-триметилсилильными производными 533

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Я. Н. Таварткиладзе. Уравнение кинетики эволюционных процессов 537

ЭЛЕКТРОХИМИЯ

Г. Р. Агниашвили, К. Ш. Ванидзе, Л. З. Задикашвили, Г. Г. Касрадзе, Т. Г. Осиашвили, А. Э. Швелашвили. Применение анодов из сплава титан-марганец при никелировании в движущемся электролите 541

Г. Р. Агладзе, Н. Ш. Коиava. Исследование электросинтеза хлората и бромата натрия на биполярно работающих графитовых кусках 545

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

А. П. Чхендзе, Д. С. Иосебидзе, Л. Д. Меликадзе (академик АН ГССР). Смазывающие свойства углеродных суспензионных трансмиссионных масел 549

Л. А. Мельник, О. Н. Сазыкина, Л. М. Хананашвили (член-корреспондент АН ГССР), И. Т. Гридунов, В. М. Копылов, Л. В. Нечет. Влияние органоциклосилазанов на процесс структурирования полидиметилсилоксанов аэросилом 553

Н. Е. Васадзе. Изучение динамики распределения летучих примесей по высоте бражной колонны в условиях перегонки сброженных яблочных соков 557

ГЕОЛОГИЯ

Г. Н. Астахов. Геохимическая зональность околорудных ореолов Чордского баритового месторождения 561

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

Ц. И. Сванидзе, О. Д. Хуцишвили. Новые данные о среднекаменноугольной флоре вулканогенно-осадочной толщи храмского выступа фундамента Закавказского срединного массива 565

ГИДРОЛОГИЯ

К. А. Билашвили, Р. М. Хазалия. Трансформация подводных аллювиальных макроформ на приустьевом взморье 569

ГЕОХИМИЯ

- Г. Д. Супаташвили, Н. С. Голиадзе. Оценка миграционной способности элемента в речных водах 573

РАЗРАБОТКА И ОБОГАЩЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИИ

- В. Э. Хитаршвили, И. А. Дидебулидзе. Эффективность бурения разведочных скважин с использованием малоглинистых растворов в условиях Грузии 577
- С. Л. Болквадзе, З. Б. Лебанидзе, Б. З. Гвретишвили, Ш. И. Ониани. Решение задач нестационарной теплопроводности полого горного массива в условиях радиального изменения теплофизических свойств 581
- Л. И. Махарадзе. Влияние средств защиты от гидравлических ударов на закономерность изменения давлений в напорных трубопроводах гидротранспортных систем 585

МЕТАЛЛУРГИЯ

- Ф. Н. Тавадзе (академик АН ГССР), Б. Г. Амаглобели, Г. В. Инанишвили. Механические свойства булатной стали 589
- Л. И. Трусов В. Н. Лаповок, Т. П. Гелейшвили, М. В. Квернадзе. Об оценке полноты покрытия при создании композиционных порошков 593
- И. С. Жордания, В. П. Булгаков. Влияние деформации непрерывнолитой трубной заготовки с жидкой фазой на сегрегацию примесей промежуточной зоны 597
- Ф. Н. Тавадзе (академик АН ГССР), Б. Г. Амаглобели, Г. В. Инанишвили, Т. В. Этерашвили. Электронномикроскопическое исследование булатной стали 601

МАШИНОВЕДЕНИЕ

- А. Н. Густомясов, З. В. Богвелишвили. Исследование переходных процессов в системах подрессоривания переменной структуры 605

ЭНЕРГЕТИКА

- Ю. А. Гришин, М. Г. Круглов, А. А. Манджгаладзе. Исследование течения за выпускным клапаном двигателя внутреннего сгорания 609
- А. А. Манджгаладзе. Влияние геометрических параметров на гидравлические характеристики выпускного канала двигателя внутреннего сгорания 613

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ВЫЧИСЛИТ. ТЕХНИКА

- Г. Н. Мухелишвили, Г. Н. Черкесов. О влиянии точности регулирования технологических параметров на процесс разделения изотопных смесей в насадочных колоннах 617

ГЕНЕТИКА И СЕЛЕКЦИЯ

- Р. К. Беридзе. Мейотический драйв, механизм его действия и эволюционное значение 621

გ. შარაშვილი, მ. გ. კრუგლოვ, ა. ა. მანჯგალაძე. მანჯგალაძე

17835

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

- В. С. Шагинян. Клинико-физиологические возможности прогнозирования течения ишемической болезни сердца 625
- Ш. Я. Шелегия, А. И. Абесадзе, Р. Б. Курашвили, Л. И. Ахметели, Э. М. Цицуашвили. Роль гормонов гипофизарно-надпочечниковой и ренин-альдостероновой систем в механизме действия трансфузии компонентов крови 629

БИОФИЗИКА

- Д. А. Ониани, Р. Д. Гигаури, Б. А. Ломсадзе, Л. И. Годердзишвили, Н. П. Горелашвили, К. Л. Касландзия. Изучение влияния иодида метилэтилди (м-толил)-арсония на клетки водоросли *Nitella sinclaira* 633

БИОХИМИЯ

- Т. М. Заалишвили, М. Л. Курдованидзе, К. М. Колхидашвили. Влияние ионов на ядерную поли (АДФ-рибоза)-полимеразную активность головного мозга крыс 637
- Т. А. Джалиашвили, Ю. Г. Пляшкевич, А. С. Халанский, Л. И. Кондакова, В. П. Демушкин. Никотиновые и мускариновые рецепторы ацетилхолина в клетках глии головного мозга животных и человека 441

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

- Дж. М. Метревели, Н. П. Хвингия. Изменения некоторых показателей неспецифического иммунитета при лечении аднекситов новым способом лечения 645

ЭКОНОМИКА

- Р. Л. Митаишвили. О критерии оптимизации управления хозяйственной системой 649

ЯЗЫКОЗНАНИЕ

- * Г. Фенрих. Рефлексы общекартвельской фонемы (ч) в Сванском 654
- В. Ю. Зыцарь. К сложению малого (раннего) счета 657

CONTENTS

MATHEMATICS

G. I. Sulkhaniashvili. On the solution of Riquier problem	471
R. I. Gurielashvili. On a conjugate function	475
L. D. Gogoladze. On the existence of conjugate functions of several variables	479
A. I. Arsenashvili. Synthesis of high-speed optimal control for one class of linear step-systems with delays	484
G. T. Makatsaria. Liouville-type theorems for generalized analytic functions	488
T. A. Chabukiani. Towards the combinatorial geometry of a three-dimensional space	491

MECHANICS

T. A. Gogadze. On a model of engineering structures streamlined by a turbulent current of wind	496
--	-----

THEORY OF ELASTICITY

Sh. V. Mzhavanadze. On one inverse problem of the plane theory of elasticity	500
--	-----

PHYSICS

A. D. Gogadze, G. E. Gurgeniashvili, G. A. Kharadze. Textural transition in rotating $^3\text{He-B}$ in parallel-plate geometry	504
R. P. Akhaladze, R. I. Mirianashvili, O. V. Nazarova, T. I. Sanadze. Ligand hyperfine interaction of a Ce^{3+} ion at tetragonal site in SrF_2 single crystal	508
Yu. V. Tevzadze, M. A. Dasaeva, N. K. Kutsidi, M. V. Topuridze, T. R. Jalagania. Analysis of multiplicity distributions in pT_a interactions on the basis of a statistical parton model	512
J. G. Chigvinadze, I. K. Leselidze, G. G. Gegiadze. Effect of structural distortions on maximum pinning force in $Ta_{70}Nb_{30}$ alloy monocrystals	516

GEOPHYSICS

V. N. Zaslavski. The amplitude spectrum of some gravimetric fields	520
J. R. Keshelashvili. On the centres of action in the ionosphere	524

ANALYTICAL CHEMISTRY

T. G. Andronikashvili, L. G. Eprikashvili, S. L. Urotadze. Gas-chromatographic separation of the mixture of $\text{C}_1\text{-C}_4$ hydrocarbon gases on X-type zeolites modified by cations of alkali-earth metals and coated on a solid support	528
---	-----

GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

G. Sh. Mitaishvili, R. I. Machkhoshvili, N. I. Pirtskhalava. Coordination compounds of metal dithionates with enanthic-acid hydrazide	532
---	-----

ORGANIC CHEMISTRY

- R. D. Katsarava, T. M. Kartvelishvili, M. M. Zaalishvili. A new method for synthesis of polyureas by the action of bis-carbamic acid activated ester with diamines and their N, N' bis-trimethylsilyl derivatives 536

PHYSICAL CHEMISTRY

- I. N. Tavartkiladze. An equation of the kinetics of evolutionary processes 540

ELECTROCHEMISTRY

- G. R. Agniashvili, K. Sh. Vanidze, L. Z. Zadikashvili, G. G. Kasradze, T. G. Osiashvili, A. E. Shvelashvili. The use of a titanium-manganese alloy in nickelling in a moving electrolyte 543
- G. R. Agladze, N. Sh. Koiava. Investigation of the electrosynthesis of sodium chlorate and bromate on bipolarly operating graphite particles 547

CHEMICAL TECHNOLOGY

- A. P. Chkheidze, D. S. Iosebidze, L. D. Melikadze. Lubricity of suspension and transmission carbon oils 552
- L. A. Melnik, O. N. Sazykina, L. M. Khananashvili, I. T. Gridunov, V. M. Kopilov, L. V. Nechet. The influence of organocyclosilazanes on the structurization process of polydimethylsiloxanes mixed with aerosile 556
- N. E. Vasadze. Studies of volatile admixture distribution dynamics at various heights of the fermentational column during the distillation of fermented apple juice 559

GEOLOGY

- G. N. Astakhov. Geochemical zonality of wall-rock aureoles of the Chordi barite deposits 564

PALAEONTOLOGY

- Ts. I. Svanidze, O. D. Khutsishvili. New data on the middle carboniferous flora of the volcano-sedimentary suite of the Khrami salient of the Transcaucasian median mass 567

HYDROLOGY

- K. A. Bilashvili, R. M. Khazalia. Transformation of submarine alluvial macroforms at river outfall 571

GEOCHEMISTRY

- G. D. Supatashvili, N. S. Goliadze. Estimation of the migratory ability of elements in river waters 576

EXPLOITATION OF DEPOSITS AND CONCENTRATION

- V. E. Khitarishvili, I. A. Didebulidze. The efficiency of drilling prospecting holes by using weak drilling mud in Georgia 580
- S. L. Bolkvadze, Z. B. Lebanidze, B. Z. Gvritishvili, Sh. I. Oniani. The solution of the problem of the non-stationary heat conduction of a hollow rock mass under conditions of radial variation of thermal properties 584
- L. I. Makharadze. The effect of the water hammer alleviator on the regularity of pressure change in the pressure pipelines of hydrotransport systems 588

METALLURGY

- F. N. Tavadze, B. G. Amaglobeli, G. V. Inanishvili. Mechanical properties of Damascus steel 592
- L. I. Trusov, N. V. Lapovok, T. P. Geleishvili, M. V. Kvernadze. On the estimation of completeness of coating in developing compositional powders 596
- S. Zhordania, V. P. Bulgakov. Deformation effect of continuously cast fluid phase billets on the segregation of intermediate zone admixtures 600
- F. N. Tavadze, B. G. Amaglobeli, G. V. Inanishvili, T. V. Eterashvili. Electron-microscopic study of Damascus steel 603

MACHINE BUILDING SCIENCE

- A. N. Gustomyasov, Z. V. Bogvelishvili. Investigation of transient processes in systems of cushioning of variable structure 608

POWER ENGINEERING

- Yu. A. Grishin, M. G. Kruglov, A. A. Manjgaladze. Investigation of flow behind the exhaust valve of an internal combustion engine 612
- A. A. Manjgaladze. The effect of dimensions on the hydraulic characteristics of the exhaust port of an internal combustion engine 616

AUTOMATIC CONTROL AND COMPUTER ENGINEERING

- G. N. Muskhelishvili, G. N. Cherkesov. Concerning the effect technological parameter control accuracy on the process of isotope mixture separation in packed columns 620

GENETICS AND SELECTION

- R. K. Beridze. Meiotic drive, the mechanism of its action and evolutionary significance 624

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

- V. S. Shaginyan. Clinical and physiological possibilities of forecasting the course of the ischemic disease of the heart 628
- Sh. I. Shelegia, A. I. Abesadze, R. B. Kurashvili, L. I. Akhmeteli, E. M. Tsitsuashvili. The role of hormones of the hypophysis-adrenal and renin-aldosterone systems in the action mechanism of transfusion of blood components 632

BIOPHYSICS

- J. A. Oniani, R. D. Gigauri, B. A. Lomsadze, L. I. Goderdzishvili, N. P. Gorelashvili, K. L. Kaslandzia. Investigation of the action of methyl-ethyl-di-(m-tolyl) arsonium iodide on the algae *Nitella syncarpa* 635

BIOCHEMISTRY

- T. M. Zaalishvili, M. L. Kjurdovanidze, K. M. Kolkhidashvili. The influence of Zn^{2+} ions on the nuclear poly (ADP-ribose) polymerase activity of rat brain 639
- T. A. Jaliashvili, Yu. G. Plyashkevich, A. S. Khalanski, L. I. Kondakova, V. P. Demushkin. Nicotinic and muscarinic acetylcholine receptors in glial cells of animal and human brain 642

EXPERIMENTAL MEDICINE

- J. M. Metreveli, N. P. Khvingia. Changes in some indices of nonspecific immunity in the treatment of adnexites by a new method 647

ECONOMICS

- L. L. Mitaishvili. On the optimization criterion of managing an economic system 652

LINGUISTICS

- H. Fahrnich. Reflexes of the common Kartvelian phoneme h ċ in Svan 654
V. Yu. Zyt sar. Toward The origin of minor (early) reckoning 660

Г. И. СУЛХАНИШВИЛИ

О РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ РИКЬЕ

(Представлено академиком Н. П. Векуа 18.10.1982)

Пусть D — конечная область p -мерного евклидова пространства с границей S .

Рассмотрим m -метагармоническое неоднородное уравнение [1]

$$L(\Delta)u \equiv a_0 u + a_1 \Delta u + \dots + a_{m-1} \Delta^{m-1} u + \Delta^m u = f(P), \quad (1)$$

где $a_i (i = \overline{0, m-1})$ — заданные числа; $P = (x_1, \dots, x_p)$; $f(P)$ — заданная функция в D ; Δ — p -мерный оператор Лапласа.

Задача Рикье. Требуется найти в области D регулярное решение уравнения (1), которое удовлетворяет граничным условиям (мы будем рассматривать однородные граничные условия):

$$\Delta^k u|_S = 0 \quad (k = \overline{0, m-1}; \Delta^0 u \equiv u). \quad (2)$$

Как обычно [1], регулярным решением уравнения (1) назовем такую функцию $u(P)$, которая однозначна и непрерывна вместе со своими частными производными до $2m$ -го порядка включительно в области D и в этой области удовлетворяет уравнению (1).

Задача Рикье исследована многими авторами как для одного уравнения, так и для систем уравнений (см., например, [1—3]).

В данной работе в явном виде строится решение задачи Рикье в терминах функции Грина для уравнения Гельмгольца

$$\Delta v + \lambda v = 0, \quad v|_S = 0. \quad (3)$$

Относительно области D будем предполагать, что существует функция Грина задачи (3), если только параметр λ отличен от собственных значений оператора Лапласа.

Согласно общей формуле работы [4] решение задачи (1), (2) можно представить в виде

$$u(P) = \sum_{i=1}^{\nu} \sum_{j=0}^{p_i-1} C_{ij} u_{ij}(P). \quad (4)$$

Здесь для каждого фиксированного значения $i (i = \overline{1, \nu})$ и $j (j = \overline{0, p_i-1})$ $u_{ij}(P)$ является решением задачи (I — единичный оператор)

$$(\Delta + \lambda_i I)^{j+1} u_{ij} = f(P), \quad \Delta^k u_{ij}|_S = 0 \quad (k = \overline{0, j}), \quad (5)$$

где $-\lambda_1, \dots, -\lambda_\nu (1 \leq \nu \leq m)$ — отличные друг от друга корни многочлена $L(z) = a_0 + a_1 z + \dots + a_{m-1} z^{m-1} + z^m$ с соответствующими кратностями $p_1, \dots, p_\nu (p_1 + \dots + p_\nu = m)$,

$$C_{ij} = \frac{1}{(p_i - j - 1)!} \frac{d^{p_i - j - 1}}{dz^{p_i - j - 1}} \left[\frac{(z + \lambda_i)^{p_i}}{L(z)} \right]_{z = -\lambda_i}$$

Используя равенство [5]

$$\int_D -j - \int_D G(P, P_1; \lambda) G(P_1, P_2; \lambda) \dots G(P_j, P'; \lambda) dP_1 \dots dP_j = \\ = \frac{1}{j!} \frac{\partial^j}{\partial \lambda^j} G(P, P'; \lambda),$$

где $G(P, P'; \lambda)$ — функция Грина задачи (3), нетрудно доказать, что решение задачи (5) имеет вид

$$u_{ij}(P) = \frac{(-1)^{j+1}}{j!} \int_D \left[\frac{\partial^j}{\partial \lambda^j} G(P, P'; \lambda) \right]_{\lambda = \lambda_i} f(P') dP', \quad (6)$$

если $\lambda_i (i = \overline{1, v})$ не совпадают с собственными значениями оператора Лапласа и интегралы в правой части (6) обладают непрерывными производными $(2j+2)$ -го порядка.

Согласно (4), (6), решение задачи (1), (2) можно представить в виде

$$u(P) = \sum_{i=1}^v \sum_{j=0}^{p_i-1} \frac{(-1)^{j+1}}{j!} C_{ij} \int_D \left[\frac{\partial^j}{\partial \lambda^j} G(P, P'; \lambda) \right]_{\lambda = \lambda_i} f(P') dP'. \quad (7)$$

Ясно, что это решение единственно. Оно получается при минимальном ограничении относительно величин $\lambda_i (i = \overline{1, v}; 1 \leq v \leq m)$.

В этом можно убедиться, если заметим, что для однозначной разрешимости задачи Рикье необходимо и достаточно, чтобы корни многочлена $L(-z)$ не совпадали с собственными значениями оператора Лапласа [1].

Как известно (см., например, [6]), для некоторых отдельных областей можно явно выписать функции $G(P, P'; \lambda)$ и тем самым — решение задачи Рикье по формуле (7).

Дополнение. Уравнение (1) перепишем в факторизованном виде

$$(\Delta + \lambda_1 I)^{p_1} \dots (\Delta + \lambda_v I)^{p_v} u = f(P).$$

Последовательным применением формулы (6) находим решение задачи (1), (2) ($P_0 = P$)

$$u(P) = \\ = \frac{(-1)^m}{\prod_{i=1}^v (p_i - 1)!} \int_D -v - \int_D \prod_{i=1}^v \left[\frac{\partial^{p_i-1}}{\partial \lambda^{p_i-1}} G(P_{i-1}, P_i; \lambda) \right]_{\lambda = \lambda_i} f(P_v) dP_1 \dots dP_v.$$

Сравнивая это решение с (7), получаем формулу

$$\frac{(-1)^m}{\prod_{i=1}^{\nu} (p_i - 1)!} \int_D^{-(\nu-1)-} \int_D^{\nu} \prod_{i=1}^{\nu} \left[\frac{\partial^{p_i-1}}{\partial \lambda^{p_i-1}} G(P_{i-1}, P_i; \lambda) \right]_{\lambda=\lambda_i} dP_1 \cdots dP_{\nu-1} =$$

$$= \sum_{i=1}^{\nu} \sum_{j=0}^{p_i-1} \frac{(-1)^{i+1}}{j!} C_{ij} \left[\frac{\partial^j}{\partial \lambda^j} G(P_0, P_{\nu}; \lambda) \right]_{\lambda=\lambda_i} \quad (8)$$

$(2 \leq \nu \leq m, p_1 + \cdots + p_{\nu} = m).$

В частном случае, когда $\nu = m$ ($p_1 = \cdots = p_m = 1$), из (8) следует, что

$$\int_D^{-(m-1)-} \int_D^m \prod_{i=1}^m G(P_{i-1}, P_i; \lambda_i) dP_1 \cdots dP_{m-1} = \sum_{i=1}^m C_i G(P_0, P_m; \lambda_i), \quad (9)$$

где

$$C_i = [(\lambda_i - \lambda_1) \cdots (\lambda_i - \lambda_{i-1}) (\lambda_i - \lambda_{i+1}) \cdots (\lambda_i - \lambda_m)]^{-1}.$$

При $m=2$ формула (9) совпадает с формулой (11.7.9) из [5].

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

(Поступило 21.10.1982)

მათემატიკა

ბ. სულხანიშვილი

რიკიეს ამოცანის ამოხსნის შესახებ

რეზიუმე

აგებულია რიკიეს (1)–(2) ამოცანის (7) ამოხსნა ჰელმჰოლცის განტოლების გრინის ფუნქციის საშუალებით.

MATHEMATICS

G. I. SULKHANISHVILI

ON THE SOLUTION OF RIQUIER PROBLEM

Summary

The Riquier problem (1)-(2) for an m -metaharmonic non-homogeneous equation is considered. A solution (7) of the indicated problem is explicitly constructed (in quadratures) in terms of Green's function for Helmholtz equation.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. И. Н. Векуа. Труды Тбил. матем. ин-та, т. 12, 1942.
2. V. Mager. Buletinul Institutului Politehnic Bucuresti, t. 18, fasc 3-4, 1956.
3. Т. В. Бурчуладзе. Труды Тбил. матем. ин-та им. А. М. Размадзе, 22, 1967.
4. L. Bittner. ZAAM, 53, № 7, 1973.
5. Э. Ч. Титчмарш. Разложение по собственным функциям, связанные с дифференциальными уравнениями второго порядка, т. 2. М., 1961.
6. В. М. Бабич и др. Линейные уравнения математической физики. М., 1964.

Р. И. ГУРИЕЛАШВИЛИ

О СОПРЯЖЕННОЙ ФУНКЦИИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Б. В. Хведелидзе 17.11.1982)

Пусть $L_\alpha^p(T)$ ($L_\alpha^1(T) \equiv L(T)$), $p > 0$, $-\infty < \alpha < \infty$, —множество измеримых функций g , определенных на $T = (-\pi, \pi]$ и удовлетворяющих условию

$$\|g\|_{p,\alpha} = \left(\int_T |g(\theta)|^p |\theta|^\alpha d\theta \right)^{1/p} < \infty.$$

Если $g \in L(T)$, то через \tilde{g} обозначим сопряженную к функции g :

$$\tilde{g}(\theta) = \frac{1}{2\pi} \int_T g(t) \operatorname{ctg} \frac{\theta - t}{2} dt, \quad \theta \in T.$$

Известна следующая теорема К. И. Бабенко (см. [1], стр. 157): Если $g \in L_\alpha^p(T)$, где $p > 1$ и $-1 < \alpha < p - 1$, то

$$\|\tilde{g}\|_{p,\alpha} \leq K(p, \alpha) \|g\|_{p,\alpha}. \quad (*)$$

$K(p, \alpha)$ здесь и далее будет обозначать положительную постоянную, зависящую только от указанных параметров.

Харди и Литлвуд (см. [2], теорема 11) доказали, что если g — четная функция, то неравенство (*) верно и для $\alpha = -1$, а Чен (см. [3], стр. 301) показал, что для четной g неравенство (*) сохраняется для всех α , $-1 - p < \alpha \leq -1$. С другой стороны, если $g \in L(T)$ и g — нечетная функция, то неравенство (*) справедливо также для α , $p - 1 \leq \alpha < 2p - 1$. Это утверждение принадлежит Флетту (см. [4], стр. 136).

В настоящей работе для $p > 1$ и любого фиксированного α , $-\infty < \alpha < \infty$, даются необходимые и достаточные условия на функцию $g \in L_\alpha^p(T) \cap L(T)$, для того чтобы $\tilde{g} \in L_\alpha^p(T)$.

Через $Z_p(T)$, $p > 0$ обозначим класс функций $g \in L(T)$, удовлетворяющих условию

$$z_p(g; T) = \left(\int_0^\infty y^{p-1} \left(\operatorname{arctg} \left| \frac{1}{y} \int_{(|g|>y)} g d\theta \right| \right)^p dy \right)^{1/p} < \infty,$$

а через $Z_p^*(T)$, $p > 0$, —множество измеримых функций, определенных на T , для которых

$$z_p^*(g; T) = \left(\int_0^\infty y^{-1} \left| \int_{(|g|\leq y)} g d\theta \right|^p dy \right)^{1/p} < \infty,$$

где

$$(|g| > y) = (\theta \in T: |g(\theta)| > y) \text{ и } (|g| \leq y) = (\theta \in T: |g(\theta)| \leq y).$$

Классы $Z_p(T)$ и $Z_p^*(T)$ впервые были привлечены к изучению интегрируемости сопряженных функций О. Д. Церетели (см. [5—8]).

Пусть \mathbf{N} —множество натуральных чисел, а для любого $g \in L(T)$ и $n \in \mathbf{N}$

$$m_n(g) = \sum_{k=0}^{j-1} [|a_k(g)| + |b_k(g)|] - \frac{1 - (-1)^n}{2} |a_{j-1}(g)|,$$

где $a_k(g)$ и $b_k(g)$ —косинус и синус коэффициенты Фурье функции g ,

а $j = \left[\frac{n+1}{2} \right]$ —целая часть числа $\frac{n+1}{2}$.

Теорема 1. Пусть $g \in L_\alpha^p(T) \cap L(T)$, где $p > 1$, $\alpha = np - 1 - \delta$, $n \in \mathbf{N}$ и $0 < \delta < p$. Тогда $\tilde{g} \in L_\alpha^p(T)$ и, более того,

$$\|\tilde{g}\|_{p,\alpha} \leq K(p, \alpha) [\|g\|_{p,\alpha} + m_n(g)].$$

Заметим, что если $n=1$, то $m_1(g)=0$, $-1 < \alpha < p-1$ и следовательно, теорема 1 в этом случае совпадает со сформулированной выше теоремой К. И. Бабенко.

Теорема 2. Пусть $g \in L_{np-1}^p(T) \cap L(T)$, где $p > 1$ и $n \in \mathbf{N}$. Тогда

$$\tilde{g} \in L_{np-1}^p(T) \iff \theta^{n-1} g \in Z_p(T).$$

Более того

$$\|\tilde{g}\|_{p,np-1} \leq K(p, n) [\|g\|_{p,np-1} + z_p(\theta^{n-1}g; T) + m_n(g)],$$

$$z_p(\theta^{n-1}g; T) + m_n(g) \leq K(p, n) [\|g\|_{p,np-1} + \|\tilde{g}\|_{p,np-1}].$$

Так как $m_1(g)=0$ и $z_p(g; T)=0$ для любой нечетной функций $g \in L(T)$, то отмеченная выше теорема Флетта следует из теоремы 1 и теоремы 2.

Теорема 3. Пусть $g \in L_\alpha^p(T)$, где $p > 1$, $\alpha = -np - 1 + \delta$, $n \in \mathbf{N}$ и $0 < \delta < p$. Тогда условия

$$\int_T g \operatorname{ctg}^k \frac{\theta}{2} d\theta = \varepsilon_k \int_T g d\theta, \quad k=1, 2, \dots, n, \quad (3.1)$$

где $\varepsilon_k = \frac{1 + (-1)^k}{2} (-1)^{k/2}$, необходимы и достаточны чтобы $\tilde{g} \in L_\alpha^p(T)$.

Более того, если выполнены условия (3.1), то

$$\|\tilde{g}\|_{p,\alpha} \leq K(p, \alpha) \|g\|_{p,\alpha}.$$

Теорема 4. Пусть $g \in L_\alpha^p(T)$, где $p > 1$ и $\alpha = -np + p - 1$, $n \in \mathbf{N}$.

1. Если n —нечетное число, то $\tilde{g} \in L_\alpha^p(T)$ тогда и только тогда, если

$$g \operatorname{ctg}^n \frac{\theta}{2} \in Z_p^*(T)$$

и

$$\int_T g \operatorname{ctg}^k \frac{\theta}{2} d\theta = \varepsilon_k \int_T g d\theta, \quad k=0, 1, \dots, n-1, \quad (4.1)$$

где $\varepsilon_k = \frac{1+(-1)^k}{2} (-1)^{k/2}$. Более того, если выполнены условия (4.1), то

$$\|\tilde{g}\|_{p,\alpha} \leq K(p, \alpha) \left[\|g\|_{p,\alpha} + z_p^* \left(\operatorname{ctg}^n \frac{\theta}{2}; T \right) \right],$$

$$z_p^* \left(\operatorname{ctg}^n \frac{\theta}{2}; T \right) \leq K(p, \alpha) [\|g\|_{p,\alpha} + \|\tilde{g}\|_{p,\alpha}].$$

II. Если n —четное число, то $\tilde{g} \in L_\alpha^p(T)$ тогда и только тогда, если $\operatorname{ctg}^n \frac{\theta}{2} - (-1)^{n/2} g \in Z_p^*(T)$ и удовлетворяются условия (4.1). Более того, если выполнены условия (4.1), то

$$\|\tilde{g}\|_{p,\alpha} \leq K(p, \alpha) \left[\|g\|_{p,\alpha} + z_p^* \left(\operatorname{ctg}^n \frac{\theta}{2} - (-1)^{n/2} g; T \right) \right],$$

$$z_p^* \left(\operatorname{ctg}^n \frac{\theta}{2} - (-1)^{n/2} g; T \right) \leq K(p, \alpha) [\|g\|_{p,\alpha} + \|\tilde{g}\|_{p,\alpha}].$$

Легко видеть, что сформулированная выше теорема Харди—Литлвуда и теорема Чена следуют соответственно из первой части теоремы 4 и теоремы 3.

Наконец, отметим, что аналогичные утверждения для преобразования Гильберта анонсированы нами в [9].

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

(Поступило 19.11.1982)

მათემატიკა

რ. გურიელაშვილი

შეუღლებული ფუნქციის შესახებ

რეზიუმე

ნებისმიერი ფიქსირებული $p > 1$ და $\alpha, -\infty < \alpha < \infty$, რიცხვებისათვის მოძებნილია აუცილებელი და საკმარისი პირობა $g \in L_\alpha^p(T) \cap L(T)$ ფუნქციაზე იმისათვის, რომ მისი შეუღლებული ფუნქცია $\tilde{g} \in L_\alpha^p(T)$.

MATHEMATICS

R. I. GURIELASHVILI

ON A CONJUGATE FUNCTION

Summary

For any fixed numbers $p > 1$ and $\alpha, -\infty < \alpha < \infty$ the necessary and sufficient conditions are found, expressed in terms of the function $g \in L_\alpha^p(T) \cap L(T)$, so that its conjugate function $\tilde{g} \in L_\alpha^p(T)$.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. К. И. Бабенко. ДАН СССР, т. 62, № 2, 1948.
2. G. H. Hardy, J. E. Littlewood. Duke Math. № 2, 1936.
3. К. К. Chen. Amer. J. Math. 66, № 2, 1944.
4. Т. М. Flett. Proc. London, Math. Soc. (3), 8, № 29, 1958.
5. О. Д. Церетели. Труды Тбил. матем. ин-та АН ГССР, т. 34, 1968.
6. О. Д. Церетели. Труды Тбил. матем. ин-та АН ГССР, т. 42, 1972.
7. О. Д. Церетели. Труды Симпозиума по механике сплошной среды и родственным проблемам анализа. Тбилиси, 1971.
8. О. Д. Церетели. Итоги науки и техники, Современные проблемы математики, т. 7. М., 1975.
9. Р. И. Гуриелашвили. Сообщения АН ГССР, 103, № 2, 1981.

Л. Д. ГОГОЛАДЗЕ

К ВОПРОСУ СУЩЕСТВОВАНИЯ СОПРЯЖЕННЫХ ФУНКЦИЙ
 МНОГИХ ПЕРЕМЕННЫХ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. В. Жижиашвили 31.12.1982)

Пусть R^n —евклидово пространство, размерность которого равна n ; $T^n = [-\pi, \pi]^n$ —куб в R^n . Через $x = (x_1, \dots, x_n)$, $t = (t_1, \dots, t_n)$, ... будем обозначать точки R^n . Запись $\varepsilon \rightarrow 0$ означает, что $\varepsilon_i \rightarrow 0$ ($i = \overline{1, n}$) независимо друг от друга, а $(\varepsilon)_\lambda \rightarrow 0$, $\lambda \in [1, \infty[$ означает, что $\varepsilon_i \rightarrow 0$, при соблюдении условий $\lambda^{-1} \leq \frac{\varepsilon_i}{\varepsilon_j} \leq \lambda$ ($i, j = \overline{1, n}$). Пусть $B \subset \{1, \dots, n\}$, $B \neq \emptyset$. Через t_B обозначим точку $(\bar{t}_1, \dots, \bar{t}_n)$, где $\bar{t}_i = t_i$ при $i \in B$ и $\bar{t}_i = 0$ при $i \notin B$. Символом $K(B)$ обозначим количество элементов множества B . Будем предполагать, что $T_{\varepsilon_B} = \prod_{i \in B} ([-\pi, \pi], [-\varepsilon_i, \varepsilon_i])$. Пусть $f \in L(T^n)$, $n \geq 2$ и

$$\tilde{f}^B(x) = \left(-\frac{1}{2\pi}\right)^{K(B)} \lim_{\varepsilon_B \rightarrow 0} \int_{T_{\varepsilon_B}} f(x+t_B) \prod_{i \in B} \operatorname{ctg} \frac{t_i}{2} dt_i, \quad (1)$$

$$\tilde{f}_{(\lambda)}^B(x) = \left(-\frac{1}{2\pi}\right)^{K(B)} \lim_{(\varepsilon_B)_\lambda \rightarrow 0} \int_{T_{\varepsilon_B}} f(x+t_B) \prod_{i \in B} \operatorname{ctg} \frac{t_i}{2} dt_i. \quad (2)$$

Зигмундом [1] было доказано, что если $f \in L(\ln^+ L)^{K(B)-1}(T^n)$, то $\tilde{f}^B(x)$ существует почти всюду на T^n . Им же в работе [2] был поставлен следующий вопрос: существует ли $\tilde{f}_{(\lambda)}^B(x)$, $K(B) \geq 2$ почти всюду на T^n , если $f \in L(T^n)$. В связи с задачей Зигмунда результаты получены в работах Стейна [3] и Л. В. Жижиашвили ([4, 5]). В частности, Л. В. Жижиашвили [5] доказал, что для любого $\delta > 0$ существует $f \in L(\ln^+ L)^{K(B)-1-\delta}(T^n)$, $K(B) \geq 2$ такое, что $\tilde{f}_{(\lambda)}^B(x)$ не существует почти всюду на T^n , даже при $\lambda = 1$.

Теперь, если учесть, что из существования $\tilde{f}^B(x)$, $K(B) \geq 2$ следует существование $\tilde{f}_{(\lambda)}^B(x)$, для любого $\lambda \in [1, \infty[$, то получаем, что имеющиеся достаточные условия одинаковы для существования $\tilde{f}^B(x)$ и $\tilde{f}_{(\lambda)}^B(x)$, причем эти условия неулучшаемы в определенном смысле.

В связи с вышесказанным, П. Л. Ульяновым (см. [5], стр. 87) был поставлен следующий вопрос: если почти всюду на T^n существует $\tilde{f}_{(k)}^B(x)$, $K(B) \geq 2$, то будет ли существовать $\tilde{f}^B(x)$ почти всюду на T^n ?

Ниже будут приведены теоремы, из которых следует отрицательный ответ на задачу П. Л. Ульянова.

Положим

$$S = \{f: f \in L(T^2), \tilde{f}^{(1)} \in L(T^2), \tilde{f}^{(2)} \in L(T^2)\}.$$

Теорема 1. Пусть $f \in S$. Тогда для любого $\lambda \in [1, \infty[$ почти всюду на T^2 существует $\tilde{f}_{(\lambda)}^{(1,2)}(x)$.

Теорема 2. Существует функция $f \in S$ такая, что $\tilde{f}^{(1,2)}(x)$ не существует почти для всех $x \in T^2$.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 31.12.1982)

მათემატიკა

ლ. გოგოლაძე

მრავალი ცვლადის შეშლვებული ფუნქციების არსებობის შესახებ

რეზიუმე

ვთქვათ $f \in L(T^n)$, $n \geq 2$ და

$$\tilde{f}^B(x) = \left(-\frac{1}{2\pi}\right)^{K(B)} \lim_{\varepsilon_B \rightarrow 0} \int_{T_{\varepsilon_B}} f(x+t_B) \prod_{i \in B} \operatorname{ctg} \frac{t_i}{2} dt_i,$$

$$\tilde{f}_{(k)}^B(x) = \left(-\frac{1}{2\pi}\right)^{K(B)} \lim_{(\varepsilon_B)_k \rightarrow 0} \int_{T_{\varepsilon_B}} f(x+t_B) \prod_{i \in B} \operatorname{ctg} \frac{t_i}{2} dt_i.$$

პ. ულიანოვა (იხ. [5], გვ. 87) დასვა შემდეგი ამოცანა: ვთქვათ არსებობს $\tilde{f}_{(k)}^B(x)$, $K(B) \geq 2$ თითქმის ყველგან T^n -ზე, მაშინ იარსებებს თუ არა $\tilde{f}^B(x)$ თითქმის ყველგან T^n -ზე?

მოყვანილია ორი თეორემა, რომელთაგან გამომდინარეობს უარყოფითი პასუხი პ. ულიანოვის აღნიშნულ ამოცანაზე.

L. D. GOGOLADZE

ON THE EXISTENCE OF CONJUGATE FUNCTIONS OF SEVERAL VARIABLES

Summary

Let $f \in L(T^n)$, $n \geq 2$ and

$$\widehat{f}^B(x) = \left(-\frac{1}{2\pi}\right)^{K(B)} \lim_{\varepsilon_B \rightarrow 0} \int_{T_{\varepsilon_B}} f(x+t_B) \prod_{i \in B} \operatorname{ctg} \frac{t_i}{2} dt_1,$$

$$\widetilde{f}_{(\lambda)}^B(x) = \left(-\frac{1}{2\pi}\right)^{K(B)} \lim_{(\varepsilon_B)_\lambda \rightarrow 0} \int_{T_{\varepsilon_B}} f(x+t_B) \prod_{i \in B} \operatorname{ctg} \frac{t_i}{2} dt_1.$$

P. Ulyanov (see [5], p. 87) raised the following problem: Let us assume that there exists $\widetilde{f}_\lambda^B(x)$, $k(B) \geq 2$ almost everywhere on T^n , then will $\widehat{f}^B(x)$ exist almost everywhere on T^n ?

In the present paper two theorems are given which yield a negative answer to the above problem of P. Ulyanov.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. A. Zygmund. Fund. Math., 36, 1949, 207-135.
2. A. Zygmund. Rend. di Math. e delle appl., 17 1957, 468-505.
3. E. M. Stein. Ann. Math. 74, 1961, 140-170.
4. Л. В. Жижиашвили. Сопряженные функции и тригонометрические ряды. Тбилиси, 1969.
5. Л. В. Жижиашвили. УМН, 28 (1973), 65—119.

А. И. АРСЕНАШВИЛИ

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ
 УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОДНОГО КЛАССА ЛИНЕЙНЫХ
 СТУПЕНЧАТЫХ СИСТЕМ С ЗАПАЗДЫВАНИЯМИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. Л. Харатишвили 5.1.1983)

Рассмотрим следующую ступенчатую систему

$$L_1^k(p)z(t) = y(t - \tau), \quad 0 \leq t \leq \theta, \quad (1)$$

$$L_1^m(p)y(t) = u(t), \quad -\tau_0 \leq t \leq \theta, \quad (2)$$

$$L_2^k(p)z(t) = y(t - \eta), \quad (3)$$

$$L_2^m(p)y(t) = u(t), \quad \theta \leq t \leq T, \quad (4)$$

где $z(t)$, $y(t)$, $u(t)$ —скалярные функции действительного аргумента t (времени). Функция $z(t)$ имеет непрерывные производные порядка $k-1$, а $y(t)$ имеет непрерывные производные порядка $m-1$. $L_1^k(p)$, $L_2^k(p)$ и $L_1^m(p)$, $L_2^m(p)$ —линейные дифференциальные операторы с постоянными коэффициентами, порядков k и m , соответственно. $p = \frac{d}{dt}$ —символ дифференцирования. $\tau = \text{Const} > 0$, $\eta = \text{Const} > 0$, $\tau_0 = \max(\tau, \eta)$, $\theta \in [0, T]$ —момент времени, когда происходит переход от одного закона движения к другому.

Классом допустимых управлений возьмем множество всех кусочно-непрерывных функций с разрывами первого рода, определенных на отрезке $[-\tau_0, T]$ и принимающих значения из $U = [-1, +1]$.

Требуется в классе допустимых управлений выбрать такое управление $u(t)$, $-\tau_0 \leq t \leq T$, а на отрезке $[0, T]$ такой момент времени θ , чтобы соответствующее им непрерывное решение $(z(t), y(t))$, $0 \leq t \leq T$, системы (1)—(4), выходящее из заданного начального положения

$$(z(0), \dots, z^{(k-1)}(0), y(0), \dots, y^{(m-1)}(0)) = (z_0, \dots, z_0^{(k-1)}, y_0, \dots, y_0^{(m-1)}), \quad (5)$$

попадала в конечное положение

$$(z(T), \dots, z^{(k-1)}(T), y(T), \dots, y^{(m-1)}(T)) = (0, \dots, 0, d_0, \dots, d_{m-1}),$$

$$d_i \in [-\infty, +\infty], \quad i = 0, \dots, m-1, \quad (6)$$

за минимальное время.

Решение $(z(t), y(t))$, $0 \leq t \leq T$ системы (1)—(4), соответствующее управлению $u(t)$, $-\tau_0 \leq t \leq T$ и моменту времени $\theta \in [0, T]$, строится следующим образом: решая уравнение (2) на отрезке $-\tau_0 \leq t \leq 0$ с начальным условием (5), получаем начальную функцию $\varphi(t) = y(t)$, $-\tau_0 \leq t \leq 0$, для уравнения (1), после строим решение системы (1), (2) на отрезке $0 \leq t \leq \theta$, что дает начальную функцию $y(t)$, $\theta - \eta \leq t \leq \theta$ и начальное значение $(z(\theta), \dots, z^{(k-1)}(\theta), y(\theta), \dots, y^{(m-1)}(\theta))$ для системы (3), (4).

Задача синтеза для систем такого класса без перехода от одного закона движения к другому была решена в работе [1].

Систему (1)–(4) можем записать в виде линейной системы порядка $n=k+m$ в векторной форме:

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Cx(t-\tau) + v(t), \quad 0 \leq t \leq \theta, \quad (7)$$

$$\ddot{x}(t) = Bx(t) + Cx(t-\eta) + v(t), \quad \theta \leq t \leq T, \quad (8)$$

где $x = (x^1, \dots, x^k, x^{k+1}, \dots, x^n) = (z, \dots, z^{(k-1)}, y, \dots, y^{(m-1)}) \in X^n$ — фазовое пространство; $v(t) = (0, \dots, 0, u(t))$; n —мерный вектор. $A = (a_j^i)$, $B = (b_j^i)$, $C = (c_j^i)$, $i, j = 1, \dots, n$ —матрицы с элементами

$$a_j^i = \begin{cases} 1 & \text{если } i=1, \dots, k-1, k+1, \dots, n-1; j=i+1; \\ a_j & \text{если } i=k, j=1, \dots, k \text{ или } i=n, j=k+1, \dots, n; \\ 0 & \text{для остальных индексов.} \end{cases}$$

$$b_j^i = \begin{cases} 1 & \text{если } i=1, \dots, k-1, k+1, \dots, n-1; j=i+1; \\ b_j & \text{если } i=k, j=1, \dots, k \text{ или } i=n, j=k+1, \dots, n; \\ 0 & \text{для остальных индексов.} \end{cases}$$

$$c_j^i = \begin{cases} 1, & \text{если } i=k, j=k+1; \\ 0 & \text{для остальных индексов,} \end{cases}$$

$a_j, b_j, j = 1, \dots, k$ —коэффициенты операторов $L_1^k(p)$ и $L_2^k(p)$, соответственно; $a_j, b_j, j=k+1, \dots, n$ —коэффициенты операторов $L_1^m(p)$ и $L_2^m(p)$, соответственно.

Рассмотрим M множество всех тех точек $x = (x^1, \dots, x^n) \in X^n$, для которых существует оптимальное по быстродействию управление $v(t)$, $-\tau_0 \leq t \leq T$ и оптимальный момент времени $\theta \in [0, T]$, переводящие фазовую точку из начального положения $x_0 = (x_0^1, \dots, x_0^n) \in M$ в подпространство $X^{n-k} \subset X^n$ по непрерывной траектории $x(t)$, $0 \leq t \leq T$ системы (7), (8), отвечающей начальной функции $x^{k+1}(t) = y(t)$, $-\tau_0 \leq t \leq 0$.

Каждой точке множества M может быть поставлено в соответствие значение допустимого управления, а также значение $\theta \in [0, T]$, реализующее оптимальный по быстродействию переход в подпространство X^{n-k} . Нахождение этих соответствий назовем синтезом оптимального управления и оптимального момента $\theta \in [0, T]$.

В силу принципа максимума [2] существует такая ненулевая, непрерывная вектор-функция $\psi(t) = (\psi_1(t), \dots, \psi_n(t))$, удовлетворяющая следующей системе уравнений:

$$\dot{\psi}(t) = -\psi(t)A - \psi(t+\tau)C, \quad 0 \leq t \leq \beta(\theta-\tau) + (1-\beta)(T-\eta),$$

$$\dot{\psi}(t) = -\psi(t)A - \psi(t+\beta\tau + (1-\beta)\eta)C, \quad \beta(\theta-\tau) + (1-\beta)(T-\eta) \leq t \leq \alpha\beta\theta + (1-\alpha)[T-\gamma\eta - (1-\gamma)\tau],$$

$$\dot{\psi}(t) = -\psi(t)[\alpha B + (1-\alpha)A] - \alpha\psi(t+\eta)C, \quad \alpha\beta\theta + (1-\alpha)[T-\gamma\eta - (1-\gamma)\tau] \leq t \leq (1-\alpha)\theta + \alpha(T-\eta), \quad (9)$$

$$\dot{\psi}(t) = -\psi(t)B, \quad (1-\alpha)\theta + \alpha(T-\eta) \leq t \leq T;$$

где

$$\alpha = \frac{1}{2} [1 + \text{sign}(T - \eta - \theta)], \quad \beta = \frac{1}{2} [1 + \text{sign}(T - \eta - \theta + \tau)], \quad \gamma = \begin{cases} 1, & T \neq \theta, \\ 0, & T = \theta; \end{cases}$$

что
$$\psi_n(t)u(t) = \max_{u \in U} \psi_n(t)u, \quad -\tau_0 \leq t \leq T,$$

т. е.
$$u(t) = \text{sign } \psi_n(t), \quad -\tau_0 \leq t \leq T. \quad (10)$$

В момент θ выполняется условие

$$(\psi(\theta), Ax(\theta) + Cx(\theta - \tau)) = (\psi(\theta), Bx(\theta) + Cx(\theta - \eta)). \quad (11)$$

В конечный момент времени T выполнено условие трансверсальности

$$\psi_{k+1}(T) = \dots = \psi_n(T) = 0.$$

Заметим, что если $\theta = T$, тогда получаем обычный принцип максимума [3].

Рассуждая аналогично, как в работе [1], получаем, что система (7), (8) невырождена на отрезке $0 \leq t \leq T$. Следовательно,

$$u(t) = \begin{cases} \text{sign } \psi_n(t), & 0 \leq t \leq T - \eta, \\ \text{sign } \psi_n(T - \eta -), & T - \eta \leq t \leq T. \end{cases}$$

Это дает возможность единственным образом определить оптимальное управление из принципа максимума (10). Определив оптимальное управление $u(t)$, $0 \leq t \leq T$ и соответствующее этому управлению оптимальную траекторию системы (7), (8), из условия (11) находим оптимальный $\theta \in [0, T]$ момент перехода от одного закона движения к другому.

Для иллюстрации синтеза рассмотрим пример:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = -x(t) + y(t-2), & 0 \leq t \leq \theta, \\ \dot{y}(t) = u(t), & -2 \leq t \leq \theta, \end{cases} \quad (12) \quad \begin{cases} \dot{x}(t) = y(t-1), \\ \dot{y}(t) = u(t), \end{cases} \quad \theta \leq t \leq T; \quad (13)$$

$$(x(0), y(0)) = (x_0, y_0), (x(T), y(T)) = (0, d), d \in [-\infty, +\infty], T \rightarrow \min.$$

Сопряженная система имеет вид

$$\dot{\psi}_1(t) = \begin{cases} \psi_1(t), & 0 \leq t \leq \theta, \\ 0, & \theta \leq t \leq T; \end{cases}$$

$$\dot{\psi}_2(t) = \begin{cases} -\psi_1(t+2), & -2 \leq t \leq \theta - 2, \\ -\psi_1(t+1), & \theta - 2 \leq t \leq \alpha\theta + (1-\alpha)(T + \gamma - 2), \\ -\alpha\psi_1(t+1), & \alpha\theta + (1-\alpha)(T + \gamma - 2) \leq t \leq (1-\alpha)\theta + \alpha(T-1), \\ 0, & (1-\alpha)\theta + \alpha(T-1) \leq t \leq T. \end{cases}$$

Условие трансверсальности дает

$$(\psi_1(T), \psi_2(T)) = (\chi_1, 0), \chi_1 = \text{Const} \neq 0.$$

Имеем

$$\psi_1(t) = \begin{cases} \chi_1 e^{t-\theta}, & 0 \leq t \leq \theta, \\ \chi_1, & \theta \leq t \leq T, \end{cases}$$

$$\psi_2(t) = \begin{cases} \chi_1(T - \theta + 1 + \gamma - \gamma e^{-1} - e^{t+2-\theta}), & -2 \leq t \leq \theta - 2, \\ \chi_1(T - \theta + 1 - e^{t+2-\theta}), & \theta - 2 \leq t \leq \gamma(\theta - 1) + (1-\gamma)(T - 2), \\ \gamma\chi_1(T - 1 - t), & \gamma(\theta - 1) + (1-\gamma)(T - 2) \leq t \leq T - 1, \\ 0, & T - 1 \leq t \leq T. \end{cases}$$

Из вида функции $\psi_2(t)$ следует $u(t) = \text{sign } \chi_1$, $-2 \leq t \leq T$. Это означает, что оптимальное управление равно $+1$ или -1 .

Если $u(t) = -1$, тогда

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = (x_0 - y_0 - 3)e^{-t} - t + 3 + y_0, & 0 \leq t \leq \theta, \\ \dot{y}(t) = -t + y_0, & -2 \leq t \leq \theta, \end{cases}$$

$$\begin{cases} x(t) = -\frac{t^2}{2} + (y_0 + 1)t + x_0, \\ y(t) = -t + y_0, \end{cases} \quad \theta \leq t \leq T;$$

а условие в момент θ принимает вид $(x_0 - y_0 - 3)e^{-\theta} - \theta + y_0 + 2 = 0$.

Если $u(t) = +1$, тогда

$$\begin{cases} x(t) = (x_0 - y_0 + 3)e^{-t} + t + y_0 - 3, & 0 \leq t \leq \theta, \\ y(t) = t + y_0, & -2 \leq t \leq \theta, \\ \begin{cases} x(t) = \frac{t^2}{2} + (y(\theta) - 1)t + x(\theta), \\ y(t) = t + y(\theta), \end{cases} & \theta \leq t \leq T; \end{cases}$$

а условие в момент θ принимает вид $(x_0 - y_0 + 3)e^{-\theta} + \theta + y_0 - 2 = 0$.

Нетрудно убедиться, что если начальная точка (x_0, y_0) лежит левее от оси ординат, тогда оптимальное уравнение $u(t) = +1$, а если правее от оси ординат — тогда $u(t) = -1$.

Окончательно имеем, если $(x_0, y_0) \in D_1 = \{(x_0, y_0) | x_0 \leq -1, -\infty \leq y_0 \leq +\infty\} \cup \{(x_0, y_0) | x_0 \geq 1, -\infty \leq y_0 \leq +\infty\}$, тогда система оптимальным образом переходит от одного закона движения к другому в момент θ , если $(x_0, y_0) \in D_2 = \{(x_0, y_0) | -1 \leq x_0 < 0, y_0 \geq 1\} \cup \{(x_0, y_0) | 0 < x_0 \leq 1, y_0 \leq -1\}$, тогда оптимальным является движение по системе (13), а если $(x_0, y_0) \in D_3 = \{(x_0, y_0) | -1 \leq x_0 < 0, y_0 < 1\} \cup \{(x_0, y_0) | 0 < x_0 \leq 1, y_0 > 1\}$, тогда оптимальным является движение по системе (12).

Пусть 1) $(x_0, y_0) = (-8, 2)$, тогда $u_{\text{опт.}} = +1$, $\theta_{\text{опт.}} \approx 1,5$, $d \approx 3,85$, $T_{\text{опт.}} \approx 1,85$. 2) $(x_0, y_0) = (5, 3)$, тогда $u_{\text{опт.}} = -1$, $\theta_{\text{опт.}} = 4$, $d \approx -2,7$, $T_{\text{опт.}} \approx 4,7$.

Академия наук Грузинской ССР
Институт систем управления

(Поступило 7.1.1983)

მათემატიკა

ა. არსენაშვილი

სწრაფქმედების აზრით ოპტიმალური მართვის სინთეზი წრფივი საფეხუროვანი სისტემების ერთი კლასისათვის დაგვიანებებით

რეზიუმე

მოცემულია სწრაფქმედების აზრით ოპტიმალური მართვისა და ერთი საფეხურიდან მეორე საფეხურზე გადასვლის ოპტიმალური მომენტის პოვნის კონსტრუქციული მეთოდი წრფივი საფეხუროვანი სისტემების კერძო კლასისათვის დაგვიანებებით.

MATHEMATICS

A. I. ARSENASHVILI

SYNTHESIS OF HIGH-SPEED OPTIMAL CONTROL FOR ONE CLASS OF LINEAR STEP-SYSTEMS WITH DELAYS

Summary

The author presents a constructive method of finding high-speed optimal control and optimal moment of passage from one step to another for one class of linear step-systems with delays.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. Л. Харатишвили. Оптимальные процессы с запаздываниями. Тбилиси, 1966, 79.
2. А. И. Арсенашвили. Сборник трудов ИСУ АН ГССР «Теория и устройства систем автоматического регулирования», XXI:1, Тбилиси, 1982.
3. Л. С. Понтрягин, В. Г. Болтянский, Р. В. Гамкрелидзе, Е. Ф. Мищенко. Математическая теория оптимальных процессов. М., 1976.



Г. Т. МАКАЦАРИЯ

ТЕОРЕМЫ ТИПА ЛИУВИЛЛЯ ДЛЯ ОБОБЩЕННЫХ
АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

(Представлено членом-корреспондентом Академии И. Т. Кигурадзе 29.6.1983)

На всей плоскости E комплексного переменного $z = x + iy$ рассмотрим уравнение Карлемана—Векуа

$$\frac{\partial W}{\partial \bar{z}} + A(z)W + B(z)\overline{W} = 0, \quad (1)$$

где

$$A(z) = \lambda \cdot [r^\nu \exp(in\varphi) + \overline{g(z)}] + A^*(z), \quad z = r \exp(i\varphi);$$

n, ν, λ —постоянные, причем n —целое число, и $\nu > -1$; функции $A^*(z)$ и $B(z)$ принадлежат классу $L_{p,2}(E)$, $p > 2$ [1]; $g(z)$ —целая аналитическая функция комплексного переменного z .

Ниже всюду под решением уравнения (1) понимается непрерывное на всей плоскости обобщенное решение [1] и линейное пространство таких решений всегда рассматривается над полем вещественных чисел.

В настоящей работе исследовано асимптотическое поведение на бесконечности решений $W(z)$ уравнения (1). На основе этого найдены точные асимптотические условия, зависящие от параметров λ, n, ν , и установлены теоремы, в которых доказывается тривиальность, конечномерность и бесконечномерность пространства решений, удовлетворяющих этим асимптотическим условиям в окрестности бесконечно удаленной точки. В конечномерном случае точно подсчитана размерность пространства и указан базис.

В регулярном случае, т. е. когда $\lambda = 0$, достаточно полная теория уравнений (1) изложена в монографии И. Н. Векуа [1]. На основе обобщенной теоремы Лиувилля (см. [1], стр. 167) в работах [2, 3], в частности, доказано, что пространство решений $W(z)$ уравнения (1), удовлетворяющих условию роста

$$W(z) = O(|z|^N), \quad (z \rightarrow \infty), \quad (2)$$

для некоторого целого $N \geq 0$, имеет размерность $2N+2$. В работах [4—6] изучен широкий класс уравнений (1), когда коэффициенты $A(z)$ и $B(z)$ не принадлежат классу $L_{p,2}(E)$, $p > 2$, и доказан ряд теорем о размерности пространства решений задачи (1)—(2).

Рассмотрим линейное пространство

$$\Omega(N, \delta, \sigma)$$



всевозможных решений $W(z)$ уравнения (1), удовлетворяющих условию роста

$$W(z) = O(|z|^N \exp\{\delta |z|^\sigma\}), \quad (z \rightarrow \infty), \quad (3)$$

где δ и σ — неотрицательные числа; N — натуральное число. Отметим, что если $\delta=0$, или $\sigma=0$, условие (3) совпадает с условием (2).

Рассмотрим уравнение

$$\frac{\partial W^*}{\partial \bar{z}} + A^*(z) W^* + B^*(z) \bar{W}^* = 0, \quad (4)$$

где

$$B^*(z) = B(z) \exp\{2i \operatorname{Im}[\bar{\omega}(z) - 2F(z)]\},$$

$$\omega(z) = \frac{2\lambda |z|^\nu \bar{z} \exp(in\varphi)}{n - \nu - 2},$$

$$\frac{dF}{dz} = g, \quad F(0) = 0.$$

Нетрудно доказать, что соотношением

$$W(z) = W^*(z) \exp\{\omega(z) + 2i \operatorname{Im}F(z)\} \quad (5)$$

устанавливается взаимнооднозначное соответствие между решениями уравнений (1) и (4).

Пусть

$$\tilde{W}_k^*(z, 0), \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

суть обобщенные степенные функции класса $\mathfrak{A}_{p,2}(A^*, B^*, E)$ [1].

На основе соотношения (5) доказываются следующие теоремы.

Теорема 1. *Предположим, что постоянные n и ν удовлетворяют условию*

$$|n - 1| > 2(\nu + 1). \quad (6)$$

Тогда для произвольного N

$$\dim \Omega \left(N, \frac{2|\lambda|}{|n - \nu - 2|}, \nu + 1 \right) = 2N + 2,$$

причем система функций

$$W_k(z) = \tilde{W}_k^*(z, 0) \exp\{\omega(z) + 2i \operatorname{Im}F(z)\}, \quad k = 0, 1, \dots, 2N + 1, \quad (7)$$

образует базис пространства $\Omega \left(N, \frac{2|\lambda|}{|n - \nu - 2|}, \nu + 1 \right)$.

Отметим, что базис (7) значительно упрощается, если $B(z) \equiv 0$. В этом случае в качестве базиса можно брать систему функций

$$W_0(z), W_1(z), \dots, W_N(z), iW_0(z), iW_1(z), \dots, iW_N(z),$$

где

$$W_k(z) = z^k \exp \left\{ \omega(z) + 2i \operatorname{Im} F(z) + \frac{1}{\pi} \iint_E \frac{A^*(\zeta) d\xi d\zeta}{\zeta - z} \right\},$$

$$\zeta = \xi + i\eta, \quad k = 0, 1, \dots, N,$$

Теорема 2. Пусть выполняется условие (6), тогда имеют место следующие утверждения:

1. Для произвольных N, δ

$$\dim \Omega(N, \delta, \sigma) = 0, \quad \text{когда } \lambda \neq 0, \sigma < \sigma_0,$$

$$\dim \Omega(N, \delta, \sigma) = \infty, \quad \text{когда } \sigma > \sigma_0,$$

где

$$\sigma_0 = \nu + 1.$$

2. Для произвольного N

$$\dim \Omega(N, \delta, \sigma_0) = 0, \quad \text{когда } \delta < \delta_0,$$

$$\dim \Omega(N, \delta, \sigma_0) = \infty, \quad \text{когда } \delta > \delta_0,$$

где

$$\delta_0 = \frac{2|\lambda|}{|n - \nu - 2|}.$$

Теорема 3. Пусть выполняется условие (6), $\lambda \neq 0$, и для некоторых N, δ, σ

$$0 \neq \dim \Omega(N, \delta, \sigma) \neq \infty.$$

Тогда

$$\dim \Omega(N, \delta, \sigma) = 2N + 2, \quad \sigma = \sigma_0, \quad \delta = \delta_0.$$

Теоремы 1—3 дают точную характеристику асимптотического поведения в окрестности бесконечно удаленной точки нетривиальных решений уравнения (1). В частности, если $\lambda \neq 0$, и выполняется условие (6), то каждое нетривиальное решение $W(z)$ по модулю возрастает быстрее, чем произвольная степень $|z|$, когда $z \rightarrow \infty$. Однако имеет место следующая теорема.

Теорема 4. Если $\lambda \neq 0$, и выполняется условие (6), то каждое нетривиальное решение $W(z)$ уравнения (1) не имеет предела (ни конечного, ни бесконечного) при $z \rightarrow \infty$.

Отметим, что в работах [7, 8] указан другой, достаточно широкий класс уравнений вида (1), у нетривиальных решений которых не существует предела в неподвижной особой точке.

Тбилисский государственный университет

Институт прикладной математики

им. И. Н. Векуа

(Поступило 30.6.1983)

ბ. შაკვატაძის

ლიუვილის ტიპის თეორემები განზოგადებული ანალიზური
 ფუნქციებისათვის

რეზიუმე

გამოკვლეულია (1) განტოლების ამონახსნთა ასიმპტოტური ყოფაქცევა უსასრულოდ შორეული წერტილის მახლობლობაში. მიღებულია ზუსტი ასიმპტოტური პირობები, რომლებიც უზრუნველყოფს ამონახსნთა სივრცის ტრივიალურობას, სასრულგანზომილებიანობას და უსასრულოგანზომილებიანობას. სასრულგანზომილებიან შემთხვევაში ზუსტად არის დათვლილი სივრცის განზომილება და აგებულია ბაზისი.

MATHEMATICS

G. T. MAKATSARIA

LIIOUVILLE-TYPE THEOREMS FOR GENERALIZED ANALYTIC
 FUNCTIONS

Summary

The paper deals with the asymptotic behaviour of solutions for the equation (1) in the neighbourhood of an infinite point. The exact asymptotic conditions are obtained, which provide the triviality, finite dimensionality and infinite dimensionality of the linear space of the solutions. In the finite-dimensional case the space dimension is exactly given and the basis is constructed.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. И. Н. Векуа. Обобщенные аналитические функции. М., 1959.
2. Н. В. Калдани. Сообщения АН ГССР, 105, № 3, 1982.
3. Н. В. Калдани. Сб. «Граничные задачи теории обобщенных аналитических функций и их применения», Тбилиси, 1983, 17—60.
4. В. С. Виноградов. ДАН СССР, 183, № 3, 1968.
5. В. С. Виноградов. Сб. «Комплексный анализ и его приложения», М., 1978, 120—125.
6. В. С. Виноградов. Дифф. уравнения, т. 16, № 1, 1980.
7. Г. Т. Макацария. Сообщения АН ГССР, 107, № 3, 1982.
8. Г. Т. Макацария. Сб. «Граничные задачи теории обобщенных аналитических функций и их применения». Тбилиси, 1983, 61—78.

Т. А. ЧАБУКИАНИ

К КОМБИНАТОРНОЙ ГЕОМЕТРИИ ТРЕХМЕРНОГО ПРОСТРАНСТВА

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 28.6.1983)

Пусть V — компактное выпуклое тело трехмерного евклидова пространства R^3 . Обозначим через $H = H(V)$ множество всех единичных векторов, представляющих собой внешние нормали тела V в регулярных точках его границы и условимся писать $mdV = mdH$ (см. [1]). В этой заметке будут указаны все тела в R^3 , для которых $mdV = 2$, и это позволит (на основании работ [2] и [3]) установить ряд комбинаторно-геометрических свойств таких тел.

Определение 1. Пусть W — некоторый параллелепипед и Π — его грань. Выпуклое тело $V \subset W$, назовем *стогом* с основанием Π , если $\Pi \subset W$ и любая плоскость, параллельная Π и проходящая через какую-либо внутреннюю точку тела V , пересекает его по параллелограмму стороны которого параллельны сторонам параллелограмма Π .

Определение 2. Пусть QA, QB, QC — три ребра параллелепипеда W . Компактное выпуклое тело $V \subset W$, содержащее точки Q, A, B, C , назовем *вырезом* с вершиной Q и ребрами QA, QB, QC если для любой граничной точки S этого тела, не лежащей на границе параллелепипеда W , хотя бы одна из плоскостей, проходящих через S и параллельных граням параллелепипеда W , пересекает тело V по параллелограмму.³

Лемма. Если V — вырез, стог или цилиндр (т. е. векторная сумма двумерного выпуклого множества и отрезка), то $mdV \leq 2$.

Справедливо и обратное:

Теорема. Компактное выпуклое тело $V \subset R^3$ в том и только в том случае удовлетворяет условию $mdV \leq 2$, если оно является стогом, вырезом или цилиндром.

Доказательство. В силу [4] нужно рассмотреть три отдельных случая: $H(V) \subset H^{***}$, $H(V) \subset H^{**}$, $H(V) \subset H^*$.

1) Пусть $H(V) \subset H^{***}$; покажем, что V — вырез. Будем считать, что $H^{***} = \{\vec{OM}: M \in n_1 \cup n_2 \cup n_3 \cup F_1 \cup F_2 \cup F_3, M \neq O\}$, где n_1, n_2, n_3 — лучи, исходящие из точки O и не лежащие в одной плоскости, а F_1, F_2, F_3 — углы с вершиной O , симметричные углам со сторонами n_1, n_2, n_3 . Так как множество $H(V)$ не является единичным (поскольку V компактно), то существуют векторы $\vec{n}_1, \vec{n}_2, \vec{n}_3 \in H(V)$, направление вдоль лучей n_1, n_2, n_3 .

Для каждого вектора $\vec{n} \in H^{***}$ рассмотрим через $\alpha(\vec{n})$ спорную плоскость тела V , для которой \vec{n} является вектором внешней нормали, а через $P(\vec{n})$ — соответствующее полупространство (содержащее V). Так как



$H(V) \subset H^{***}$, то $V = \bigcap_{\vec{n} \in H^{***}} P(\vec{n})$. Положим $H_i = \{\vec{OM} : M \in l_j \cup l_k \cup F_i, M \neq O\}$, где j, k —два отличных от i элемента множества $\{1, 2, 3\}$. Тогда $H^{***} = H_1 \cup H_2 \cup H_3$, и потому $V = V_1 \cup V_2 \cup V_3$, где $V_i = \bigcap_{\vec{n} \in H_i} P(\vec{n})$.

Тело V_i представляет собой бесконечный цилиндр, две грани которого лежат в плоскостях $\alpha(\vec{n}_j)$, $\alpha(\vec{n}_k)$, а образующие параллельны линии пересечения этих плоскостей.

Пусть теперь S —произвольная граничная точка тела V , не принадлежащая $\alpha(\vec{n}_1) \cup \alpha(\vec{n}_2) \cup \alpha(\vec{n}_3)$. Так как $bdV \cup (bdV_1) \cup (bdV_2) \cup (bdV_3)$, то S принадлежит границе хотя бы одного из тел V_1, V_2, V_3 . Пусть для определенности, $S \in bdV_1$. Обозначим через q_1 образующую тела V_1 , проходящую через точку S (так что $q_1 \in bdV_1$), и пусть S' —точка пересечения этой образующей с плоскостью $\alpha(\vec{n}_1)$. Точка S' принадлежит каждому из тел V_2, V_3 , т. е. $S' \in V_1 \cap V_2 \cap V_3$. Следовательно, весь отрезок $[S'S]$ принадлежит телу V . Обозначим через $[S'T]$ наибольший отрезок прямой q , содержащийся в V (так что $S \in [S'T]$). Весь отрезок $[S'T]$ принадлежит границе тела V_1 (поскольку $q_1 \in bdV_1$). Вместе с тем точка T принадлежит границе хотя бы одного из тел V_2, V_3 (иначе отрезок $[S'T]$ можно было бы продолжить за точку T). Пусть, для определенности, $T \in bdV_2$. Обозначим через q_2 образующую тела V_2 , проходящую через точку T , а через T' —точку пересечения этой образующей с плоскостью $\alpha(\vec{n}_2)$. Тогда весь отрезок $[TT']$ содержится в V . При этом оба отрезка $[S'T]$ и $[TT']$ содержатся в границе тела V , откуда легко заключить, что плоскость $S'TT'$ (параллельная $\alpha(\vec{n}_3)$) пересекает V по параллелограмму $S'TT'U$ (где $U \in \alpha(\vec{n}_1) \cap \alpha(\vec{n}_2)$).

Итак, через каждую граничную точку S тела V , не лежащую в плоскостях $\alpha(\vec{n}_1)$, $\alpha(\vec{n}_2)$, $\alpha(\vec{n}_3)$, проходит плоскость, параллельная одной из этих плоскостей и пересекающая V по параллелограмму, откуда следует, что V —вырез.

2) Пусть теперь V —такое компактное выпуклое тело, что $H(V) \subset H^{**}$.

Покажем, что V —стог. Будем считать, что $H^{**} = \{\vec{OM} : M \in l^* \cup P_1 \cup P_2, M \neq O\}$ где l^* —луч, проходящий из точки O , а P_1, P_2 —полуплоскости, граничные прямые l_2, l_2 которых проходят через O , причем $P_1 \cap P_2$ есть луч, противоположный l^* . Для каждого вектора $\vec{n} \in H^{**}$ обозначим через $\alpha(\vec{n})$ опорную плоскость тела V , для которой \vec{n} является вектором внешней нормали, а через $P(\vec{n})$ —соответствующее полупространство (содержащее V). Тогда $V = \bigcap_{\vec{n} \in H^{**}} P(\vec{n})$.

Положим теперь $H_i = \{\vec{OM} = M \in l^* \cup P_i, M \neq O\}$, ($i = 1, 2$). Тогда $H^{**} = H_1 \cap H_2$, и потому $V = V_1 \cap V_2$, где $V_i = \bigcap_{\vec{n} \in H_i} P(\vec{n})$. Тело V_i представляет собой бесконечный цилиндр, одна грань которого лежит в плоскости $\alpha(\vec{n}^*)$ а образующие перпендикулярны полуплоскости P_i .

Пусть теперь α —плоскость, параллельная $\alpha(\vec{n}^*)$ и пересекающаяся с внутренностью тела V , и пусть S —произвольная граничная точка тела V . Так как $bdV \subset bdV_1 \cup bdV_2$, то S принадлежит границе хотя бы одного из тел V_1, V_2 . Пусть, для определенности, $S \in bdV_1$. Обозначим через q^1 образующую тела V_1 , проходящую через точку S (так как $q \subset bdV_1$),

и пусть $[T U]$ — наибольший отрезок прямой q_1 , содержащийся в V (точка S может совпадать с T или с U). Весь отрезок $[T U]$ принадлежит границе тела V_1 (поскольку $q_1 \subset bd V_1$). Вместе с тем точки T, U принадлежат границе тела V_2 (иначе отрезок $[T U]$ можно было бы продолжить). Обозначим через q_2, q_2' образующие тела V_2 , проходящие через точки T, U , и пусть $[T T'], [U U']$ — наибольшие отрезки этих прямых, содержащиеся в V . Тогда точки T', U' принадлежат $bd V_1$ и расположены в одной плоскости, параллельной $\alpha(\pi^*)$, и потому обе точки T', U' лежат на одной образующей тела V_1 . Таким образом, весь контур параллелограмма $TUU'T'$ лежит на границе тела V , откуда следует, что $\alpha \cap V$ есть параллелограмм $TUU'T'$. Таким образом, V — стог.

3) Для случая $H(V) \subset H^*$ аналогично доказывается, что V — цилиндр.

Всесоюзный НИИ системных исследований

(Поступило 30.6.1983)

მათემატიკა

ბ. შაბუკიანი

სამგანზომილებიანი სივრცის კომბინატორული გეომეტრიისათვის

რეზიუმე

ჩამოთვლილია სამგანზომილებიანი სივრცის ყველა სხეული, რომლებსთვისაც ბოლტიანსკის ინვარიანტი უდრის 2. დამტკიცებულია, რომ ეს თვისება ახასიათებს სხეულების სამ კლასს — ცილინდრებს, ამონაჭრებს და ზვინებს.

MATHEMATICS

T. A. CHABUKIANI

TOWARDS THE COMBINATORIAL GEOMETRY OF A THREE-DIMENSIONAL SPACE

Summary

In a three-dimensional space all the bodies are listed for which Boltjansky's invariant is equal to 2. It is proved that there exist three classes of bodies with this property (cylinders, cuts, ricks).

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. Г. Болтянский. ДАН СССР, 226, № 1, 1976, 19—22.
2. В. Г. Болтянский. ДАН СССР, 228, № 2, 1976 г. 265—268.
3. В. Г. Болтянский. Матем. заметки, 21, № 1, 1977, 117—124.
4. Т. А. Чабукиани. Сообщения АН ГССР, 112, № 3, 1983.



Т. А. ОБГАДЗЕ

ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ОБТЕКАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ТУРБУЛЕНТНЫМ ПОТОКОМ ВЕТРА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Ш. Г. Напетваридзе 11.2.1983)

Для расчета ветровых нагрузок на инженерные сооружения пользуются в основном дорогостоящими экспериментами, или же статистической теорией турбулентности. В настоящей работе используется гидродинамический подход к теории турбулентности.

В работе [1] турбулентное течение моделируется как стационарное, ламинарное с неоднородными свойствами. Такой подход применим к тем турбулентным течениям, в которых пульсации носят случайный характер, а самые большие вихри значительно меньше размеров области сдвигового течения. При этом исследование строится в приближении вязкой жидкости, а для определения эффективной вязкости используется специальное выражение, основанное на идеях Прандтля [2].

В нашей работе исследование ведется на основе двумерных полных уравнений Навье—Стокса, а выражение для эффективной вязкости строится из физических соображений, с использованием теории размерностей [3] и на основе экспериментов Никурадзе [4].

Рассматриваем систему уравнений для вязкой несжимаемой жидкости в случае стационарного течения:

$$\begin{aligned} \rho \left(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) &= - \frac{\partial p}{\partial x} + 2 \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_{\text{эф.}} \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ \mu_{\text{эф.}} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right\}, \\ \rho \left(u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) &= - \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \mu_{\text{эф.}} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right\} + 2 \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_{\text{эф.}} \frac{\partial v}{\partial y} \right), \\ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где u и v — компоненты вектора скорости; p — давление; ρ — плотность $\mu_{\text{эф.}}$ — эффективная вязкость.

При рассмотрении турбулентного течения как течения жидкости, имеющей эффективную вязкость изменяющуюся от точки к точке, необходимо решить вопрос вычисления эффективной вязкости. Для определения $\mu_{\text{эф.}}$ используем положения теории размерностей [3].

Из физических соображений заключаем, что эффективная вязкость зависит от завихренности — ω , плотности — ρ жидкости и от пути перемешивания — l по Прандтлю [2].

Применяя π -теорему, получаем

$$\mu_{\text{эф.}} = \omega^{\alpha} \rho^{\beta} l^{\gamma}. \quad (2)$$

Приравнивая размерности в обеих частях этого равенства находим, что $\alpha = 1$, $\beta = 1$ и $\gamma = 2$, т. е.

$$\mu_{об.} = \rho l^2 \omega. \quad (3)$$

Так как изменение пути перемешивания вдоль течения пропорционально изменению геометрии границы, имеем

$$\frac{dl}{dx} = k \frac{dy_{ог}}{dx}, \quad (4)$$

где $k = \text{const}$; $y_{ог}$ — уравнение границы. Если удастся явно найти $y_{ог}$, тогда интегрируя (4), получаем

$$l = ky_{ог} + \varphi(y). \quad (5)$$

Произвольную функцию $\varphi(y)$ будем подбирать на основе экспериментов Никурадзе. Если $y_{ог} = 0$, тогда $l = 0.4y$, т. е. из (5) будем иметь $\varphi(y) = 0.4y$.

Окончательно для пути перемешивания получаем выражение

$$l = ky_{ог} + 0.4y. \quad (6)$$

Если не удастся найти явное выражение границы, пользуемся методом R -функций. Записав уравнение границы $R(x, y) = 0$ в неявном виде, находим

$$\frac{dy_{ог}}{dx} = - \frac{\frac{\partial R}{\partial x}}{\frac{\partial R}{\partial y}}. \quad (7)$$

Подставляя в (4), будем иметь после интегрирования соотношение

$$l = -k \int \frac{\frac{\partial R}{\partial x}}{\frac{\partial R}{\partial y}} dx + 0.4y. \quad (8)$$

Значение константы k подбираем из физического смысла задачи.

Для расчета конкретного инженерного сооружения на ветровую нагрузку нужно к системе (1) присоединить граничные условия прилипания жидкости к стенкам

$$u|_{\partial G} = 0, \quad v|_{\partial G} = 0, \quad (9)$$

и кинематические условия о характере профиля скоростей в набегающем турбулентном потоке ветра:

$$u|_{x=x_0} = \varphi(x, y), \quad v|_{x=x_0} = \psi(x, y), \quad (10)$$

где x_0 — точка, находящаяся сверху по потоку от обтекаемого тела (сооружения) на таком расстоянии, чтобы не влияли возвратные течения, вызванные наличием инженерного сооружения.

Для проверки предложенной модели рассмотрим частную задачу о течении в трубе. Пусть $v=0$, тогда из (1) имеем $u=u(y)$, $p=p(x)$,

$$\mu_{эф} \cdot \frac{du}{dy} = \frac{dp}{dx} y + C_1, \quad (11)$$

где C_1 — константа, определяемая из соответствующих граничных условий (9) Подставляя (8) в (11), получаем

$$\frac{du}{dy} = \sqrt{\frac{1}{0.16 \rho y} \frac{dp}{dx} + \frac{C_1}{0.16 \rho y^2}}. \quad (12)$$

Вводим обозначения

$$\frac{1}{0.16 \rho} \frac{dp}{dx} = a, \quad \frac{C_1}{0.16 \rho} = b. \quad (13)$$

Тогда из (12) имеем

$$u = -\frac{1}{4 \sqrt{a}} (b - 2 \sqrt{a^2 y^2 + aby} + 2ay) - \frac{b}{2 \sqrt{a}} \ln (b - 2 \sqrt{a^2 y^2 + aby} + 2ay) - \frac{b^2}{4 \sqrt{a} (b - 2 \sqrt{a^2 y^2 + aby} + 2ay)} + C_2. \quad (14)$$

Из граничного условия $u|_{y=0} = 0$ находим, что $C_2 = \frac{b(1 + \ln b)}{2 \sqrt{a}}$.

Для определения C_1 допустим, что $a=1$ и воспользуемся условием $u|_{y=1} = 0$. Тогда из (14), подставляя значение C_2 и решая трансцендентное уравнение, получаем $b=1$.

Для решения трансцендентного уравнения мы пользовались программой ZEROIN [5]. Подставляя значения $a=1$ и $b=1$ в (14) и внеся соответствующее значение $C_2=0.5$, будем иметь

$$u = -0.25 (1 - 2 \sqrt{y^2 + y} + 2y) - 0.5 \ln (1 - 2 \sqrt{y^2 + y} + 2y) - \frac{1}{4 (1 - 2 \sqrt{y^2 + y} + 2y)} + 0.5. \quad (15)$$

Сравнивая профиль скоростей, полученный из (15) с экспериментальным профилем скоростей [4], имеем хорошее совпадение. Погрешность не превосходит 7%.

Академия наук Грузинской ССР

Институт строительной
механики и сейсмостойкости

(Поступило 17.2.1983)

30356633

თ. ოზაძე

ქარის ტურბულენტური ნაკადით სანიჟინრო ნაგებობათა გარსდენის ერთი მოდელის შესახებ

რეზიუმე

ნაშრომში აგებულია ქარის ტურბულენტური დინების მოდელი, რომელიც ეყრდნობა ნაეიე—სტოქსის განტოლებათა სისტემას. განზომილებათა თეორიის გამოყენებით აგებულია ეფექტური სიბლანტის კოეფიციენტის გამოთვლა. მოდელიდან გამომდინარე შედეგები შედარებულია ნიკურაძის ექსპერიმენტების შედეგებთან.

T. A. OBGADZE

ON A MODEL OF ENGINEERING STRUCTURES STREAMLINED
BY A TURBULENT CURRENT OF WIND

Summary

Turbulent current is modelled according to Spalding as stationary, laminar, with non-homogeneous properties. Approximation of Navier-Stokes equations is applied. An expression for the effective viscosity is derived from the propositions of the theory of dimensions and on the basis of experiments. The model is compared with Nikuradze's experimental results for turbulent flow.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. S. V. Patankar, D. B. Spalding. *Int. J. Heat Mass Transfer*, 10, № 10, 1967.
2. L. Prandtl. *ZAMM*, № 5. 1925.
3. Л. И. Седов. *Методы подобия и размерности в механике*. М., 1977.
4. J. Nikuradze. *Ing. Arch.* № 1. 1930.
5. J. H. Wilkinson. Stanford, Calif. Computer Science Department, Stanford University, 1967.

Ш. В. МЖАВАНАДЗЕ

ОБ ОДНОЙ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧЕ ПЛОСКОЙ ТЕОРИИ
 УПРУГОСТИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. В. Бурчуладзе 14.3.1983)

Пусть изотропная однородная бесконечная пластинка, ослабленная двумя отверстиями на плоскости $z=x+iy$, занимает двухсвязную бесконечную область D . Обозначим через L_1 и L_2 контуры отверстий. Рассмотрим случай, когда область D симметрична относительно осей ox и oy (рис. 1).

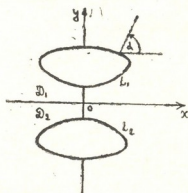


Рис. 1

Предположим, что на бесконечности заданы напряжения

$$\sigma_x^\infty = q, \quad \sigma_y^\infty = p, \quad \tau_{xy}^\infty = 0,$$

а контуры отверстия свободны от внешней нагрузки.

Поставим задачу: найти форму отверстий и их взаимное расположение такие, чтобы тангенциальное нормальное напряжение на границе области $L=L_1+L_2$ принимало постоянное значение

$$\sigma_t = k = \text{const.}$$

Значение k , как и форма отверстий, подлежат определению.

Задачи такого типа рассмотрены в работах [1—5]. В работе [1] эта задача решается сведением ее к задаче Дирихле для внешности двух отрезков действительной оси.

В настоящей работе предлагается способ, с помощью которого поставленная задача сводится к однородной граничной задаче теории аналитических функций с простыми условиями на окружности. Решение этой задачи получается непосредственно, применяя лишь обобщенную теорему Лиувилля. Этот способ можно также успешно применить и для решения других задач плоской теории упругости при наличии циклической симметрии.

В рассматриваемом случае комплексные потенциалы Колосова—Мухелишвили удовлетворяют условиям [1]

$$\Phi(z) = \frac{1}{4} k = \frac{1}{4} (p+q), \quad z \in D,$$

$$e^{2i\alpha} \Psi(z) = \frac{1}{2} (p+q), \quad z \in L,$$

а при больших $|z|$

$$\Psi(z) = \frac{1}{2} (p-q) + O(z^{-2}).$$

Здесь α — угол между осью ox и внешней нормалью к контуру L . В силу симметрии можно установить, что

$$\Psi(z) = \Psi(-z), \quad z \in D.$$

Пусть D_1 — верхняя половина области D . Тогда аналитическая функция $\Psi(z)$ на границе области D_1 удовлетворяет условиям

$$e^{2i\alpha} \Psi(t) = a, \quad t \in L_1, \quad (1)$$

$$\Psi(t) = \Psi(-t), \quad t \in (ox), \quad (2)$$

где

$$a = \frac{1}{2} (p+q).$$

Обозначим через S внешность единичной окружности $|\zeta|=1$ плоскости (ζ) , разрезанной вдоль некоторой простой линии от точки $\zeta=2$ до бесконечности, так чтобы эта линия не пересекала окружность.

Отобразим конформно область S на область D_1 с помощью функции

$$z = \sqrt{\omega(\zeta)}, \quad (3)$$

где $\omega(\zeta)$ аналитична в области $|\zeta| > 1$, в точке $\zeta=2$ обращается в нуль, а при больших $|\zeta|$

$$\omega(\zeta) = R\zeta + O(\zeta^{-1}), \quad R > 0.$$

При отображении (3) для $e^{2i\alpha}$ будем иметь [6]

$$e^{2i\alpha} = \frac{\sigma^2 \omega'(\sigma)}{\sqrt{\omega(\sigma)}} \frac{\overline{\omega'(\sigma)}}{\sqrt{\overline{\omega(\sigma)}}}, \quad |\sigma| = 1$$

и условие (1) принимает вид

$$\frac{\sigma^2 \omega'(\sigma)}{\sqrt{\omega(\sigma)}} \Psi(\sigma) = a \frac{\overline{\omega'(\sigma)}}{\sqrt{\overline{\omega(\sigma)}}}, \quad (4)$$

где

$$\Psi(\zeta) = \Psi(\sqrt{\omega(\zeta)}).$$

Из (2) вытекает, что $\Psi_0(\zeta)$ аналитична в области $|\zeta| > 1$. Перепишем (4) в виде

$$\sigma^2 \omega'(\sigma) \sqrt{\frac{\sigma-2}{\omega(\sigma)}} \Psi_0(\sigma) \sqrt{\sigma-2} = a \overline{\omega'(\sigma)} \sqrt{\frac{\sigma-2}{\omega(\sigma)}} \sqrt{\sigma-2}. \quad (5)$$

Так как $\zeta=2$ — единственная точка в области $|\zeta| > 1$, в которой аналитическая в этой области функция $\omega(\zeta)$ обращается в нуль, то функция $\sqrt{\frac{\zeta-2}{\omega(\zeta)}}$ аналитична в этой области. Поэтому из (5) следует, что функция

$$F(\zeta) = \begin{cases} a \overline{\omega'(1/\zeta)} \sqrt{\frac{1/\zeta-2}{\omega(1/\zeta)}} \sqrt{\zeta-2}, & |\zeta| < 1, \\ \zeta^2 \omega'(\zeta) \sqrt{\frac{\zeta-2}{\omega(\zeta)}} \Psi_0(\zeta) \sqrt{1/\zeta-2}, & |\zeta| > 1 \end{cases} \quad (6)$$

аналитическая внутри и вне окружности $|\zeta|=1$, в точках этой окружности удовлетворяет условию

$$F^+(\sigma) = F^-(\sigma).$$

Значит, она аналитична во всей плоскости (ζ). В бесконечно удаленной точке $F(\zeta)$ имеет полюс второго порядка. По обобщенной теореме Лиувилля имеем

$$F(\zeta) = c_0 + c_1 \zeta + c_2 \zeta^2. \quad (7)$$

Из (6) и (7) легко получаем

$$z = \sqrt{\omega(\zeta)} = \frac{1}{a} \int_1^{\zeta} \frac{(\bar{c}_0 + \bar{c}_1/\zeta + \bar{c}_2/\zeta^2) d\zeta}{\sqrt{\zeta-2} \sqrt{1/\zeta-2}} + A, \quad (8)$$

где A — постоянная интегрирования, ее можно вычислить из условия $\omega(2)=0$. Постоянные c_0 и c_2 определяются из (5), если представить рядами входящие в него функции. Для вычисления используем условие однозначности отображающей функции, имеющее вид

$$\int_{\Gamma} \frac{(\bar{c}_0 + \bar{c}_1/\zeta + \bar{c}_2/\zeta^2) d\zeta}{\sqrt{\zeta-2} \sqrt{1/\zeta-2}} = 0.$$

Здесь Γ — произвольный замкнутый контур в области S .

Чтобы получить параметрические уравнения искомого контура L_1 , достаточно внести в формулу (8) значение постоянных (их здесь не выписываем), перейти к контурным значениям $\zeta=e^{i\varphi}$ и отделить действительные и мнимые части. Эти уравнения имеют вид

$$x = \sqrt{\frac{R}{2}} (1-m) \int_0^{\varphi} \frac{(\cos \varphi - \lambda) d\varphi}{\sqrt{5-4 \cos \varphi}},$$

$$0 \leq \varphi \leq 2\pi,$$

$$y = \sqrt{\frac{R}{2}} \left(y_0 + \frac{1+m}{2} (\sqrt{5-4 \cos \varphi}) \right),$$

где

$$m = \frac{p-q}{p+q}, \quad \lambda = \left(\int_0^{2\pi} \frac{\cos \varphi d\varphi}{\sqrt{5-4\cos \varphi}} \right) \left(\int_0^{2\pi} \frac{d\varphi}{\sqrt{5-4\cos \varphi}} \right)^{-1}$$

$$y_0 = \int_1^2 \frac{t^2 - \lambda(1-m)t - m}{t\sqrt{t(2-t)(2t-1)}} dt, \quad R > 0.$$

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

(Поступило 24.3.1983)

დრეკადლობის თეორია

შ. მჟავანაძე

დრეკადლობის ბრტყელი თეორიის ერთი შებრუნებული ამოცანის
 შესახებ

რეზიუმე

მარტივად ბმული არისათვის სასაზღვრო ამოცანაზე მიყვანით ამოხსნილია შებრუნებული ამოცანა ორი სიმეტრიული ხვრელის მქონე იზოტროპული, ერთგვაროვანი, უსასრულო ფირფიტისათვის, როცა უსასრულობაში მოქმედებენ მუდმივი გამჭიმავი ძალები. მიღებულია უცნობი კონტურის განტოლებები პარამეტრული სახით.

THEORY OF ELASTICITY

Sh. V. MZHAVANADZE

ON ONE INVERSE PROBLEM OF THE PLANE THEORY OF ELASTICITY

Summary

An inverse problem for an isotropic homogeneous infinite plate weakened by two symmetric holes, when a homogeneous field of constant extensible stresses acts at infinity, is solved by its reduction to a problem for a simply-connected region. Parametric equations of the unknown contour of a hole are obtained.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. П. Черепанов. ПММ, т. 38, вып. 6, 1974.
2. А. С. Космодамянский. Плоская задача теории упругости для пластин с отверстиями, вырезами и выступами. Киев, 1975.
3. Н. В. Баничук. Оптимизация форм упругих тел. М., 1980.
4. С. Б. Выгдергауз. ПММ, т. 40, вып. 3, 1976.
5. И. М. Иванов. Изв. АН Арм. ССР, «Механика» т. 25, вып. 5, 1978.
6. Н. Т. Мухелишвили. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М., 1966.

А. Д. ГОНГАДЗЕ, Г. Е. ГУРГЕНИШВИЛИ,
 Г. А. ХАРАДЗЕ (академик АН ГССР)

ТЕКСТУРНЫЙ ПЕРЕХОД ВО ВРАЩАЮЩЕМСЯ ^3He — В, ПОМЕЩЕННОМ В ПЛОСКО-ПАРАЛЛЕЛЬНУЮ ЩЕЛЬ

Недавние экспериментальные исследования вращающейся сверхтекучей В фазы жидкого ^3He выявили ряд любопытных явлений, связанных с присутствием квантованных вихрей в ^3He —В [1, 2]. Имеющаяся в настоящее время информация целиком основана на наблюдениях за изменением характера спектра ЯМР, обусловленным влиянием образовавшихся при вращении вихрей на текстуру \vec{n} -вектора (ди-ректрисы) сверхтекучей В фазы [3].

Основой для количественной интерпретации экспериментальных результатов служит выражение для плотности анизотропной (ориентационной) части свободной энергии вращающегося с угловой скоростью $\vec{\Omega} = \Omega \vec{z}$ ^3He —В, помещенного в сильное магнитное поле $\vec{H} = H \vec{n}$ ($H \gg H_c \approx 25$ э) [4, 5]:

$$\mathcal{F}_{an}(\vec{n}) = -aH^2 \left\{ (\vec{n} \vec{h})^2 - \frac{2}{5} \lambda (\vec{z} \vec{R}(\vec{n}) \vec{h})^2 \right\} = -aH^2 U, \quad (1)$$

где матрица $\vec{R}(\vec{n})$ описывает поворот спинового пространства относительно орбитального вокруг оси \vec{n} на угол Леггетта $\theta_0 = \arccos(-1/4)$, а безразмерный параметр λ пропорционален угловой скорости Ω и характеризует усредненное влияние вихрей на ориентацию вектора \vec{n} .

До сих пор эксперименты с вращающейся В фазой проводились в цилиндрическом сосуде, радиус которого был намного меньше его высоты, но в несколько раз превосходил магнитную длину ξ_H (см. ниже). В этой ситуации равновесная текстура \vec{n} -вектора существенным образом определяется граничными условиями на боковой стенке цилиндрического контейнера и формируется в результате конкуренции энергии анизотропии [1], поверхностной энергии [6]

$$\mathcal{F}_s = -dH^2 (\vec{s} \vec{R}(\vec{n}) \vec{h})^2, \quad (2)$$

где \vec{s} — нормаль к поверхности сосуда, и градиентной энергии [6]

$$\mathcal{F}_g = (16c/13) f (\nabla_i n_j), \quad (3)$$

характеризующей жесткость сверхтекучей В фазы относительно неоднородных искажений \vec{n} -поля. Образующаяся в условиях аксиального магнитного поля ($\vec{h} \parallel \vec{z}$) конически расширяющаяся (flare out) текстура В фазы сейчас достаточно хорошо изучена как в стационарном [7], так и во вращающемся [3] цилиндрическом сосуде.

В случае длинного цилиндра эффекты, связанные с вращением (вихрями), разыгрываются на фоне исходной неоднородной текстуры, характеризующейся довольно сложным спектром ЯМР. Представляет

интерес исследовать влияние вихрей на изначально однородную текстуру с $\vec{n} \parallel \vec{h}$, для которой резонансное поглощение осуществляется строго на ларморовой частоте $\omega_0 = \gamma H$. Такие условия реализуются в ${}^3\text{He}-\text{B}$, заключенном в плоскопараллельную щель, зазор которой гораздо меньше ее продольных размеров, а магнитное поле направлено поперек щели. Легко убедиться, что равновесная одномерная текстура (зависящая лишь от поперечной z -координаты с началом отсчета в центре зазора ширины $2l$) соответствует минимуму функционала

$$\Phi = \int_{-\tau}^{\tau} L dt + \tau_c V_s \Big|_{\tau + (-\tau)}, \quad (4)$$

где лагранжиан $L = K - U$, причем $K = \xi_H^2 \dot{f}$, $t = z/2H$, $\tau = l/\xi_H$, $\tau_c = l_c/\xi_H$, $l_c = 5d/8a$, а магнитная длина $\xi_H = (16c/13a)^{1/2} 1/H$.

Параметризуя \vec{n} с помощью азимутального угла α и полярного угла β , нетрудно показать, что при $\vec{h} \parallel \vec{z} \parallel \vec{\beta}$ рассматриваемая вариационная задача сводится к решению уравнения Эйлера—Лагранжа

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{\beta}} - \frac{\partial L}{\partial \beta} = 0 \quad (5)$$

с граничным условием

$$\frac{\partial L}{\partial \dot{\beta}} = \mp \tau_c \frac{\partial V_s}{\partial \beta} \quad \text{при } t = \pm \tau, \quad (6)$$

причем

$$L(\beta, \dot{\beta}) = \frac{1 - \frac{1}{2} \sin^2 \beta}{1 - \frac{5}{16} \sin^2 \beta} \dot{\beta}^2 - \left[\cos^2 \beta + \frac{1}{4} \lambda \left(\cos^2 \beta - \frac{5}{2} \cos^4 \beta \right) \right], \quad (7)$$

а поверхностный потенциал

$$V_s(\beta) = \cos^2 \beta - \frac{5}{2} \cos^4 \beta. \quad (8)$$

Для нахождения равновесного значения угла $\beta = \beta(z)$ будем предполагать, что отклонение от конфигурации $\beta = 0$ всюду мало и сохраним лишь члены порядка β^2 и β^4 . Тогда, воспользовавшись результатами работы [8], в которой рассмотрена математически эквивалентная задача, убеждаемся, что вблизи перехода в состояние с $\beta \neq 0$ решение имеет вид

$$\beta(z) = \beta_0 \cos(\kappa z / \xi_H), \quad (9)$$

причем $\kappa^2 = \lambda - 1$, а амплитуда $\beta_0 \neq 0$ при $\kappa > \kappa_c$, где κ_c является наименьшим корнем уравнения, определяемого граничным условием (6)

$$\kappa_c \tau \operatorname{tg}(\kappa_c \tau) = 4\tau \tau_c. \quad (10)$$

Таким образом, при достижении критического значения $\lambda = \lambda_c = 1 + \kappa_c^2$ происходит текстурный фазовый переход (второго рода) в неод-

нородное по \vec{n} состояние [9], причем вблизи перехода $\beta_0^2 \simeq \kappa_c(\kappa - \kappa_c)$. При $\lambda < \lambda_c$ угол $\beta \equiv 0$ и сдвиг частоты поперечного ЯМР относительно ларморского значения $\omega_0 = \gamma H$ должен отсутствовать.

При фиксированной текстуре \vec{n} -поля, т. е. при заданном равновесном распределении угла $\beta = \beta(z)$ спектр частот поперечного ЯМР для сверхтекучего $^3\text{He}-\text{В}$ дается формулой

$$\omega_{lr} = \omega_0 + (\Omega_B^2/2\omega_0) \varepsilon, \quad (11)$$

где Ω_B — частота продольного резонанса, а ε определяется из уравнения Шредингера для спиновых возбуждений $S_x = S_x + i S_y$:

$$(-\xi_D^2 d^2/dz^2 + U_D(z)) S_+ = \varepsilon S_+ \quad (12)$$

с безразмерным потенциалом $U_D(z) = \sin^2 \beta(z)$ (дипольная длина $\xi_D \simeq 10^{-3}$ см).

Поскольку для В фазы в умеренном магнитном поле $\xi_D \ll \xi_H$, можно пренебречь изгибной «жесткостью» сверхтекучего конденсата и воспользоваться моделью локальных осцилляторов с $\varepsilon(z) = \sin^2 \beta \simeq \beta_0^2 \cos^2(\kappa z/\xi_H)$. В этом приближении частотный спектр поперечного ЯМР дается формулой

$$P(\omega) = \frac{1}{2l} \int_{-l}^l \delta(\omega - \omega_0 - (\Omega_B^2/2\omega_0) \sin^2 \beta(z)) dz \simeq \frac{1}{\kappa \tau} \int_0^{\kappa \tau} \delta(\omega - \omega_0 - \omega_D \cos^2 \varphi) d\varphi, \quad (13)$$

где $\omega_D = (\Omega_B^2/2\omega_0) \beta_0^2$. При $\kappa \tau < \pi/2$

$$P(\omega) = \frac{\theta(\omega - \omega_0 - \omega_D \cos^2 \kappa \tau) \theta(\omega_0 + \omega_D - \omega)}{2 \kappa \tau \sqrt{\omega - \omega_0} \sqrt{\omega_0 + \omega_D - \omega}}, \quad (14)$$

т. е. вся спектральная плотность сосредоточена в интервале

$$\omega_0 + \omega_D \cos^2 \kappa \tau \leq \omega \leq \omega_0 + \omega_D \quad (15)$$

и имеет корневую особенность при $\omega = \omega_0 + \omega_D$.

Для наблюдения описанного эффекта необходимо, чтобы ширина частотного интервала (15) заметно превосходила ширину линии поперечного ЯМР в В фазе. Легко убедиться, что для этого должно выполняться условие

$$\beta_0^2 \sin^2 \kappa \tau > 0, 2 \Omega_B/\omega_0 \ll 1, \quad (16)$$

которое вполне реализуемо.

ა. ლონღაძე, ბ. ბურბანიშვილი, ბ. ხარაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის
 აკადემიკოსი,

ტექსტურული გადასვლა ბრტყელ ღრეჩოში მოძვეულ მბრუნავ

${}^3\text{He}-\text{B}$ -ში

რეზიუმე

განხილულია გრიგლების მაორიენტირე მოქმედება ვიწრო ღრეჩოში მო-
 თავსებული მბრუნავი ${}^3\text{He}$ -ის ზედენადი B ფაზის დირექტრისაზე. ნაჩვენებია,
 რომ ბრუნვის სიჩქარის გარკვეული კრიტიკული მნიშვნელობისას ადგილი
 აქვს ტექსტურულ ფაზურ გადასვლას არაერთგვაროვან მდგომარეობაში. თეო-
 რიულად შესწავლილია ამ მდგომარეობის შესაბამისი ბირთვული მაგნიტური
 რეზონანსის სიხშირის სპექტრი.

PHYSICS

A. D. GONGADZE, G. E. GURGENISHVILI, G. A. KHARADZE

TEXTURAL TRANSITION IN ROTATING ${}^3\text{He}$ -B IN PARALLEL-PLATE GEOMETRY

Summary

The orienting effect of vortices on the directrix of rotating ${}^3\text{He}$ -B fil-
 ling the gap between parallel plates is considered. It is shown that for a
 particular angular velocity there occurs textural phase transition into an in-
 homogeneous state, for which the NMR spectrum is calculated.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. О. Т. Иккала, Г. Е. Воловик, П. Ю. Хаконен, Ю. М. Буньков,
 С. Т. Исландер, Г. А. Харадзе. Письма в ЖЭТФ, 35, 338, 1982.
2. Ю. М. Буньков, М. Крузиус, П. Ю. Хаконен. Письма в ЖЭТФ, 37, 395,
 1963.
3. Yu. M. Bunikov *et al.* Sanibel Symposium on Quantum Fluids and Solids, Florida,
 1983.
4. А. Д. Гонгадзе, Г. Е. Гургенишвили, Г. А. Харадзе. ФНТ, 7, 821,
 1981.
5. P. J. Hakonen, G. E. Volovik. J. Phys. C15, 1277, 1982.
6. H. Smith *et al.* Phys. Rev., B15, 199, 1977.
7. G. F. Spencer, G. G. Ihas. Phys. Rev. Lett., 48, 1118, 1982.
8. А. Д. Гонгадзе, Г. Е. Гургенишвили, Г. А. Харадзе. ЖЭТФ, 72,
 1534, 1977.

Р. П. АХАЛАДЗЕ, Р. И. МИРИАНАШВИЛИ, О. В. НАЗАРОВА,
 Т. И. САНАДЗЕ (член-корреспондент АН ГССР)

ЛИГАНДНОЕ СВЕРХТОНКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕТРАГОНАЛЬНОГО ЦЕНТРА Ce^{3+} В МОНОКРИСТАЛЛЕ SrF_2

Исследование лигандного сверхтонкого взаимодействия (СТВ) некубических центров редкоземельных ионов в кристаллах гомологического ряда флюорита представляет существенный интерес, поскольку сведения о СТВ только в одном из кристаллов ряда не позволяют полностью изучить механизм взаимодействия. Лигандное СТВ Ce^{3+} в CaF_2 исследовалось в работах [1—5]. Настоящая работа посвящена исследованию лигандного СТВ тетрагонального центра Ce^{3+} в монокристалле SrF_2 методом радиочастотного дискретного насыщения (РЧДН) [6].

Спин-гамильтониан магнитного иона и окружающих его ядер в рассматриваемом случае ($S=1/2, I=0, I^a=1/2$) имеет вид

$$\hat{H} = \beta g_{\parallel} S_z H_z + \beta g_{\perp} (S_x H_x + S_y H_y) + \sum_{\alpha} (-h \gamma^{\alpha} \vec{H} \vec{I}^{\alpha} + \vec{I}^{\alpha} \vec{A}^{\alpha} \vec{S}),$$

$\vec{S}, \vec{I}^{\alpha}$ —операторы спинов магнитного иона и α -го ядра; β —боровский магнетон; γ^{α} —гиромагнитное отношение α -го ядра; \vec{A}^{α} —тензор СТВ α -го ядра с магнитным ионом, вид которого определяется симметрией положения ядра по отношению к магнитному иону; g_{\parallel} и g_{\perp} —компоненты g -тензора. (Измеренные нами значения g -факторов равны $g_{\parallel}=2,866$ (1) и $g_{\perp}=1,464$ (1)).

В формуле не учтен член, описывающий псевдоядерный эффект Зеемана, поскольку результаты эксперимента показали, что для исследуемого объекта он пренебрежимо мал.

Эксперименты проводились при температурах жидкого гелия (1,6—6 К) на супергетеродинном радиоспектрометре трехсантиметрового диапазона с применением обычной методики РЧДН [7]. Концентрация парамагнитной примеси Ce^{3+} в кристаллах менялась в пределах 0,01—0,1%.

Для определения компонент тензоров СТВ с ядрами ближайшего окружения изучалась угловая зависимость спектра РЧДН от ориентации магнитного поля в плоскостях (001) и (010) (рис. 1). Обработка результатов экспериментов проводилась по формулам, приведенным в работах [8, 9], методом наименьших квадратов на ЭВМ одновременно по всем измеренным частотам угловой зависимости спектра РЧДН от каждой группы эквивалентных ядер. Это позволило с большой точностью определить величины компонент тензоров лигандного

СТВ (табл. 1). При этом среднеквадратичное отклонение измеренных резонансных частот от рассчитанных составляет 11, 9, 7 кГц для ядер

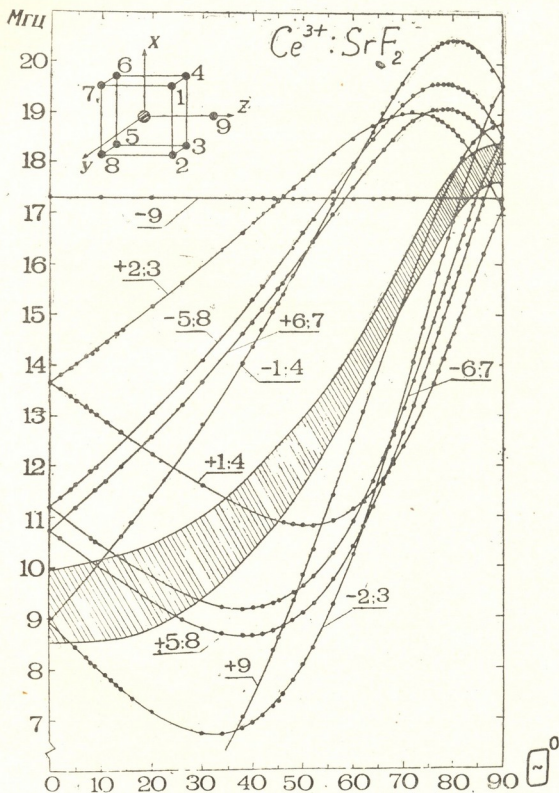


Рис. 1. Угловые зависимости частот спектра РЧДН от ядер фтора ближайшего окружения Ce^{3+} в плоскости (010). Точками показаны значения частот, измеренных в эксперименте. Цифры соответствуют ядрам фтора, а знаками определены частоты верхнего и нижнего электронных подсостояний. Заштрихована область частот от ядер второй и более далеких координационных сфер. В верхнем левом углу изображена модель тетрагонального фторового центра Ce^{3+} в SrF_2

ионов фтора 1—4, 5—8 и 9 соответственно. Отметим, что поскольку методом РЧДН для $S=1/2$ можно определить принадлежность каж-

дой из частот электронному подсосостоянию [10], знаки компонент тензоров СТВ, приведенные в табл. 1, являются абсолютными.

По компонентам тензоров СТВ рассчитывались параметры лигандного СТВ [9] (табл. 2), три из которых C_1 , C_2 , C_3 определяют недипольный вклад во взаимодействие. Как известно [11], знак параметра C_1 связан с механизмом лигандного СТВ. Поскольку C_1 поло-

Таблица 1

Ядра	A Мгц				
	A_{xx}	A_{zz}	A_{xy}	A_z	A_{zx}
1—4	2,500 (5)	-5,724 (5)	1,395 (5)	8,917 (5)	6,333 (15)
5—8	0,498 (5)	0,562 (5)	-0,196 (5)	8,354 (5)	5,732 (10)
9	-1,475 (5)	16,150 (5)	0	0	0

$$A_{yy}=A_{xx}, \quad A_{yx}=A_{xy}, \quad A_{yz}=A_{xz}, \quad A_{zy}=A_{zx}.$$

жителен для всех ядер ближайшего окружения, можно заключить, что на лигандах индуцируется неспаренный спин, направленный антипараллельно спину $4f$ оболочки [11]. Следовательно, основную роль в лигандном СТВ играют перекрытие и ковалентная связь $2s$ и $5p$ оболочек ионов фтора с заполненными $5s$ и $5p$ оболочками иона Ce^{3+} , обменно поляризованными $4f$ оболочкой.

Таблица 2

Ядра	C_1 , э	C_2 , э	C_3 , э	D_1 , э	D_2 , град
1—4	0,338 (2)	-0,613 (6)	2,205 (4)	2,004 (3)	56,94 (3)
5—8	0,209 (2)	-0,505 (5)	1,822 (3)	1,692 (3)	45,03 (2)
9	0,862 (2)	0	0	1,582 (1)	0

В заключение отметим, что нет оснований ожидать резкого изменения в механизме лигандного СТВ при переходе от одного из кристаллов гомологического ряда к другому, т. е. знаки параметра C_1 для одних и тех же групп эквивалентных ядер ближайшего окружения, по-видимому, должны быть одинаковыми. Однако сравнение наших результатов с результатами работы [2] показало, что из-за различия знаков диагональных компонент тензоров СТВ ядер первой координационной сферы 5—8 в CaF_2 и SrF_2 знаки параметра C_1 отличаются. Для выяснения причины наблюдающегося различия нами было исследовано лигандное СТВ тетрагонального центра Ce^{3+} в CaF_2 методом РЧДН. Знаки компонент тензора СТВ ядер 5—8 оказались обратными выбранным в [2] и совпали с определенными нами в SrF_2 . Следовательно, механизм лигандного СТВ при переходе от CaF_2 к SrF_2 не меняется.

რ. ახალაძე, რ. მირიანაშვილი, ო. ნაზაროვა, თ. სანაძე (საქ. სსრ მეცნ.
 (აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი)

Ce^{3+} -ის ტეტრაგონალური ცენტრის ლიგანდური ზენაზი
 ურთიერთქმედება SrF_2 -ის მონოკრისტალში

რეზიუმე

რადიოსიზმირული დისკრეტული ვაჭერების მეთოდით გამოკვლეულია Ce^{3+} -ის იონის ტეტრაგონალური ცენტრის ლიგანდური ზენაზი ურთიერთქმედება SrF_2 -ის მონოკრისტალში. განსაზღვრულია უახლოესი ფტორის ბირთვების ლიგანდური ზენაზი ურთიერთქმედების ტენზორების კომპონენტები თავისი ნიშნებით. ნაჩვენებია, რომ ლიგანდზე შეუწყვილებელი სპინი პოლარიზებულია Ce^{3+} -ის იონის $4f$ გარსის სპინის ანტიპარალელურად.

PHYSICS

R. P. AKHALADZE, R. I. MIRIANASHVILI, O. V. NAZAROVA, T. I. SANADZE

LIGAND HYPERFINE INTERACTION OF A Ce^{3+} ION AT TETRAGONAL
 SITE IN SrF_2 SINGLE CRYSTAL

Summary

Ligand hyperfine interaction of a Ce^{3+} ion at tetragonal site in a SrF_2 single crystal has been investigated by the method of radio-frequency discrete saturation. The magnitudes and absolute signs of ligand hyperfine interaction tensor components for the nearest fluorine nuclei have been determined. It is shown that unpaired spin on the ligand is polarised antiparallel to that of the $4f$ shell of the Ce^{3+} ion.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. J. M. Baker *et al.* Phys. Lett., 26 A, № 8, 1968.
2. J. M. Baker *et al.* Proc. Roy. Soc., A308, № 1494, 1968.
3. D. Kiro *et al.* Phys. Rev. Lett., 22, № 17, 1969.
4. J. M. Baker *et al.* Phys. Lett., 29A, № 3, 1969.
5. D. Kiro, W. Low. Phys. Lett., 29A, № 9, 1969.
6. G. R. Khutsishvili, T. I. Sanadze. Proceedings, 18th AMPERE Congress, Nottingham, 1974.
7. P. I. Mirianashvili. ФТТ, 20, № 7, 1978.
8. Т. И. Санадзе, Г. Р. Хуцишвили. ЖЭТФ, 59, № 9, 1970.
9. P. P. Akhaladze, B. G. Берулава, P. I. Mirianashvili, O. V. Назарова, Т. И. Санадзе. ФТТ, 24, № 10, 1982.
10. P. I. Mirianashvili, O. V. Назарова, Т. И. Санадзе. Сообщения АН СССР, 81, № 2, 1976.
11. J. M. Baker, W. B. J. Blake. Phys. Lett., 31A, № 2, 1970.

Ю. В. ТЕВЗАДЗЕ, М. А. ДАСАЕВА, Н. К. КУЦИДИ, М. В. ТОПУРИДЗЕ,
 Т. Р. ДЖАЛАГАНИЯ

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ НА МНОЖЕСТВЕННОСТИ
 pT -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ
 ПАРТОННОЙ МОДЕЛИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. С. Амаглобели 22.12.1982)

В работе рассматривается возможность статистического описания экспериментальных данных для распределений по множественности в адрон-ядерных взаимодействиях, основываясь на идее партон-адронного превращения, с использованием концепции фононной теории твердого тела [1—3].

Предложенную в этих работах модель мы будем называть статистическо-партонной (СП).

В модели СП предполагается, что в результате взаимодействия высокоэнергичного ядрона с нуклонами ядра образуется партонная система ядерной материи.

Для вероятности образования n -частичного конечного состояния получается

$$P_n = \nu \alpha \exp(-\alpha n) [1 - \exp(-\alpha n)]^{\nu-1}, \quad (1)$$

где

$$\nu \equiv \langle \nu \rangle = A \frac{\sigma_{nN}}{\sigma_{nA}}; \quad (2)$$

A — массовое число ядра-мишени; σ_{nN} и σ_{nA} — неупругие адрон-нуклонные и адрон-ядерные сечения, соответственно; ν — число нуклонов, с которыми сталкивается в ядре падающий адрон; а для средней множественности имеем

$$\langle n \rangle \equiv \langle n \rangle_{nA} = \frac{1}{\alpha} \left[c + \ln \nu + \frac{1}{2} \right] \equiv \frac{\varphi_\nu}{\alpha}, \quad (3)$$

где $\alpha = \beta E_0$; $\beta = T^{-1}$ — обратная величина температуры равновесной ядерной материи; C — константа Эйлера; E_0 — модельная константа.

Согласно [2], распределение (1) обладает свойством KNO -скейлинга, сформулированного впервые в [4] — распределения по множественности вторичных частиц при всех энергиях удовлетворяют соотношению

$$\langle n \rangle P_n = \Psi(Z). \quad (4)$$

В СП модели функция $\Psi(Z)$ имеет вид

$$\Psi(Z) = \nu \varphi_\nu \exp(-Z \varphi_\nu) [1 - \exp(-Z \varphi_\nu)]^{\nu-1}, \quad (5)$$

где $Z = n/\langle n \rangle$, а φ_v определяется согласно (3); для дисперсии распределения по множественности имеем

$$D = [\langle n^2 \rangle_{nA} - \langle n \rangle_{nA}^2]^{1/2} = \frac{1}{\alpha} \left(\sum_{j=1}^{\nu} \frac{1}{j^2} \right)^{1/2}, \quad (6)$$

т. е. она пропорциональна $\langle n \rangle_{nA}$.

В рамках СП модели могут быть вычислены также моменты распределения по множественности

$$C_q = \frac{\langle n^q \rangle_{nA}}{\langle n \rangle_{nA}^q} = \frac{\nu \cdot q!}{\left(\sum_{j=1}^{\nu} j^{-1} \right)^q} \sum_{l=0}^{\nu-1} (-1)^{l+\nu-1} \left[\frac{(\nu-1)!}{l! (\nu-l-1)! (\nu-l)^{q+1}} \right]. \quad (7)$$

KNO-скейлинг требует отсутствия зависимости C_q от энергии.

На эксперименте с помощью (2) вычисляется ν — число внутриядерных столкновений; из экспериментальных распределений по множественности P_n определяется величина α ; а потом на основе (3), (6) средняя множественность и дисперсия, $\Psi(Z)$ и C_q .

На основе СП модели был выполнен анализ экспериментальных данных, полученных с помощью 2-метровой пропановой камеры ППК-500 (внутри которой расположены три пластины Ta), облученной протонами в интервале импульсов (2–10) ГэВ/с.

Рассматривались распределения по множественности заряженных $n_{\pm} \equiv n$ и рожденных $n_{\text{рожд}}$ вторичных частиц, образованных во взаимодействиях p -протонов с Ta -танталом для импульсов $P_0 = 2,3; 4,2; 5,4$ и $9,9$ ГэВ/с. $n_{\text{рожд}} = n_{\pm} - n_g$, где n_g — протоны и более тяжелые продукты развала ядра мишени, имеющие $P_{\text{лаб}} < 700$ МэВ/с. Рожденные частицы весьма близки к „ливневым“ частицам, регистрируемым в фотоэмульсиях.

Аппроксимируя экспериментальное распределение по множественности P_n , согласно (1), определяем параметр α . Модель СП при этом качественно описывает экспериментальное P_n распределение, приводя к сдвигу максимума распределения в сторону больших n . Одной из возможных причин подобного расхождения модели с экспериментом является значительное поглощение в тяжелой мишени медленных вторичных частиц, образующихся в событиях с большой множественностью (рис. 1).

Используя полученное значение параметра α , были вычислены $\langle n \rangle_T$ и D_T — теоретическое значение средней множественности и дисперсии. Они приведены на рис. 2 совместно с экспериментальными данными. Модель хорошо описывает экспериментальную зависимость $\langle n \rangle = f(P_0)$ и $D = f(\langle n \rangle)$ для множественности вторичных заряженных частиц; некоторое расхождение при $P_0 = 9,9$ ГэВ/с для рожденных частиц возможно объяснить возросшей долей среди них релятивистских протонов и более тяжелых ядер по сравнению с меньшей энергией.

В отличие от других подходов, СП модель для $\Psi(Z)$ функции дает такое выражение (5), в котором нет свободных параметров. Максимум функции $\Psi(Z)$ дается формулой $\Psi(Z)_{\text{max}} = \varphi_{\nu} (1 - \nu)^{-1} \nu^{-1}$, для

pTa -соударений при $P_0 = 2,3$ ГэВ/с $\Psi(Z)_{\max} = 0,81$; что близко к экспериментальному значению.

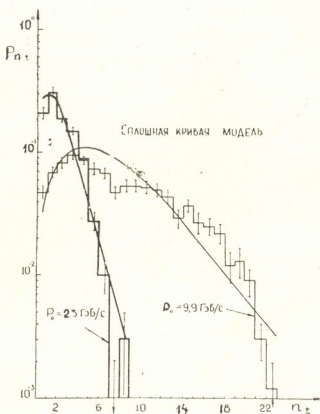


Рис. 1. Распределение по множественности заряженных вторичных частиц в pTa -соударениях при импульсах 2,3 и 9,9 ГэВ/с

Экспериментальные значения моментов C_0 растут с увеличением q медленнее, чем это следует из модели (см. табл. 1). В работе [3] отмечается, что это, возможно, связано с кинематическими ограничениями, которые не учитываются в СП модели.

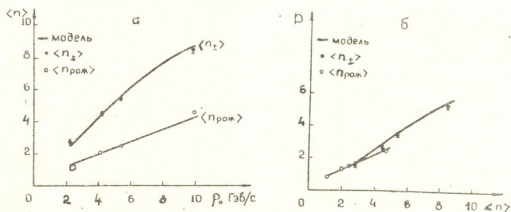


Рис. 2. Зависимость а) средней множественности от импульса налетающего протона, б) дисперсии от средней множественности

Таким образом, анализ экспериментальных распределений по множественности вторичных заряженных и рожденных частиц в pTa -взаимодействиях в области импульсов (2–10) ГэВ/с на основе СП модели показывает, что модель удовлетворительно описывает эксперименталь-

C_q -моменты множественности заряженных вторичных частиц n_{\pm}
 в pT_a -взаимодействиях, при разных импульсах P_0 ГэВ/с

q	модель	$P_0=2,3$ ГэВ/с	$P_0=4,2$ ГэВ/с	$P_0=5,4$ ГэВ/с	$P_0=9,9$ ГэВ/с
2	1,42	$1,29 \pm 0,01$	$1,32 \pm 0,01$	$1,40 \pm 0,01$	$1,39 \pm 0,01$
3	2,61	$1,99 \pm 0,05$	$2,05 \pm 0,04$	$2,36 \pm 0,05$	$2,30 \pm 0,05$
4	6,04	$3,54 \pm 0,20$	$3,53 \pm 0,13$	$4,43 \pm 0,17$	$4,25 \pm 0,15$
5	17,01	$7,03 \pm 0,65$	$6,58 \pm 0,35$	$8,94 \pm 0,50$	$8,45 \pm 0,43$

ные характеристики адрон-ядерных взаимодействий не только в области высоких (\sim сотни ГэВ [3]), но и сравнительно небольших энергий, что позволяет говорить о применимости статистического подхода при рассмотрении партонной картины адрон-ядерных соударений.

Тбилисский государственный университет
 Институт физики высоких энергий

(Поступило 30.12.1982)

ფიზიკა

ი. თევზაძე, მ. დასაევა, ნ. კუციდი, მ. თოფურიძე, თ. ჯალაღანი

pT_a -დაჯახებებში დაბადებული დამუხტული ნაწილაკების
 განაწილებების შესწავლა სტატისტიკურ-პარტონული მოდელის
 საშუალებით

რეზიუმე

პროტონების ტანტალთან ურთიერთქმედების შედეგად დაბადებული დამუხტული ნაწილაკების ექსპერიმენტული მახასიათებლების ანალიზი ხდება სტატისტიკურ-პარტონული მოდელის საშუალებით. ნაჩვენებია, რომ მოდელი დამაკმაყოფილებლად აღწერს ექსპერიმენტულ მონაცემებს.

PHYSICS

Yu. V. TEVZADZE, M. A. DASAEVA, N. K. KUTSIDI, M. V. TOPURIDZE,
 T. R. JALAGANIA

ANALYSIS OF MULTIPLICITY DISTRIBUTIONS IN pT_a INTERACTIONS ON THE BASIS OF A STATISTICAL PARTON MODEL

Summary

The parameters of multiplicity distributions in pT_a -interactions at $2 \div 10$ Gev/c are analyzed on the basis of a statistical parton model. The model predictions are shown to agree satisfactorily with the experimental data.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. J. Kogut, L. Susskind. Phys. Rep., C8, 1973, 78.
2. I. Bogatskaya et al. Phys. Lett., 67B. 1977, 183, ЯФ 29, 1979, 1244.
3. И. Богацкая. Препринт ИТФ-78-75Р, АН УССР, 1978.
4. Z. Koba et al. Nucl. Phys., B40, 1970, 317.
5. Н. Ангелови др., ЯФ, 27, 1978, 1020.



УДК 537.312.62

ФИЗИКА

Дж. Г. ЧИГВИНАДЗЕ, И. К. ЛЕСЕЛИДЗЕ, Г. Г. ГЕГИАДЗЕ

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНЫХ НАРУШЕНИЙ НА МАКСИМАЛЬНУЮ СИЛУ ПИННИНГА В МОНОКРИСТАЛЛАХ СПЛАВА $Ta_{70}Nb_{30}$

(Представлено академиком Э. Л. Андроникашвили 20.6.1983)

Наличие пиннинга — закрепления вихрей Абрикосова [1] — на структурных неоднородностях кристаллической решетки [2, 3] проявляется в существовании в сверхпроводниках II рода критической плотности тока $j_c \neq 0$, которая пропорциональна силе пиннинга:

$$j_c = \frac{10 \bar{F}_{pv}}{\Phi_0}$$

где \bar{F}_{pv} — средняя сила пиннинга, приходящая на единицу длины вихря, а Φ_0 — квант магнитного потока, который равен $\Phi_0 = \frac{hc}{2e}$. Зная

силу пиннинга, мы можем оценить критическую плотность тока, лимитирующую применимость сверхпроводящих магнитных систем. С другой стороны, знание механизмов пиннинга дает возможность разобраться в процессах взаимодействия вихрей с дефектами кристаллической решетки и движения квантованных вихрей, вызывающих нестационарные процессы в смешанном состоянии.

На силу пиннинга оказывают влияние структурные дефекты в кристаллической решетке: границы зерен, скопления нормальной фазы в сверхпроводящей матрице, дислокации и другие типы дефектов и особенно их скопления, размеры которых по порядку величины совпадают с радиусом сердцевин вихря ξ [4, 5]. Существенное влияние на силу пиннинга оказывают дислокации, расположенные параллельно вихрям Абрикосова [6, 7].

С помощью механической методики исследования пиннинга в работах [8, 9] была определена зависимость максимальной силы пиннинга от напряженности магнитного поля в монокристаллическом ниобии и в термодинамически обратимом монокристалле $Ta_{70}Nb_{30}$.

Целью настоящей работы является выяснение роли объемных дефектов, в частности, дислокаций на максимальную силу пиннинга в сверхпроводящем монокристалле сплава $Ta_{70}Nb_{30}$.

Исходный термодинамически обратимый образец $Ta_{70}Nb_{30}$ является совершенным монокристаллом с малым количеством дефектов решетки, на что указывает электронномикроскопическая фотография, представленная на рис. 1. Для электронномикроскопических исследований образцы утоняли химически в растворе 70% HNO_3 и 30% HF . Как видно из микрофотографии, в таких образцах наблюдаются отдельные дислокации с малой плотностью. Поверхность такого кристалла является электрополированной, что и затрудняет входение вихрей в сверхпроводник. Затем на поверхность образца наносились поверхностные дефекты при помощи искровой машины и опять измерялась сила пиннинга. Дислокации в образец вводились деформацией сжатия

$\frac{\Delta l}{l} = 4\%$ и $\frac{\Delta l}{l} = 42\%$. На рис. 2 и 3 приведены электронномикроско-

пические фотографии деформированных образцов на 4% и 42% соответственно. Как видно из рис. 2, деформация создает ориентированную дислокационную структуру, в которой дислокации пересекают друг друга приблизительно под углом 90° . Расшифровка электронно-



Рис. 1. Термодинамически обратимый монокристалл $Ta_{70}Nb_{30}$

граммы показала, что дислокации в основном расположены в направлениях $[010]$ и $[100]$. Что касается образца, деформированного на 42%, то там наблюдается ячеистая дислокационная структура с большим количеством дислокационных петель размером $\sim 50-100 \text{ \AA}$.



Рис. 2. Деформированный на 4% монокристалл $Ta_{70}Nb_{30}$

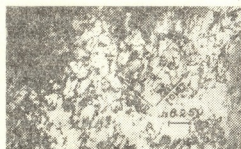


Рис. 3. Деформированный на 42% монокристалл $Ta_{70}Nb_{30}$

Далее в этих образцах рентгеноструктурным методом было определено направление кристаллографических осей и измерение пиннинга производилось в направлении $[100]$.

Как известно, различаются два критических угла: минимальный φ_{c1} , при котором срыв вихрей с пиннинг-центров становится заметным, и максимальный φ_{c2} , при котором происходит массовый срыв вихрей (практически полный) с пиннинг-центров. Соответственно можно опре-

делить предельные значения силы пиннинга \bar{F}_{pv} . На рис. 4 дана зависимость силы пиннинга \bar{F}_{pv} , определенная по $\varphi_{c2}^{(1)}$, измеренной в направлении [100] (ось кристалла в недеформированном образце совпадает с направлением [001], а в деформированном в деформацией $\frac{\Delta l}{l} = 4\%$ она составляет небольшой угол $\alpha \approx 10^\circ$ с направлением 001).

Как видно из этого рисунка, она минимальна почти во всей области смешанного состояния, кроме полей, близких к H_{c1} , для образца поверхность которого обработана искрой. В электрополированном термодинамически обратимом кристалле максимальная сила пиннинга больше, чем в образце с искровой обработкой поверхности, а что касается деформированного образца с $\frac{\Delta l}{l} = 4\%$, она максимальна во всей области смешанного состояния.

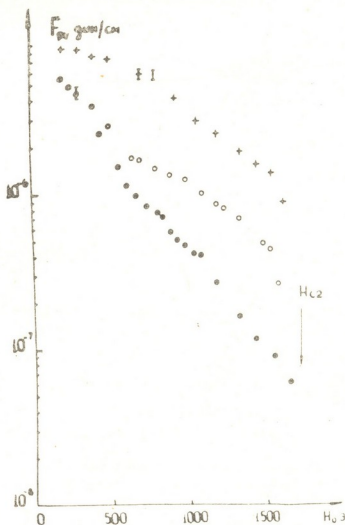


Рис. 4. Зависимость средней максимальной силы пиннинга \bar{F}_{pv} , определенной по φ_{c2} , от напряженности внешнего магнитного поля H_0 . Темные точки соответствуют монокристаллу, поверхность которого обработана искрой, кружочки — кристаллу после электрополировки поверхности, крестики — деформированному на 4% кристаллу $Ta_{70}Nb_{30}$

(¹ Полевая зависимость силы пиннинга, определенной по φ_{c1} , исследована в работе [11].)



Как известно из литературных данных [10], направление [100] является направлением преимущественной ориентации дислокаций и по-видимому это направление и является направлением, показанном на рис. 2, вдоль которого сила пиннинга максимальна, что подтверждается нашими токовыми измерениями силы пиннинга.

Что касается сильнодеформированного образца с $\frac{\Delta l}{l} = 42\%$, то предыдущие работы [11, 12] показывают сильное уменьшение силы пиннинга, по-видимому, связанное с тем, что размеры центров пиннинга l становятся меньше ξ .

Академия наук Грузинской ССР
Институт физики

(Поступило 30.6.1983)

ფიზიკა

ჯ. ჩიგვინაძე, ი. ლესელიძე, გ. გეგიადე

სტრუქტურული დამახინჯებების გავლენა პინინგის მაქსიმალურ ძალაზე $Ta_{70}Nb_{30}$ -ის შენადნობის მონოკრისტალებში

რეზიუმე

$Ta_{70}Nb_{30}$ შენადნობის მონოკრისტალში ექსპერიმენტულად შესწავლილია აბრიკოსოვის გრიგლების პინინგი. გამოყენებულია მექანიკური მეთოდიკა პინინგის ძალის მაქსიმალური მნიშვნელობის გასაზომად (რომლის მიღწევისას ხდება ყველა გრიგლების მოწყვეტა). ნიმუშები გამოკვლეულია ელექტრონულ-მიკროსკოპული და რენტგენოსტრუქტურული მეთოდებით. შესწავლილია სტრუქტურის მოცულობითი და ზედაპირული დარღვევების გავლენა პინინგზე.

PHYSICS

J. G. CHIGVINADZE, I. K. LESELIDZE, G. G. GEGIADZE
EFFECT OF STRUCTURAL DISTORTIONS ON MAXIMUM PINNING
FORCE IN $Ta_{70}Nb_{30}$ ALLOY MONOCRYSTALS
Summary

The pinning of Abrikosov flux lines in a $Ta_{70}Nb_{30}$ alloy monocrystal has been experimentally investigated. The maximum pinning force was measured by the mechanical method. Bulk and surface distortions, influencing the pinning, were investigated by the methods of electron microscopy and X-ray diffraction analysis.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. А. Абрикосов, ЖЭТФ, 32, 6, 1957, 1442—1452.
2. Y. B. Kim, C. F. Hempstead, A. R. Strand. Phys. Rev., 139, 4A, 1965, 1163-1172.
3. В. В. Шмидт, Г. С. Мкртчян, УФН, 112, 3, 1974, 459—490.
4. А. Кемпбелл, Дж. Иветс. Критические токи в сверхпроводниках. М., 1975.
5. J. Lowell. J. Phys., F8, 3, 1978, 501-509.
6. W. W. Webb. Phys. Rev. Lett., 11, 5, 1963, 191-193.
7. J. A. Good, E. J. Kramer. Phil. Mag., 22, 1970, 329-357.
8. С. М. Ашимов, Г. П. Бацанкалავილი, Н. Л. Недзеляк, Дж. С. Цакадзе. Тезисы докладов 19-го совещания по физике низких температур (НТ-19), 1976, 427—428.
9. Дж. Г. Чигвинадзе, Т. А. Джапнашвили. Сообщения АН ГССР, 112, № 3, 1983.
10. Дж. Хирт, И. Лоте. Теория дислокаций, М., 1972.
11. E. L. Andronikashvili, J. G. Chigvinadze et al. Phys. Lett., 28A, 10, 1969, 713-714.
12. Дж. Чигвинадзе. Автореферат канд. дисс. Тбилиси, 1970.



В. Н. ЗАСЛАВСКИЙ

АМПЛИТУДНЫЙ СПЕКТР НЕКОТОРЫХ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

(Представлено академиком Б. К. Балавадзе 19.11.1982)

В работе [1] предложена новая методика вычисления амплитудного спектра геофизических полей, которая может существенно изменить амплитудный спектр для очень низких частот. Алгоритм этой методики таков: если имеется наблюдаемое поле $\Psi(i)$, то амплитуда $A(\omega)$ для гармоники с частотой ω вычисляется по следующей формуле:

$$A(\omega) = f(\omega) \cdot R(\omega), \quad (1)$$

где

$$f(\omega) = \sqrt{a^2(\omega) + b^2(\omega)},$$

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{a(\omega)}{b(\omega)},$$

$$R(\omega) = \sqrt{(\sin[\omega t + \varphi(\omega)], \sin[\omega t + \varphi(\omega)])}$$

задают соответственно амплитуду, начальную фазу и нормирующий множитель. Коэффициенты $a(\omega)$ и $b(\omega)$ вычисляются по формулам

$$a(\omega) = \frac{(\Psi, \cos \omega t)(\sin \omega t, \sin \omega t) - (\Psi, \sin \omega t)(\sin \omega t, \cos \omega t)}{(\sin \omega t, \sin \omega t)(\cos \omega t, \cos \omega t) - (\sin \omega t, \cos \omega t)^2},$$

$$b(\omega) = \frac{(\Psi, \sin \omega t)(\cos \omega t, \cos \omega t) - (\Psi, \cos \omega t)(\sin \omega t, \cos \omega t)}{(\sin \omega t, \sin \omega t)(\cos \omega t, \cos \omega t) - (\sin \omega t, \cos \omega t)^2}.$$

Круглые скобки обозначают скалярное произведение двух величин

$$(\alpha(t), \mu(t)) = \int_0^T \alpha(t) \cdot \mu(t) dt,$$

где T — длительность наблюдения.

В данной работе приводятся результаты спектрального анализа разных гравиметрических полей СССР и сопредельных территорий $15^\circ \leq \lambda \leq 180^\circ$, $32^\circ \leq \varphi \leq 70^\circ$. Осредненные значения аномалий вычислялись в узлах координатной сетки с шагом в 1° . Нормальное значение силы тяжести в нашем случае определено по формуле Гельмерта в 1901 г. [2]. Амплитудные спектры вычислены по системе ортогональных профилей, пересекающих всю изучаемую территорию.

На рис. 1—7 приведены осредненные амплитудные спектры: значений высот рельефа (рис. 1), топографо-изостатической поправки за

влияние дальних зон ($R \geq 555$ км) (рис. 2) и за влияние дальних и средних зон ($R \geq 222$ км) (рис. 3), полной топографо-изостатической

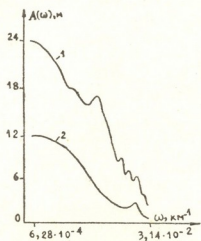


Рис. 1

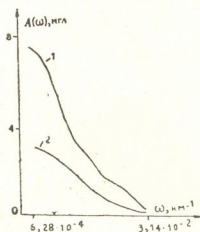


Рис. 2

поправки (рис. 4), изостатической аномалии (рис. 5), региональной изостатической аномалии (рис. 6) и аномалии в свободном воздухе

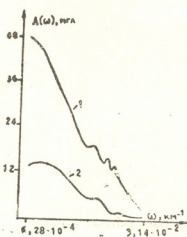


Рис. 3

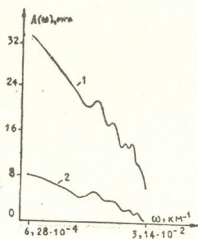


Рис. 4

(рис. 7) для широтных (1) и меридиональных (2) профилей. Протяженность каждого из широтных профилей от 8,5 до 12,5 тыс. км, про-

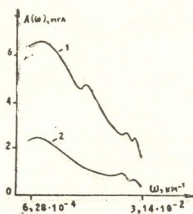


Рис. 5

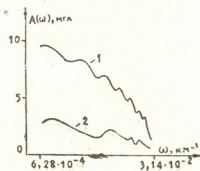


Рис. 6

тяженность каждого из меридиональных профилей около 4000 км, диапазон длин волн $200 \text{ км} \leq T \leq 10000 \text{ км}$.

Как видно из рисунков, мощность спектров для широтных профилей в несколько раз превышает соответствующие значения для меридиональных профилей, что естественно для формул (1), ибо $A(\omega)$ является амплитудой [1] для гармоники $\frac{\sin(\omega t + \varphi)}{R(\omega)}$, и чем больше нормирующий множитель $R(\omega)$, тем меньше получаются значения гармоник и, следовательно, больше получаются амплитуды.

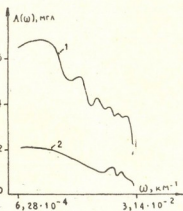


Рис. 8

По приведенным в данной работе частотным характеристикам, спектры, вычисленные по всем профилям, оказались похожими друг на друга, и по существу не отличаются от амплитудных спектров, вычисленных с помощью коэффициентов Фурье, однако не удалось обнаружить характерное увеличение амплитуд на частотах, соответствующих длинам волн от 400 до 300 км [2]. Для выявления последнего, возможно, необходимо проведение спектрального анализа данных на более густой сетке.

Обращает на себя внимание довольно четкая корреляция между амплитудными спектрами высот рельефа (рис. 1), изостатической аномалии (рис. 5) и аномалии в свободном воздухе (рис. 7). Так, например, первый минимум амплитудного спектра при $\omega = 1,12 \cdot 10^{-3} \text{ км}^{-1}$ ($T = 5600 \text{ км}$) для высот рельефа по широтам совпадает с первым минимумом амплитудных спектров изостатической аномалии и аномалии в свободном воздухе по широтам. Амплитудный спектр высот рельефа вдоль меридиональных профилей в этой точке $\omega = 1,12 \cdot 10^{-3} \text{ км}^{-1}$ не имеет минимума, и, по-видимому, этим объясняется отсутствие минимума на соответствующей частоте у амплитудных спектров изостатической аномалии и аномалии в свободном воздухе по меридиональным профилям. Если тесная корреляция между амплитудными спектрами высот и аномалии в свободном воздухе естественна и легко объяснима, то несколько неожиданным кажется подобие амплитудных спектров высот и изостатической аномалии. Такое подобие, на наш взгляд, говорит о том, что общепринятые схемы изостазии для рассматриваемой территории неполностью объясняют аномалии силы тяжести и для ее полной интерпретации следует учитывать [2] неоднородности верхней мантии.

В заключение отметим, что совместное изучение полученных спектров дает возможность судить об эффективности разных вариантов вычисления поправок к значениям силы тяжести.

3. ზასლავსკი

ზოგიერთი ბრავიმეტრიული ველის ამპლიტუდური სპექტრი

რეზიუმე

მოცემულია საბჭოთა კავშირის და მოსაზღვრე ტერიტორიებისათვის სხვადასხვა რედუქციაში გამოთვლილი გრავიმეტრიული ველის ამპლიტუდური სპექტრი, რომელიც მიღებულია გამოთვლის ახალი მეთოდის საშუალებით [1].

GEOPHYSICS

V. N. ZASLAVSKI

THE AMPLITUDE SPECTRUM OF SOME GRAVIMETRIC FIELDS

Summary

The paper presents the amplitude spectrum of the gravimetric field for the Soviet Union and adjoining areas, calculated in various reductions on the basis of a new method suggested in [1].

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. М. А. Алексидзе, В. Н. Заславский, Л. Г. Цулейскири. Геофиз. ж., т. 4, № 1, 1982.
2. М. Е. Артемьев. Изостазия территории СССР. М., 1975.

Дж. Р. КЕШЕЛАШВИЛИ

К ВОПРОСУ О ЦЕНТРАХ ДЕЙСТВИЯ В ИОНОСФЕРЕ

(Представлено академиком Б. К. Балавадзе 3.12.1982)

Изучение стационарных длинноволновых возмущений в ионосфере является одним из актуальных вопросов физики верхней атмосферы.

В настоящей статье с учетом особенностей динамики проводящей атмосферы в магнитном поле Земли [1] обобщаются результаты работы [2], в которой развивается теория центров действия для нижней атмосферы.

Исходным является уравнение Фридмана для вихря скорости, записанное для нижней ионосферы [1]:

$$\alpha \frac{\partial \Delta \Psi'}{\partial \lambda} + \left[2(\alpha + \omega) - \frac{\sigma_H H_0^2}{\rho c^2} \right] \frac{\partial \Psi'}{\partial \lambda} = \quad (1)$$

$$= a_0^2 \cos \theta \left(2\omega - \frac{\sigma_H H_0^2}{\rho c^2} \right) \left(\frac{\alpha}{\tilde{T}} \frac{\partial T'}{\partial \lambda} + \frac{1}{\tilde{\rho}} \frac{\partial (\tilde{\rho} v_r')}{\partial z} \right),$$

где Ψ' — возмущенная функция тока; a_0 — радиус Земли; z , θ , λ — соответственно высота над поверхностью Земли, коширота, долгота; v_r' — вертикальная составляющая скорости; α — индекс циркуляции; ω — угловая скорость вращения Земли; H_0 — напряженность магнитного поля Земли; σ_H — холловская проводимость ионосферы; c — скорость света; $\tilde{T}(z)$, $\tilde{\rho}(z)$ — стандартные значения температуры и плотности ионосферы; T' — возмущенная температура ионосферы — известная функция от θ , λ и z .

Возмущение давления P' определяется из уравнения движения для λ -составляющей скорости течения ионосферы

$$\frac{1}{\tilde{\rho} \sin \theta} \frac{\partial P'}{\partial \lambda} = -\alpha \frac{\partial^2 \Psi'}{\partial \lambda \partial \theta} + 2 \left(\alpha + \omega - \frac{\sigma_H H_0^2}{2\rho c^2} \right) \operatorname{ctg} \theta \frac{\partial \Psi'}{\partial \lambda} \quad (2)$$

Возмущение давления P'_0 на нижней границе рассматриваемой области ионосферы (область E) определяется из линеаризированной барометрической формулы

$$\frac{P'}{P} = \frac{P'_0}{P_0} + \frac{g}{R} \int_{z_0}^z \frac{1}{\tilde{T}^2} T' dz, \quad (3)$$

где \tilde{P} — стандартное давление; \tilde{P}_0 — стандартное давление на нижней границе области E .



Задача по определению четырех неизвестных $\Psi'(\theta, \lambda, z)$, $P'_0(\theta, \lambda)$, $P'(\theta, \lambda, z)$, $v'_r(\theta, \lambda, z)$ решается с помощью (1)–(3) при граничных условиях

$$v_r = 0 \text{ при } z = z_0, \quad (4)$$

$$\rho v_r \rightarrow 0 \text{ при } z \rightarrow \infty. \quad (5)$$

С помощью (4) и (5) уравнение (1) дает следующие равенства:

$$\begin{aligned} \tilde{\rho} v'_r = & \frac{1}{\left(2\omega - \frac{\sigma_H H_0^2}{\rho c^2}\right) \cos \theta} \int_{z_0}^z \left[\alpha \frac{\partial \Delta \Psi'}{\partial \lambda} + \left(2\omega - \frac{\sigma_H H_0^2}{\rho c^2}\right) \frac{\partial \Psi'}{\partial \lambda} - \right. \\ & \left. - \left(2\omega - \frac{\sigma_H H_0^2}{\rho c^2}\right) \alpha_0^2 \frac{\cos \theta}{T} \frac{\partial T'}{\partial \lambda} \right] \tilde{\rho} dz, \quad (6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \int_0^\infty \left[\alpha \frac{\partial \Delta \Psi'}{\partial \lambda} + 2 \left(\alpha + \omega - \frac{\sigma_H H_0^2}{2\rho c^2} \right) \frac{\partial \Psi'}{\partial \lambda} - \right. \\ \left. - 2\alpha_0^2 \left(\omega - \frac{\sigma_H H_0^2}{2\rho c^2} \right) \frac{\alpha \cos \theta}{T} \frac{\partial T'}{\partial \lambda} \right] \tilde{\rho} dz = 0. \quad (7) \end{aligned}$$

Рассмотрим случай приближенного решения задачи, полагая отношение индекса циркуляции к угловой скорости вращения Земли малой величиной ($\alpha/\omega \ll 1$). Тогда вместо (2) будем иметь

$$\Psi' = \frac{1}{\left(2\omega - \frac{\sigma_H H_0^2}{\rho c^2}\right) \tilde{\rho} \cos \theta} P'. \quad (8)$$

Из (3), (8) и уравнения состояния газа $\tilde{P} = \tilde{\rho} R \tilde{T}$ для Ψ' получим

$$\Psi' = \frac{R \tilde{T}}{2\omega - \frac{\sigma_H H_0^2}{\rho c^2}} \left(\varphi + \frac{g}{R} \int_{z_0}^z \tau_2 dz \right). \quad (9)$$

где

$$\varphi = \frac{P_0(\theta, \lambda)}{\cos \theta P_0}, \quad \tau_2 = \frac{T'(\theta, \lambda, z)}{T^2 \cos \theta}.$$

С помощью (9) условие (7) дает

$$\alpha_1 \Delta \varphi + \left(2\omega - \frac{\sigma_H H_0^2}{\rho c^2}\right) \varphi = F(\theta, \lambda), \quad (10)$$

где

$$\begin{aligned} \alpha_1 = & \int_0^\infty \alpha \tilde{T} \tilde{\rho} dz; \quad \int_0^\infty \tilde{T} \tilde{\rho} dz, \\ F(\theta, \lambda) = & - \frac{g}{R} \int_0^\infty \left[\alpha \int_{z_0}^z \Delta \tau_2 dz + \left(2\omega - \frac{\sigma_H H_0^2}{\rho c^2}\right) \int_{z_0}^z \tau_2 dz - \right. \end{aligned}$$

$$-\left(2\omega - \frac{\sigma_H H_0^2}{\rho c^2}\right)^2 \frac{a_0^2 \alpha \tau_1}{g} \left] \widetilde{T} \widetilde{\rho} dz, \quad \tau_1 = \frac{T'(\theta, \lambda, z)}{T^2} \cos \theta.$$

Функция Грина, построенная для (10), имеет вид

$$G(\theta', \lambda'; \theta, \lambda) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{2n+1}{2\omega - \frac{\sigma_H H_0^2}{\rho c^2} - n(n+1)\alpha_1} P_n(\cos \gamma), \quad (11)$$

где

$$\cos \gamma = \cos \theta \cos \theta' + \sin \theta \sin \theta' \cos(\lambda - \lambda');$$

P_n — полином Лежандра.

Тогда решение уравнения (10) будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned} \varphi = & - \frac{g}{\alpha_1 R} \int_0^{\infty} \alpha \left(\int_{z_0}^z \tau_2 dz \right) \widetilde{\rho} \widetilde{T} dz + \\ & + \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} G(\theta', \lambda'; \theta, \lambda) f(\theta', \lambda') \sin \theta' d\theta' d\lambda', \quad (12) \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned} f(\theta', \lambda') = & - \frac{g}{R} \int_0^{\infty} \left\{ \left(2\omega - \frac{\sigma_H H_0^2}{\rho c^2} \right) \left[1 - \right. \right. \\ & \left. \left. - \frac{\alpha(z)}{\alpha_1} \right] \int_{z_0}^z \tau_2(\theta', \lambda', z) dz - \left(2\omega - \frac{\sigma_H H_0^2}{\rho c^2} \right) \frac{a_0^2 \alpha(z)}{g} \tau_1(\theta', \lambda', z) \right\} \widetilde{\rho} \widetilde{T} dz. \end{aligned}$$

При $H_0=0$ полученное решение сводится к известному решению [2].

Таким образом, задача нахождения возмущенного поля скоростей и давления в области E ионосферы решена в рассматриваемом приближении до конца.

Академия наук Грузинской ССР
Институт геофизики

(Поступило 9.12.1982)

ჯ. კეშელაშვილი

იონოსფეროში მოქმედების ცენტრების შესახებ

რეზიუმე

იონოსფეროს E ფენაში მოცემული ტემპერატურული ველისათვის მოძებნილია შესწოთებული სიჩქარეებისა და წნევათა ველი, რაც საშუალებას იძლევა იონოსფეროში ნეიტრალური ატმოსფეროს მოდელის გამოყენებით მოძებნოს ზედა ატმოსფეროში სტაციონარული ტალღების კონფიგურაცია.

GEOPHYSICS

J. R. KESHELASHVILI

ON THE CENTRES OF ACTION IN THE IONOSPHERE

Summary

The field of disturbed velocities and pressures has been found for a given temperature field in the E-layer of the ionosphere, allowing to obtain the configuration of upper atmospheric stationary waves by means of the model of neutral atmosphere in the ionosphere.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. И. Гвелесиани. Дж. Р. Кешелашвили. Сб. «Ионосферные исследования», М., № 38, 1982.
2. Е. Н. Блинова. ДАН СССР, т. 92, № 3, 1953.



Т. Г. АНДРОНИКАШВИЛИ (член-корреспондент АН ГССР),
Л. Г. ЭПРИКАШВИЛИ, С. Л. УРОТАДЗЕ

ГАЗОХРОМАТОГРАФИЧЕСКОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ СМЕСИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ C_1-C_4 НА ЦЕОЛИТАХ ТИПА X, МОДИФИЦИРОВАННЫХ КАТИОНАМИ ЩЕЛОЧНО-ЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ, НАНЕСЕННЫХ НА ТВЕРДЫЙ НОСИТЕЛЬ

Газообразные углеводороды обычно являются составляющими многих смесей, и их определение имеет важное значение в промышленности. Применение газовой хроматографии для анализа природного газа и особенно его углеводородных компонентов дало повод к поиску универсальных адсорбентов, которые позволили бы анализировать как неорганические газы, так и углеводородные компоненты.

Хорошо известно применение таких адсорбентов, как силикагель, активированный древесный уголь, для разделения углеводородов с углеродным числом 1—3, особенно в тех случаях, когда, помимо углеводородов, требуется определить присутствие в смеси неорганических газов [1]. Однако качество разделения и быстрота анализа на вышеуказанных сорбентах не всегда удовлетворительны. Для разделения легких углеводородов, смеси постоянных газов, а также смеси нормальных парафинов от разветвленных и циклических углеводородов в газовой хроматографии с успехом применяются цеолиты [2, 3].

Методом газовой хроматографии были изучены адсорбционно-разделительные свойства Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} и Ba^{2+} — катионмодифицированных форм цеолита типа X, нанесенных на стандартный твердый носитель хроматон N—AW.

Катионмодифицированные формы цеолита готовились по известной методике [4, 5]. Методика приготовления и классификация поверхностно-слоистых сорбентов дана в работе [6].

Полученные поверхностно-слоистые сорбенты были изучены газохроматографическим методом и сравнены с соответствующими объемными сорбентами [6]. Исследования проводились на хроматографе марки ЛХМ-8МД, мод. 5. Расход газа-носителя 100 мл/мин, длина колонки 0,5 м, внутренний диаметр $3 \cdot 10^{-3}$ м, зернение сорбита 0,25 — $0,315 \cdot 10^{-3}$ м. В качестве газа-носителя использовался гелий. Модельной смесью служила смесь углеводородных газов C_1-C_4 . Детектор работал по принципу измерения теплопроводности.

Сравнение сорбентов проводилось при одинаковой длине колонок одного диаметра. Величина удерживания для колонок с поверхностно-слоистыми сорбентами значительно меньше, чем для колонок с объемными сорбентами, так как количество активного адсорбента на единицу объема колонки в поверхностно-слоистых сорбентах меньше, чем в обычных объемных сорбентах.

В табл. 1 даны приведенные объемы удерживания отдельных компонентов на исследованных образцах.

Таблица 1

Приведенные объемы удерживания (V'_R)								
Компо- ненты	MgX объем.	MgX п.с.с.	CaX объем.	CaX п.с.с.	SrX объем.	SrX п.с.с.	BaX объем.	BaX п.с.с.
Температура колески 20°C								
CH ₄	2,5	0,83	7,5	1,67	15,0	2,5	16,67	2,5
C ₂ H ₆	20,83	4,17	115,83	16,67	172,5	42,5	252,5	64,17
Температура колески 140°C								
C ₂ H ₆	5,81	—	18,26	0,83	5,8	2,49	8,33	—
C ₂ H ₄	14,11	0,83	61,42	13,22	26,56	15,77	28,32	2,49
C ₃ H ₈	28,22	4,98	65,57	14,94	27,39	19,92	69,72	6,64
C ₃ H ₆	86,32	13,28	327,05	99,60	243,19	102,92	246,51	32,37
C ₄ H ₁₀	122,01	19,99	292,99	62,25	126,99	88,81	335,32	40,67

Последовательность элюирования компонентов на поверхностно-слоистых сорбентах такая же, как на объемных сорбентах, а температуры точек инверсии для пар этилен-пропан и бутан-пропилен на соответствующих сорбентах совпадают, из чего следует, что в основном процесс разделения идет не во всем объеме зерна цеолита, а при низком заполнении объема полостей (на внешней поверхности зерна цеолита).

Одной из основных характеристик целесообразности использования различных сорбентов в газовой хроматографии является разделительная способность сорбентов, которая количественно характеризуется коэффициентом разделения [7]. В табл. 2 приведены данные удельной характеристики K/t_R (отношение коэффициента разделения к среднему времени выхода компонента для двух близлежащих пиков), характеризующей разделительную способность колонки с учетом времени анализа.

Таблица 2

Сравнение коэффициентов разделения отдельных пар компонентов на исследованных образцах с учетом времени анализа ($t_K=140^\circ\text{C}$)

K/t_R	C ₂ H ₆ —C ₂ H ₄	C ₂ H ₄ —C ₃ H ₈	C ₃ H ₈ —C ₃ H ₆	C ₃ H ₆ —C ₄ H ₁₀	C ₃ H ₈ —C ₄ H ₁₀
MgX п.с.с.	—	—	0,143	0,033	0,06
MgX объем.	0,036	0,026	0,037	0,0068	0,015
CaX п.с.с.	—	—	0,064	0,016	0,077
CaX объем.	0,1	—	0,012	0,0044	0,031
SrX п.с.с.	0,054	0,02	0,028	0,0066	0,027
SrX объем.	0,035	—	0,0166	0,0023	0,019
BaX п.с.с.	0,083	0,064	0,049	0,006	0,043
BaX объем.	0,064	0,035	0,015	0,003	0,016

Как видно из данных таблицы, разделительная способность колонок с учетом времени анализа на поверхностно-слоистых сорбентах гораздо выше по сравнению с объемными сорбентами.

Качество и быстрота разделения многокомпонентных смесей оцениваются значением коэффициента быстрогодействия λ (мин⁻¹ или с⁻¹) [7]. Коэффициент быстрогодействия является критерием обобщенного типа, определяется селективностью сорбента по отношению к наи-

худшим образом разделяемой паре, сорбционной емкостью колонки, ее эффективностью и равномерностью распределения пиков на хроматограмме. В табл. 3 дана сравнительная характеристика коэффициентов быстроедействия и критерия равномерности на исследованных образцах. Критерий равномерности ($\bar{\Delta}$), характеризующий распределение пиков на хроматограмме, является для случая разделения многокомпонентной смеси аналогом коэффициента селективности [7]. Выбраны такие температуры нагрева хроматографической колонки, когда компоненты C_2-C_4 элюируются в приемлемое для анализа время и пики хроматограммы достаточно симметричны — 100° и 200° соответственно.

Таблица 3

Сравнение критерия равномерности и коэффициентов быстроедействия для смеси углеводородных газов C_2-C_4 на исследованных образцах

Модельная смесь	Температура колонки, $^\circ C$	Образец	$\bar{\Delta}$	λ c^{-1}
$C_2H_6-C_2H_4-C_3H_8-C_3H_6-C_4H_{10}$	200	MgX об.	0,137	$3,961 \cdot 10^{-4}$
	100	MgX п.с.	0,143	$4,806 \cdot 10^{-4}$
$C_2H_6-C_3H_8-C_2H_4-C_4H_{10}-C_3H_6$	200	CaX об.	0,039	$0,708 \cdot 10^{-4}$
	100	CaX п.с.	0,042	$0,752 \cdot 10^{-4}$
$C_2H_6-C_3H_8-C_2H_4-C_4H_{10}-C_3H_6$	200	SrX об.	0,007	$0,011 \cdot 10^{-4}$
	100	SrX п.с.	0,0364	$0,058 \cdot 10^{-4}$
$C_2H_6-C_2H_4-C_3H_8-C_3H_6-C_4H_{10}$	200	BaX об.	0,0309	$0,196 \cdot 10^{-4}$
	100	BaX п.с.	0,0544	$0,633 \cdot 10^{-4}$

Таким образом, разделение углеводородных газов происходит с лучшими параметрами и при более низкой температуре нагрева колонки на поверхностно-слоиных сорбентах по сравнению с объемным заполнением хроматографических колонок цеолитом.

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

(Поступило 4.2.1983)

ანალიზური მონა

თ. ანდრონიკაშვილი (საქ. სსრ მეცნ. აკად. წევრ-კორესპონდენტი),
ლ. პარიკაშვილი, ს. შრობაძე

C_1-C_4 ნახშირწყალბადური გაზების გაზ-ქრომატოგრაფიული დაყოფა მყარ სარჩულზე დაფენილ ტუბ-მიწათა მეტალებით მოდიფიცირებულ X ტიპის ცეოლითებზე

რეზიუმე

გაზ-ქრომატოგრაფიული მეთოდით შესწავლილია ადსორბციულ-დაყოფითი თვისებები სტანდარტულ მყარ სარჩულზე ხრომატონ $N=AW$ დაფენილ Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} და Ba^{2+} კათიონმოდფიცირებულ X-ტიპის ცეოლითებზე და შედარებულია შესაბამის მოცულობით სორბენტებთან. გამოთვლი-

ლია C_2-C_4 ნახშირწყალბადური გაზების ნარეგების დაყოფის კოეფიციენტებში, სწრაფმოქმედების კოეფიციენტები და თანაბრობის კრიტერიუმები ზედაპირულ-ფენოვანი სორბენტებისათვის, რომლებიც შედარებულია იგივე მონაცემებთან მოცულობითი სორბენტებისათვის. ნაჩვენებია, რომ ზედაპირულ-ფენოვანი სორბენტებზე ნახშირწყალბადური გაზების ნარეგების დაყოფა ხდება ქრომატოგრაფიულ სვეტის უფრო დაბალ ტემპერატურაზე და დაყოფის პარამეტრების უკეთესი მაჩვენებლებით.

ANALYTICAL CHEMISTRY

T. G. ANDRONIKASHVILI, L. G. EPRIKASHVILI, S. L. UROTADZE

 GAS-CHROMATOGRAPHIC SEPARATION OF THE MIXTURE OF
 C_1-C_4 HYDROCARBON GASES ON X-TYPE ZEOLITES MODIFIED
 BY CATIONS OF ALKALI-EARTH METALS AND COATED ON A
 SOLID SUPPORT

Summary

The adsorptive-separative properties of Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} and Ba^{2+} of cation-modified forms of X-type zeolite, coated on the standard solid support Chromaton N-AW were studied by the gas-chromatographic method and compared with their corresponding volumetric sorbents.

The coefficients of separation of individual pairs of components with account of the time of analysis, and the coefficients of quick-acting and uniformity criteria of the mixture of C_2-C_4 hydrocarbon gases for surface-layer sorbents are estimated and compared with corresponding data of volumetric sorbents.

It is shown that the separation of the mixture of hydrocarbon gases proceeds with better parameters of separation and at a lower temperature of heating of the chromatographic column on the surface-layer sorbents.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. П. Джефферс, П. Киппинг. Анализ газов методами газовой хроматографии. М., 1976, 154—157.
2. A. D. Horton. Nuclear Sci. Eng., 13, 1962, 103.
3. Т. Г. Андроникашвили, Г. В. Цицишвили, Ш. Д. Сабелашвили, Т. А. Чумбуридзе. Материалы II Всесоюзного совещания по цеолитам. М.—Л., 1965, 179—184.
4. Г. В. Цицишвили, Т. Г. Андроникашвили, Л. Я. Лаперашвили, Ц. А. Геджадзе. Сообщения АН ГССР, 27, № 2, 1961, 405.
5. Г. В. Цицишвили, Т. Г. Андроникашвили, Л. Я. Лаперашвили, Ц. А. Геджадзе. Сообщения АН ГССР, 28, № 2, 1962, 280.
6. В. Г. Березкин, Н. С. Никитина. Успехи химии, XI, вып. 5, 1971, 927.
7. М. С. Вигдергауз. Расчеты в газовой хроматографии. М., 1978, 23, 31.



УДК 541.49+541.6

ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Г. Ш. МИТАИШВИЛИ, Р. И. МАЧХОШВИЛИ, Н. И. ПИРЦХАЛАВА

КООРДИНАЦИОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ДИТИОНАТОВ
МЕТАЛЛОВ С ГИДРАЗИДОМ ЭНЕНТОВОЙ КИСЛОТЫ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. Г. Андрионикашвили 10.12.1982)

В продолжение исследования координационных соединений металлов с гидразидом энентовой кислоты (ГЭ) нами были предприняты попытки синтезировать комплексные соединения дитионатов металлов с указанным гидразидом. В результате удалось получить соединения, состав которых дан в табл. 1.

Таблица 1

Результаты химического анализа комплексных соединений дитионатов металлов с гидразидом энентовой кислоты

Соединение	Найдено, %					Вычислено, %				
	М	Н	С	Н	С	М	Н	С	Н	С
Cu(ГЭ) ₂ S ₂ O ₆ ·H ₂ O	12,08	7,02	31,27	10,42	11,99	11,99	6,42	31,72	10,57	12,08
Zn(ГЭ) ₂ S ₂ O ₆ ·H ₂ O	9,31	7,23	37,83	12,42	9,86	9,86	7,45	37,30	12,43	9,48
Cd(ГЭ) ₂ S ₂ O ₆	15,34	6,57	35,90	11,60	9,78	15,99	6,81	35,79	11,78	9,09
Mn(ГЭ) ₂ S ₂ O ₅	8,83	7,33	38,84	12,80	10,19	8,47	7,48	38,94	12,97	9,89
Co(ГЭ) ₂ S ₂ O ₆ ·H ₂ O	8,91	7,12	37,89	12,71	10,04	8,79	7,53	37,65	12,55	9,57
Ni(ГЭ) ₂ S ₂ O ₆ ·H ₂ O	8,89	7,23	37,22	12,60	9,87	8,77	7,54	37,66	12,55	9,57

В данной работе кратко описаны синтез, некоторые свойства и результаты изучения ИК-спектров поглощения полученных соединений.

Смешивали эквимолекулярные количества водных растворов BaS₂O₆ и сульфата соответствующего металла. Через 6—8 часов осадок BaSO₄ отфильтровывали и маточный раствор еще раз фильтровали.

К этому раствору прибавляли этанольный раствор гидразида энентовой кислоты (мольное отношение дитионат металла:гидразид равно 1:3). Раствор кипятили в колбе с обратным холодильником в течение 1 часа, фильтровали и оставляли для кристаллизации. Через 2 суток выпавшее из раствора мелкокристаллическое вещество отфильтровывали, промывали водой, этанолом, сушили на воздухе и анализировали.

Результаты химического анализа синтезированных соединений даны в табл. 1, а в табл. 2 представлены некоторые свойства этих соединений.

ИК-спектры поглощения (400—4000 см⁻¹) записывали на спектрофотометре «Specord-75 IR» с использованием обычной методики растирания образцов с вазелиновым и фторированным маслами. Волновые числа максимумов полос поглощения даны ниже (см⁻¹, n-перегиб на полосе поглощения):



$\text{Cu}(\text{ГЭ})_2\text{S}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 410, ~442, 480, 510, ~525, 550, 560, 580, 610, 620, 670, 700н, 720, 760, 865, 890, 960, ~985, 1030, 1080, 1110, 1160, 1200, ~1250, 1390н, 1460, 1520, 1560, 1590, 1650, ~2820н, 2860, 2920, 2950, ~3060, ~3190, 3360.

$\text{Zn}(\text{ГЭ})_3\text{S}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 520, ~585, 670, 730, ~800н, 900, 940, ~985, 1060, 1110, 1170, ~1220, 1340, 1380, 1420, 1465, 1490, 1540, 1590, 1610, 1650, 2860, 2920, 2960, 3050, ~3200, ~3260, ~3400.

$\text{Cd}(\text{ГЭ})_3\text{S}_2\text{O}_6$ 490, 510н, 550, 600н, 670, 730, ~890, 940, ~982, 1090, 1110, ~1160, 1200, 1220, 1260, 1340, 1380н, 1420, 1470, 1490, 1530, 1600, 1650, 1660, 2850, 2920, ~2950, 3045, 3070, 3120, 3210, 3270, 3300.

$\text{Mn}(\text{ГЭ})_3\text{S}_2\text{O}_6$ 490, 510, 550, 580, 590н, 670, 730, 780, 800н, ~850, ~935, 960, 980, 1060, 1110, 1140, 1190, 1220, 1260, 1300, 1340, ~1420, 1460, 1480, 1530, ~1595, ~1650, 2860, 2920, 2950, 3040, ~3075, 3120, 3200, ~3270, 3300.

$\text{Co}(\text{ГЭ})_3\text{S}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 420, 520, 570, 680, 730, 840н, 860, 890, 940 ~990, 1060, 1090н, 1110, 1180, 1210, 1380н, 1420, 1460, 1490, 1540, ~1600, 1610, 1650, 2860, ~2925, 2960, ~3050, ~3200, ~3250,, ~3400.

$\text{Ni}(\text{ГЭ})_3\text{S}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 520, 570, 610, 660, 730, 850, 890, 940, 980, ~1100, 1200, 1290н, 1380, 1420, 1460, 1480, 1510, 1540, 1590, 1600, ~1650, 2860, 2920, 2950, ~3040, 3120н, 3200, 3250, ~3400.

Эксперимент показал, что при взаимодействии дитионатов меди, цинка, кадмия, марганца, кобальта и никеля с гидразидом энантовой кислоты образуются комплексные соединения $\text{Cu}(\text{ГЭ})_2\text{S}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{M}(\text{ГЭ})_3\text{S}_2\text{O}_6 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, где $\text{M} = \text{Zn}, \text{Cd}, \text{Mn}, \text{Co}, \text{Ni}$, $\text{ГЭ} = \text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CONHNH}_2$, $n = 0$ или 1.

Указанные соединения представляют собой в обычных условиях мелкокристаллические вещества различного цвета, зависящего от природы металла-комплексобразователя. При комнатной температуре растворяются в различной степени в воде, этаноле, диоксане и практически нерастворимы в обычных органических растворителях. Комплексные соединения цинка, марганца, кобальта и никеля плавятся при определенных температурах, а соединения меди и кадмия разлагаются при нагревании около 178 и 200°C соответственно (табл. 2).

Для определения способов связывания молекул гидразида энантовой кислоты и групп $\text{S}_2\text{O}_6^{2-}$, а также для изучения геометрической конфигурации синтезированных комплексов были изучены ИК-спектры поглощения вышеохарактеризованных соединений.

Рассмотрение ИК-спектров поглощения исследованных соединений показывает, что молекулы гидразида образуют с центральным атомом обычные металлгидразидные циклы, координируясь с атомами металл-комплексобразователей через атом азота первичной аминогруппы и атом кислорода карбонильной группы.

Изученные в данной работе соединения условно можно разделить на две группы: комплексы цинка, кадмия, марганца, кобальта, никеля и комплекс меди.

ИК-спектры поглощения комплексов кобальта, никеля и цинка аналогичны. Спектры соединений кадмия и марганца в некоторых об-

ластях отличаются от спектров других соединений, что, возможно, обусловлено различной кристаллической структурой комплексов. В ИК-спектрах поглощения соединений $M(\Gamma\text{Э})_3S_2O_6 \cdot nH_2O$ ($M = Mn, Co, Ni, Zn, Cd$) имеются интенсивные полосы поглощения около $\sim 1200, \sim 990, \sim 600 \text{ см}^{-1}$ и полоса средней интенсивности около 520 см^{-1} , которые в соответствии с данными [1] можно отнести к вырожденным валентным (E_u), валентным (A_{24}), деформационным (A_{24}) и вырожденным деформационным (E_u) колебаниям дитионат-иона. Следовательно, можно считать, что в комплексах цинка, кадмия, марганца, кобальта и никеля группы $S_2O_6^{2-}$ являются внешнесферными дитионат-ионами. Исходя из ИК-спектральных данных с учетом состава соединений, можно предположить, что комплексные соединения указанных металлов имеют октаэдрическое строение. Молекулы воды — кристаллизационные.

На октаэдрическое строение соединений указывают значения магнитных моментов, определенные при комнатной температуре (табл. 2).

Таблица 2

Некоторые свойства комплексных соединений дитионатов металлов с гидразидом энантиовой кислоты

Соединение	Цвет	$T_{пл}, ^\circ C$	μ эфф, МБ	Молярная электропроводность водного раствора при $25^\circ C$ ($V = 1000 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1}$), $\text{ом}^{-1} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$
$Cu(\Gamma\text{Э})_2S_2O_6 \cdot H_2O$	Голубой	178*	1,79	—
$Zn(\Gamma\text{Э})_2S_2O_6 \cdot H_2O$	Белый	209	—	127
$Cd(\Gamma\text{Э})_2S_2O_6$	Белый	200*	—	148
$Mn(\Gamma\text{Э})_2S_2O_6$	Кремевый	183	6,10	—
$Co(\Gamma\text{Э})_2S_2O_6 \cdot H_2O$	Розовый	199	4,87	—
$Ni(\Gamma\text{Э})_2S_2O_6 \cdot H_2O$	Голубой	206	3,14	—

* Разлагается.

В отличие от спектров комплексов Zn, Cd, Mn, Co, Ni , в ИК-спектре поглощения $Cu(\Gamma\text{Э})_2S_2O_6 \cdot H_2O$ полоса поглощения $\nu_{Eu}(S_2O_6)$ расщеплена, по крайней мере, на три компонента с максимумами около $1160, 1200$ и 1250 см^{-1} . Полоса поглощения $\delta_{A_{2u}}(S_2O_6)$ также расщеплена на два компонента. Поэтому можно предположить, что в комплексе меди $Cu(\Gamma\text{Э})_2S_2O_6 \cdot H_2O$ группы $S_2O_6^{2-}$ находятся в непосредственном контакте с атомами меди и достраивают координационный полиэдр металла до тетрагональной бинмириды, основание которой образовано двумя молекулами координированного гидразида, а вершины — атомами кислорода двух дитионатных групп, которые, выступая в роли мостиков, связывают комплексы $Cu(\Gamma\text{Э})_2$ друг с другом [2, 3].

Тбилисский государственный
университет

Академия наук СССР
Институт общей и
неорганической химии
им. Н. С. Курнакова

(Поступило 10.12.1982)

ბ. მითაიშვილი, რ. მაცხოშვილი, ნ. ფირცხალავა

მეტალთა დითიონატების კოორდინაციული ნაერთები ენანტიის
 მჟავას ჰიდრაზიდთან

რ ე ზ ი უ მ ე

მეტალთა დითიონატების წყალხსნარების და ენანტიის მჟავას ჰიდრაზიდის
 სპირტხსნარის ურთიერთქმედებით მიღებულა ლიტერატურაში უცნობი კომ-
 პლექსნაერთები $\text{Cu}(\text{GE})_2\text{S}_2\text{O}_6 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, $\text{M}(\text{GE})_3\text{S}_2\text{O}_6 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, სადაც $\text{M} = \text{Zn}, \text{Cd},$
 $\text{Mn}, \text{Co}, \text{Ni}$, $n=0,1$, $\text{GE} = \text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CONHNH}_2$.

შესწავლილია მიღებული ნაერთების შთანქმის იწ-სპექტრები და მაგნი-
 ტური ამთვისებლობა.

GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

G. Sh. MITAISHVILI, R. I. MACHKHOVSHVILI, N. I. PIRTSKHALAVA

COORDINATION COMPOUNDS OF METAL DITHIONATES WITH
 ENANTHIC-ACID HYDRAZIDE

Summary

Complex compounds of metal dithionates with enanthic-acid hydra-
 zide $\text{Cu}(\text{GE})_2\text{S}_2\text{O}_6 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, $\text{M}(\text{GE})_3\text{S}_2\text{O}_6 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, ($\text{M} = \text{Zn}, \text{Cd}, \text{Mn}, \text{Co}, \text{Ni}$),
 $\text{GE} = \text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CONHNH}_2$, $n=0.1$, have been synthesized. The coordina-
 tion bond was found to be located on the atoms of nitrogen and oxygen
 of the amino and carbonyl groups. The structures of all the obtained com-
 plexes were established on the basis of their IR spectra, magnetic and ele-
 mental analysis.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. W. G. Palmer. J. Chem. Soc. 1961, 1552.
2. Л. Беллани. Инфракрасные спектры сложных молекул. М., 1963.
3. К. Накамото. Инфракрасные спектры неорганических и координационных соединений. М., 1966.

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

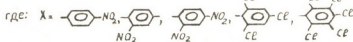
Р. Д. КАЦАРАВА, Т. М. КАРТВЕЛИШВИЛИ,
 М. М. ЗААЛИШВИЛИ (член-корреспондент АН ГССР)

НОВЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА ПОЛИМОЧЕВИН ПУТЕМ
 ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АКТИВИРОВАННОГО ЭФИРА БИС-
 КАРБАМИНОВОЙ КИСЛОТЫ С ДИАМИНАМИ И ИХ
 N,N'-БИС-ТРИМЕТИЛСИЛИЛЬНЫМИ ПРОИЗВОДНЫМИ

Ранее нами при поликонденсации активированных эфиров дикарбоновых кислот с диаминами (ДА), а также с NN'-бис-триметилсилилованными диаминами (СДА) [1, 2] и бис-фенолами [3] были получены высокомолекулярные полиамиды и полиэфиры. Аналогично при взаимодействии активированных эфиров угольной кислоты — бис-фенилкарбонатов диолов [4] дифенилкарбонатов [5] с ДА и СДА были синтезированы высокомолекулярные полиуретаны и полимочевины. Было установлено, что активированные эфиры типа

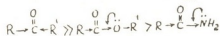


где

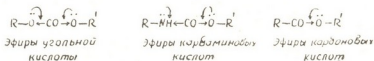


проявляют высокую реакционную способность в реакциях аминолита, а в ряде случаев и фенолиза и успешно могут быть использованы для получения высокомолекулярных полимеров.

Известно, что реакционная способность карбонильных соединений уменьшается в ряду [6]



Поэтому следует ожидать дальнейшего понижения реакционной способности карбонильных соединений при дополнительном введении атома кислорода (эфиры угольной кислоты) и в еще большей степени атома азота (эфиры карбаминных кислот) по сравнению с их «однокислородными» аналогами — эфирами карбоновых кислот:



Как уже отмечалось выше, активированные карбонаты, однако, все еще обладают высокой реакционной способностью и не уступают активированным эфирам дикарбоновых кислот в склонности к образованию высокомолекулярных соединений.

Продолжая исследование в области активированной поликонденсации, мы решили проследить за влиянием атома азота на реакционную способность карбонильных соединений в реакциях аминолита и выяснить возможность использования активированной карбаминной

$5 \cdot 10^{-3}$). Отметим, что в твердом состоянии ГПФК устойчив в течение более 1 года. Не диссоциирует он и в среде чистого диоксана в течение более 50 часов (изоцианатная полоса в области 2250 см^{-1} появляется лишь при добавлении триэтиламина, что еще раз подтверждает механизм диссоциации, предложенный в [7, 8] и заключающийся в предварительном депротонировании уретановой связи и последующем отходе феноксидного иона). В то же время аминолиз ГПФК бензиламином в среде диоксана в этих же условиях протекает довольно интенсивно (как известно, реакции подобного рода значительно быстрее протекают в среде полярных растворителей основного характера [9]);

Поликонденсация N,N'-гексаметилен-бис-п-нитрофенилкарбамата с диаминами

Диамин	Реакционная среда	Выход, % (после экстракции этилацетатом)	$\eta_{\text{пр}}$, дл/г C=0,5 г/дл T=25°C	Примечание
$\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$	ДМАА	87	0,34 б, в) (H_2SO_4)	Полимер выпадает сразу же после загрузки мономеров при 25°C. После выпадения полимера к смеси добавляли 5% LiCl и нагревали до 90°C.
	МП	85	0,32 б, в) (H_2SO_4)	
$(\text{CH}_3)_3\text{SiNH}-(\text{CH}_2)_6-\text{NHSi}(\text{CH}_3)_3$	ДМАА	79	0,22 б) (H_2SO_4)	То же
	МП	76	0,26 б) (H_2SO_4)	То же
$(\text{CH}_3)_3\text{SiNH}-\underset{\text{COOC}_2\text{H}_5}{\text{CH}}-(\text{CH}_2)_4-\text{NHSi}(\text{CH}_3)_3$	ДМАА	70	0,51 (ДМАА+5% LiCl)	Полимер выпадает через 20 мин, после загрузки мономеров при 25°C. После выпадения полимеров температуру повышали до 90°C.
	МП	74	0,48 (ДМАА+5% LiCl)	

а) При 90°C реакцию проводили в течение 6 часов.

б) Сравнительно низкие значения приведенной вязкости, по-видимому, обусловлены частичной деструкцией полимеров в среде концентрированной серной кислоты.

это может свидетельствовать в пользу механизма «присоединение-элиминирование» (в работе [7] непосредственный аминолиз, по-видимому, не имеет места из-за трудности «ухода» бензилоксигруппы, близкой по природе к алкоксигруппам, которые, как известно [10], значительно труднее отходят от тетраэдрического интермедиата, чем феноксигруппы). Вышеизложенное дает основание высказать предположение (требующее, безусловно, дальнейшей экспериментальной проверки), что при поликонденсации активированных карбаматов с диаминами возможна реализация обоих механизмов реакции.

В заключение отметим, что активированную карбаматную группировку, помимо поликонденсации, успешно можно использовать для получения низкомолекулярных мочевины, а также для связывания с полимерной цепью различных веществ (например, иммобилизации ферментов и т. д.) с помощью карбамидной связи в мягких условиях.

Академия наук Грузинской ССР

Институт физиологии
 им. И. С. Бериташвили

(Поступило 10.12.1982)

ორბანული ძიება

რ. კაცარავა, თ. კართველიშვილი, მ. ჯაალიშვილი (საქ. სსრ მეცნ.

აკადემიის ფეკრ-კორესპონდენტი)

პოლიმარდოვანების სინთეზის ახალი მეთოდი ბის-კარბამიდის მუშავას აქტივირებული ეთერის მოქმედებით დიამიმბთან და მათ N,N'-ბის-ტრიმეთილსილილირებულ ნაწარმებთან

რეზიუმე

მიღებულია მაღალმოლეკულური პოლიმარდოვანები ბის-კარბამიდის მუშავას აქტივირებული ეთერის — N,N'-ჰექსამეთილენ-ბის-პარა-ნიტროფენილ-კარბამატის პოლიკონდენსაციით ჰექსამეთილენდიამიმბთან, N,N'-ბის-ტრიმეთილსილილჰექსამეთილენდიამიმბთან და N,N'-ბის-ტრიმეთილსილილილიზინის ეთერის ეთერთან.

ORGANIC CHEMISTRY

R. D. KATSARAVA, T. M. KARTVELISHVILI, M. M. ZAALISHVILI

A NEW METHOD FOR SYNTHESIS OF POLYUREAS BY THE ACTION OF BIS-CARBAMIC ACID ACTIVATED ESTER WITH DIAMINES AND THEIR N, N'- BIS-TRIMETHYLSILYL DERIVATIVES

Summary

By polycondensation of bis-carbamic acid activated ester-N, N'-hexamethylene-bis-p-nitrophenyl carbamate with hexamethylenediamine, N, N'-bis-trimethylsilylhexamethylenediamine and N, N'-bis-trimethylsilyl-l-lysine ethyl ester, high molecular weight polyureas were obtained.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Р. Д. Кацарава и др. Высокомолек. соед., 21 А, 1979, 2696.
2. Р. Д. Кацарава и др. Высокомолек. соед., 21 Б, 1979, 643.
3. Р. Д. Кацарава и др. Высокомолек. соед., 24 Б, 1982, 198.
4. Р. Д. Кацарава и др. Высокомолек. соед., 23 Б, 1981, 460.
5. Р. Д. Кацарава и др. ДАН СССР, 266, 1982, 363.
6. П. Сайкс. Механизмы реакций в органической химии. М., 1971, 171.
7. Т. Мукайяма, М. Иванами. J. Amer. Chem. Soc., 79, 1957, 73.
8. К. Д. Корпле. J. Amer. Chem. Soc., 79, 1957, 6442.
9. С. Г. Overberger, J. Sebenda. J. Polymer Sci., A-1, 7, 1969, 2875.
10. С. Р. Farrar, A. Williams. J. Chem. Soc., Perkin Transactions 11, 1980, 181.



Я. Н. ТАВАРКИЛАДЗЕ

УРАВНЕНИЕ КИНЕТИКИ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

(Представлено академиком Н. А. Ландия 29.12.1983)

Кинетика эволюционных процессов характеризует развитие определенной части системы в виде новой фазы во времени и пространстве. Она включает в себя элементарные акты объединения и деления составных частей системы и придает вновь образованной фазе принципиально новые свойства. Рассматривая процесс развития новой фазы в исследуемой системе на различных этапах эволюции, приходим к выводу, что акт объединения и деления носит сложный вероятностный характер. Однако причинная связь для начала элементарных актов объединения и деления заключена в отклонении системы от равновесного состояния и возникновении или наличии в ней активной устойчивой структуры. Возникновение (наличие) в системе новой фазы (структуры), т. е. центра развития (конденсации), и состояние окружающей среды предопределяют дальнейший ход эволюции. В работах [1, 2] было показано, что при образовании в системе устойчивого центра конденсации и в процессе его дальнейшего развития участвуют не только отдельные атомы и молекулы, но и фрагменты, состоящие из группы атомов. Следовательно, исследуемая система состоит из N различных по массе фрагментов, имеющих различную кинетическую, потенциальную и поверхностную энергию. Сложность процесса проявляется в разнообразии актов взаимодействий между составными частями системы.

В общем случае изменение вероятности процесса развития новой фазы во времени может быть записано в следующем виде:

$$\frac{dw}{dt} = K_p(w - w_c), \quad (1)$$

где w — вероятность событий, связанных с объединением и развитием структуры; w_c — вероятность событий, способствующих разрушению, замедлению или уменьшению интенсивности процессов объединения и развития структуры; K_p — коэффициент развития.

Вероятность событий, способствующих объединению и развитию структуры, может быть выражена суммой

$$w = \frac{1}{V_{\max}} \sum_{i=1}^N k_i \Delta_i s_i. \quad (2)$$

Здесь V_{\max} — максимально возможный объем заполнения системы новой фазой; Δ_i — величина отклонения системы от равновесного состояния; s_i — активная поверхность развивающейся структуры; k_i — коэффициент объединения составных частей системы; N — общее количество частиц, участвующих в развитии структуры.

Вероятность событий, препятствующих объединению и развитию структуры, представим в виде неизвестной функции:

$$w_c = \phi(w). \quad (3)$$



Исследование и формирование функции (3) является самостоятельной задачей, и она будет рассмотрена особо. Здесь, однако, отметим, что функция ψ непрерывна относительно w .

С учетом (2) и (3) кинетическое уравнение (1) принимает вид

$$\frac{dw}{dt} = K_p \left[\frac{1}{V_{\max}} \sum_{i=1}^N k_i \Delta_i s_i - \psi(w) \right]. \quad (4)$$

Полную производную $\frac{dw}{dt}$ можно представить в развернутой форме по координатам $r(x, y, z)$, компонентам импульсов $p(p_x, p_y, p_z)$ и времени:

$$\frac{\partial w}{\partial t} + v \frac{\partial w}{\partial r} + F \frac{\partial w}{\partial p} = K_p \left[\frac{1}{V_{\max}} \sum_{i=1}^N k_i \Delta_i s_i - \psi(w) \right]. \quad (5)$$

Здесь v — скорость составных частей системы; F — сила, действующая на составные части системы.

Для решения кинетического уравнения (5) возникает проблема нахождения закономерности развития суммарной поверхности новой фазы при объединении составных частей системы. Эта закономерность, на первый взгляд казавшаяся сложной, имеет предельно простую зависимость:

$$\sum_{i=1}^N s_i = \eta (N)^{1/3} S, \quad (6)$$

где S — эквивалентная интегральная поверхность развивающейся структуры новой фазы; η — коэффициент компактности развития структуры.

Если в исследуемой системе структура развивается в трехмерном измерении, то эквивалентная интегральная поверхность S связана с объемом V новой фазы следующей формулой [3]:

$$\varepsilon = \frac{S^3}{V^2}. \quad (7)$$

Объем новой фазы прямо пропорционален вероятности событий, способствующих элементарным актам объединения и развития структуры:

$$V = V_{\max} \omega. \quad (8)$$

С учетом (7) и (8) суммарную поверхность развивающейся структуры (6) можно записать так:

$$\sum_{i=1}^N s_i = V_{\max}^{2/3} \eta (N\varepsilon)^{1/3} \omega^{2/3}. \quad (9)$$

В развитии новой фазы важную роль играют не только активная поверхность развивающейся структуры, но и состояние окружающей среды, которое определяется компонентами суммы $k_i \Delta_i$. Если окружающая среда принята изотропной, то можно оперировать средними значениями компонентов, т. е.

$$k_i \Delta_i = K \Delta. \quad (10)$$

С учетом (9) и (10) выражение (2) можно записать в виде

$$\omega = K_p K \Delta \eta \left(\frac{N\varepsilon}{V_{\max}} \right)^{1/3} \omega^{2/3}. \quad (11)$$

Для определения функции $\psi(\omega)$ разложим ее в ряд Маклорена [3] и органичимся первыми двумя членами:

$$\psi(\omega) = \psi(0) + \frac{\psi'(0)}{1!} \omega. \quad (12)$$

Величина $\psi(0)$ характеризует начальный момент процесса объединения и развития, когда вероятность развития структуры (вероятность фазового перехода) равна нулю. Следовательно, выражение (12) можно записать следующим образом:

$$\psi(\omega) = \frac{\psi'(\omega)}{1!} \omega. \quad (13)$$

Подставив в (5) выражения (11) и (13), получим

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + v \frac{\partial \omega}{\partial r} + F \frac{\partial \omega}{\partial p} = B\omega^{2/3} - C\omega, \quad (14)$$

где

$$B = K_p K \Delta \eta \left(\frac{N \cdot \epsilon}{V_{\max}} \right)^{1/3}; \quad C = K_p \frac{\psi'(0)}{1!}.$$

На основе решения кинетического уравнения (14) при $v=0$ и $F=0$ получены следующие формулы:

для вероятности развития новой фазы:

$$\omega = [1 - \exp(-At)]^n, \quad (15)$$

для функции распределения новой фазы:

$$f = \frac{dw}{dt} = nA \exp(-At) [1 - \exp(-At)]^{n-1}, \quad (16)$$

где $n=1, 2, 3$ в зависимости от развития новой фазы в одномерном, двумерном или трехмерном измерениях; A — комплексный коэффициент. Формулы (15) и (16) были идентифицированы для анализа и расчета процессов роста кристаллов [3–5]. Учитывая, что рост кристаллов включает в себя ряд признаков эволюционного развития, полученные результаты могут быть обобщены и применены на объектах различной физической природы.

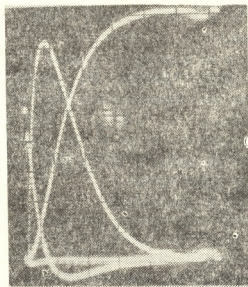


Рис. 1. Оциллограмма моделирования уравнения кинетики эволюционных процессов. Логистическая кривая выражает вероятность развития новой фазы (W), куполообразная — функцию распределения (f), знакопеременная — функцию плотности распределения $I(t)$ — интеграл, объединения и развития новой фазы

Уравнение (14) и полученные решения (15) и (16) дают возможность определить функцию плотности распределения новой фазы:

$$I(t) = \frac{df}{dt} = -BA \exp(-At) [1 - \exp(-At)] \left\{ 1 - n \frac{C}{B} [1 - \exp(-At)] \right\}. \quad (17)$$

На рис. 1 представлена осциллограмма, снятая при моделировании полученного кинетического уравнения на ЭВМ. Здесь одновременно нанесены кинетические кривые распределения: вероятности (w), плотности вероятности (f) и знакопеременной функции (f') — производной от f .

Согласно формуле (15), кинетика развития новой фазы имеет вид логистической кривой с сильно выраженной нелинейностью, заключающейся не только в наличии разностного экспоненциального ядра, но и в том, что эта разность возведена в степень n .

Уравнение (14), также как формулы (15), (16) и (17), имеет ряд важных свойств, отличающих их от известных функций. Исследование этих свойств, а также решение нестационарной задачи эволюционного развития новой фазы во времени и пространстве с учетом влияния внешних сил (F) и скорости движения составных частей системы (v) должны сыграть важную роль в идентификации необратимых кинетических процессов.

Грузинский политехнический институт
 им. В. И. Ленина

(Поступило 30.12.1983)

ფიზიკური კიბია

ი. თავართკილაძე

ევოლუციური პროცესების კინეტიკის განტოლება

რეზიუმე

გამოყვანილია ევოლუციური პროცესების ახალი ფაზის განვითარების კინეტიკის განტოლება. ბოლცმანის განტოლებისაგან განსხვავებით მისი მარჯვენა მხარე შეიცავს კომპონენტებს, რომლებიც ახასიათებს ახალი ფაზის განვითარების გამურ ზედაპირს, სისტემის გადახრას წონასწორული მდგომარეობიდან და პროცესის განვითარების დამამუხრუჭებელ ფაქტორებს. განტოლების მოდელირების შედეგად ელექტრონულ გამოთვლელ მანქანაზე მიღებულია განაწილების დამახასიათებელი კინეტიკური მრუდები.

PHYSICAL CHEMISTRY

I. N. TAVARTKILADZE

AN EQUATION OF THE KINETICS OF EVOLUTIONARY PROCESSES

Summary

The paper presents the derivation of an equation of kinetics of evolutionary process, characterizing the combination, division, and development of a new phase in time and space. Unlike the Boltzmann equation, the left-hand side of the proposed expression reflects the change of distribution probability, and the right-hand side, the components of the development of the total surface of the new phase at the deviation of the system from the equilibrium state, with account of the inhibitive factors.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Я. Н. Таварткиладзе, Г. А. Гоцадзе. Сообщения АН ГССР, 77, № 3, 1975, 613.
2. Г. А. Гоцадзе, Я. Н. Таварткиладзе. Сообщения АН ГССР, 80, № 3, 1975, 609.
3. Г. А. Гоцадзе, Я. Н. Таварткиладзе. Теоретические основы химической технологии, т. I, № 6, 1967, 876.
4. Я. Н. Таварткиладзе, Г. А. Гоцадзе. ДАН СССР, т. 252, № 5, 1980, 1196.
5. М. К. Эристави, Я. Н. Таварткиладзе. Сообщения АН ГССР, 78, № 3, 1975, 617.



Г. Р. АГНИАШВИЛИ, К. Ш. ВАНИДЗЕ, Л. З. ЗАДИКАШВИЛИ,
Г. Г. КАСРАДЗЕ, Т. Г. ОСИАШВИЛИ, А. Э. ШВЕЛАШВИЛИ

ПРИМЕНЕНИЕ АНОДОВ ИЗ СПЛАВА ТИТАН-МАРГАНЕЦ ПРИ НИКЕЛИРОВАНИИ В ДВИЖУЩЕМСЯ ЭЛЕКТРОЛИТЕ

(Представлено академиком Р. И. Агладзе 20.9.1982)

Достижения последних десятилетий в области гальванотехники реализуются при высоких плотностях тока в традиционных ваннах [1] или в основном вне ванн, натиранием электролита на покрываемую деталь или его прокачкой в межэлектродное пространство [2, 3], причем третье направление открывает практически неограниченные возможности повышения скорости процесса и оно было выбрано нами для разработки процесса скоростного никелирования (СН).

Процесс СН обычно проводят с растворимыми никелевыми анодами; в последнее время появились работы по СН с использованием нерастворимых анодов [4, 5], что кажется более целесообразным. Поискные опыты по СН с анодами из электрографита и титан-марганцевого сплава [6] показали, что при плотностях тока, превышающих 10 А/дм², электрографит подвержен сильному окислению и механическому разрушению; приемлемыми оказались аноды из титан-марганцевого сплава, содержащего 10—14% Мп.

В качестве электролита для СН был выбран раствор состава: 350—450 г/л NiS O₄·7H₂O, 35—40 г/л H₃BO₃, pH 3,5—4,5.

Концентрацию никеля в электролите и pH процесса поддерживали путем нейтрализации образовавшейся серной кислоты углекислым никелем.

Процесс СН проводили при температуре 55—65° и плотности тока 10—15 А/дм² в проточной фторопластовой ячейке с подводом электролита с нижней ее части.

Хотя главным условием скоростного гальванопокрытия без использования ванн является обеспечение турбулентности движения электролита [2, 7—9], в сравнительных опытах по СН для протока электролита нами был использован напор столба электролита, создаваемый с высоты 1,5 м над электролитической ячейкой. В таком режиме протока кислотность электролита быстро повышалась и никель, полученный при плотности тока 10 А/дм², был сильно пористый.

С использованием системы пневмопрокачки электролита, состоящей из компрессора УК-1М и парового стерилизатора ВК-75, были проведены 3-часовые опыты и получены никелевые покрытия (Ni-Пк) толщиной около 300 мкм, с меньшим количеством пор, по качеству превосходящие Ni-Пк, полученные в предыдущих опытах. Их микро-

твёрдость (H кг/мм²), измеренная прибором ПМТ-3 при нагрузке 50 Г, составляла 340—400 по шкале Виккерса.

Следует отметить некоторую трудность обслуживания вышеописанного оборудования и невозможность с его помощью поддерживать напор и скорость электролита в узких пределах.

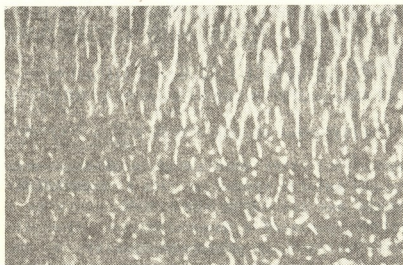


Рис. 1. Фотомикроскопический снимок Ni-Пк ($\times 5000$) толщиной 650 мкм, полученного при $D_{\text{к}}$ 15 А/дм²

Центробежный насос 36МЦ6-12 обеспечивал напор — 16,8 м. в. ст и линейные скорости электролита 0,0006 и 0,11 м/сек в верхней и нижней частях электролитической ячейки соответственно. При таких параметрах движения электролита, практически неизменяемых в процессе СН, намного улучшилось качество Ni-Пк и применение насоса облегчило управление процессом. Получение в результате этих опытов блестящих Ni-Пк из обычного электролита для матового никелирования указывает на определяющее влияние гидродинамического режима в формировании кристаллической упаковки в процессе скоростного гальванопокрытия. Полученные Ni-Пк беспористы, их микротвёрдость составляет 750—840. Структура этих отложений показана на рис. 1. Спектральный анализ Ni-Пк показал наличие в нем следовых количеств Co, Ti, Cu, Zn, Pb, Ca, Si, Mn. По нашим наблюдениям, Ni-Пк, полученные с применением титан-марганцевых анодов, пластичны даже в толстых слоях, тогда как использование графита в качестве анодного материала влечет за собой получение хрупких отложений при всех одинаковых условиях опыта.

Полученный эффект, по-видимому, связан с присутствием в электролите ионов Ti и Mn, образующихся при растворении анодов.

Данный вопрос очень важен и требует дальнейшего детального изучения.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт физической и
 органической химии

(Поступило 6.1.1983)

ბ. აღნიავილი, კ. ვანიძე, ლ. ჯაფარიანი, ბ. კასრაძე, თ. ოსიანიანი,
 ა. შველაშვილი

ტიტან-მანგანუმის ანოდების გამოყენება გამდინარე
 ელექტროლიტის მონიკელევის პროცესში

რეზიუმე

მკვლელობის მონიკელევის გამდინარე ელექტროლიტისა და ტიტან-მანგანუმის
 ანოდების გამოყენებით დაფარვის მაღალი სიჩქარეების დროს მიღებულია
 მზინავი, მაღალი სისალის, სქელი და უფრო ნიკელის დანაფარი.

ELECTROCHEMISTRY

G. R. AGNIASHVILI, K. Sh. VANIDZE, L. Z. ZADIKASHVILI, G. G. KASRADZE,
 T. G. OSIASHVILI, A. E. SHVELASHVILI

THE USE OF A TITANIUM-MANGANESE ALLOY IN NICKELLING
 IN A MOVING ELECTROLYTE

Summary

Bright, poreless nickel depositions of increased hardness have been ob-
 tained by using an electrolyte for mat nickelling and anodes of a titanium
 manganese alloy in a moving electrolyte, at current density exceeding
 10A/in².

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. М. Ямпольский, В. А. Ильин. Краткий справочник гальванотехника. Л., 1981.
2. D. Paulson, H. Henderson, R. Worstell. Австр. пат., кл. 48A, 00 (07), № 340734.
3. Ishimori Chigeru, Honda Shinichi. Пат. США, кл. 204/16, № 4085010.
4. Французская заявка, кл. с. 250 д 5/00, № 2352/77.
5. Iunichi Tezuka. Англ. пат., кл. C7B, № 1539797.
6. Р. И. Агладзе, Л. А. Зауташвили, К. Ш. Ванидзе. Электрохимия, XVI, вып. 12, 1980, 1779.
7. Daku Comaro. Японская заявка, кл. 12A234, № 53—5036.
8. W. R. Wearmouth, K. C. Belt. Metalloberfläche, 32, № 8, 1978, 338—343.
9. La Bada-Mitchel. Пат. США, кл. 204/26, № 4111761.

Г. Р. АГЛАДЗЕ, Н. Ш. КОИАВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСИНТЕЗА ХЛОРАТА И БРОМАТА НАТРИЯ НА БИПОЛЯРНО РАБОТАЮЩИХ ГРАФИТОВЫХ КУСКАХ

(Представлено академиком Р. И. Агладзе 24.1.1983)

Требования, предъявляемые к реактору для электросинтеза хлората и бромата, — бездиафрагменный электролиз, возможность обеспечения высокой плотности тока вследствие развитой электродной поверхности в ограниченном объеме электролизера и поддержания оптимальных условий для окисления гипохлорита по химическому механизму в сообщаемом с электролизером сосуде, т. н. «дозревателе», энергичное перемешивание получаемых на аноде и катоде продуктов — могут быть успешно удовлетворены при использовании электролизера с насыпными биполярными электродами (ЭНБЭ), предложенного ранее для процесса получения перманганата калия [1—4], что позволило предположить целесообразность его применения и для электросинтеза хлорокислородных солей [5, 6]. В настоящей работе приведены результаты опытов, проведенных в цилиндрическом электролизере с ограничивающими диэлектрический корпус токоподводами — нижним, стальным, подключенным к отрицательному полюсу источника тока, и верхним, графитовым, подключенным к положительному полюсу. Пространство между токоподводами было заполнено графитовыми частицами. В верхней части электролизера был предусмотрен перелив в двухотсековый сосуд с корпусом из диэлектрика, опорожняющийся порционно по мере заполнения отсеков в дозреватель, снабженный теплообменниками. Тем самым обеспечивалось прерывание обходной цепи тока по циркулирующему в системе раствору. Из дозревателя электролит подавался посредством центробежного насоса обратно в нижнюю часть электролизера через колосник катодного токоподвода и омывал заполняющие пространство между токоподводами графитовые частицы.

Выбор графита в качестве электродного материала был обусловлен его доступностью и низкой стоимостью, что не исключает возможности применения с этой целью износостойчивых окисных электродов. В отличие от процесса электросинтеза перманганата калия, протекающего с растворимыми ферромарганцевыми анодами, получение хлоро- и бромокислородных соединений протекает на нерастворимых электродах, что в принципе позволяет использовать комбинированные электроды с подбором оптимальной конфигурации и материала как для анодной, так и для катодной поверхностей.

При подаче напряжения на токоподводы графитовые частицы, находящиеся в электрическом поле, заряжались биполярно. Анодные продукты в результате бурного перемешивания и предельной близости противоположно заряженных поверхностей мгновенно соприкасались с катодом, что, наряду с полезным процессом — связыванием хлора с щелочью, могло приводить к частичным потерям продукта электролиза в связи с катодным восстановлением. Для предотвращения указанных потерь в раствор добавлялся бихромат натрия, обеспечивающий

затруднение подхода ионов гипохлорита и хлората к катоду вследствие его покрытия слоем из смеси трехвалентной окиси хрома с хромовым ангидридом [7].

На рис. 1 представлены данные проведенных в электролизере диаметром 50 мм опытов по получению хлората натрия в растворе, содержащем 290 г/л NaCl, 8 г/л $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и 20 г/л NaClO_3 при температуре 40°C и pH в пределах 6—6,5. Опыты проводились на графитовых кусках неправильной формы со средним размером 15 мм (кр. 1) и цилиндрах диаметром 20 мм и высотой 13 мм (кр. 2). В последнем случае процесс протекает со значительно меньшим расходом электро-

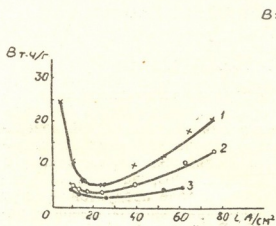


Рис. 1. Зависимость удельного расхода электроэнергии на получение хлората натрия от плотности тока в сечении трехмерного электрода

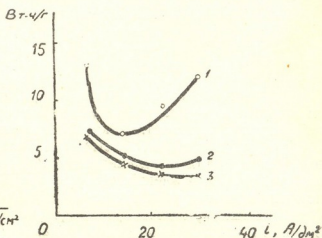


Рис. 2. Зависимость удельного расхода электроэнергии на получение бромата натрия от плотности тока в сечении трехмерного электрода

энергии. Лучшие результаты достигаются при плотности тока в сечении трехмерного электрода 20—25 А/дм^2 . С увеличением нагрузки выше этих пределов растет износ графита, на аноде преимущественно выделяется кислород, наблюдается большой перерасход электроэнергии. Пропитка цилиндрических электродов заметно улучшает показатели электролиза (кр. 3). Очевидно, что, наряду с уменьшением пористости графита и отмеченным выше эффектом предохранения продуктов от восстановления, пленка хромовых соединений, образующаяся на катоде, обладая повышенным сопротивлением, препятствует также короткому замыканию расположенных друг на другом смежных кусков, способствуя включению в биполярную работу большего числа частиц, о чем свидетельствует значительный рост условного выхода по току.

Бромат натрия получался электролизом раствора, содержащего 300 г/л бромидов и 2 г/л бихромата натрия при температуре 40°C и pH 9,3—9,8. Пропитка графитовых электродов производилась раствором треххлористого железа согласно рекомендациям, приведенным в работе [8] для электролиза с монополярными графитовыми анодами. Электродами, как и при получении хлората, служили цилиндры диаметром 20 мм. Положительное влияние пропитки очевидно из приведенных на рис. 2 данных. Продолжительность опытов составляла 4 часа. Изменение конфигурации частиц с цилиндрической на призмобразную с размерами основания $15 \times 18 \times 10$ мм привело к значительному снижению удельного расхода электроэнергии даже без пропитки графита (рис. 2, кр. 3). При планомерной оптимизации процесса с подбором оптимальных значений градиента потенциала, размеров ячейки и составляющих трехмерный электрод частиц, очевидно, можно достичь еще лучших результатов, отмечая, что и данные предваритель-

ных опытов позволяют сделать вывод о перспективности применения предложенных электролизеров с трехмерными биполярными электродами для электросинтеза хлората и бромата.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт неорганической химии
 и электрохимии

(Поступило 27.1.1983)

ელექტროქიმია

ბ. აგლაძე, ნ. კოიავა

ბიპოლარულად მომუშავე გრაფიტის ნაწილაკებზე ნატრიუმის
 ქლორატის და ბრომატის ელექტროსინთეზის შესწავლა

რეზიუმე

ნაჩვენებია, რომ ბიპოლარულად მომუშავე გრაფიტის ნაწილაკებისაგან შემდგარი სამგანზომილებიანი ელექტროდი პასუხობს ქლორატის და ბრომატის ელექტროსინთეზის მოთხოვნებს.

შესწავლილია ელექტროსინთეზის მახასიათებლებზე დენის სიმკვრივის, ნაწილაკების კონფიგურაციის და გაუღენტის, ხსნარში ბიქრომატის დანამატების გავლენა.

ELECTROCHEMISTRY

G. R. AGLADZE, N. Sh. KOIAVA

INVESTIGATION OF THE ELECTROSYNTHESIS OF SODIUM CHLORATE AND BROMATE ON BIPOLARLY OPERATING GRAPHITE PARTICLES

Summary

A bipolar compactly packed bed with graphite particles has been applied in the production of sodium chlorate and bromate. The influence of current density, addition of sodium bichromate to the chloride solution, and impregnation of particles on the effectiveness of electrosynthesis has been studied.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Р. И. Агладзе, Э. А. Мануков, Г. Р. Агладзе. Патенты США № 4269689, Великобритания № 1550705, Франции № 2375351, Индии № 144272.
2. Р. И. Агладзе, Г. Р. Агладзе. Электрохимия, 5, 12, 1977, 622—627.
3. Р. И. Агладзе, Г. Р. Агладзе. Материалы XXIX совещания Международного электрохимического общества. Будапешт, 1978, 1110—1112.



4. R. I. Agladze, G. R. Agladze. Investigation of compactly packed bipolar electrode bed system. 31st Meeting of International Society of Electrochemistry. Extended Abstracts. Venice, 1980, 877-879.
5. Г. Р. Агладзе, Н. Ш. Конава. Материалы II Грузинской республиканской конференции молодых химиков. Тбилиси—Кутаиси, 1978, 161—162.
6. Р. И. Агладзе, Р. И. Агладзе, Э. А. Мануков, В. М. Квеселава. Авт. свид. СССР № 672222. Оpubл. в бюлл. № 25, 1979.
7. Л. М. Якименко. Производство хлора, каустической соды и неорганических хлорпродуктов. М., 1974, 376.
8. М. Н. Мачулкин. Сб. трудов ГИПХ. Л., 1958, 232—249.

А. П. ЧХЕИДЗЕ, Д. С. ИОСЕВИДЗЕ, Л. Д. МЕЛИКАДЗЕ (академик АН ГССР)

СМАЗЫВАЮЩИЕ СВОЙСТВА УГЛЕРОДНЫХ СУСПЕНЗИОННЫХ ТРАНСМИССИОННЫХ МАСЕЛ

Ранее было показано, что суспензионные смазочные масла с присадкой высокодисперсного углерода, получаемого электрокарбонизацией бензола, — УЭКБ и со стабилизатором — нигрол Л (ГОСТ 542—50) обладают интересными противозносными, противозадирными, противопиттинговыми и антифрикционными свойствами [1—3].

В настоящей работе приведены результаты исследования смазывающих свойств опытных суспензионных трансмиссионных масел, содержащих более дешевый и доступный по сравнению с УЭКБ высокодисперсный углерод — отход производства ацетилена окислительным пиролизом метана — УПм [4] и более эффективный, чем нигрол Л, стабилизатор АКОР-1 (ГОСТ 15171—70).

Исследовано влияние компонентов указанных суспензионных масел — исходного масла И-12А (ГОСТ 20799—75), высокодисперсного углерода — УПм и стабилизатора АКОР-1 на их смазывающие свойства.

Для сравнения были испытаны также товарные трансмиссионные автомобильные масла: ТАП-15В (ГОСТ 23652—79), ТАД-17_н (ГОСТ 23652—79), для гипоидных передач (ГОСТ 4003—53) и ТСП-14 гип (ГОСТ 23652—79).

Испытания проводились на четырехшариковой машине (ЧШМ) в условиях, предусмотренных ГОСТом 9490—75, лишь с той разницей, что продолжительность каждого опыта вместо 10 сек составляла 2 часа. Такая методика испытания масел характеризуется достаточно высокой воспроизводимостью и надежностью получаемых результатов [5].

Результаты экспериментов приведены в таблице и на рисунке.

Как видно из таблицы, добавление 10% стабилизатора АКОР-1 ухудшает смазывающие свойства исходного масла И-12А в большом диапазоне нагрузок, однако значительно повышает его нагрузку сваривания — от 1780 до 3150 Н. 15—20% стабилизатора при низких нагрузках (ниже 360 Н) несколько ухудшает, а при средних и высоких нагрузках улучшает смазывающие свойства исходного масла и, что особенно важно, сильно повышает его нагрузку сваривания — от 1780 до 3350 — 4000 Н.

Введение 5% присадки высокодисперсного углерода УПм значительно повышает смазывающие свойства во всем исследуемом диапазоне нагрузок и нагрузку сваривания масла И-12А, содержащего 10—20% присадки АКОР-1. Вместе с тем, для данных композиций особенно заметны повышение их нагрузки сваривания от 3150—4000 до 4000—5960 Н и улучшение смазывающих свойств в диапазоне низких нагрузок — от 90 до 360 Н от добавления к ним 5% УПм. Последнее говорит о том, что присадка УПм по эффективности повышения противозносных и противозадирных свойств и особенно предельной работоспособности исходного масла И-12А превосходит присадку АКОР-1.

5% суспензия высокодисперсного углерода УПм в масле И-12А при содержании 20% стабилизатора АКОР-1 по сравнению с той же суспензией, содержащей 20% стабилизатора нигрола Л, проявляет лучшие смазывающие свойства свыше нагрузки 220 Н и имеет более высокую нагрузку сваривания — 5960 Н против 2500 Н. Следовательно, нигрол Л и присадка АКОР-1 в отношении смазывающих свойств углерода УПм проявляют синергизм соответственно в основном в области низких и высоких нагрузок.

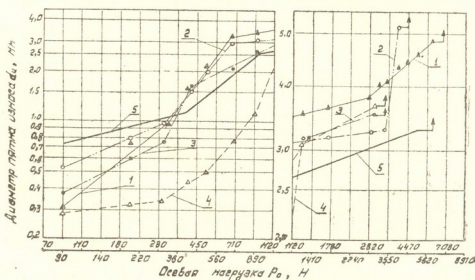


Рис. 1. Зависимость износа от нагрузки (продолжительность опыта — 2 часа). Масла: 1—для гипоидных передач, 2—ТСП-14 гип, 3—ТАП-15В, 4—ТАД-17и, 5—И-12А+5% УПм+20% АКОР-1

Интересно заметить, что те же стабилизаторы иначе ведут себя в отношении химически активной присадки ДФ-11. Присадка АКОР-1 в отношении присадки ДФ-11 проявляет антагонизм, степень которого возрастает с повышением концентрации данного стабилизатора как в масле И-12А, так и в 5% суспензии УПм в масле И-12А. Так, при содержании 10% АКОР-1 в последних добавление 3% ДФ-11 несколько улучшает их смазывающие свойства, а при содержании 20% АКОР-1 практически не оказывает эффекта. Во то же время добавление 3% ДФ-11 к 5% суспензии УПм в масле И-12А, содержащей 20% другого стабилизатора — нигрола Л, значительно улучшает ее смазывающие свойства во всем диапазоне рабочих нагрузок и повышает ее нагрузку сваривания от 2500 до 4470 Н.

Из вышеуказанного следует, что из компонентов стабилизированных суспензий высокодисперсного углерода УПм в масле И-12А основным носителем высоких смазывающих свойств является данный углерод, отличающийся также хорошей совместимостью с другими присадками.

Как видно из рисунка, разработанные на основе высокодисперсного углерода, получаемого при окислительном пиролизе метана, и стабилизированные присадкой АКОР-1 суспензионные смазочные масла на фоне известных отечественных товарных автомобильных трансмиссионных масел ТАП-15В, ТАД-17и, ТСП-14гип и для гипоидных передач выделяются особенно высокой предельной работоспособностью и хорошими смазывающими свойствами, которые становятся более ощутимыми с повышением нагрузки.

Зависимость износа от нагрузки при длительном (2-часовом) испытании масел
на четырехшариковой машине трения

Исходное	Присадки	Осевая нагрузка, Н												Критическая нагрузка, Н	Нагрузка срыва вала, Н	
		90	220	360	450	560	710	890	1410	2240	3550	4470	5620			
		Средний диаметр пятна износа, мм														
И-12 А		0,73	0,84	1,25	2,09	2,76	2,78	2,80	2,89						360	1780
	10% АКОР-1	1,13	1,52	1,57	1,81	2,48	2,90	3,00	3,49	3,88					450	3150
	15% АКОР-1	0,98	1,42	1,24	1,49	2,01	2,66	2,74	2,89	3,35					450	3350
	20% АКОР-1	0,89	1,15	1,26	1,31	1,47	2,09	2,29	2,62	3,11	3,76				450	4000
	20% нигрола Л+5% УПм	0,62	1,08	1,51	1,89	2,07	2,80	2,87	3,35	3,44					200	2500
	20% нигрола Л+5% УПм+3% ДФ-11	0,41	0,41	0,61	0,96	1,55	2,41	2,49	2,68	2,79	2,97				450	4470
И-12 А+20% АКОР-1	5% УПм	1,00	1,99	1,23	1,41	1,89	2,57	2,61	2,88	3,20	3,45				450	4000
	3% ДФ-11	—	1,50	1,86	2,06	2,29	2,52	2,71	3,14	3,54	4,00			—	4000	
	5% УПм+3% ДФ-11	—	1,31	1,51	1,78	2,11	2,38	2,62	2,80	3,21	3,44			—	4000	
И-12 А+15% АКОР-1	5% УПм	0,97	1,16	1,22	1,40	1,87	2,42	2,51	2,58	3,01	3,35				450	4470
	3% ДФ-11	—	1,65	2,00	2,24	2,50	2,71	2,90	3,25	3,63	4,05			—	4000	
	5% УПм	0,71	0,99	1,16	1,37	1,57	2,14	2,61	2,79	2,99	3,17	3,31	3,34	450	5960	
И-12 А+20% АКОР-1	3% ДФ-11	—	0,92	1,07	1,34	1,62	2,21	2,42	2,81	3,20				450	3350	
	5% УПм+3% ДФ-11	0,65	0,91	1,13	1,21	1,44	2,00	2,81	3,29	3,33	3,41	3,44	3,46	560	5960	

160368
2022090335

Следует отметить, что эти масла вместе с вышеуказанными свойствами обладают также высокими седиментационной стабильностью и низкотемпературными свойствами, являются доступными по составу и в изготовлении [6].

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

Грузинский политехнический институт
 им. В. И. Ленина

(Поступило 24.6.1983)

ქიმიური ტექნოლოგია

ა. ჩხეიძე, ჯ. იოსებიძე, ლ. მელიქაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი)

ნახშირბალოვანი სუსპენზიური სატრანსმისიო ზეთების შემზამთი თვისებები

რეზიუმე

ლაბორატორიულ პირობებში შესწავლილია მინერალური ზეთის, მეთანის ჟანგვითი პიროლიზით მიღებული ნახშირბადისა და სხვადასხვა სტაბილიზატორის შემცველი სუსპენზიური სატრანსმისიო ზეთების შემზამთი თვისებები. ექსპერიმენტები ჩატარებულია ოთხბურთულიან ხახუნის მანქანაზე შედარებით ხანგრძლივი (2-საათიანი) ცდების პირობებში.

CHEMICAL TECHNOLOGY

A. P. CHKHEIDZE, D. S. IOSEBIDZE, L. D. MELIKADZE

LUBRICITY OF SUSPENSION AND TRANSMISSION CARBON OILS

Summary

The lubricity of suspension and transmission oils containing mineral oil, carbon obtained by oxidation pyrolysis of methane, and various stabilizers have been studied under laboratory conditions. The experiments were conducted on four-ball-bearing friction machines, the tests being rather prolonged (2 hours).

The indicated oils were found to be of high performance range and good lubricity; in addition, they show high sedimentation stability and have low-temperature properties, being easy to prepare.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Д. С. Иосебидзе, Л. Д. Меликадзе. Сообщения АН ГССР, 48, № 3, 1967, 661—666.
2. Д. С. Иосебидзе, Л. Д. Меликадзе. Сообщения АН ГССР, 52, № 1, 1968, 93—98.
3. Д. С. Иосебидзе, Л. Д. Меликадзе. Сообщения АН ГССР, 77, № 1, 1975, 146—148.
4. Л. Д. Меликадзе, Д. С. Иосебидзе, А. П. Чхеидзе и др. Авт. свид. № 633895, № 43, 1978, 83—84.
5. Л. Ч. Ломидзе, Л. Д. Меликадзе, Д. С. Иосебидзе. Тез. докл. XIX науч.-техн. конф. проф.-препод. состава вузов Закавказских республик. Тбилиси, 1977.
6. Л. Д. Меликадзе, Д. С. Иосебидзе, А. П. Чхеидзе. Авт. свид. № 925991, № 17, 1982, 124—125.

Л. А. МЕЛЬНИК, О. Н. САЗЫКИНА, Л. М. ХАНАНАШВИЛИ
(член-корреспондент АН ГССР), И. Т. ГРИДУНОВ, В. М. КОПЫЛОВ,
Л. В. НЕЧЕТ

ВЛИЯНИЕ ОРГАНОЦИКЛОСИЛАЗАНОВ НА ПРОЦЕСС СТРУКТУРИРОВАНИЯ ПОЛИДИМЕТИЛСИЛОКСАНОВ АЭРОСИЛОМ

Известно, что при использовании усиливающего наполнителя — аэросила образуется материал с достаточно высокими физико-механическими характеристиками [1], однако резиновые смеси нельзя хранить в течение длительного времени из-за их быстрого структурирования [2]. Для стабилизации резиновых смесей в них вводят алкоксисиланосиланы [3] и гидроксисиланосиланы с добавкой вулканизирующих агентов — органических пероксидов [4]. Но в последнем случае следует иметь в виду, что токсичные продукты разложения пероксидов ухудшают санитарно-химические свойства вулканизатов. Активными реагентами, способствующими управляемому процессу вулканизации резиновых смесей и улучшению физико-механических характеристик резин, являются органосилазаны [5].

В настоящей работе изучалось влияние органосилазанов на процесс вулканизации резиновых смесей на основе диметилсилоксанового эластомера.

С этой целью определяли параметры сетки вулканизатов, физико-механические характеристики вулканизатов и скорости вулканизации в зависимости от природы заместителей у кремния в органосилазанах. Устанавливали также уровень миграции ингредиентов по окисляемости и присутствию бромлирующих веществ в водных вытяжках.

В работе использовали диметилсилоксановый эластомер марки СКТ, аэросил с удельной поверхностью 175 и 300 м²/г, гептиловый спирт, дигидроксидифенилсилан и органосилазаны общей формулы $[R_n Me_{2-n} SiNH]_m$, где $R = -CH_3$ или $-C_6H_5$, $n = 1$ или 2 , $m = 3$ или 4 .

Резиновые смеси готовили на лабораторных вальцах 160×320 мм с постепенным введением небольших порций аэросила. Вулканизацию проводили в воздушном термостате. Физико-механические характеристики определяли по ГОСТу 270—75, а структурные параметры сетки — по равновесной степени набухания резины в толуоле. Значение параметров сетки вычисляли по уравнению Флори—Рене с использованием констант, приведенных в работе [6]. Интегральные показатели водных вытяжек из образцов резин определяли в соответствии с [7]. Следует отметить, что структурирование диметилсилоксанового эластомера, наполненного аэросилом, начинается уже при хранении смеси при 20°C.

На рис. 1 показана зависимость физико-механических характеристик смесей эластомера и аэросила как в присутствии октаметилциклотетрасилазана (ОМЦТС), так и без него от времени хранения при $20 \pm 2^\circ C$. Как следует из рис. 1, введение ОМЦТС увеличивает скорость вулканизации, при этом повышается условная прочность (P) с 4,5 до 6 МПа и уменьшается остаточное удлинение (l) с 12 до 5% при хранении резиновых смесей в течение 28 суток.

Вместе с тем, как видно из рис. 2, в присутствии ОМЦТС возрастает плотность пространственной сетки и через 35 суток хранения резиновой смеси при $20 \pm 2^\circ\text{C}$ значения средней молекулярной массы (M_c) участка сетки между соседними узлами швов эластомера СКТ составляют 3000 у. е. в присутствии ОМЦТС и 4200 у. е. без него.

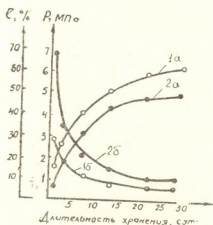


Рис. 1. Изменение физико-механических показателей резиновых смесей в процессе хранения при $20 \pm 2^\circ\text{C}$: 1 — СКТ — 100 мас. ч., аэросил А-175 — 42 мас. ч., ОМЦТС — 0,0925 мас. ч.; 2 — СКТ — 100 мас. ч., аэросил А-175 — 42 мас. ч.; а — условная прочность (P); η — остаточное удлинение (l)

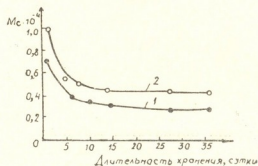


Рис. 2. Зависимость средней молекулярной массы участка сетки между соседними узлами швов эластомера (M_c) от длительности хранения резиновой смеси при $20 \pm 2^\circ\text{C}$: 1 — 100 мас. ч. СКТ, 35 мас. ч. аэросила А-175, 0,0925 мас. ч. ОМЦТ; 2 — 100 мас. ч. СКТ, 35 мас. ч. аэросила А-175

Исследование резиновых смесей состава (мас. ч.): эластомер СКТ — 100, аэросил А-300 — 50, гептиловый спирт — 25, органоциклосилилазан — 1, показало, что вулканизация их происходит как при комнатной температуре, так и при 200°C , причем в последнем случае процесс структурирования ускоряется в несколько раз.

Из данных таблицы видно, что физико-механические показатели резиновых смесей в присутствии различных органоциклосилилазанов в процессе хранения при 20°C уже через сутки имеют значения: $P = 1,3 \div 4,8$ МПа, $L = 347 \div 770\%$, $l = 40 \div 68\%$ и $\epsilon^{100} = 0,30 \div 0,64$ МПа, причем физико-механические показатели при замене фенильных радикалов у кремния в органоциклосилилазанах на метильные повышаются. Это указывает на более высокую структурирующую активность метилциклосилилазанов в процессе хранения резиновых смесей, вероятно, из-за меньшего экранирования Si—N-связей метильными группами. При увеличении срока хранения резиновых смесей до 3 суток все физико-механические показатели улучшаются, что обусловлено более глубоким протеканием процесса структурирования, причем уменьшаются различия в значениях физико-механических показателей в зависимости от органического обрамления у кремния в органоциклосилилазанах. При вулканизации резиновых смесей, содержащих органоциклосилилазаны, при 200°C значения условной прочности (P) и относительного удлинения (L) изменяются незначительно по сравнению с резиновыми смесями после хранения в течение 3 суток при 20°C , но значительно уменьшается остаточное удлинение (l от $32 \div 24$ до $16 \div 8\%$) и увеличивается модуль упругости при 100% деформации (ϵ^{100} от $0,5 \div 0,85$ до $0,8 \div 2,0$ МПа).

Структурирующее действие органоциклосилилазанов проявляется и в смесях, содержащих в качестве антиструктурирующей добавки ди-

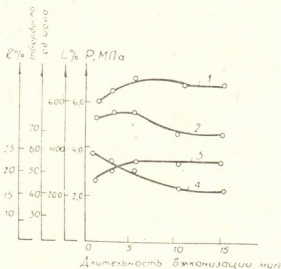
гидроксидифенилсилан (ДГДФС) (рис. 3). Из рис. 3 видно, что физико-механические свойства резин уже после 5 мин вулканизации достигают оптимального значения.

Физико-механические показатели резиновых смесей, содержащих органоциклосилазаны, после хранения при 20°C и вулканизации при 200°C

Органоциклосилазан	Хранение при 20°C						Вулканизация при 200°C			
	Через 1 сутки			Через 3 суток			Через 30 мин			
	P, МПа	L, %	L, % ε ₁₀₀	P, МПа	L, %	L, % ε ₁₀₀	P, МПа	L, %	L, % ε ₁₀₀	P, МПа
Октаметилциклотетрасилазан	4,8	660	40,64	7,0	810	26,85	7,0	713	82,0	
Гексаметилциклотрисилазан	3,4	770	44,44	6,9	745	24,60	6,8	700	120,8	
1,3,5-Триметил-1,3,5-трифенилциклотрисилазан	1,3	347	47,55	6,0	600	30,50	6,0	613	161,4	
Гексафенилциклотрисилазан	2,0	677	68,30	4,9	705	32,50	5,2	630	120,8	

Резины, содержащие органоциклосилазаны, обладают низким уровнем миграции компонентов, о чем свидетельствуют интегральные показатели водных вытяжек из образцов резин: окисляемость — 0,08 мг O₂/100 см², бромлирующиеся вещества отсутствуют.

Рис. 3. Изменение физико-механических показателей резиновой смеси (100 мас. ч. СКТ, 42 мас. ч. аэросила А-300, 1,4 мас. ч. ДГДФС, 0,04 мас. ч. гексафенилциклотрисилазана) в процессе вулканизации при 200°C: 1 — условная прочность (P); 2 — относительное удлинение (L); 3 — твердость (ед. Шора); 4 — остаточное удлинение (l)



Анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что органоциклосилазаны являются активными структурирующими агентами, а физико-механические показатели резин, содержащих органоциклосилазаны, находятся на уровне силоксановых резин, вулканизованных пероксидами [2]. Структурирующее действие органоциклосилазанов можно объяснить несколькими причинами: они могут вступать в реакцию с гидроксилсодержащим стабилизатором, дезактивируя последний; могут вступать в реакцию с гидроксильными группами эластомера и аэросила, приводя к образованию химических связей между ними; могут катализировать процессы образования химических связей между аэросилом и эластомером за счет реакции гидроксильных групп с силоксановой цепью эластомера, так как сам органоциклосилазан является аминным соединением и при взаимодействии его с гидроксилсодержащими соединениями выделяется аммиак и в виду того, что одним из продуктов разложения органоциклосилазанов является аммиак,

то наличие в резине небольших количеств окисляющих веществ можно объяснить только примесями в эластомере.

Тбилисский государственный
университет

Московский институт тонкой
химической технологии
им. М. В. Ломоносова

(Поступило 12.11.1982)

კიმიური ტექნოლოგია

ლ. მელნიკი, ო. საზიკინა, ლ. ხანანაშვილი (საქ. სსრ მეცნ. აკად. წევრ-
კორესპონდენტი), ი. გრიდუნოვი, ვ. კოპილოვი, ლ. ნეჩეტი

ორგანოციკლოსილაზანების გავლენა კოლიდიმეთილსილოქსანების
სტრუქტურირების პროცესზე აეროსილის თანაობისას

რეზიუმე

განხილულია ორგანოციკლოსილაზანების გავლენა დიმეთილსილოქსანის ელასტომერის და აეროსილის რეზინების ნარევის სტრუქტურირების პროცესზე. ნაჩვენებია, რომ ორგანოციკლოსილაზანების აქტიურობა რეზინების ნარევის სტრუქტურირების პროცესში მცირდება სილიციუმთან ფენილის რადიკალებით მეთილის რადიკალების შეცვლით.

CHEMICAL TECHNOLOGY

L. A. MELNIK, O. N. SAZYKINA, L. M. KHANANASHVILI, I. T. GRIDUNOV,
V. M. KOPILOV, L. V. NECHET

THE INFLUENCE OF ORGANOCYCLOSILAZANES ON THE
STRUCTURIZATION PROCESS OF POLYDIMETHYLSILOXANES
MIXED WITH AEROSILE

Summary

The activity of some organocyclosilazanes in the vulcanization process has been studied.

The cure of rubber compounds constituted from dimethylsiloxane rubber and aerosile is more rapid in the presence of phenyl radical containing organocyclosilazanes than is the case when methylcyclosilazanes are used.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Л. А. Мельник, О. Н. Сазыкина и др. В кн.: «Химия и технология органических производств». ред. И. М. Агаянц. М., 1979, 152—155.
2. Р. Н. Милс, Ф. Н. Льюис. Силиконы. М., 1964.
3. F. Fekete. Англ. пат. 85923, 1961; Ch. A., 55, 1961, 2532.
4. З. Н. Нудельман и др. Каучук и резина, вып. 12, 1968, 2.
5. К. А. Андрианов и др. А. с. СССР № 524822, 1976, Бюлл. изобр., вып. 30, 1976, 67—68.
6. H. Gibmeier, K. Hummel, G. Kerrutt. Kautschuk und Gummi. Kunststoffe, 22, № 10, 1969, S. 537.
7. Инструкция по санитарно-химическому исследованию резин и изделий из них, предназначенных для контактов с пищевыми продуктами. М., 1976.

Н. Е. ВАСАДЗЕ

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛЕТУЧИХ ПРИМЕСЕЙ ПО ВЫСОТЕ БРАЖНОЙ КОЛОННЫ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕГОНКИ СБРОЖЕННЫХ ЯБЛОЧНЫХ СОКОВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. М. Хананашвили 14.3.1983)

Сложность рассматриваемых процессов перегонки бражки обусловлена ее составом, представляющим многообразную и многокомпонентную систему. Основу ее составляет водный раствор, содержащий 5—10% спирта и характерных ароматических примесных компонентов. Она содержит значительное количество пектиновых веществ, обладает вязкостью, а сухие вещества при перегонке способны накапливаться и отлагаться в аппаратуре, на контактных элементах, загрязняя ее. Они отлагаются на стенках и тарелках, закрывают паровыходные щели контактных устройств, нарушая работу перегонных колонн.

Рекомендуемые контактные устройства [1], обеспечивающие принципиально новую структуру межфазных контактов, исключают указанные недостатки, резко увеличивая производительность установки значительным улучшением качества конечного продукта.

Необходимость и важность изучения динамики ароматических примесных компонентов в процессах брагоректификации определяют их роль в формировании органолептических показателей конечного продукта.

Ароматические примесные компоненты в спиртных напитках составляют семейство, в котором только количественные нюансы должны формировать характерные сенсорные свойства, по которым дегустаторы находят отличие в букетах.

В этой связи изучение динамики их поведения в процессах перегонки приобретает решающее значение как для совершенствования конструкций контактных устройств, так и для совершенствования и оптимизации режимов перегонки [2—5].

К примесным компонентам, оказывающим наиболее существенное влияние на качественные показатели продуктов перегонки, относятся такие продукты, как высшие насыщенные спирты, кислоты жирного ряда, сложные эфиры и альдегиды.

Образование этих продуктов зависит от состава среды (содержание азота и углерода), условий культивирования дрожжей и их генетических особенностей.

Из многообразия примесей была выделена так называемая определенная группа, преобладающая в количественном отношении и в наибольшей степени в разных направлениях влияющая на вкус и ароматообразование конечного продукта.

В нее включены:

— группа альдегидов: укусный, масляный; в сброженном сусле содержание укусного альдегида составляет 460—380 мг/л б. с., масляного — 120—180 мг/л б. с.; концентрация других альдегидов невелика;

— группа эфиров: укусно-этиловый, масляно-этиловый; преимущественно являются продуктами ферментативных процессов.

Повышение концентрации исходного сусла и температуры сбраживания увеличивает накопление сложных эфиров. Образованию последних способствует ускорение сбраживания за счет непрерывности потока, перемешивания и аэрации сусла, хотя увеличение засевных дрожжей уменьшает образование укусно-этилового эфира.

Из всех эфиров в наибольшем количестве содержится укусно-этиловый. При общем содержании от 216 до 590 мг/л б. с. на долю указанного эфира приходится от 10 до 75%. Содержание любого другого из многих сложных эфиров не превышает 0,2—1,7% от общей суммы летучих примесей. Содержание метилформилата, пропилпромината, этилизовалериата и др. в общей сумме эфиров составляет сотые доли процента, и они не могут самостоятельно влиять на аналитические или дегустационные показатели напитков или дистиллятов.

Группа высших спиртов: изоамиловый, пропиловый, изобутиловый; образование их связано с ростом дрожжей, накоплением их биомассы (синтезом аминокислот) и длительностью брожения; разные виды и штаммы дрожжей образуют неодинаковые количества высших спиртов.

Группа кислот: укусная, масляная; образование их связано с азотным обменом, синтезом аминокислот, размножением и ростом дрожжевых клеток; нами установлено, что исследуемые дистилляты содержат от 100 до 700 мг/л б. с. кислот и в наибольшем количестве укусную (95% от общего их содержания).

Методом газовой хроматографии определено более 12 различных кислот. Однако отсутствие других исследований по составу кислот именно в дистиллятах не позволяет ни оценить, ни уточнить эти сведения.

Ароматно-вкусовое восприятие примесей чрезвычайно широко и многообразно по профилю влияния и концентрационным границам органолептического восприятия.

К группе нежелательных примесей в дистилляте относятся альдегиды, включая укусный. Поэтому при ведении процесса перегонки необходимо предусматривать полное выделение указанной группы с акцентом на укусный альдегид. В этой связи все дальнейшие результаты наших исследований основаны на настоящей аргументации.

В диапазоне установленных режимов расхода пара 17, 20, 23 кг/дал нами были отобраны и подвергнуты газо-хроматографическому анализу [6, 7] спиртопродукты в жидкой и паровой фазах по высоте экспериментальной колонны с шагом в 5 тарелок. В ходе испытаний отбирался пробы пара и жидкостей с тарелок колонн, причем горючие жидкости и пар пропускались через стационарные холодильники с циркулирующим потоком охлаждающей воды.

В результате газо-хроматографического исследования динамики движения примесей по высоте колонны установлено, что порядок распределения концентраций по тарелкам неодинаков и в значительной мере зависит от величины расхода пара и качества бражки. Что же касается качественных составов проб, можно утверждать, что они практически не зависят от этих параметров и в процессе экспериментов, за незначительным исключением, оставались постоянными.

Анализируя распределение концентраций примесей по высоте колонны, следует отметить закономерность их поведения. Содержание летучих кислот по сравнению с другими соединениями было всегда выше в жидкости, чем в парах, и постепенно возрастало по мере извлечения спирта из бражки. Характер распределения концентрации альдегидов и высших спиртов в жидкой и паровой фазах был различным — их количество непрерывно уменьшалось к низу колонны. Накопление сложных эфиров и альдегидов было максимальным в зоне 10—15 тарелок, причем накопление сложных эфиров значительно пре-

восходило накопление альдегидов. Постепенно содержание их несколько снижалось.

При максимальной скорости движения паров в колонне (23 кг/дал) наблюдалось снижение концентрации примесей в парах, за исключением летучих кислот. Следует также констатировать, что извлечение и обогащение паров примесями происходило наиболее эффективно в зоне 10—15 тарелок.

С целью определения эффективности работы экспериментальной колонны по извлечению примесей при различных скоростях движения паров нами был применен объективный показатель — степень извлечения (вываривания) примесей (отношение содержания примеси в парах над 25-й тарелкой к содержанию ее в жидкости, в кубе).

При увеличении скорости движения паров степень извлечения примесей возрастала. Так, степень извлечения альдегидов, которые проходили контактные устройства, практически не задерживаясь в кипящей жидкости, была незначительной. Высшие же спирты концентрировались в колонне, и степень извлечения их достигала значительных величин. Анализ полученного материала показывает, что при уменьшении скорости паров в колонне в ней создаются благоприятные условия для накопления и образования примесей.

Киевский технологический институт
пищевой промышленности

(Поступило 18.3.1983)

კემიური ტექნოლოგია

ბ. ვასაძე

გაზლის დაღუღებული წვენიების გამოხდისას მაღულარის სვეტის სხვადასხვა სიმაღლეზე აქროლადი მინარევიების განაწილების დინამიკის შესწავლა

რეზიუმე

აქროლადი მინარევიების მაღულარის სვეტის სხვადასხვა სიმაღლეზე განაწილების დინამიკის გაზურო ქრომატოგრაფიით შესწავლის საფუძველზე დადგენილია, რომ მინარევიების კონცენტრაციის განაწილება სვეტის თვეშებზე ერთნაირი არ არის და მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ორთქლის ხარჯვასა და დუღილის ხარისხზე.

ორთქლის სიჩქარის შემცირება სვეტში ხელს უწყობს მინარევიების წარმოქმნასა და დაგროვებას.

CHEMICAL TECHNOLOGY

N. E. VASADZE

STUDIES OF VOLATILE ADMIXTURE DISTRIBUTION DYNAMICS AT VARIOUS HEIGHTS OF THE FERMENTATIONAL COLUMN DURING THE DISTILLATION OF FERMENTED APPLE JUICE

Summary

A gas chromatographic study of admixture motion dynamics along the fermentation column has shown that the order of admixture concentration distribution over the plates is not the same, strongly depending on vapour

consumption and fermentation quality. Lowering of the vapour rate in the column results in favourable conditions for the formation and accumulation of admixtures.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. Е. Васадзе, В. А. Анистратенко. Сообщения АН ГССР, 102, № 3, 1981, 661—664.
2. Е. В. Соколовская, Г. Л. Висневская, А. С. Егоров. Исследования условий образования примесей в процессе ректификации спирта из мелассы. М., 1972, 2—4.
3. Е. В. Соколовская, Г. Л. Висневская, Н. И. Хила, А. С. Егоров. Новообразование примесей в процессе ректификации спирта. М., 1973, № 2, 12—19.
4. Е. Л. Мнджоян. Биохимия виноделия, сб. 4, 1953, 43—47.
5. М. Суамалайнен, З. Никайнен. Труды ЦНИИСП, вып. 6, 1959, 33—35.
6. А. В. Киселев, Я. И. Яшин. Газо-адсорбционная хроматография. М., 1967, 265.
7. Е. И. Великая, В. Ф. Суходол, В. К. Томашевич. Общие методы контроля бродильных производств. М., 1964, 273.

Г. Н. АСТАХОВ

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ ОКОЛОРУДНЫХ ОРЕОЛОВ ЧОРДСКОГО БАРИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

(Представлено академиком Г. А. Твалчрелидзе 16.12.1983)

Чордское баритовое месторождение, расположенное в Гагра-Джавской металлогенической зоне, контролируется трещинной тектоникой южного крыла Чордско-Сохтинской антиклинали. Последняя сложена в ядре песчаниками и песчанистыми сланцами лейаса, а на крыльях — основными туфами и туфобрекчиями байоса, а также карбонатными отложениями верхней юры. Благоприятными рудовмещающими структурами являются субширотные тектонические нарушения северо-западного простирания, развитые в байосской порфиритовой свите, именно в них локализованы промышленные баритовые жилы [1]. Гидротермальная проработка окolorудных пород, выраженная в основном хлоритизацией и окварцеванием, сравнительно слабая. Состав баритовых жил прост, близок к мономинеральному. На месторождении присутствуют значительные по мощности (0,30—2,5 м) скопления кальцита, наложенные на продуктивную баритовую минерализацию, чем обусловлено широкое распространение кальцитово-баритовых руд [2]. Последние секутся прожилками более поздней марказит-галенит-сфалеритовой ассоциацией, локализованными в трещинах, параллельных промышленным баритовым жилам [3]. Данное обстоятельство позволяет нам выделить две основные стадии минералообразования.

Структура Чордского месторождения, вскрытая современным эрозийным срезом, представляет собой лишь фрагмент первичной зональной структуры. Если учесть, что современный диапазон баритового оруденения, вскрытый разведочными работами, составляет по вертикали 544 м, что рудная зона эродирована, а ее продолжение и выклинивание вниз по разрезу еще не изучено, то мы вправе предположить общий первичный размах оруденения равным не менее 1000 м.

На месторождении развиты крупные промышленные и мелкие мономинеральные баритовые жилы и прожилки, а также участки с прожилковой наложенной кальцит-сульфидной минерализацией. При изучении зонального строения эндогенных ореолов и руд месторождения учтена неполнота современного вскрытия «законченной» зональной колонки рудных зон. Поэтому мы специально реставрировали зональность ореолов около отдельных баритовых жил. Данные приближенно-количественных спектральных анализов (749 проб) были подвергнуты математической обработке на ЭВМ («Наирн-2» и ЕС-1020. Управление геологии ГССР). По программам «ГХ-1» и «Stat» определялись фоновые и минимально-аномальные содержания элементов, по программе «Wogrig» выявлялись коэффициенты парной корреляции, а по программе «Grygor» строились ряды зональности элементов и рассчитывались мультипликативные и аддитивные коэффициенты.

Наиболее характерными элементами-индикаторами, которые определяют состав руд месторождения, обладают значительным диапазо-

ном концентрации и высокой частотной встречаемости, являются барий, стронций, свинец, цинк, медь, марганец и ртуть. Околорудные ореолы этих элементов протягиваются узкими полосами вдоль рудных жил по простиранию, восстанию и падению, повторяя морфологию рудных тел и достигая наибольшей «эффективной» ширины в местах раздува рудных жил.

На основе анализа морфологии моноэлементных ореолов в разрезе рудной зоны можно выделить три их разновидности:

А. Ореолы, тесно сопровождающие и фиксирующие сами баритовые жилы в виде оболочек: барий, стронций, ртуть. Максимумы ореолов бария и стронция концентрируются в средних и верхних частях рудной зоны, ртуть же симметричными ореолами оконтуривает баритовые жилы по всему их распространению, а также покрывает пятнами максимальных концентраций рудную зону по ее ширине (рис. 1).

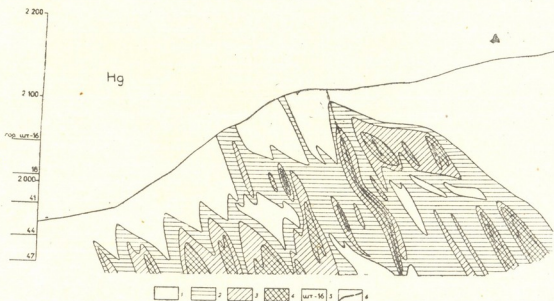


Рис. 1. Геохимический разрез по жиле № 1 участка Гвалвана. Изолинии концентрации ртути ($Hg - \mu \cdot 10^{-5}\%$): 1—<3; 2—3—10; 3—10—40; 4—>40; 5—горизонты штолен; 6—баритовая жила № 1

Особый интерес представляет юго-западный фланг рудной зоны, где на уровне штольни № 47 во вмещающих безрудных основных туфобрекчиях отмечены мощные ореолы ртути с общей «эффективной» шириной 300 м и пятью зонами максимальной концентрации. Выше аномалия переходит в фоновое значение. Этот факт, по-видимому, указывает, что здесь мы имеем дело с надрудным уровнем, еще не вскрытым горными выработками.

Б. Ореолы, локализованные около оперяющих баритовые жилы параллельных трещин с сульфидной минерализацией, сопровождающих промышленное оруденение. Такие ореолы создаются свинцом, цинком и медью.

В. Ореолы выноса и переотложения возникают в непосредственной близости от промышленных баритовых жил и фиксируют рудную зону в целом. Такие ореолы создает марганец. Вокруг собственно баритовых жил, в их экзоконтакте, формируются отрицательные ореолы марганца, постепенно переходящие центробежно в зону максимальных концентраций самой рудной зоны. Происходит вынос марганца из околожилных зон и переотложения его в верхние горизонты месторождения. Зараженность сверхфоновым содержанием марганца рудной зоны в целом служит важным поисковым критерием.

С целью сравнительной оценки зональности ореолов различных элементов было использовано значение показателей зональности [4].

Они рассчитывались как для участков рудной зоны в целом, так и для отдельных промышленных баритовых жил. Так, например, ряд зональности, полученный для жилы № 1 (уч. Гвалвана), имеет следующий вид сверху вниз: Hg → Ba → Mn → Sr → Sn → Cu → Ag → Pb → Zn и отражает собой смену продуктивностей элементов двух стадий минералообразования. Ореолы первой стадии — барий, ртуть, марганец и стронций, характеризующие верхние околорудные уровни жилы, а также олово и медь, продуктивности которых находятся на уровне средних частей рудного тела. Наконец, появление серебра, свинца и цинка на нижних уровнях указывает на более позднюю стадию, наложенную на первую.

Ореолы этих халькофильных элементов развиты на верхних и нижних уровнях рудных зон, поэтому для рудной зоны в целом ряд зональностей видоизменяется сверху вниз: Ba → Sr → Ag → Zn → Pb → Hg → Mn → Sn → Cu. Такое сложное двухстадийное во времени и пространстве строение ореолов месторождения создавало сложности в выборе пар элементов для расчета коэффициентов зональности. Для решения этой задачи мы выбрали наиболее устойчивые и надежные по корреляционным связям пары элементов на разных гипсометрических уровнях. Самыми контрастными и надежными оказались мультипликативные коэффициенты зональности, контрастность которых меняется в пределах 3—4 порядков (рис. 2). Полученные коэффи-

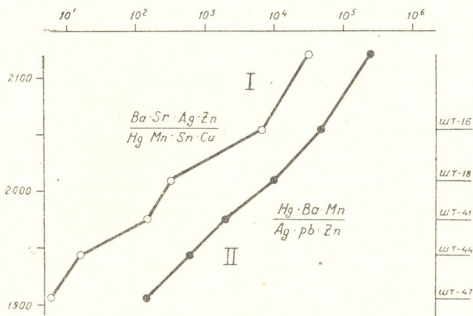


Рис. 2. Изменение мультипликативных коэффициентов зональности околорудных ореолов месторождения Чорди (Гвалвана): I — коэффициент для рудной зоны в целом; II — коэффициент для ореолов, созданных непосредственно вокруг жилы № 1

циенты в одном случае характеризуют рудную зону в целом (рис. 2, I), а в другом — отдельные жилы (рис. 2, II). Эти коэффициенты зональности можно рекомендовать в качестве критерия для относительной оценки уровня подсечения оруденения и оценки перспективности геохимической аномалии.

ბ. ასტახოვი

ჩორდის ბარიტის საბადოს მაღანმომიჯნე შარავანდედების
გეოქიმიური ზონალობა

რეზიუმე

ჩორდის საბადოს ძარღვების გარშემო იქმნება Ba, Sr, Mn, Pb, Zn, Cu, Ag, Hg მაღანმომიჯნე შარავანდედები, რომელთა „ეფექტური“ სივანე მნიშვნელოვან ზომებს აღწევს და აფიქსირებს მადნიან ზონას მთლიანად. მათგან მკაფიოდ განსხვავდება მაღანმომიჯნე შარავანდედები, რომლებიც შეესაბამება მინერალწარმოქმნის ორ სტადიას, და გადალექვის შარავანდედები, შექმნილი Mn-ის მიერ.

გამოვლენილი ზონალობის მულტიპლიკატიური კოეფიციენტები ახასიათებს როგორც მთელ მადნიან ზონას, ისე ცალკეულ მადნიან სხეულებს და საკმაოდ დამაჯერებელი საძიებო კრიტერიუმებია.

GEOLOGY

G. N. ASTAKHOV

GEOCHEMICAL ZONALITY OF WALL-ROCK AUREOLES OF THE
CHORDI BARITE DEPOSITS

Summary

Wall-rock aureoles, composed of Ba, Sr, Mn, Pb, Zn, Cu, Ag, Hg, occur round barite veins of the Chordi deposit. Their "effective" width attains considerable sizes, outlining the ore zone as a whole. Wall-rock aureoles, corresponding to two stages of mineral formation, and also aureoles of redeposition, composed of Mn, are clearly discernible.

The revealed multiplicative ratios of zonality, characterizing the entire ore zone as well as separate ore bodies are fairly reliable prospecting criteria.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. В. Надирадзе. Труды ГПИ, № 4 (116), 1967.
2. А. Г. Жабин, Г. Н. Астахов. Сообщения АН ГССР, 104, № 2, 1981.
3. Т. Д. Багратишвили. Труды ГИН ГССР, сер. минер.-петр., т. V, 1961.
4. С. В. Григорян. Автореферат докт. дисс. М., 1971.

Ц. И. СВАНИДЗЕ, О. Д. ХУЦИШВИЛИ

НОВЫЕ ДАННЫЕ О СРЕДНЕКАМЕННОУГОЛЬНОЙ
 ФЛОРЕ ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНОЙ ТОЛЩИ ХРАМСКОГО
 ВЫСТУПА ФУНДАМЕНТА ЗАКАВКАЗСКОГО СРЕДИННОГО
 МАССИВА

(Представлено академиком А. Л. Цагарели 27.11.1982)

Среди палеозойских пород Храмского выступа фундамента Закавказского срединного массива вулканогенно-осадочные образования преимущественно кварцпорфирового состава занимают весьма важное место. Это единственные среди доюрских пород выступа, возраст которых можно считать достоверно установленным на основании ископаемой флоры и фауны, что, в свою очередь, позволяет более или менее точно судить о возрастных взаимоотношениях других образований, принимающих участие в строении Храмского выступа кристаллического фундамента [1].

Рассматриваемый вулканогенно-осадочный комплекс пород под названием «свиты нижних туффигов» был выделен П. Д. Гамкрелидзе и В. Я. Эдилашвили в 1938 г. В дальнейшем работами ряда исследователей были существенно уточнены как возрастной диапазон [2—4], так и внутренняя структура и тектоническое положение [5] вулканогенно-осадочной толщи (рис. 1). На основе богатой фораминиферой,

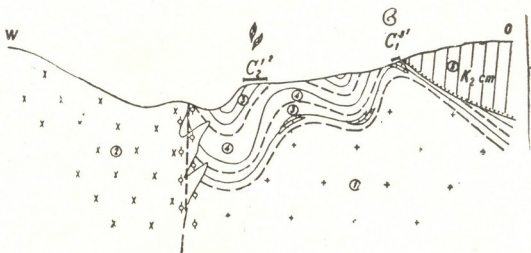


Рис. 1. Схематический разрез верхнепалеозойских вулканогенно-осадочных образований: 1 — породы фундамента, 2 — кварцпорфиры и гранитопорфиры, 3, 4 — верхнепалеозойские вулканогенно-осадочные образования (3 — палеонтологически охарактеризованные, 4 — палеонтологически не охарактеризованные), 5 — сеноманские отложения

коралловой и брахиоподовой фауны, собранной вышеуказанными авторами из линз биогермных известняков, включенных в линзы толщи (по левому склону ущелья р. Клдеиси), был зафиксирован поздневизейско-ранненамюрский возраст вмещающих их слоев.

По данным О. Д. Хуцишвили [5], верхнепалеозойская вулканогенно-осадочная толща относительно широко развита на восточной периферии Храмского выступа в виде узкой (до 1,5 км) полосы вдоль ущелья р. Клдеси левого притока р. Храми. Она трансгрессивно перекрывается отложениями либо лейаса, либо верхнего мела. Что касается ее взаимоотношений с другими образованиями фундамента, то они не совсем ясны. С породами вулканогенно-осадочного комплекса, как правило, соприкасаются лишь кварц-порфиры и гранитопорфиры, но сама природа соприкосновения трудно установима. Думается, что есть больше основания считать этот контакт тектоническим.

В минералогическом и петрохимическом отношении состав верхнепалеозойского вулканогенно-осадочного комплекса весьма однороден; в нем принимают участие преимущественно пирокластолиты кварцпорфирового состава: тонко- и среднеслоистые, часто окремненные туффиты и пепловые туфы, толсто- и неясно-слоистые или грубо-слоистые и массивные туфобрекчии (обломки кварцпорфиров, цемент — пелитовый туф кварцпорфирового состава). С пирокластолитами нередко чередуются углистые сланцы, кремнистые аргиллиты, силциты, реже песчаники и гравелиты. Низы толщи заключают в себе линзы мраморизованных неяснослоистых биостромовых известняков от светло-серого до темного, почти черного цвета, богатых органическими остатками, среди которых преобладают водоросли, фораминиферы, кораллы, брахиороды, криноидеи.

Позднепалеозойский возраст вулканогенно-осадочной толщи Храмского выступа подтверждается также данными ископаемой флоры [4, 6]. На среднекаменноугольный возраст флороносных отложений указывают растения, приведенные в работе Н. И. Схиртладзе [4]: *Lepidodendron dichotomum* Sternb., *Lepidophloios laricinus* Sternb., *L. vevolodi* Zeill., *Stigmara ficoides* Sternb., *Asterotheca miltonii* (Artis) Zeill. (определения М. Д. Узнадзе). Поздневизейско-раннеамюрский возраст вмещающих флору слоев был подтвержден комплексом ископаемых растений, собранных из зеленоватых туфов на левом берегу р. Клдеси [3, 6]: *Asterocalamites scrobiculatus* (Schl.) Zeill., *Mesocalamites ramifer* (Stur.) Hirm., *Lyginopteris fernudensiformis* (Schl.) Patt. f. *geinitzii* Stur., *Lig. bernudensiformis* (Schl.) Patt. f. *schlotheimii* Stur., *Lig. fragilis* Patt. (нижний комплекс). Кроме того, из более верхних горизонтов исследуемой толщи в слоистых туфогенных отложениях были обнаружены остатки растений, указывающие на принадлежность содержащих их слоев к верхней части башкирского яруса: *Lepidophloios laricinus* Sternb., *Stigmara ficoides* Sternb., *Asterotheca miltonii* (Artis) Zeill., *Lyginopteris hoeninghausii* (Brongn.) Patt., стволы *Lyginopteris* со скульптурой *Dictyoxylon*, *Palmopteris furcata* (Brongn.) Patt., *Cordaites* sp. (верхний комплекс). О. Д. Хуцишвили с разных пунктов среднекаменноугольной части вулканогенно-осадочной толщи Храмского выступа был собран довольно богатый флористический материал и передан для определения Ц. И. Сванидзе. В данной флоре установлены следующие растения:

Плауновидные: *Lepidodendron* cf. *dichotomum* Sternb., *L. aff. ophiurus* Brongn., *L. cf. veltheimii* Sternb., *L. cf. worthenii* Lesq., *Lepidodendron* sp., *Lepidophloios laricinus* Sternb., *Lepidophloios* sp., *Lepidostrobus* sp., *Bothrodendron* aff. *pinatifolium* (Boulau) Zeill., *Bothrodendron* sp., *Sigillaria depressa* Zall., *Sigillaria* sp., *Stigmara ficoides* Sternb.

Членистостебельные: *Asterocalamites* sp., *Calamites* aff. *kowii* Brongn., *Calamites* sp., *Sphenophyllum* sp., *Annularia fertilis* Sternb.

Папоротники: *Asterotheca miltonii* (Artis) Zeill., *Sphenopteris* sp.

Птеридоспермы: *Lyginopteris hoeninghausii* (Brongn.) Patt., L. aff. *fragilis* (Schlath.) Patt., *Lyginopteris* sp., *Palmatopteris* aff. *furcata* (Brongn.) Patt.

Кордаиты: *Cordaites* sp.

Состав данной флоры в основном совпадает с верхним комплексом, выделенным Е. О. Новик [6], и подтверждает позднебашкирский возраст содержащих растения отложений.

Таким образом, в разрезе верхнепалеозойских вулканогенно-осадочных образований по ущелью р. Клдеси на основании довольно богатых комплексов флоры и фауны устанавливается наличие близких по литологическому составу, но разновозрастных верхневизейско-нижнеамюрских и верхнебашкирских отложений. Структурно-формационное единство кварцпорфирового вулканогенно-осадочного комплекса дает полное основание в не охарактеризованной органическими остатками промежуточной части разреза допустить присутствие отложений, отвечающих нижней части башкирского яруса.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 2.12.1982)

პალეონტოლოგია

ც. სვანიძე, ო. ხუციშვილი

ახალი მონაცემები ამიერკავკასიის შუა მასივის ფუნდამენტის
ხრამის შვირილის ვულკანოგენურ-დანალექი წყების შუაპარბონული
ფლორის შესახებ

რ ე ზ ი მ ე

საკვლევი ტერიტორიის ვულკანოგენურ-დანალექი წყების ნალექებში დადგენილია ორი ასაკის ფლორა: გვიანვიზეურ-ადრენამურული (ქვედა კომპლექსი) და გვიანბაშკირული (ზედა კომპლექსი). ზედა კომპლექსის ფლორაში ამჟამად დადგენილია 25 სახე, რომლებიც მიგვანიშნებენ შემცველი შრეების გვიანბაშკირულ ასაკზე, რაც ფაუნისტურადაც დასტურდება.

PALAEONTOLOGY

Ts. I. SVANIDZE, O. D. KHUTSISHVILI

NEW DATA ON THE MIDDLE CARBONIFEROUS FLORA OF THE
VOLCANO-SEDIMENTARY SUITE OF THE KHRAMI SALIENT
OF THE TRANSCAUCASIAN MEDIAN MASS

Summary

In the volcano-sedimentary suite of the title region floras of two ages have been established: Late Viséan-Early Namurian (lower complex) and

Late Bashkirian (upper complex). The latter complex consists of 25 species, testifying to the late Bashkirian age of rocks, which is also confirmed by fauna.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Ш. А. Адамия. Труды ГИН АН ГССР, нов. сер., вып. 16, 1968.
2. А. А. Белов. Изв. вузов, Геология и разведка, № 12, 1967.
3. А. А. Белов, Е. А. Рейтлингер. ДАН СССР, 170, № 1, 1966.
4. Н. И. Схиртладзе. ДАН СССР, 130, № 1, 1960.
5. О. Д. Хуцишвили. Труды ГИН АН ГССР, нов. сер., вып. 56, 1977.
6. Е. О. Новик. Закономерности развития каменноугольной флоры юга Европейской части СССР. Киев, 1974.

К. А. БИЛАШВИЛИ, Р. М. ХАЗАЛИЯ

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОДВОДНЫХ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ МАКРОФОРМ НА ПРИУСТЬЕВОМ ВЗМОРЬЕ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. Г. Сванидзе 28.12.1982)

Морфологические формы типа приустьевых отмелей, баров, кос, пересыпей и др., образующиеся в результате выноса речной струей аллювиального материала на приустьевое взморье, подвержены постоянному воздействию волновых колебаний моря. В зависимости от количества наносов, топографии подводной части устьевой зоны и гидрометеорологического режима морского волнения наносные отложения устьевых форм могут перемещаться на свал глубин в виде наносного оползня и взвесенесущего дисперсоида или, оставаясь стабильными, постепенно разноситься, «срабатываются» волнами.

Вопросы устойчивости наносных отложений на подводном склоне приустьевого взморья освещены в работах [1, 2], где в силу схематизации задачи принято, что масса наносов настолько сцементирована, что допустимо рассмотрение условия устойчивости наносной формы как квазимонолитного тела взамен условий устойчивости зернистой сплошной среды, каковым оно в действительности является. Для песчаных наносов, когда происходит постоянное растаскивание (перераспределение) аллювия под воздействием волновых факторов, можно воспользоваться выражением, полученным Т. Г. Войнич-Сяноженским [3] для предельной величины касательных напряжений, передаваемых от водной толщи слою наносных отложений в один диаметр, при превышении которого возникает массовое перемещение слоя наносов. Это выражение имеет вид

$$k_f \frac{v^2}{2} \rho = \frac{gs f \bar{d} (\rho_s - \rho_n)}{(1 + 2f^2)} - g \rho_n i_0 \bar{d} + k_c s \frac{1 - \sin^2 \varphi}{1 + \sin^2 \varphi} + \tau_0, \quad (1)$$

где V — средняя скорость водного потока, k_f — коэффициент сопротивления в выражении для касательного напряжения, передаваемого движущейся массой воды слою грунта; ρ_n и ρ_s — соответственно плотности воды и наносов; s — концентрация наносов в слое толщиной \bar{d} ; $f = tg \varphi$ — коэффициент кулонова трения; i_0 — уклон дна, поверхности, по которой движется слой наносов толщиной \bar{d} ; k_c — коэффициент сцепления наносов; τ_0 — пороговое напряжение сдвига водогрунтовой смеси; φ — угол внутреннего трения.

Поскольку в рассматриваемой задаче движение воды обусловлено волнением, то в левой части уравнения (1) величину касательных напряжений, передаваемых от движущегося потока слою грунта, заменим суммой величин напряжений, обусловленных орбитальными скоростями волнения и стокового противотечения, выражения которых полу-



чены ранее в работе [2]. Опуская несущественные для рассматриваемой задачи два последних слагаемых в (1), после деления на ρ_b получаем условие предельного равновесия верхнего слоя грунта в один диаметр \bar{d} на поверхности аккумулятивной морфологической формы в виде

$$k_f \frac{g^2 a^2}{c^2 H^2} \left[2 \frac{th^2 kh}{\pi^2 k^2} + \frac{a^2}{8} (2 - thkH)^2 \right] = \frac{sfgd \left(\frac{\rho_s}{\rho_b} - 1 \right)}{(1 + 2f^2)} \cos \psi - g \bar{d} i_0, \quad (2)$$

где C — фазовая скорость волн; Ψ — угол наклона поверхности тела отложений; a — амплитуда волны; k — волновое число; H — глубина воды; g — ускорение силы тяжести; $\sigma_s = \frac{\gamma_s - \gamma_b}{\gamma_b}$ (γ_b и γ_s — объемные веса воды и наносов).

Учитывая возможность пренебрежения величиной $2f^2$ по сравнению с единицей (рассматривается медленное движение разжиженной водогрунтовой смеси), получаем выражение предельной устойчивости в виде

$$f = \frac{1}{\sigma_s s} \operatorname{tg} \psi + \frac{k_f g a^2}{\sigma_s c^2 H^2 \bar{d} s} \left[2 \frac{th^2 kh}{\pi^2 k^2} + \frac{a^2}{8} (2 - thkH)^2 \right]. \quad (3)$$

Поскольку $f = \operatorname{tg} \phi$ есть величина, всегда меньшая единицы, то очевидно, что при сколь-нибудь сильном волнении в условиях соизмеримости величины высоты волны и глубины моря выражение (3) никогда не будет выполняться. Отсюда ясно, почему трансформация тела наносных отложений наиболее часто происходит именно путем постепенного разноса частиц наносов под воздействием волновых колебаний, чем его подвижки в целом, что, впрочем, не исключает возможности развития при сильных штормах и благоприятных батиметрических условиях (близкое расположение вершин приустьевых каньонов, резкий излом подводного склона и т. д.) процессов оползневого, лавинного характера. При этом, очевидно, условие предельной устойчивости для некоторой доли полной толщины тела наносных отложений $n \bar{H}_c$ ($n < 1$) исходя из основного уравнения (1) запишется в виде

$$f \geq \frac{1}{\sigma_s s} \operatorname{tg} \psi + \frac{k_f g a^2}{\sigma_s c^2 H^2 s n H_c} \left[2 \frac{th^2 kh}{\pi^2 k^2} + \frac{a^2}{8} (2 - thkH)^2 \right]. \quad (4)$$

Поскольку $n \bar{H}_c \gg \bar{d}$, то ясно, что для поверхностного слоя наносов толщиной в один диаметр \bar{d} , т. е. при $n \bar{H}_c = \bar{d}$, условия (4) при постоянных значениях параметров волнения (a , l , k) и глубины спокойного моря H менее выполнимо, чем для некоторой доли $n \bar{H}_c$ ($n > 1$) или, тем более, для всей толщи наносных отложений \bar{H} ($n = 1$).

Однако, рассматривая последовательные стадии развития штормовой ситуации, мы неизбежно приходим к следующей картине трансформации тела наносных отложений. Именно, если при спокойном море ($a=0$) условие (4) выполняется, то в начальной стадии развития морского волнения при относительно малых амплитудах и длинах волн наблюдается постоянная «сработка» — трансформация тела наносных

отложений путем разноса волнением верхних слоев грунта. В данном случае основная масса отложений должна оставаться неподвижной, ибо в силу выражений (2) и (4) неустойчивость для слоя наносов в один диаметр \bar{a} при малых параметрах a и λ вовсе не означает неустойчивость некоторой доли тела отложений nH_c ($n < 1$).

С другой стороны, интенсивное нарастание штормового волнения, когда рост параметров волн опережает скорость разноса тела отложений отдельными слоями, в силу быстрого увеличения амплитуды волны, которая в соотношения (2) и (4) входит во второй и четвертой степенях, а также из-за роста длины волны может возникнуть ситуация, когда, наряду с неудовлетворением условия (2), не будет удовлетворяться и условие (4) для всех толщи наносных отложений или ее некоторой доли (nH_c), что и обуславливает образование подводных наносных оползней-лавины.

При практических расчетах величина S в соответствии с рекомендациями Т. Г. Войнич-Сяноженцкого может быть взята равной $0,5 \div 0,7$, а коэффициент трения $k_f = g/c_m^2$, где c_m — коэффициент Шези для глубины H .

Таким образом, полученные выше соотношения дают возможность количественной оценки динамических процессов переформирования морфологических аллювиальных форм на приустьевых речных взморьях.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 30.12.1982)

ჰიდროლოგია

ა. ბილავშილი, რ. ხაზალია

წყალქვეშა ალუვიური მაკროფორმების ტრანსფორმაცია
შესართავის ზღვიურ ნაწილში

რეზიუმე

თეორიული გზით გამოკვლეულია მდინარის შესართავში ალუვიური მორფოლოგიური ფორმების დინამიკა და მათი ტრანსფორმაცია ზღვის ტალღების მოქმედების შედეგად.

HYDROLOGY

K. A. BILASHVILI, R. M. KHAZALIA

TRANSFORMATION OF SUBMARINE ALLUVIAL MACROFORMS AT RIVER OUTFALL

Summary

The paper deals with the dynamics of alluvial submarine morphological forms at river outfall and their transformation under the action of sea waves.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Т. Г. Войнич-Сяноженцкий. Гидродинамика устьевых участков рек бесприливных морей. Л., 1972.
2. К. А. Билашвили. Труды молодых научных работников ТГУ, т. 2, 1974.
3. Т. Г. Voinich-Sianozhentsky, N. B. Kereselidze, N. S. Znamenskaya. Assoc. for Hydraulic Research, vol., I, Baden-Baden, 1977.



Г. Д. СУПАТАШВИЛИ, Н. С. ГОЛИАДЗЕ

ОЦЕНКА МИГРАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЭЛЕМЕНТА В РЕЧНЫХ ВОДАХ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. Г. Сванидзе 14.12.1982)

Подвижность элемента определяется фазовым равновесием и является функцией множества факторов. Первостепенное значение имеют внутренние факторы миграции (свойства мигранта), которые, в отличие от внешних (условия миграции), по пути миграции практически не меняются.

Общепризнанного параметра, пригодного для количественной оценки миграционной способности элемента, нет. Абсолютные концентрации растворенных форм элементов для этой цели непригодны, так как трудно определить, чем она лимитируется — ограниченным содержанием элемента в геосфере или же малой растворимостью его природных соединений. А. И. Перельман [1] для оценки подвижности элемента предложил коэффициент водной миграции K_x :

$$K_x = \frac{M_x \cdot 100}{a \cdot p_x},$$

где M_x и a — содержание элемента и сумма минеральных веществ в воде, а p_x — его процентное содержание в породах. П. А. Удодов и Ю. С. Париллов [2] с целью упрощения p_x заменили средним содержанием элемента в литосфере. Расчеты коэффициентов водной миграции по кларковым содержаниям элементов не учитывают геохимических особенностей региона, что сглаживает существующие эндогенные нюансы, результатом чего является искаженная информация о подвижности элемента. Для расчетов K_x малоприспособной является и величина p_x , так как практически невозможно определение доли отдельных пород в формировании твердой фазы речных вод.

В качестве объективного параметра для расчетов коэффициента водной миграции можно рекомендовать относительные содержания элементов во взвесах речных вод. При отсутствии такой информации расчет можно вести по составу донных осадков водоема. Взвеси — активные компоненты гетерогенного равновесия, практически определяющие межфазное распределение элементов в водоемах. Этому способствуют высокая степень дисперсности, большая удельная поверхность и постоянное перемешивание взвесей по пути их транспортировки реками. Расчеты показывают, что общая поверхность взвешенных в воде веществ соизмерима с площадью водосбора и несравнимо больше площади лежа реки.

С учетом содержания элементов во взвесах коэффициент обогащения (этот термин лучше отражает смысл явления, чем «коэффициент водной миграции») можно рассчитать по формуле

$$K_o = \frac{C_{ж} \cdot Q}{C_T \cdot M},$$



где $C_{ж}$ и $C_{т}$ — абсолютные содержания растворенных и взвешенных форм элемента; Q и M — мутность воды и сумма растворенных ионов, мг/л.

Наряду с коэффициентом обогащения, целесообразно применение и коэффициента фазового распределения элемента, расчет которого требует меньшей исходной информации:

$$K_{\phi} = \frac{C_{ж}}{C_{т}}$$

Значения коэффициентов K_0 и K_{ϕ} лежат в широком интервале ($n-n \cdot 10^{-3}$), поэтому удобнее пользоваться их показателями:

$$pK_0 = -\lg K_0 \text{ и } pK_{\phi} = -\lg K_{\phi}$$

Коэффициенты K_0 и K_{ϕ} тесно взаимосвязаны:

$$K_0 = \frac{C_{ж} \cdot Q}{C_{т} \cdot M} = K_{\phi} \cdot \frac{Q}{M}, \text{ а } pK_0 = pK_{\phi} - \lg \frac{Q}{M}$$

Величины pK_0 и pK_x (показатель водной миграции, рассчитанный по кларку) заметно различаются (табл. 1). Причина разности pK_0 и pK_x вызваны особенностью литологического состава региона, седиментационной сортировкой и поверхностными процессами, происходящими при транспортировке взвесей. В результате трансформации состав взвесей заметно отличается от первоисточников и среднего состава литосферы. Наибольшая разность $pK_0 - pK_x$ (0,42—0,83) наблюдается у элементов, активно участвующих в сорбционных процессах (Cu, Zn, Pb). Для элементов, в межфазном распределении которых поверхностные процессы не играют заметной роли (Al, Ti, Fe), разность $pK_0 - pK_x$ всего 0,05—0,09.

Таблица 1

Показатели коэффициентов обогащения, рассчитанные по кларку (pK_x) и по содержанию элементов во взвесах рек (pK_0)*

Элемент	Кларк элемент, та · 1000	Реки Грузии		Реки Уссурийского залива			Реки СССР			Реки мира			
		% во взвесах · 1000	pK_x	pK_0	% во взвесах · 1000	pK_x	pK_0	% во взвесах · 1000	pK_x	pK_0	% во взвесах · 1000	pK_x	pK_0
Al	8050	10200	2,63	2,73	—	—	—	—	—	—	8300	1,82	1,83
Ti	450	370	2,35	2,27	—	—	—	—	—	—	400	2,29	2,24
V	9	11	1,18	1,26	—	—	—	10,2	0,71	0,76	12,6	1,07	1,21
Cr	8,3	17	1,20	1,59	5,7	1,44	1,28	—	—	—	13	1,03	1,23
Mn	100	480	1,08	1,76	117	1,12	1,19	180	0,84	1,10	110	1,11	1,16
Fe	4650	6000	1,93	2,04	3550	2,06	1,94	—	—	—	5100	1,17	1,21
Ni	5,8	4,6	0,49	0,38	13,4	0,92	1,28	10,1	0,45	0,70	8,4	0,48	0,64
Cu	4,7	30	0,25	1,06	13,5	0,56	1,02	7,1	-0,16	0,02	8,3	-0,06	0,17
Zn	8,3	—	—	—	125	-0,76	0,42	135	0,43	0,79	31	-0,29	0,30
Pb	1,6	3,2	0,52	0,82	26,2	-0,47	0,75	11,5	0,32	1,17	14,7	0,32	1,26

* Для рек Грузии pK_x и pK_0 рассчитаны по собственным данным, для других регионов — по [3—8].

Кроме природы элементов, разность $pK_0 - pK_x$ зависит также от обширности региона наблюдения. С увеличением региона сглаживаются литологические особенности локальных участков, составы взвесей усредняются и приближаются к среднехимическому составу литосферы.

ры. В результате этого разность $rK_0 - rK_x$ уменьшается. Так, для рек Уссурийского залива, СССР и мира она в среднем составляет 0,51, 0,33 и 0,24 соответственно. Влияние эндемических факторов на $rK_0 - rK_x$ очевидно на примере марганца. По сравнению с другими регионами его содержание в породах и почвах Грузии завышено, в результате чего разность $rK_0 - rK_x$ достигает 0,68. В реках Уссурийского залива и мира $rK_0 - rK_x$ для марганца всего 0,05—0,07 (табл. 1).

Таблица 2

 rK_{Φ} для различных регионов рек

Элемент	Реки					
	Грузии	Черноморского бассейна	Уссурийского залива	Швейцарии	СССР	мира
Ti	2,18	2,44	—	—	—	2,83
V	1,49	1,35	—	—	1,24	1,81
Cr	1,56	1,39	1,06	1,40	—	1,82
Mn	1,66	1,45	0,97	1,61	1,70	1,75
Fe	2,40	2,47	1,69	2,49	2,30	1,79
Ni	0,65	1,01	1,05	—	1,06	1,24
Cu	0,72	0,69	0,86	—	0,44	0,77
Zn	—	0,81	0,33	—	0,69	0,90

Минерализация и мутность речных вод варьируют в широком интервале, что обуславливает колебание и отличие между rK_0 и rK_{Φ} . Для обширных регионов при достаточном количестве равномерно распределенных в пространстве и времени проб соотношение $M:Q$ стабильное и между rK_0 и rK_{Φ} устанавливается тесная связь. Поэтому rK_0 и rK_{Φ} однозначно характеризуют зависимость миграционной способности элемента от ионного потенциала (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициенты корреляции rK_0 и rK_{Φ} с ионными потенциалами

Реки	Катионы			Анионы		
	Количество элементов	rK_0	rK_{Φ}	Количество элементов	rK_0	rK_{Φ}
Грузии	13	0,84	0,83	8	-0,94	-0,95
Швейцарии	11	0,94	0,98	5	-0,97	-0,92
СССР	10	0,63	0,63	5	-0,78	-0,93
Мира	23	0,80	0,76	8	-0,83	-0,91

rK_0 и rK_{Φ} — относительные величины, характеризующие миграционную способность и межфазное распределение элементов в речных водах в данной конкретной ситуации. Однако близость этих величин для разноприродных регионов (табл. 1 и 2) показывает, что rK_0 и rK_{Φ} носят общий характер. Вероятно, их определяют не столь внешние, сколько внутренние факторы миграции. Это предположение подтверждается наличием тесной связи значений rK_0 и rK_{Φ} с ионными потенциалами (табл. 3).

Тбилисский государственный университет

(Поступило 30.12.1982)

ბ. სუპატაშვილი, ნ. გოლიადე

მდინარის წყლებში ელემენტების მიგრაციული უნარის შეფასება

რეზიუმე

მდინარის წყლებში ელემენტების მიგრაციული უნარის შეფასების მიზნით მოწოდებულია გამდიდრების კოეფიციენტი K_0 (წყლის გახსნილ ნაწილში და შეტივარებულ ნივთიერებებში ელემენტის პროცენტული კონცენტრაციების თანაფარდობა) და ფაზური განაწილების კოეფიციენტი K_{ϕ} (ელემენტის გახსნილი და შეტივარებული ფორმების აბსოლუტური კონცენტრაციების თანაფარდობა). ნაჩვენებია, რომ K_0 გათვლა კლარკების მიხედვით არასწორია, რადგან ამ შემთხვევაში რეგიონის ენდემური თავისებურებები ნიველირებულია. სხვადასხვა ხასიათის რეგიონებისათვის გათვლილი გამდიდრებისა და ფაზური განაწილების კოეფიციენტების მნიშვნელობები მცირედ განსხვავდებიან, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ მათ მიგრაციის შინაგანი ფაქტორები განსაზღვრავენ. ამით აიხსნება K_0 და K_{ϕ} მჭიდრო კორრელაციური კავშირი იონურ პოტენციალთან.

GEOCHEMISTRY

G. D. SUPATASHVILI, N. S. GOLIADZE

 ESTIMATION OF THE MIGRATORY ABILITY OF ELEMENTS
 IN RIVER WATERS

Summary

The coefficient of enrichment (C_0) and that of phase distribution (C_{ph}) are proposed with a view to quantitative estimation of the migratory ability of elements in river waters. The values of C_0 were calculated by the content of elements in the liquid phase and suspended substances of river waters. Calculations of C_0 by the percent content of elements leads to errors. The closeness of C_0 as well as of C_{ph} for different regions and their close connection with ionic potential indicates that the migratory ability of elements is determined by internal factors (characteristics of migrants).

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. И. Перельман. Геохимия. М., 1979.
2. П. А. Удодов, Ю. С. Париллов. Геохимия, № 8, 1961.
3. В. А. Чудаева, В. В. Гордеев, Л. С. Фомина. Геохимия, № 4, 1982.
4. Г. С. Коновалов, А. А. Иванова, Т. Х. Колесникова. Гидрохимические материалы, 42, 1966.
5. В. В. Гордеев, А. П. Лисицын. ДАН СССР, 238, № 1, 1978.
6. И. И. Овсяный. Сб. «Комплексное гидрофизическое и гидрохимическое исследование Черного моря». Севастополь, 1980.
7. И. И. Волков. Сб. «Проблемы литологии и геохимии осадочных пород и руд». М., 1975.
8. V. G. Bart, H. R. Gunten. Schweiz. Z. Hydrol., v. 39, № 2, 1977.

РАЗРАБОТКА И ОБОГАЩЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИИ

В. Э. ХИТАРИШВИЛИ, И. А. ДИДЕБУЛИДZE

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ БУРЕНИЯ РАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАЛОГЛИНИСТЫХ РАСТВОРОВ
В УСЛОВИЯХ ГРУЗИИ**

(Представлено академиком А. А. Дзидзигури 6.4.1983)

При алмазном бурении скважин в настоящее время используются в основном глинистые растворы с большим содержанием твердой фазы, обрабатываемые в целях улучшения их технологических параметров различными химреагентами.

При использовании этих растворов, обладающих значительной вязкостью, в условиях высоких скоростей вращения бурового снаряда возникают большие силы граничного трения в системе «буровая колонна — скважина».

В целях предотвращения подобного явления в настоящее время наблюдается тенденция к созданию и использованию нового типа промывочных жидкостей со сниженным содержанием твердой фазы — так называемых малоглинистых растворов, на основе полимерных и смазочных добавок [1—3].

Эти растворы позволяют значительно снизить гидравлические сопротивления в условиях бурения скважин породоразрушающим инструментом малых диаметров, особенно на высоких скоростях вращения бурового снаряда и, в результате, повысить механическую скорость, а также производительность буровых работ.

В целях разработки рациональной технологии на Маднеульско-Поладаурском меднорудном месторождении проведены производственные исследования процессов бурения с использованием малоглинистых растворов при бурении скважин, разрез которых сложен в основном слаботрещинноватыми породами VIII—X категории по буримости. Применялись импрегнированные алмазные коронки.

Оптимальные параметры режимов определялись из расчета достижения максимальной механической скорости бурения при минимальном расходе алмазов на метр проходки скважин.

На рис. 1 показана зависимость механической скорости бурения от диаметра алмазных коронок типа 02ИЗ в породах VIII—X категории по буримости при заданных скоростях вращения бурового снаряда и дается выбор оптимальных осевых нагрузок в данных режимных условиях, при расходах нормального глинистого и малоглинистого растворов: для коронок 76 мм 60—70 л/мин, для коронок 59 мм 40—50 л/мин.

Из полученных зависимостей следует, что при изменении скоростей вращения бурового снаряда от 277 до 470 об/мин, при использова-

нии нормального глинистого раствора, максимальная механическая скорость бурения может быть достигнута: для коронок диаметром 76 мм — при оптимальной осевой нагрузке 1100 кгс, а для диаметра 59 мм — до 900 кгс.

При бурении с использованием нормального глинистого раствора и повышении скорости вращения до 600 об/мин, механическая скорость возрастает медленнее, при этом снижается проходка за рейс, а удельный расход алмазов заметно увеличивается.

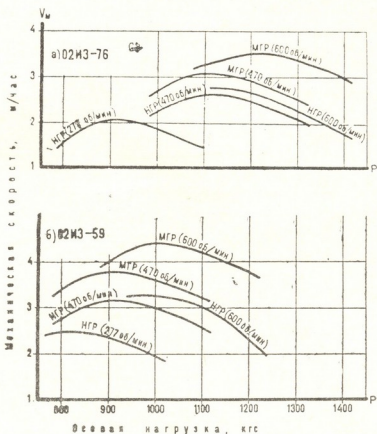


Рис. 1. К выбору оптимальной осевой нагрузки (P) при бурении алмазными коронками 02ИЗ диаметром 76—59 мм в условиях различных скоростей вращения, при использовании нормальных глинистых (НГР) и малоглинистых (МГР) растворов

С использованием малоглинистого раствора создаются условия для дальнейшего форсирования параметров режима бурения, в частности, оптимальные нагрузки на породоразрушающий инструмент могут быть повышены для диаметров коронок 59—76 мм, при вращении снаряда со скоростью 600 об/мин до 1000—1200 кгс.

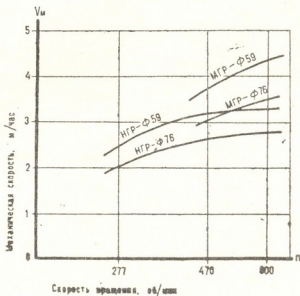
В условиях полученных оптимальных нагрузок проведены исследования зависимости механической скорости V_m от скорости вращения n , показанные на рис. 2.

С заменой нормального глинистого раствора малоглинистым, при скоростях вращения порядка 470—600 об/мин, механическая скорость бурения увеличивается для коронок диаметром 76 мм на 14—28%, для 59 мм на 16—34%.

При этом удельный расход алмазов и проходка за рейс остаются практически на том же уровне как при бурении с использованием нормальных глинистых растворов, при скоростях вращения до 470 об/мин.

На основании проведенных исследований можно сделать следующий вывод: применение малоглинистых растворов при бурении разведочных скважин в условиях Маднеули-Поладаурской рудной зоны при высоких скоростях вращения бурового снаряда является весьма эффективным и может служить одним из факторов значительного повышения производительности буровых работ.

Рис. 2. Зависимость механической скорости бурения (V_M) от скорости вращения бурового снаряда (n) и типа промывочной жидкости: НГР— нормальный глинистый раствор, МГР — малоглинистый раствор



Экономический эффект от использования малоглинистого раствора в условиях Малокавказской КГЭ при объеме 12 тыс. м проходки составил 25800 руб.

Грузинский политехнический институт
имени В. И. Ленина

(Поступило 15.4.1982)

საბადოთა ღამუშავება და გამდიდრება

3. ხითარმზილი, ი. დიდუბულიძე

თიხამცირე ხსნარების გამოყენების ეფექტურობა საძიებო
ჭაბურღილების ბურღვისას საპარტველოს პირობებში

რეზიუმე

განხილულია პოლიმერული და შემზეთავი დანამატებით დამზადებული თიხამცირე ხსნარების გამოყენების და საძიებო ჭაბურღილების ბურღვის ეფექტურობაზე ზეგავლენის საწარმოო გამოკვლევების შედეგები.

EXPLOITATION OF DEPOSITS AND CONCENTRATION

V. E. KHITARISHVILI, I. A. DIDEBULIDZE

THE EFFICIENCY OF DRILLING PROSPECTING HOLES BY USING
WEAK DRILLING MUD IN GEORGIA

Summary

The results of industrial investigations of the efficiency drilling prospecting holes by using weak drilling mud on the basis of polymers and oiling additions are considered. The investigations were carried out at Madneuli-Poladauri copper deposits.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. Э. Хитаршвили, В. А. Сванидзе, И. А. Дидебулидзе. ГрузНИИНТИ, сер. Геология, вып. 5, Тбилиси, 1981.
2. В. П. Нефедов, Ю. П. Яковлев, И. А. Шадрин. Разведка и охрана недр, № 8, 1979.
3. Р. Н. Тевзадзе, В. А. Сванидзе, И. А. Дидебулидзе, В. Э. Хитаршвили. ГрузНИИНТИ, сер. Геология, вып. 1. Тбилиси, 1979.

РАЗРАБОТКА И ОБОГАЩЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИИ

С. Л. БОЛКВАДЗЕ, З. Б. ЛЕБАНИДЗЕ, Б. З. ГВРИТИШВИЛИ,
 Ш. И. ОНИАНИ

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ
 ПОЛОГО ГОРНОГО МАССИВА В УСЛОВИЯХ РАДИАЛЬНОГО
 ИЗМЕНЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

(Представлено академиком А. А. Дзидзигури 9.12.1982)

В настоящее время при расчете вентиляции глубоких шахт теплофизические свойства горных пород принимаются постоянными во времени и пространстве. В реальных условиях вокруг выработок всегда образуются зоны неупругих деформаций, вызывающие перераспределение тепловых свойств окружающих горных пород. Это вызывает изменение температурного поля окружающего массива и теплового режима выработок. Поэтому для достоверного прогноза теплового режима глубоких шахт необходимо знание реального распределения температуры на поверхности теплообмена и в окружающем массиве горных выработок.

Нами задача аналитического построения температурного поля горного массива вокруг выработки решена при постоянной и изменяющейся в радиальном направлении теплопроводности горных пород и постоянной и изменяющейся во времени (по гармоническому закону) температуре рудничного воздуха.

Математическая запись поставленной задачи имеет вид [1]

$$c\gamma \frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\partial t}{\partial R} \frac{\partial \lambda}{\partial R} + \lambda \left(\frac{\partial^2 t}{\partial R^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial t}{\partial R} \right); \quad (1)$$

$$t = t_n, \text{ при } \tau = 0; \quad (2)$$

$$t \rightarrow t_n, \text{ при } R \rightarrow \infty, \tau > 0; \quad (3)$$

$$\lambda \frac{\partial t}{\partial R} + \alpha |t - t_n| = 0 \text{ при } R = R_0; \quad (4)$$

$$\lambda \frac{\partial t}{\partial R} + \alpha [t - (t_{cp}^n + \Delta t \sin \omega \tau)] = 0. \quad (4a)$$

Теплопроводность горных пород λ в радиальном направлении изменяется по следующему закону.

$$\lambda = \begin{cases} A + BR, & 0 \leq R \leq 4, \\ \text{const}, & 4 < R \leq \infty. \end{cases} \quad (5)$$

В приведенных выражениях Δt — амплитуда годового колебания; t_n — температура горного массива; t_{cp}^n — среднегодовая температура рудничного воздуха; c — удельная массовая теплоемкость; γ — плотность; α — коэффициент теплоотдачи; A, B — постоянные величины.



Поставленная задача нами решена методом сеток. Построенная для этого полярная сетка приведена на рис. 1.

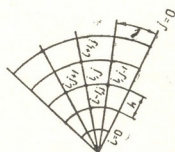


Рис. 1. Полярная сетка

Заменяя в вышеприведенных выражениях частные производные по формулам (2)

$$\frac{\partial t_{i,j}}{\partial \tau} = \frac{t_{i,j+1} - t_{i,j}}{l} + \varepsilon_1, \quad (6)$$

$$\frac{\partial t_{i,j}}{\partial R} = \frac{t_{i+1,j} - t_{i,j}}{h} + \varepsilon_2, \quad (7)$$

$$\frac{\partial \lambda_i}{\partial R} = \frac{\lambda_{i+1} - \lambda_i}{h} + \varepsilon_3, \quad (8)$$

$$\frac{\partial^2 t_{i,j}}{\partial R^2} = \frac{t_{i-1,j} - 2t_{i,j} + t_{i+1,j}}{h^2} + \varepsilon_4 \quad (9)$$

и отбрасывая бесконечно малые величины $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4$, получаем следующее арифметическое соотношение для определения $\theta_{i,j}$:

$$\theta_{i,j} = \frac{\lambda_{i1}}{c\gamma h^2} \theta_{i-1,j-1} + \frac{ic\gamma h^2 - il\lambda_{2,i} - il\lambda_i - l\lambda_i}{ic\gamma h^2} \theta_{i,j-1} + \frac{il\lambda_{2,i} + l\lambda_i}{ic\gamma h^2} \theta_{i+1,j-1}, \quad (10)$$

где $\theta_{i,j}$ — приближенное значение температуры $t_{i,j}$ в том же узле полярной сетки (ih, jl) .

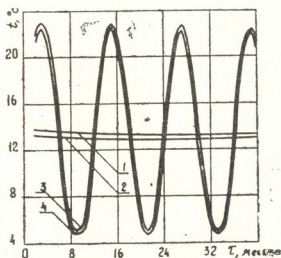


Рис. 2. Распределения температуры на поверхности теплообмена

1. $t^0 = \text{const}, \lambda = \text{const}$;
2. $t^0 = \text{const}, \lambda \neq \text{const}$;
3. $t^0 \neq \text{const}, \lambda = \text{const}$;
4. $t^0 \neq \text{const}, \lambda \neq \text{const}$.

Граничные условия (4) и (4а) принимают вид

$$\theta_{0,j} = \frac{\lambda_0 \theta_{1,j} + h \alpha t_b}{h \alpha + \lambda_0}, \quad (11)$$

$$\theta_{0,j} = \frac{\lambda_0 \theta_{1,j} + h\alpha (t_{cp}^n + \Delta t \sin \omega j l)}{h\alpha + \lambda_0}, \quad (11a)$$

в узлах $j=0$

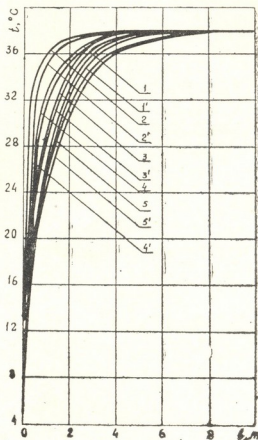
$$\theta_{1,0} = t_n, \quad (12)$$

в узлах $j=n$

$$\theta_{n,j} = t_n. \quad (13)$$

Рис. 3. Распределения температуры в окружающем массиве горных выработок

1. $f^n = \text{const}, \lambda \neq \text{const}, \tau = 36$ месяцев;
- 1'. $f^n = \text{const}, \lambda = \text{const}, \tau = 36$ месяцев;
2. $f^n = \text{const}, \lambda \neq \text{const}, \tau = 2$ месяцев;
- 2'. $f^n = \text{const}, \lambda = \text{const}, \tau = 2$ месяцев;
3. $f^n = \text{const}, \lambda \neq \text{const}, \tau = 12$ месяцев;
- 3'. $f^n = \text{const}, \lambda = \text{const}, \tau = 12$ месяцев;
4. $f^n \neq \text{const}, \lambda \neq \text{const}, \tau = 8$ месяцев;
- 4'. $f^n \neq \text{const}, \lambda = \text{const}, \tau = 8$ месяцев;
5. $f^n \neq \text{const}, \lambda \neq \text{const}, \tau = 48$ месяцев;
- 5'. $f^n \neq \text{const}, \lambda = \text{const}, \tau = 48$ месяцев



Нами, на ЭВМ «Наири-2» была составлена программа для решения поставленной задачи. Результаты расчета хорошо согласуются с данными электрического моделирования на интеграторе «БУСЭ-70» (рис. 2 и 3).

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

(Поступило 24.12.1982)

საბაღოთა დამუშავება და გამდიდრება

ს. ბოლქვაძე, ზ. ლეზანიძე, ბ. ბერიტოშვილი, შ. ონიანი

ღრუ სამთო მასივის არასტაციონარული სითბოგამტარობის ამოცანის ამოხსნა თბოფიზიკური თვისებების რადიალური ცვლილებების პირობებში

რეზიუმე

სასრულო სხვაობათა მეთოდით შესწავლილია გვირაბის გარემომცველ სამთო მასივისა და თბოგაცემის ზედაპირის ტემპერატურათა ველები. ნაჩვენებია მასივის ტემპერატურათა ველზე მდაროს ჰაერის ტემპერატურის პერიოდული და ქანების სითბოგამტარობის კოეფიციენტის რადიალური მიმართულებით ცვლილების გავლენა.

S. L. BOLKVADZE, Z. B. LEBANIDZE, B. Z. GVRITISHVILI,
Sh. I. ONIANI

THE SOLUTION OF THE PROBLEM OF THE NON-STATIONARY
HEAT CONDUCTION OF A HOLLOW ROCK MASS UNDER
CONDITIONS OF RADIAL VARIATION OF THERMAL
PROPERTIES

Summary

The problem of building the temperature field over the heat exchange surface and in the surrounding rock mass of workings in conditions of constant and variable mine-air temperature has been solved by the net-point method. An analogous problem has been solved by mathematical modelling. The results obtained by various methods show good agreement.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. О. А. Кремнев. Автореферат докт. дисс. Киев, 1959.
2. П. П. Юшков. Труды Ленингр. технолог. ин-та холодильной промышленности, т. XIV, 1956.

РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ОБОГАЩЕНИЕ

Л. И. МАХАРАДЗЕ

ВЛИЯНИЕ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ УДАРОВ
 НА ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ ДАВЛЕНИЙ
 В НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ ГИДРОТРАНСПОРТНЫХ
 СИСТЕМ

(Представлено академиком А. А. Дзидзигури 15.9.1983)

На закономерность распределения давлений по магистрали напорных многоступенчатых гидротранспортных систем с центробежными грунтовыми насосами, при аварийном выключении промежуточного насоса, существенно влияют наличие средств гашения гидравлических ударов и инерционность системы насос-электродвигатель.

С целью определения этой закономерности нами составлена математическая модель, учитывающая указанные факторы, которая представляется в следующем виде:

$$-\frac{\partial P}{\partial x} = 2C\rho v + \frac{\partial(\rho v)}{\partial t} -$$

$$- P_1 \exp\{-\nabla(t-t_3)\sigma(t-t_3)\} \cdot \delta(x-x_1) - \sum_{i=4}^n P_i \delta(x-x_i)\sigma(t-t_i); \quad (1)$$

$$-\frac{1}{a^2} \frac{\partial P}{\partial t} = -\frac{\partial(\rho v)}{\partial x} + \frac{G}{\omega} \sigma(t-t_3)\sigma(x-x_2).$$

где P — давление, Па; v — скорость движения потока гидросмеси, м/с; ρ — плотность гидросмеси, кг/м³; a — скорость распространения волны гидравлического удара в трубопроводе, м/с; x — месторасположение насосов по магистрали, м; $2C = \left(\frac{\lambda v}{2D}\right)_{cp}$ — коэффициент линеаризации; λ — коэффициент линейного сопротивления трубопровода; D — диаметр трубопровода; L — длина трубопроводной магистрали, м; ω — площадь поперечного сечения трубопровода, м²; G — количество гидросмеси, выпускаемой из трубопровода при срабатывании гасителя разгружающего типа, в единицу времени, кг/с·м; $\delta(x-x_i)$ — функция Дирака; $\sigma(t-t_i)$ — функция Хевисайда; t_3 — время выключения первого промежуточного насоса, с; x_2 — месторасположение первого промежуточного насоса, м.

В рассматриваемом случае имеем следующие начальные

$$P(x, 0) = \begin{cases} P_0 \left(1 - \frac{x}{x_1}\right) & \text{если } 0 \leq x < x_1, \\ P_1 \frac{L-x}{L-x_1} & \text{если } x_1 \leq x \leq L, \end{cases} \quad (2)$$

$$v(x, 0) = v_0.$$



и граничные условия

$$v(L, t) = v_0; P(l_1, t) = (l_2, t);$$

$$P(0, t) = P_0; v(l_1, t) = v(l_2, t) + K_1 \frac{\partial P(l, t)}{\partial t}, \quad (3)$$

где K_1 — параметр, учитывающий демпфирующие свойства гасителя гидравлических ударов с упругим рабочим органом, заполненным воздухом,

$$K_1 = \frac{V_{oi}}{P_{i0}} \frac{1}{\omega}, \quad (4)$$

P_{oi} — давление в магистрали при установившемся режиме в сечении установки i -го гасителя, Па; V_{oi} — объем воздуха — основного демпфирующего элемента в гасителе, м³; l_1 и l_2 — расстояния от начала магистрали до сечений трубопровода, примыкающих соответственно к начальной и конечной точкам входного патрубка гасителя, м.

Решение системы уравнений (1) методом преобразований Лапласа, при начальных (2) и граничных (3) условиях, когда $0 \leq x \leq l$, имеет вид

$$P(x, t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{-c-i\infty}^{-c+i\infty} \left\{ 2 A_1(\alpha) \Delta \operatorname{sh} \Delta x + \exp\{\Delta x\} \Phi'(0, \alpha) - F'(0) \right\} - \\ - [\operatorname{ch} \Delta(x-x_1)] P_1 \frac{\alpha + \nabla(1 - \exp\{-\alpha t_3\})}{\alpha(\nabla + \alpha)} - \frac{1}{\Delta} [\operatorname{sh} \Delta(x-x_2)] \left(\frac{2CG \exp\{-\alpha t_3\}}{\omega \alpha} + \right. \\ \left. + \frac{G \exp\{-\alpha t_3\}}{\omega} \right) + \left(\frac{2C\rho v}{\alpha \Delta} - \frac{P_0}{x_1 \Delta \alpha} \right) \operatorname{sh} \Delta x \left\} \exp\{\alpha t\} d\alpha + P'(x, 0); \quad (5)$$

когда $l < x \leq L$

$$P(x, t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{-c-i\infty}^{-c+i\infty} \left\{ A_1(\alpha) \times \right. \\ \times \frac{\Delta(\exp\{\Delta(2l-x)\} - \exp\{\Delta(2x-2L)\} + \exp\{\Delta(x-2L+2l)\} - \exp\{-\Delta x\})}{1 + \exp\{2\Delta(l-L)\}} + \\ + \exp\{-\Delta x\} \frac{\Phi(0, \alpha) - F'(0)}{\exp\{-2\Delta l + \exp\{-2\Delta L\}\}} + \exp\{\Delta x\} \frac{\Phi'(0, \alpha) - F'(0)}{1 + \exp\{2\Delta(L-l)\}} - \\ - \exp\{-\Delta x\} \frac{[\Phi(L, \alpha) - F(L)]}{\exp\{\Delta(L-2l)\} + \exp\{-\Delta L\}} + \\ + \exp\{\Delta x\} \frac{\Delta[\Phi(L, \alpha) - F(L)]}{\exp\{\Delta L\} + \exp\{\Delta(2l-L)\}} - [\operatorname{ch} \Delta(x-x_1)] \frac{P_e \exp\{-\alpha t_3\}}{\nabla + \alpha} - \\ - \frac{1}{\Delta} [\operatorname{sh} \Delta(x-x_2)] \left(\frac{2CG \exp\{-\alpha t_3\}}{\omega \alpha} + \frac{G \exp\{-\alpha t_2\}}{\omega} \right) + \\ \left. + \left[\frac{2C\rho v}{\alpha \Delta} - \frac{P_0}{x_1 \alpha \Delta}, \text{ при } 0 \leq x < x_1 \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{2C\rho v}{\alpha \Delta} - \frac{P_1}{(L-x_1)\alpha \Delta}, \text{ при } x_1 \leq x \leq L \right] \operatorname{sh} \Delta x \right\} \exp\{\alpha t\} d\alpha + P'(x, 0), \quad (6)$$

$$\text{где } A_1(\alpha) = \frac{A_1}{A_1''}; \quad (7)$$

$$A' = \left[\frac{1}{\Delta} F'(0) - \frac{1}{\Delta} \Phi'(0, \alpha) \right] \left\{ (1 + K_1 \Delta) \exp \{ \Delta l \} [1 + \operatorname{ch} 2\Delta (L-l)] + \right. \\ \left. + \frac{1}{2} [\exp \{ \Delta (2L-l) \} - \exp \{ \Delta (3l-2L) \}] \right\} - K_1 F'(l) [1 + \operatorname{ch} 2\Delta (L-l)] - 2[F(L) - \\ - \Phi(L, \alpha)] \operatorname{ch} (L-l); \quad (8)$$

$$A_1' = 2[1 + \operatorname{ch} 2\Delta (L-l)] (\operatorname{ch} \Delta l + K_1 \Delta \operatorname{sh} \Delta l) + \operatorname{ch} \Delta (2L-l) - \operatorname{ch} \Delta (2\alpha-3l); \quad (9)$$

$$F'(0) = -(\operatorname{ch} \Delta x_1) \frac{P_1 \exp \{ -\alpha t_3 \}}{\nabla + \alpha} + \frac{1}{\Delta} \operatorname{sh} \Delta x_2 \times \\ \times \left(\frac{2CG \exp \{ -\alpha t_3 \}}{\omega \alpha} + \frac{G \exp \{ -\alpha t_3 \}}{\omega} \right); \quad (10)$$

$$F(l) = -\frac{1}{2} [\operatorname{sh} \Delta (l-x_1)] \frac{P_1 \exp \{ -\alpha t_3 \}}{\Delta + \alpha} - \\ - \frac{1}{\Delta^2} \operatorname{ch} \Delta (l-x_2) - 1 \left(\frac{2CG \exp \{ -\alpha t_3 \}}{\omega \alpha} + \frac{G \exp \{ -\alpha t_3 \}}{\omega} \right); \quad (11)$$

$$F'(l) = -[\operatorname{ch} \Delta (l-x_1)] \frac{P_1 \exp \{ -\alpha t_3 \}}{\nabla + \alpha} - \\ - \frac{1}{\Delta} [\operatorname{sh} \Delta (l-x_2)] \left(\frac{2CG \exp \{ -\alpha t_3 \}}{\omega \alpha} + \frac{G \exp \{ -\alpha t_3 \}}{\omega} \right) + \\ + \left[\frac{2C\rho v}{\alpha \Delta} - \frac{P_0}{x_1 \alpha \Delta}, \text{ при } 0 \leq l \leq x_1 \right. \\ \left. \frac{2C\rho v}{\alpha \Delta} - \frac{P_1}{(L-x_1)\alpha \Delta}, \text{ при } x_1 \leq l \leq L \right] \operatorname{sh} \Delta l; \quad (12)$$

$$F(L) = -\frac{1}{\Delta} [\operatorname{sh} \Delta (L-x_1)] \frac{P_1 \exp \{ -\alpha t_3 \}}{\nabla + \alpha} - \\ - \frac{1}{\Delta^2} [\operatorname{ch} \Delta (L-x_2) - 1] \left(\frac{2CG \exp \{ -\alpha t_3 \}}{\omega \alpha} + \frac{G \exp \{ -\alpha t_3 \}}{\omega} \right) + \\ + \left[\frac{2C\rho v}{\alpha \Delta^2} - \frac{P_1}{(L-x_1)\alpha \Delta^2} \right] (\operatorname{ch} \Delta L - 1); \quad (13)$$

$$\Phi(\alpha, L) = 0. \quad (14)$$

В системе (1) и решении (6) $\Delta = \frac{2}{T}$ (T — отрезок времени, отсекаемый на оси t касательной к кривой изменения оборотов вращения системы насос-электродвигатель, $1/c$).

Анализ проведенных исследований показывает, что на закономерность изменения давления на всасывающем трубопроводе промежуточного насоса в процессе его выключения при работающем головном насосе существенно влияют на наличие гасителя гидравлического уда-

ра, так и инерционность системы насос-электродвигатель, а результаты теоретических расчетов хорошо совпадают с экспериментальными данными.

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

(Поступило 15.9.1983)

საბადოთა დამუშავება და გამდიდრება

ლ. მახარაძე

ჰიდროავლიკური დარტყმებისაგან დამცავი საშუალებების გავლენა
 ჰიდროსატრანსპორტო სადენეო მილსადენებში წნევის
 განაწილების კანონზომიერებაზე

რეზიუმე

მოცემულია ჰიდროსატრანსპორტო სისტემების სადენეო მილსადენებში გარდამავალი პროცესის თეორიული ანალიზი, როდესაც დანადგარები აღჭურვილია ჰიდროავლიკური დარტყმების მადემფირებელი მოწყობილობებით. განხილულია საშუალოდ ტუმბოების რეჟიმის დარღვევის შემთხვევა. თეორიული გათვლის შედეგები შედარებულია ექსპერიმენტების მონაცემებთან.

EXPLOITATION OF DEPOSITS AND CONCENTRATION

L. I. MAKHARADZE

THE EFFECT OF THE WATER HAMMER ALLEVIATOR ON
 THE REGULARITY OF PRESSURE CHANGE IN THE PRESSURE
 PIPELINES OF HYDROTRANSPORT SYSTEMS

Summary

A theoretical analysis is given of the transient process in a hydrotransport pressure pipeline, the latter being equipped with a water hammer alleviator. The case of a breakdown of the regime of an intermediate pump is considered. The results of a theoretical calculation are compared with experimental data.

МЕТАЛЛУРГИЯ

Ф. Н. ТАВАДЗЕ (академик АН ГССР), Б. Г. АМАГЛОБЕЛИ,
 Г. В. ИНАНИШВИЛИ

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БУЛАТНОЙ СТАЛИ

Холодное оружие, изготовленное из булатной стали, славилось высокой упругостью, твердостью острия и своеобразным стойким узором на отполированной поверхности клинка.



Рис. 1. Микроструктура булатной стали $\times 100$

Изучение механических свойств булатной, высокоуглеродистой стали без каких-либо легирующих примесей [1—3], анализ зависимости этих свойств особенностей ее структуры и термической обработки представляет интерес для современной металлургии.

Образец, №	Содержание углерода, %	Механические свойства образцов							
		продольные				поперечные			
		σ_B	$\sigma_{0.2}$	δ	ψ	σ_B	$\sigma_{0.2}$	δ	ψ
		кг/мм ²		%		кг/мм ²		%	
1	1,17	70	46	17	28	56	43	23	43
2	1,37	74	55	10	22	60	45	14	23
3	1,38	77	58	8	24	59	53	9	22
4	1,46	88	59	5	17	84	58	4	14
5	1,50	66	48	10	16	63	41	10	11

Объектами исследования были образцы древних булатных изделий, а также материал из лабораторных плавок.

При содержании углерода $\sim 1,1$ — $1,5\%$ в булатной стали характерный внешний признак — узор — образуется при ковке с помощью карбидов железа (Fe_3C), неоднородно распределенных в сплаве $\text{Fe}-\text{C}$, имеющих соответствующую морфологию, полученную в зависимости от режимов ТМО.

В условиях медленного охлаждения и последующей обработки размер отдельных заэвтектоидных карбидов и расстояние между ними структурно не превышает 40 — 50 мкм (рис. 1), что значительно меньше, чем разрешающая способность невооруженного глаза (~ 200 мкм) [4]. Поэтому карбидные коллоны воспринимаются, как цельные полосы прослойки, которые расположены в матрице на расстоянии 200 — 1000 мкм, они становятся видимыми на поверхности металла.

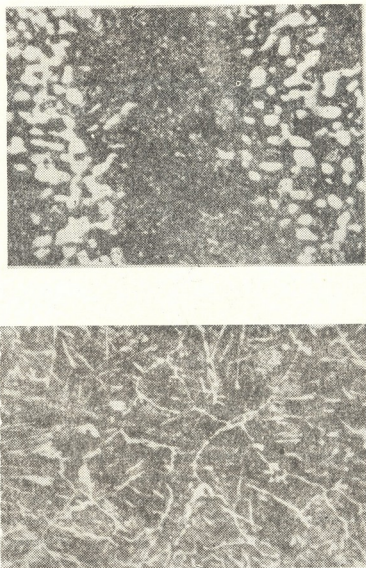


Рис. 2. Микроструктура булатной стали ($1,38\% \text{C}$): а — температура аустенизации 800°C , б — температура аустенизации $1020^\circ\text{C} \times 500$

Для определения свойств при неоднородной степени деформации булатного материала образцы для механических испытаний вырезались как в продольном, так и в поперечном сечении изделия.

Прочностные свойства при растяжении изучались на машине «Инстрон» со скоростью деформации $\dot{\epsilon} = 10^{-3}$ сек $^{-1}$. Были исследованы образцы с разным содержанием углерода, характерные из них приводятся в таблице.

С целью установления режима термической обработки исходного материала была построена термокинетическая диаграмма булатной стали (C—1,38; Mn—0,018; Si—0,39; P—0,113; S—0,017). В зависимости от характера структуры булата выбирались разные температуры аустенизации: 800°C для частичной и 1020°C для полной аустенизации. Структурные изменения стали в зависимости от скорости охлаждения

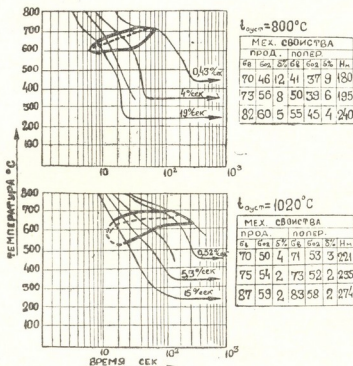


Рис. 3. Термокинетическая диаграмма булатной стали

и кинетическая диаграмма приводятся на рис. 2 и 3. При увеличении скорости охлаждения булатной стали протекает мартенситное превращение, что способствует охрупчиванию материала [5]. В образцах часто наблюдается наличие закалочной трещины (рис. 4), которая развивается на грани матрицы — избыточной фазы.



Рис. 4. Закалочная трещина (температура закалки 850°C)
×800

Сопоставление результатов механических испытаний с данными структурного исследования образцов, в сочетании с термокинетиче-

скими показателями диаграммы, дает возможность определить режимы термической обработки булатной стали.

Температура аустенизации 800°C является верхним пределом горячей обработки булатной стали, при котором исключено растворение вторичных карбидов, выходящих на кромку режущей части клинка, увеличивающих износостойкость и режущую способность изделия.

В связи с охрупчиванием материала закалка на мартенсит с последующим отпуском нецелесообразно.

Оптимальным является скорость охлаждения $V = 15 \div 20^{\circ}/\text{сек}$, структура матрицы сорбит-троостит, при сравнительно высокой твердости, упругости и вязкости стали.

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

(Поступило 30.6.1983)

მეტალურგია

ფ. თაბაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), ბ. ამალოზბელი,
 გ. ინანიშვილი

ბულატის ფოლადის მექანიკური თვისებები

რეზიუმე

შესწავლილია უძველესი ბულატის ფოლადის ზოგიერთი მექანიკური თვისება. დადგენილია ამ ტიპის ფოლადისათვის თერმული დამუშავების ოპტიმალური სქემა.

METALLURGY

F. N. TAVADZE, B. G. AMAGLOBELI, G. V. INANISHVILI
 MECHANICAL PROPERTIES OF DAMASCUS STEEL

Summary

Some mechanical properties of ancient Damascus steel have been investigated. An optimal heat-treatment scheme has been established for steels of this type

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. П. П. Аносов. Сборник Сочинений. М., 1954.
2. J. Wadsworth, O. D. Sherby. Progr. Mater. Sci., 25, № 1, 1980, 35-68.
3. ფ. თაბაძე, გ. ინანიშვილი, თ. ეთერაშვილი, ბ. ამალოზბელი. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის შოამბე, 108, № 1, 1982.
4. Лаборатория металлографии. Под ред. Б. Г. Лившиц. М., 1957.
5. Фрактография и атлас фрактограмм. Под ред. М. Л. Берштейн. М., 1982.

Л. И. ТРУСОВ, В. Н. ЛАПОВОК, Т. П. ГЕЛЕЙШВИЛИ,
М. В. КВЕРНАДЗЕ

ОБ ОЦЕНКЕ ПОЛНОТЫ ПОКРЫТИЯ ПРИ СОЗДАНИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРОШКОВ

(Представлено академиком И. Г. Гвердцители 31.12.1982)

1. В последние годы все более широкое применение находят композиционные порошковые материалы, представляющие собой объекты, сформированные из порошков, как правило, тугоплавких материалов, плакированных слоем другого металла, например никеля. Наличие плакирующих слоев из относительно более легкоплавкого металла позволяет существенно снижать термодинамическую интенсивность (температуру, давление) процессов обработки таких порошков, например прессования, прокатки, спекания, и расширяет возможности порошкومتаллургической технологии [1—3].

При разработке технологии плакирования, в частности методами автоклавной гидрометаллургии (восстановлением металла из раствора его солей водородом под давлением), важно уметь контролировать параметры плакирующего слоя (состав, толщину, степень полноты покрытия и т. п.). Это важно как для отработки технологических режимов, так и потому, что для различных приложений требуются покрытия различной сплошности, толщины и структуры.

В данной заметке обсуждается возможность применения современных методов исследования для оценки характера плакирующего слоя и предлагается методика, основанная на сочетании методов рентгено- и электронографии, а также электронной спектроскопии.

2. Для оценки степени и толщины покрытия порошка целесообразно применять сочетание методов, позволяющих осуществлять различную глубину анализа. Если для порошков с размерами 0,1—10 мкм рентгеновская дифракция позволяет проводить фазовый анализ объема этих порошков, то электронография дает возможность информации о структуре приповерхностного слоя толщиной до 0,1 мкм, причем в случае малоуглового рассеяния глубина слоя зависит от энергии электронов пучка [4]. Глубина анализа методом электронной спектроскопии в случае Оже-электронной спектроскопии (ОЭС) составляет в среднем до 10 \AA , а в случае рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФС) — до 30 \AA .

Можно представить следующие ситуации, отвечающие различному характеру покрытия порошка-основы (I) и плакирующего слоя (материал II). Наличие фазы (элемента) на рентгенограмме (РГ), электронограмме (ЭГ), спектре Оже-электронов (ОЭС) или рентгеновских фотоэлектронов (РФС) отмечено знаком плюс, а отсутствие — знаком минус в табл. 1.

3. Экспериментально были исследованы порошки вольфрама, титана, нитрида бора, оксидов циркония и кремния, плакированные никелем.

Средний размер порошков составлял 10—100 мкм. Предварительная оценка наличия плакирования и выбор соответствующих техно-

логических режимов делались с помощью метода сканирующей электронной микроскопии. Затем плакированные порошки исследовались на рентгеновском дифрактометре ДРОН-2 и электронном спектрометре фирмы «Вариан». РФС снимались в режиме работы с высокоинтенсивным магниевым анодом и энергетическим разрешением $\sim 1,6$ эВ. Давление в камере спектрометра не превышало $4 \cdot 10^{-7}$ торр.

Таблица 1

Метод исследования	I		II		I		II	
РГ	+	+	+	+	+	-	+	-
ЭГ	-	+	+	+	-	+	+	-
РФС	-	+	+	+	-	+	+	+
ОЭС	-	+	+	+	-	+	+	+
Характер плакирующего слоя	Сплошной, толстый (не менее 200 Å)		Толстый, несплошной (островковый)		Тонкий, сплошной		Тонкий, несплошной	

Для съемки порошки наносились на полиэтиленовую подложку в отдельном аргоновом боксе. Хранение образцов, а также их транспортировка в камеру спектрометра осуществлялись при помощи специально сконструированного приспособления в атмосфере аргона. Аналогичные меры принимались в условиях сверхвысоковакуумной съемки ОЭС.

В табл. 2 представлены данные, характеризующие качественный элементный анализ и относительное содержание элементов в поверхностных слоях порошков.

Таблица 2

Исследование методом РФС и Оже-спектроскопии плакирования ультрадисперсных частиц

Системы	Относительная концентрация основных элементов, ат	О ат.	С ат.	ат.
BN:Ni	РФС: N:B:Ni=59:90:1 Оже:	10,7 —	38,5 —	— —
W—Ni	РФС: W:Ni=7:1 Оже: W:Ni=3,21:1	20 15	62,5 61,6	— —
Ti:Ni	РФС: Ti:Ni=0,1 Оже: Ti:Ni=1,9:1	5,6 1,36	7,0 8,7	— 4,1
SiO ₂ :Ni	РФС: Si:O:Ni=3,7:11:1 Оже: Si:O:Ni=0,65:0,65:1	11 0,65	6 2,45	—
ZrO ₂ :Ni	РФС: Zr:O:Ni=1,8:4,8:1 Оже: " "	4,8 —	12 —	—

Для исследованных систем не происходит полное плакирование никелем. Исключение составляет система Ti—Ni, для которой метод РФС дал малую концентрацию на поверхности Ti, в то же время метод Оже показал присутствие Ti в значительных количествах (рис. 1). По-видимому, при бомбардировке электронами происходит

нагрев порошинок и Ti в результате диффузии частично концентрируется в приповерхностных областях. Этот процесс сопровождается также значительной поверхностной сегрегацией серы.

Учитывая, что дифрактограммы всех систем, за исключением системы W/Ni, показывают наличие как материала основы, так и материала плакирующего слоя, можно сделать вывод, что в случае композиционных порошков BN/Ni, SiO₂/Ni и ZrO₂/Ni покрытие толстое (>1000Å), но несплошное, в случае системы W/Ni также несплошное, но тонкое, а в случае системы Ti/Ni толстое и сплошное.

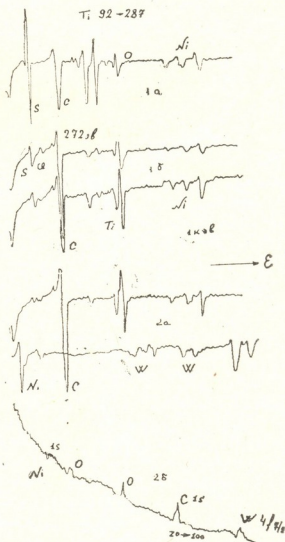


Рис. 1. Оже-электронные (а) и рентгеновские фотоэлектронные спектры (б) и рентгеновские дифрактограммы (в) для порошков: 1 — Ti/Ni, 2 — W/Ni

Ионное травление системы W—Ni, Ti—Ni на глубины ≈ 100 Å показало, что кислород и углерод являются в основном поверхностным загрязнением. Отношение концентраций основных элементов в процессе травления практически не менялось.

Полученные результаты показывают, что данная методика может эффективно применяться для качественного анализа характера плакирующего слоя. Дальнейшее развитие метода, включающее учет ус-

რედნენია პო რაზმერაჲ ჩაჲტიც, იჲ სლუაჲაიჲმ პოლოჲენიამ ოტნოსიტელ-
 ნო პუჩკა, ნეოდნოროდნოჲსტიაჲმ პლაჲირუჲოჲეჲო სლოჲა ი თ. დ. პოვოლიტ სდე-
 ლაჲე პრედლოჲენიჲმ მეთოდ კოლიჩესტვენნიჲმ.

Маднеульский горно-обогатительный комбинат

(Поступило 18.3.1983)

მეტალურგია

ლ. ტრუსოვი, ვ. ლაპოვოვი, ტ. გელეიშვილი, მ. კვერნაძე

დაფარვის ხარისხის შეფასების შესახებ კომპოზიციური ფხვნილების
 მიღებისას

რეზიუმე

დამუშავებულია მეთოდი კომპოზიციური ფხვნილების მიმტკეცი შრეების
 პარამეტრების განსაზღვრისა, რომელიც დაფუძნებულია ელექტრონოგრაფიის,
 რენტგენოგრაფიის, ოქე-ელექტრონული და რენტგენის ფოტოელექტრონული
 სპექტროსკოპიის მეთოდების შერწყმასა და გამოყენებაზე.

დამუშავებული მეთოდიკა კარგად იყო გამოყენებული ნიკელით დაფარუ-
 ლი ძნელადდნობადი ლითონების ფხვნილების, ჟანგეულთა და ნიტრიდების
 კვლევისას.

METALLURGY

L. I. TRUSOV, V. N. LAPOVOK, T. P. GELEISHVILI, M. V. KVERNADZE

ON THE ESTIMATION OF COMPLETENESS OF COATING IN DEVELOPING COMPOSITIONAL POWDERS

Summary

The problem of determining the parameters of the cladding layer of
 compositional powders (composition, thickness, degree of coating, etc.) is
 formulated and the way of its solution is suggested on the basis of a com-
 bination of methods of electrography and roentgenography, Auger electron
 and X-ray photoelectron spectroscopy. The methods evolved were successfully
 used in investigating powders of nickel-clad refractory metals, oxides, and
 nitrides.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. И. В. Золотухин, Л. И. Трусов, В. Н. Лаповок, Ю. Е. Калинин, Г. А. Яковлев, Т. П. Гелейшвили. Порошковая металлургия, 225, № 12, 1981.
2. И. Д. Морохов, Л. И. Трусов, В. И. Петинев, В. Ф. Петрунин. Успехи физических наук, 133, № 64, 1981, 653.
3. И. Д. Морохов, Л. И. Трусов, Е. И. Кац, М. А. Гурский, В. Ф. Петрунин, В. Н. Лаповок. ДАН СССР, 261, № 4, 1981, 850.
4. И. Д. Морохов, Л. И. Трусов, В. Н. Лаповок, А. С. Иванов, А. Н. Дубровин, В. Ф. Петрунин. ДАН СССР, 251, № 1, 1980, 79.



И. С. ЖОРДАНИЯ, В. П. БУЛГАКОВ

ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИИ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ТРУБНОЙ
 ЗАГОТОВКИ С ЖИДКОЙ ФАЗОЙ НА СЕГРЕГАЦИЮ ПРИМЕСЕЙ
 ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЗОНЫ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. Н. Оклеем 13.5.1983)

В данной работе поставлена задача:

1. Представить феноменологическую картину перераспределения примесей в процессе деформации металла с жидкой фазой.
2. Определить величину потока и скорость переноса примесей в промежуточной зоне заготовки при пластической деформации металла.
3. Определить допустимую скорость деформации металла с жидкой фазой, при которой развивается минимальная сегрегация примесей.

Из термодинамики необратимых процессов известно [1], что перенос вещества происходит под действием градиентов давления (P), температуры (T), разности электрических потенциалов (φ). Диссипативная функция имеет вид

$$\psi = I_p \Delta P + I_\phi \Delta \phi + I_t \frac{\Delta T}{T} > 0. \quad (1)$$

Здесь I_p, ϕ, t — поток вещества, электрический ток, тепловой поток.

В процессе деформации металла с жидкой фазой, когда исчерпается запас пластичности, дополнительно возникают дефекты кристаллического строения, междендритное пространство расширяется; считаем систему вентильной и феноменологические законы переноса будут выглядеть как

$$\begin{aligned} I_p &= \alpha_{11} \Delta P + \alpha_{12} \Delta \phi + \alpha_{13} \frac{\Delta T}{T}, \\ I_\phi &= \alpha_{21} \Delta P + \alpha_{22} \Delta \phi + \alpha_{23} \frac{\Delta T}{T}, \\ I_t &= \alpha_{31} \Delta P + \alpha_{32} \Delta \phi + \alpha_{33} \frac{\Delta T}{T}. \end{aligned} \quad (2)$$

В связи с тем, что $\alpha_{ij} = \alpha_{ji}$, ($i, j = 1, 2, 3$), из формул (1), (2) получим

$$\alpha_{11} > 0; \alpha_{22} > 0; \alpha_{11} \alpha_{22} - \alpha_{12}^2 > 0; \alpha_{11} \alpha_{33} - \alpha_{13}^2 > 0; \alpha_{22} \alpha_{33} - \alpha_{23}^2 > 0;$$

$$\begin{vmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \alpha_{13} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \alpha_{23} \\ \alpha_{31} & \alpha_{32} & \alpha_{33} \end{vmatrix} > 0. \quad (3)$$

Эти соотношения содержат полное описание электрокинетических и термомеханических эффектов при деформации непрерывнолитой заготовки с жидкой фазой.

Из (2) и (3) найдем объемный поток I_p фильтрации и скорость перемещения примесей ω

$$I_p = A \frac{S}{\Phi} \Delta P + B \frac{S}{\Phi} \Delta T, \quad (4)$$

$$\omega_p = \frac{A}{\Phi} \Delta P + \frac{B}{\Phi} \Delta T, \quad (5)$$

где A, B — коэффициенты фильтрации; S — среднее сечение образовавшихся дефектов; Φ — длина зоны фильтрации.

Для условий формирования отливок и слитков с учетом деформации имеем

$$\Delta P = \frac{\sigma_{т-ж}}{r} - \gamma h - P_{вн} + (\sigma_{e1} - \sigma_{e2}), \quad (6)$$

где $\sigma_{т-ж}$ — поверхностное натяжение на границе жидкой и твердой фаз; r — радиус дефекта; γ — удельный вес жидкой стали; $P_{вн}$ — внешнее давление; σ_{e1}, σ_{e2} — эквивалентные напряжения в начале и в конце зоны фильтрации.

Зону фильтрации представим в виде [2]

$$\Phi = \frac{\Delta T a l}{\tau \cdot v (T_s - T_n)}, \quad (7)$$

где a — размеры заготовки; l — расстояние от зеркала металла до деформируемого сечения; v — скорость разливки; τ — время затвердевания.

Подставляя выражения (6) и (7) в (4) и (5), определяем поток I_p и скорость потока ω_p примесей в непрерывнолитой заготовке с жидкой фазой под действием деформации и перепада температуры по сечению.

Исследование проводили на непрерывнолитой заготовке сечением 220×280 мм из стали 20 и 45. Разливку осуществляли из 200 т ковша через 10 т промежуточный ковш со скоростью 0,8—1,5 м/мин, что обеспечивало наличие жидкой фазы в момент деформации заготовки при разгибе и обжатиях. Время полного затвердевания — 13,7 мин; коэффициент затвердевания — 2,9 см·мин^{0,5}; температура поверхности заготовки в зоне деформации — 930—980°C. Химическую неоднородность определяли в полностью затвердевшем слитке, деформированном и не деформированном с жидкой сердцевиной. Время фильтрации примесей определяли по серым отпечаткам и формуле

$$\xi = k \sqrt{\tau}, \quad (8)$$

где ξ — толщина закристаллизовавшегося слоя металла; k — коэффициент затвердевания; τ — время затвердевания.

Результаты определения степени сегрегации в непрерывнолитой заготовке из стали марок 20 и 45 до и после деформации с жидкой фазой приведены в табл. 1.

Таблица 1

Степень сегрегации примесей $\left(\frac{C_{\max} - C_{\min}}{C_{\min}} 100\% \right)$ в непрерывнолитой трубной заготовке

Марка стали	Состояние заготовки	S	P	C	Si	Mn
20	до деформации	26,8	26,6	11,2	5,1	3,7
	после деформации	31,2	30,2	26,1	12,7	11,2
45	до деформации	36	17	15,3	12,1	7,3
	после деформации	51	28,5	25	18,6	8,7

Величина потока примесей по элементам и средняя скорость фильтрации приведены в табл. 2.

Таблица 2

Поток примеси и средняя скорость фильтрации в деформированной непрерывнолитой заготовке

Марка стали	Поток примесей, % в с					Средняя скорость фильтрации, мм/с
	S	P	C	Si	Mn	
20	0,585*	0,205	0,185	0,0495	0,045	0,235
	0,317	0,132	0,061	0,041	0,048	0,156
45	0,17	0,083	0,12	0,094	0,047	0,326
	0,085	0,045	0,11	0,048	0,044	0,195

* В числителе данные по стороне меньшего радиуса заготовки (столбчатые кристаллы), в знаменателе — большего (глобулярные кристаллы).

Из приведенных данных следует, что деформация трубной заготовки с жидкой фазой вызывает фильтрацию примесей в закристаллизовывающую зону. Движение примеси вызвано разностью потенциалов от растяжения и сжатия слоев металла в начале и конце зоны фильтрации и градиентом температуры.

Склонность элементов к фильтрации под действием напряжения и температурного градиента уменьшается в порядке повышения коэффициента распределения от S к Mn. Величина потока примесей больше для стали 20, чем для стали 45, что связано с размерами температурного интервала кристаллизации сплавов.

Поток примесей и скорость потока в потенциальном поле напряжений и температурного градиента зависит от характера структуры гетерогенной системы. Перенос вещества происходит интенсивнее вдоль столбчатых кристаллов по сравнению с глобулярными.

В связи с вышеизложенным целесообразно вести разливку так, чтобы в поле деформации оказалась минимальная ширина зоны фильтрации примесей, т. е. деформировать слиток с тонкой оболочкой при



достаточно интенсивном его охлаждении. Скорость нарастания оболочки (скорость кристаллизации) должна превышать скорость фильтрации примесей. Для сталей марок 20 и 45 эти величины равны 0,156—0,326 мм/с. По данным Накагава и Момозы ликвация серы и фосфора может быть исключена, если скорость продвижения фронта кристаллизации $> 0,3$ мм/с [3]. Следовательно, мероприятия по уменьшению фильтрации примесей от деформации будут способствовать и снижению их ликвации.

Вышеприведенный метод определения параметров фильтрации примесей можно использовать и для обычных слитков с целью повышения их качества по допустимой степени сегрегации элементов, устранимой дальнейшей горячей обработкой заготовок.

Руставский металлургический завод

(Поступило 3.6.1983)

მეტალურგია

ი. ჟორდანიას, ვ. ბულგაკოვის

დეფორმაციის გავლენა თხევადი ფაზის უმცველ
უწყვეტადსხმულ ნამზადში უშალადური ზონის მინარევევის
სეგრეგაციისზე

რეზიუმე

ნაჩვენებია დეფორმაციის პოტენციალური ველისა და ტემპერატურის გრადიენტის გავლენა მინარევევის სეგრეგაციაზე თხევადფაზიან (თხევადი ფაზის უმცველ) უწყვეტადსხმულ ნამზადში. განსაზღვრულია მინარევევა ნაკადები 20 და 45 მარკის ფოლადებში. მოცემულია რეკომენდაციები ლითონის ხარისხის გასაუმჯობესებლად.

METALLURGY

I. S. ZHORDANIA, V. P. BULGAKOV

DEFORMATION EFFECT OF CONTINUOUSLY CAST FLUID PHASE BILLETS ON THE SEGREGATION OF INTERMEDIATE ZONE ADMIXTURES

Summary

The effect of the potential field of deformation and temperature gradient on admixture segregation in fluid phase billets is described. The admixture flow in grade 20 and 45 steel is determined and a method of improving metal quality is suggested.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Р. Хаазе. Термодинамика необратимых процессов. М., 1969, 544.
2. И. С. Жордания и др. Сталь, № 4, 1977, 317—320.
3. I. Nakagawa, A. Momosa. J. Iron and Steel Inst. Japan, 50, № 13, 1964, 29-35.

Ф. Н. ТАВАДЗЕ (академик АН ГССР), Б. Г. АМАГЛОБЕЛИ,
Г. В. ИНАНИШВИЛИ, Т. В. ЭТЕРАШВИЛИ

ЭЛЕКТРОННОМИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БУЛАТНОЙ СТАЛИ

Булатная сталь является сплавом железа с углеродом ($C=1-1,7\%$) [1—4] и отличается своеобразной структурой, состоящей из двух фаз: карбиды железа, которые благодаря специальной ковке и термической обработке становятся округлыми и столь крупными (1—15 мкм), что их можно увидеть невооруженным глазом (рис. 1), а между ними залегают продукты эвтектоидного распада аустенита (феррит, цементит).



Рис. 1. Микроструктура булата

Сильно выраженная карбидная узорчатость изучалась под световым микроскопом в продольном направлении (рис. 2).



Рис. 2. Микроструктура булатной стали — 100:1

Измерение микротвердости древних булатных клинков выявило характерное изменение твердости материала. Твердость клинка возрастает от рукоятки к передней части и как правило максимальной величины достигает у режущей кромки изделия. У рукоятки величины твердости идентичны, у острия же постепенно увеличиваются (рис. 3). Для выяснения схемы изменения твердости материала и ее привязки к структуре, с помощью метода электролитической полировки изготавливались фольги, исследование которых проводилось в электронном микроскопе BS-540 фирмы «TESLA» при ускоряющем напряжении 120 кВ.

Электронно-микроскопическое исследование тонкой структуры булата выявило особенности его строения: наряду с глобулярной формой крупных карбидов (на рис. 4 некоторые из них отмечены стрелками) в материале наблюдаются пластинчатые выделения цементита.

Соответственно меняются и размеры карбидных составляющих. У режущей части клинка размер карбидов достигает 0,3 мкм и меж-

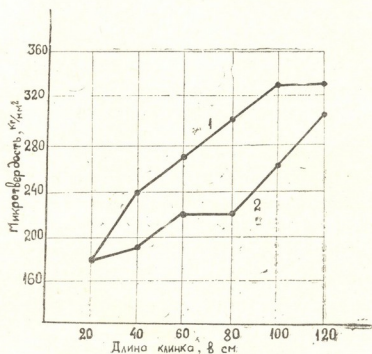


Рис. 3. Характер изменения твердости на поверхности сабли из булатной стали: 1 — режущая часть, 2 — обух.

пластинчатые расстояния определяется в пределах 0,1—0,2 мкм (рис. 4, а, б) У рукоятки соответственно размер карбидов 0,5—2 мкм, а

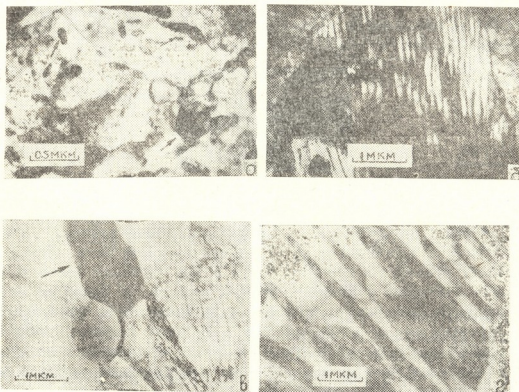


Рис. 4. Электронные микрофотографии булатной стали: а, б — передняя часть; в, г — у рукоятки

межпластинчатое расстояние 0,4—0,8 мкм, с учетом наклона поверхности фольги к гибитусной плоскости цементных колонн.

Изменение твердости материала по длине образцов хорошо связывается с данными электронно-микроскопического исследования. Размер и форма карбидов, очевидно, связаны с температурой, выдержка-ми, с процессом ковки, а также со скоростью охлаждения стали.

Сравнительно низкая плотность дислокаций $\sim 10^6 \text{ см}^{-2}$ (определялась по электронным микрофотографиям методом секущих линий), свидетельствует о том, что окончание ковки клинков производилось при температурах, достаточных для частичной рекристаллизации.

Материал с зернистым перлитом и трооститом обрабатывался в температурном интервале $750-600^\circ\text{C}$. После ковки изделия охлаждались в средах с низкой теплопроводностью [5, 6]. Тонкая часть клинка (лезвие) остывала сравнительно быстро, чем обух и часть рукоятки, что способствовало получению более мелкодисперсной структуры и повышению твердости режущей кромки изделия.

Следовательно, частично рекристаллизованный «тепло» кованный металл при последующем охлаждении сохранял частично восстановленный наклеп и вследствие этого повышенную упругость материала — клинка.

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

(Поступило 7.4.1983)

მეტალურგია

ფ. თავაძე (საქ. სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), ბ. ამაგლობელი,
 გ. ინანიშვილი, თ. ეთერაშვილი

ბულატის ფოლადის ელექტრონულმიკროსკოპიული გამოკვლევა

რეზიუმე

ელექტრონულმიკროსკოპიული მეთოდით გამოკვლეულია ბულატის ფოლადის ნიმუშები. ბულატის იარაღისათვის დამახასიათებელი ზედაპირული მიკროსისალის ცვლილებები იარაღის მჭრელ პირსა და ყუაზე აიხსნება მისი სტრუქტურული არაერთგვაროვნებით, რაც ჰედვისა და თერმული დამუშავების განსხვავებული რეჟიმებითაა გაპირობებული.

METALLURGY

F. N. TAVADZE, B. G. AMAGLOBELI, G. V. INANISHVILI, T. V. ETERASHVILI

ELECTRON-MICROSCOPIC STUDY OF DAMASCUS STEEL

Summary

Samples of damascus steel have been studied by the method of electron microscopy. Characteristic changes of microhardness on the surface of the cutting edge and back of the product is explained by the structural inhomogeneity of the material due to different forging and heat treatment conditions of production.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. П. П. Аносов. Собрание сочинений. М., 1954.
2. J. Piaskowski. Wiad. hutn 37, № 3, 1981.
3. O. D. Sherby. Trans. Iron and Steel Inst. Jap. 19, № 7, 1979.
4. J. Wadsworth, O. D. Sherby. Progr. Mater Sci. 25, № 1, 1980.
5. И. И. Новиков. Теория термической обработки металлов. М., 1978.
6. Р. Қан. Физическое металловедение. М., 1968.

А. Н. ГУСТОМЯСОВ, З. В. БОГВЕЛИШВИЛИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ ПОДРЕССОРИВАНИЯ ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ

(Представлено академиком Р. Р. Двали 12.1.1983)

Системы подрессоривания, в которых возможно существенно менять собственные частоты колебаний подрессоренной массы при неизменной статической нагрузке и постоянном прогибе упругого элемента, будем называть системами переменной структуры.

Рассмотрим переходный процесс, возникающий в системах, эквивалентных колебаниям автомобиля, при изменении структуры в подвеске. Вертикальные и продольно-угловые колебания подрессоренного корпуса симметричного «линейного» автомобиля описываются дифференциальными уравнениями одного вида [1]:

$$\ddot{x} + 2hx + \omega_0^2 x = f(t). \quad (1)$$

Здесь $x \equiv x(t)$ — фазовая координата; h и ω_0 — соответственно коэффициент затухания и собственная частота колебаний подрессоренной массы; $f(t)$ — возмущающее воздействие.

Предположим, что в момент времени t_n мгновенно изменяется собственная частота колебаний с ω_{01} на ω_{02} . Переходный процесс $x_n(t)$, возникающий в системе при $f(t) = q \sin(\omega t + \gamma)$, можно определить методами операционного исчисления [2]:

$$x_n(t) = \frac{\exp\{-ht\}}{\omega_{02}^*} \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{(\omega_{02}^2 - \omega^2)^2 + 4h\omega^2}} \sin(\omega_{02}^* t + \lambda). \quad (2)$$

Здесь

$$\gamma = \omega t_n; \quad \omega_{02}^* = \sqrt{\omega_{02}^2 - h^2};$$

$$a = x_1^0 h (\omega_{02}^2 + \omega^2) + (h^2 + \omega^2 - \omega_{01}^{*2}) \dot{x}_1^0 + q (\cos \gamma \omega - \sin \gamma h);$$

$$b = \omega_{02}^* [(\omega^2 - \omega_{02}^2) x_1^0 - 2h \dot{x}_1^0 + q \sin \gamma];$$

$$\lambda = \arctg \left(-\frac{a}{b} \right) - \arctg \left(\frac{2h\omega_{02}^*}{h^2 + \omega^2 - \omega_{02}^{*2}} \right);$$

x_1^0, \dot{x}_1^0 — фазовая координата и ее производная в момент времени t_n для системы с собственной частотой ω_{01} .

Анализ выражения (2) показывает, что система устойчива, так как переходный процесс представляет собой затухающие колебания. При изменении структуры подвески наложение переходного процесса на вынужденные колебания может привести к усилению последних. Переходный процесс будет отсутствовать, если $a=b=0$. Это возможно в двух случаях:

- 1) $\omega_n = \omega_{01} \sqrt{\frac{\eta+1}{2}}; x_1^0 = 0; x_1^0 = q\omega_n d.$
- 2) $\omega_n = \omega_{01} \sqrt{\frac{2\eta}{\eta+1}}; x_1^0 = qd; x_1^0 = 0.$

Здесь ω_n — частота возмущающего воздействия, при которой изменяется структура системы поддрессоривания;

$$\eta = \omega_{01}^2/\omega_{02}^2; \omega_{01} > \omega_{02}; d = [(\omega_{01}^2 - \omega_n^2)^2 + 4\omega_n h^2]^{-1/2}.$$

При этих условиях колебательная система сразу же входит в установившийся режим.

Экспериментальные исследования переходного процесса проводились на одномассовой колебательной системе с двухобъемной пневморессорой (ПР) [3] при кинематическом возмущении. На рисунке показана схема ПР. Основной 2 и дополнительный 4 объемы сжатого газа ПР связаны между собой электропневмоклапаном (ЭПК) 3. Подключение или отключение дополнительного объема дает возможность существенно менять частоту колебаний поддрессорной массы при постоянном статическом прогибе упругого элемента.

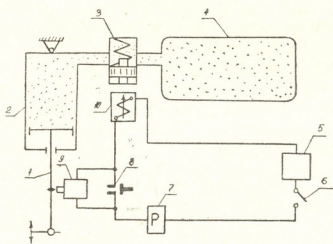


Рис. 1

Обмотка 10 ЭПК включена в электрическую цепь, состоящую из источника питания 5, выключателя 6, обмотки 7 и нормально разомкнутых контактов 8 реле Р самопитания. Параллельно контактам 8 включен датчик 9 положения штока I ПР, замыкающий электрическую цепь и переводящий реле Р в режим самопитания только при статическом положении штока. Отсекание ЭПК дополнительного объема 4 при положении штока, соответствующем статическому, обусловлено необходимостью иметь в основном объеме массу газа, сохраняющую неизменной «жесткую» характеристику ПР.

Анализ переходных процессов для реально возможных соотношений давлений в основном и дополнительном объемах ПР и различных режимах нагрузки позволил сделать заключение о наиболее благоприятном, с точки зрения уменьшения влияния переходного процесса на колебания системы, в момент изменения структуры подвески. Продолжительность переходного процесса и его влияние на колебания поддрессоренного груза невелики, если проводить подключение (отключение) дополнительного объема при частоте возмущения ω_n и статическом положении штока пневморессоры. Время переходного процесса в этом случае находится в пределах 0,4—0,9 с.

Переходный процесс в системе поддресоривания переменной структуры многоосного автомобиля моделировался на ЭЦВМ ЕС 1030. Нелинейная модель случайных колебаний автомобиля имела вид

$$\frac{d\bar{X}}{dt} = \bar{\Phi}(\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Q}, t), \quad (3)$$

где $\bar{X} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ — вектор фазовых координат колебаний; $\bar{Y} = (y_1, y_2, \dots, y_m)$ — вектор параметров, характеризующих нелинейные характеристики, входящие в уравнение (3); $\bar{Q} = (q_1, q_2, \dots, q_l)$ — вектор возмущающих воздействий; t — время.

Подключение или отключение дополнительного объема ПР проводилось при прохождении штоком рессоры статического положения:

$$L_{0i} = L_{01i}, \text{ если } |\Delta_i| \leq \epsilon, \quad i = 1, 2, \dots, s. \quad (L_{0i} = L_{02i}). \quad (4)$$

Здесь L_{0i} и L_{01i} — соответственно приведенные высоты столба газа i -й ПР и ее основного объема; L_{02i} — сумма приведенных высот основного и дополнительного объемов; Δ_i — прогиб i -й ПР; ϵ — погрешность отслеживания статического положения штоком ПР; s — общее количество ПР.

Переходный процесс находился в результате решения нелинейного стохастического уравнения (3) для $L_{0i} = L_{01i}$ или $L_{0i} = L_{02i}$ с начальными условиями $\bar{X}_0 = (x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0n})$, являющимися решением уравнения (3) для $L_{0i} = L_{02i}$ или $L_{0i} = L_{01i}$ в момент времени, когда выполняется условие (4).

В качестве примера исследовались колебания автомобиля высокой проходимости типа 6×6. Сглаженный шиной микропрофиль поверхности дороги формировался с помощью специальных алгоритмов.

При моделировании переходного процесса решались следующие задачи:

1. Определение времени задержки переключения, т. е. времени между подачей сигнала на изменение структуры и выполнения условия (4) для различных входных воздействий и значений ϵ .
2. Определение максимальных значений фазовых координат, полученных реализацией при изменении структуры системы.
3. Исследование устойчивости модели.

Для адиабатического процесса сжатия-расширения газа в ПР и значении погрешности $\epsilon = 0,005 - 0,01$ м максимальная относительная разность $\frac{p_{cm} - p}{p_{cm}}$ давления p в момент переключения и статического давления p_{cm} составляет:

подключение дополнительного объема — 3,5—7,4 %;

отключение дополнительного объема — 1,2—2,4 %.

Анализ осциллограмм различных режимов переключения объема пневморессоры показал, что при движении автомобилей типа 6×6 по дорогам, характерным для эксплуатации автомобилей высокой проходимости, система устойчива и изменение ее структуры не приводит к пробоям подвески и отрывам колес от поверхности дороги. Время задержки переключения структуры зависит от погрешности ϵ отслеживания штоком рессоры статического положения и для различных режимов переключения на грунтовых дорогах при $\epsilon = 0,01$ м находится в пределах 0,25—0,58 с.

Всесторонние исследования работы опытных пневморессор с двумя объемами сжатого газа показали, что подсоединение или отсоеди-

нение дополнительного объема целесообразно при статическом положении штока ПР. В этом случае интенсивность и продолжительность переходных процессов минимальны.

Грузинский политехнический
 институт
 им. В. И. Ленина

Московское высшее
 техническое училище
 им. Н. Э. Баумана

(Поступило 20.1.1982)

მანქანათმშენებლობა

ა. გუსტომიასოვი, ზ. ბოგველიშვილი

ცვალებადი სტრუქტურის შერეისორებულ სისტემის გარდამავალი პროცესების კვლევა

რეზიუმე

განხილულია რხევითი სისტემების სტრუქტურების ცვლილების დროს აღძრული გარდამავალი პროცესი. მოყვანილია გარდამავალი პროცესისათვის ანალიზური გამოსახულება, ექსპერიმენტული გამოკვლევების ზოგიერთი შედეგი და ცვალებადი სტრუქტურის დაკიდების მქონე მრავალფერობიანი ავტომობილის არაწრფივი სტოქასტიკური რხევების მოდელირება ეცემ-ზე. განსაზღვრულია სტრუქტურის ცვლილების პირობები, რომლის დროსაც გარდამავალი პროცესი მინიმალურია.

MACHINE BUILDING SCIENCE

A. N. GUSTOMYASOV, Z. V. BOGVELISHVILI

INVESTIGATION OF TRANSIENT PROCESSES IN SYSTEMS OF CUSHIONING OF VARIABLE STRUCTURE

Summary

The transient process that takes place in vibratory systems during variation of their structure has been investigated. An analytical expression for the transient process and some results of an experimental investigation and modelling on an electronic digital computer of nonlinear stochastic vibrations of multilayer cars are presented. Conditions of variation of the structure during which the transient process is minimum are defined.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Р. В. Ротенберг. Подвеска автомобиля. М., 1972, 392.
2. М. Ф. Гарднер, Дж. Бернс. Переходные процессы в линейных системах. М., 1961, 552.
3. В. А. Галашин и др. Авторское свидетельство № 623759. Бюллетень открытий и изобретений, № 34, 1978.



Ю. А. ГРИШИН, М. Г. КРУГЛОВ, А. А. МАНДЖГАЛАДЗЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ЗА ВЫПУСКНЫМ КЛАПАНОМ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

(Представлено академиком В. И. Гомелаури 4.1.1983)

Для решения расчетных задач по улучшению газообмена в двигателях внутреннего сгорания и, как следствие, по улучшению их рабочего процесса и основных технико-экономических показателей необходимо иметь математические модели нестационарного течения газа, адекватные реальным физическим процессам.

Одним из самых ответственных элементов в газозоудном тракте двигателей являются выпускные клапаны и трубопроводы, с помощью которых осуществляется очистка цилиндров, а в случае установки на двигатель турбонагнетателя — подвод газа с высокими термодинамическими параметрами к турбине. Реальное течение в этих элементах имеет весьма сложный трехмерный нестационарный характер и не может быть описано исчерпывающим образом на данном этапе развития механики сплошной среды. Однако для практических расчетов может быть с успехом использован прием, который заключается в следующем. Течение в протяженном выпускном трубопроводе рассчитывается одним из одномерных численных методов, например, методом, С. К. Годунова, а система уравнений, непосредственно описывающих течение через щель клапана, рассматривается как граничное условие для организации численного расчета [1]. При этом используется представление о распаде произвольного разрыва (РПР) в сечении клапана.

В соответствии с теорией РПР предполагается мгновенное установление на каждом расчетном шаге области квазистационарного течения через клапан. Поскольку организация расчета нестационарного течения в выпускном трубопроводе методом Годунова не представляет особых затруднений, основной задачей настоящего исследования явились создание и проверка математической модели отрывного течения через клапан.

Рассмотрим прямой выпускной патрубков с седлом и клапаном на тонком штоке (рис. 1). Струи газа, проходя клапанную щель, приоткрытую на величину h , и, обладая определенной инерцией, не могут сразу изменить направление своего течения. Сначала они сужаются, охватывая шток клапана и достигая своего минимального поперечного сечения, затем расширяются, заполняя сечение патрубка. Таким образом, у стенок патрубка образуется отрывная зона значительных размеров. Внизу, у галтели клапана также образуется небольшая отрывная зона.

Расчет течения при сверхкритических перепадах давления выполняется без особых затруднений, поскольку в узком сечении вокруг штока устанавливается критический режим, скорость потока V_m равна местной скорости звука, приведенная скорость λ_m становится равной единице. В дальнейшем оторвавшийся поток присоединяется к стенкам канала, имея дозвуковую скорость V_a , соответствующую круговому сечению присоединения радиусом R_a .

Наибольший интерес представляет описание дозвукового режима. Воспользуемся основными положениями метода разделяющих линий тока [2]. Они заключаются в том, что течение во всем районе клапа-

на адиабатично, на участке сужения газодинамические потери отсутствуют, все потери сосредоточены на участке расширения струи и аналогичны случаю внезапного расширения, давление в основной отрывной зоне равно среднему статическому давлению в минимальном сечении струи P_m . Давление в небольшой отрывной зоне у галтели клапана можно считать равным статическому давлению в сечении выхода из клапанной щели P_1 .

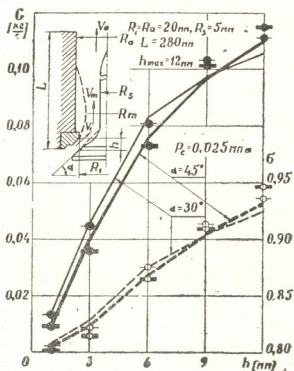


Рис. 1. Схема отрывного течения в полуцилиндрической модели «цилиндр-клапан-патрубок» и сравнение результатов экспериментов (линии) и соответствующих расчетов (кружки)

Запишем уравнение сохранения импульса для участка сужения струи:

$$GV_1 \sin \alpha + P_1 F_h = GV_m + P_m F_k,$$

где G — секундный расход газа, $F_h = \pi(R_1^2 - R_s^2)$.

Преобразуем это уравнение, пользуясь системой газодинамических функций от приведенной скорости λ [3]:

$$A \lambda_1 \sin \alpha + \pi(\lambda_1) = A \lambda_m + \pi(\lambda_m). \quad (1)$$

В этом уравнении использовано обозначение

$$A = \frac{2k}{k+1} \left(\frac{1}{k+1} \right)^{1/(k-1)} q(\lambda_1) \frac{F_1}{F_h},$$

где k — показатель адиабаты, $F_1 = 2\pi R_1 h \cos \alpha$.

Уравнение (1) при заданном режиме течения на выходе из клапанной щели λ_1 позволяет найти значение числа λ_m в сечении наибольшего сужения. Пользуясь уравнением сохранения расхода для участка сужения

$$F_1 q(\lambda_1) = F_m q(\lambda_m), \quad (2)$$

можно определить площадь этого сечения F_m .

Уравнение сохранения импульса для внезапного расширения до $F_a = \pi R_a^2$ имеет вид [3]

$$Z(\lambda_a) = Z(\lambda_m) + \left(\frac{k+1}{2} \right)^{1/(k-1)} \frac{1}{y(\lambda_m)} \left[\frac{F_a}{F_m} - 1 \right] \quad (3)$$

и позволяет вычислить λ_a после присоединения оторвавшегося потока к стенкам патрубка. Теперь с помощью уравнения сохранения расхода для этого участка

$$F_m q(\lambda_m) = \sigma F_a q(\lambda_a) \quad (4)$$

определяется коэффициент восстановления полного давления δ , оценивающий газодинамические потери отрывного течения.

Полученный в результате расчета перепад давлений между цилиндром P_c и патрубком после присоединения потока P_a

$$P_c/P_a = 1/\sigma\pi(\lambda_a) \quad (5)$$

должен соответствовать заданному. В случае несоответствия нужно, задаваясь новым значением λ_1 , повторять расчет с помощью уравнений (1—5), добиваясь получения необходимого перепада давлений.

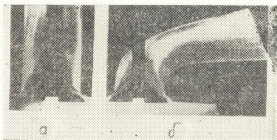
После этого можно определить расход отрывного течения, например, по формуле

$$G = \sqrt{\frac{k}{R} \left(\frac{2}{k+1} \right)^{(k+1)/(k-1)} \frac{P_c F_1 q(\lambda_1)}{\sqrt{T_c}}}$$

где R — газовая постоянная, T_c — температура газа в цилиндре.

С целью наиболее полной проверки применимости разработанной математической модели были проведены расчетно-экспериментальные исследования в несколько этапов.

Рис. 2. Образцы фотографий отрывного течения за выпускным клапаном. Прямой и реальный изогнутый патрубок двигателя 8 ч 11/11,5



Сначала с помощью метода поверхностной визуализации были получены картины отрывного течения в прямом выпускном патрубке при разных подъемах клапана в широком диапазоне перепадов давления, которые подтвердили правильность выбора физической модели течения за клапаном (рис. 2). Существующие в настоящее время методы поверхностной визуализации исследуют плоские потоки, что не всегда позволяет достаточно точно охарактеризовать реальное неплоское течение. Нами разработан и впервые применен прием, позволяющий учесть элемент трехмерности потока.

Работы по визуализации были продолжены на реальной головке дизеля 8 ч 11/11,5, разрезанной пополам по оси выпускного клапана в плоскости изгиба патрубка. В этом случае сечение наибольшего сужения струи располагается за основной частью поворота патрубка. Все остальные результаты наблюдений те же, что и для прямого канала (рис. 2).

Для прямого канала результаты сравнения расчетных и экспериментальных данных, приведенные на рис. 1, показывают хорошее согласование. Использование данного метода для расчета реального патрубка с поворотом показало увеличение рассогласования по G в пределах 4% и по δ в пределах 2%. Столь малый рост рассогласования обусловлен тем, что поворот, как правило, выполняется со значительным радиусом кривизны, а это, как известно, лишь незначительно ухудшает аэродинамику канала. Таким образом, упрощенная математическая модель, разработанная для прямого патрубка, вполне может быть использована для практических расчетов реальных изогнутых конструкций.

На заключительном этапе исследований соотношения разработанного метода расчета отрывного течения были включены в состав соотношений РПР на клапане, и была составлена программа численных

расчетов нестационарного течения в системе «цилиндр-клапан-трубопровод» методом С. К. Годунова. В составлении программы принимал участие С. Р. Березин. Вычисления, проведенные с помощью ЭВМ, показали хорошее согласование с результатами соответствующих

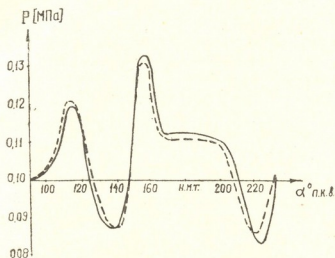


Рис. 3. Осциллограмма и расчет выпускного импульса одноцикловой установки двигателя ДКРН 74/60 (пунктиром нанесены результаты расчетов)

экспериментов на одноцикловой установке двигателя ДКРН 74/60 (рис. 3). Результаты вычислений весьма удовлетворительны, что позволяет рекомендовать разработанную расчетную методику к внедрению.

Кутаисский политехнический институт
 им. Н. И. Мухелишвили

(Поступило 27.1.1983)

მეცნიერებათა

ი. ბრიჯინი, მ. კრუგლოვი, ა. მანჯგალაძე

შიგაწვის ძრავას გამომშვებ არხში დინების შესწავლა

რეზიუმე

„დინების გამყოფი წირების“ პრინციპის საფუძველზე შემუშავებულია გამომშვებ არხში გაზის მოძრაობის აღწერის მეთოდიკა, რომელიც შემდგომში გამოიყენება სასაზღვრო პირობების დასადგენად გამომშვები მილის დასაწყისში, მასში გაზის არასტაციონარული დინების აღსაწერად.

POWER ENGINEERING

Yu. A. GRISHIN, M. G. KRUGLOV, A. A. MANJGALADZE

INVESTIGATION OF FLOW BEHIND THE EXHAUST VALVE OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Summary

The paper deals with a method for calculating gas flow in the exhaust port of an internal combustion engine, based on the principle of "flow dividing lines". The proposed method is further used in determining the boundary conditions at the exhaust manifold valve in order to describe the nonstationary flow of exhaust gas in it.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Б. Л. Рождественский, Н. Н. Яненко. Системы квазилинейных уравнений. М., 1978, 688.
2. D. A. Grishin, M. G. Kruglov. Entropie, № 86, 1979, 40-45.
3. Г. Н. Абрамович. Прикладная газовая динамика. М., 1969, 824.

А. А. МАНДЖГАЛАДЗЕ

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫПУСКНОГО КАНАЛА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

(Представлено академиком В. И. Гомеллаурн 4.1.1983)

Как показывают исследования [1, 2], коэффициент сопротивления выпускных каналов двигателей внутреннего сгорания (ДВС) определяется геометрией выпускных органов и почти не зависит от перепада давления, так как режимы течения в канале во всех диапазонах работы двигателя почти всегда удовлетворяют условиям автомодельности течения. Это подтверждают и проведенные нами визуальные исследования.

На рис. 1 показаны визуальные картины течения в выпускном канале ДВС для перепада давления 0,025 [МПа] (рис. 1,а) и 0,095 [МПа] (рис. 1,б). На фотографиях видно, что картины течения почти идентичны. Определяющим фактором в формировании картины течения являются геометрические характеристики выпускного канала. Исследования влияния геометрических параметров на гидравлические характеристики выпускного канала дают возможность наметить пути улучшения газодинамических свойств канала, в том числе выявить наиболее эффективные из них.

С целью наиболее корректного проведения эксперимента изучение влияния наклона фаски клапана и седла производилось на прямом выпускном канале, где определяющим параметром в формировании потока является именно геометрия фаски.

На рис. 2 показана зависимость коэффициента восстановления давления от подъема клапана при перепаде давления в канале $\Delta P = 0,025$ [МПа]. Характер изменения коэффициента восстановления давления от подъема клапана одинаков для фасок клапана и седла 30° и 45° . Это объясняется тем, что при малых подъемах клапана отношение площади минимального проходного сечения к площади сечения присоединения струи потока к стенкам канала мало и поток, проходя через выпускной канал, претерпевает значительное расширение, что сопровождается большими гидравлическими потерями. По мере подъема клапана это отношение увеличивается, тем самым уменьшается степень расширения струи. Площадь сечения присоединения струи к стенкам выпускного канала для данной конструкции меняется незначительно, так как перемещение места присоединения потока для разных подъемов клапана невелико, а проходное сечение канала в этой области меняется незначительно (для прямого выпускного канала вообще остается постоянным). В связи с этим можно утверждать, что величина коэффициента восстановления давления при постоянном пере-

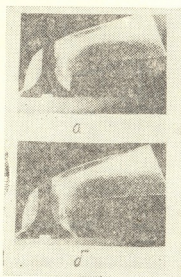


Рис. 1. Визуальные картины течения в выпускном канале ДВС

паде давления в канале определяется величиной площади минимального проходного сечения. В свою очередь, площадь минимального проходного сечения зависит от площади проходного сечения клапанной щели и угла входа потока в канал. Как видно из рис. 2, коэффициент восстановления давления для клапана и седла с фасками под углом 30° при малых подъемах клапана больше, чем для клапана и седла с фасками под углом 45° . Это объясняется тем, что площадь проходного сечения в клапанной щели при фаске 30° больше, чем при фаске 45° . Кроме того, несмотря на более значительное сужение струи при течении через щель клапана с фаской под углом 30° , абсолютная величина минимального проходного сечения струи получается больше, чем для клапана с фаской под углом 45° . По мере увеличения подъема клапана влияние изменения площади проходного сечения клапанной щели

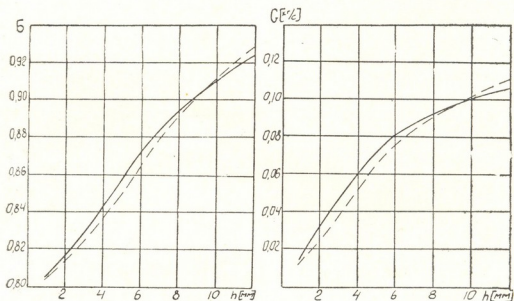


Рис. 2. Зависимость коэффициента восстановления давления и расхода от подъема клапана при перепаде давления $\Delta P = 0,025$ [МПа]:
 — — фаски клапана и седла 30° , — — — фаски клапана и седла 45°

на величину минимального поперечного сечения струи уменьшается. В то же время влияние угла входа потока в канал увеличивается. Так как для клапана и седла с фасками под углом в 30° струя сужается более интенсивно, чем для клапана и седла с фасками под углом 45° , то при больших подъемах клапана площадь минимального поперечного сечения струи в первом случае меньше. Поэтому коэффициент восстановления давления при больших подъемах для клапанов с фасками под углом 45° выше, чем для клапанов с фасками под углом 30° .

Характер изменения расхода воздуха в зависимости от подъема клапана такой же, как и для коэффициента восстановления давления. Анализируя диаграммы на рис. 2, можно прийти к заключению, что изменени фасок клапанов с 30° на 45° не сильно влияет на коэффициент восстановления давления и расход воздуха.

Влияние поворота потока в реальном выпускном канале на расход воздуха показано на рис. 3. Максимальная разница в расходе воздуха для прямых и реальных каналов не превышает 4%.

Анализируя эти результаты, можно прийти к выводу, что потери энергии потока на поворот в реальном канале невелики. Это обстоятельство объясняется тем, что поворот потока в реальном канале с одной стороны уменьшает отрывную зону, а с противоположной стенки увеличивает. Это в конечном счете приводит к тому, что величины площади минимального поперечного сечения струи в прямом и реальном

канале мало отличаются друг от друга, а площади поперечного сечения в месте присоединения в этих двух случаях равны.

Было исследовано также влияние формы выпускного клапана, изменялись форма кромки днища клапана и радиус галтели. Оказалось, что скругление кромки днища клапана несколько увеличивает расход воздуха на больших значениях подъема клапана — лишь на 2—3%. Влияние радиуса галтели также не столь существенно. Увеличение радиуса галтели от 18 до 24 [мм] привело к повышению расхода на 3%. Дальнейшее увеличение радиуса галтели привело к уменьшению расхода на больших подъемах клапана. Оптимальный радиус галтели в основном зависит от диаметра горловины и наклона фаски клапана: для фаски 45° соотношение между радиусом галтели и диаметром горловины должно находиться в пределах 0,6—0,65.

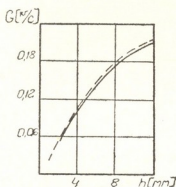


Рис. 3. Зависимость расхода от подъема клапана: — — — — прямой выпускной канал, — — — — реальный выпускной канал

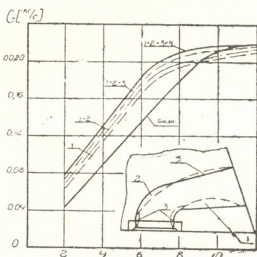


Рис. 4. Влияние различных конструктивных факторов канала на расход

Изучение влияния формы профиля выпускного канала на его газодинамические свойства производилась в сравнении с характеристиками базового выпускного канала. На первом этапе было исследовано влияние заполнения отрывной зоны, которая образуется в области поворота потока (рис. 4, зона 1). Наслоение пластилина производилось постепенно, при этом выяснилось, что чрезмерное заполнение зоны пластилином приводит к понижению расхода воздуха при больших подъемах клапана вследствие загромождения проходного сечения. На рис. 4 видно, что заполнение зоны 1 особенно благоприятно влияет на увеличение расхода воздуха при малых и средних подъемах клапана. Этот факт приобретает значительную ценность вследствие того, что расход выпускных газов в реальном двигателе наибольший именно при малых значениях подъема клапана, так как тогда имеется значительный перепад давления в канале. Анализ результатов исследования показывает, что заполнение зоны 1 существенно уменьшает гидравлическое сопротивление канала (кривая 1).

После наращивания зоны 1 производилось заполнение зоны 2, так как, по данным визуальных исследований при всех значениях подъема клапана, особенно при малых и средних, наклон стенки канала и угла входа потока в канал существенно отличаются друг от друга. Вследствие этого в зоне возникает значительная область отрывного течения. Как видно на рисунке, при заполнении зоны 2 расход также увеличивается (диаграмма 1+2). Наращивание стенки в зоне 2 производилось таким образом, чтобы избежать загромождения основного потока.

На фотографии потока видно, что кольцевая отрывная зона в канале начинается сразу за седлом клапана. Поэтому был проведен эксперимент с заполнением области 3 (рис. 4). Это также дало увеличение расхода.

Поднятие верхней стенки канала в зоне 4 было предпринято в целях увеличения расхода при больших подъемах клапана. В действительности после осуществления этого мероприятия было отмечено некоторое увеличение расхода также при малых и средних подъемах клапана (диаграмма 1+2+3+4). Увеличение расхода воздуха при поднятии стенки выпускного канала объясняется тем, что в этом случае поворот потока в канале становится более плавным.

Как показали результаты изучения влияния формы деталей выпускных органов на гидравлическое сопротивление выпускного канала, улучшение газодинамических свойств путем изменения угла фасок клапана и седла, а также формы выпускного клапана менее эффективно, чем улучшение профиля выпускного канала. Учитывая, что внедрение нового профиля выпускного канала не требует значительных затрат, можно утверждать, что этот путь уменьшения гидравлического сопротивления выпускных органов наиболее приемлем.

Кутаисский политехнический институт
 им. Н. И. Мухелишвили

(Поступило 27.1.1983)

ენერჯეტიკა

ა. მანჯგალაძე

გეომეტრიული პარამეტრების გავლენა უიზაჟვის ძრავის გამომშვებობის ჰიდრავლიკურ მახასიათებლებზე

რეზიუმე

დადგენილია, რომ გამომშვები არხის ფორმის ცვლილების გავლენა ჰიდრავლიკურ წინააღმდეგობაზე გაცილებით უფრო საგრძნობია ვიდრე გამომშვები სარქველისა. გამომშვები არხის გამრუდება აღიწერს მის წინააღმდეგობას 6—7%-ით. მოწყვეტის ზონების შევსება ამალღებს არხის გამტარუნარიანობას.

POWER ENGINEERING

A. A. MANJGALADZE

THE EFFECT OF DIMENSIONS ON THE HYDRAULIC CHARACTERISTICS OF THE EXHAUST PORT OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Summary

The effect of changing the form of the exhaust port on the hydraulic resistance of the exhaust members was found to be much more important than altering the form of the exhaust valve; change of the geometry of the exhaust port increases its resistance by about 6-7%; filling of the separation zones increases the transmission capacity of the port. It is shown that the best results are obtained at partial filling of the separation zones.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. С. Седач. Газовая динамик выпускных систем поршневых машин. Харьков, 1974, 171.
2. С. С. Соколов, А. А. Лазурко. Сб. «Двигатели внутреннего сгорания», № 17. М., 1972, 25—29.



АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ВЫЧИСЛИТ. ТЕХНИКА

Г. Н. МУСХЕЛИШВИЛИ, Г. Н. ЧЕРКЕСОВ

О ВЛИЯНИИ ТОЧНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ
 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОЦЕСС
 РАЗДЕЛЕНИЯ ИЗОТОПНЫХ СМЕСЕЙ В НАСАДОЧНЫХ
 КОЛОННАХ

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. Е. Салуквадзе 16.3.1984)

Проектирование технических средств управления процессами разделения изотопных смесей в насадочных колоннах должно вестись с учетом требований к точности измерения и регулирования технологических параметров. Как завышение, так и занижение этих требований приводит в конечном счете к снижению фактической производительности установок, в первом случае из-за снижения надежности, обусловленного усложнением управляющей аппаратуры и ее обслуживания, во втором — вследствие возможных нарушений технологического режима.

Объективное обоснование требований к точности измерения и регулирования технологических параметров можно получить на основе исследования математических моделей массообмена в насадочных колоннах [1]. В данной работе использованы модели стационарного режима процесса разделения бинарной смеси, которые уже рассматривались в ряде работ, в том числе в [2].

В двухсекционной колонне, предназначенной для разделения бинарной смеси методом дистилляции с потоком питания в жидкой фазе, значение изотопной концентрации x_p в точке отбора определяется из системы уравнений

$$x^- = k_1 + \frac{(x_w - k_1) k_3}{(x_w + k_3 - k_1) \exp(\lambda_1 \varepsilon k_3 N_1) - x_w + k_1}, \quad (1)$$

$$x_p = \bar{k}_1 + \frac{(x^+ - \bar{k}_1) \bar{k}_3}{(x^+ - \bar{k}_1 + \bar{k}_3) \exp(\lambda_2 \varepsilon \bar{k}_3 N_2) - x^+ + \bar{k}_1}, \quad (2)$$

$$k_1 = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{W}{\varepsilon G_1} + k_3 \right), \quad k_3 = \sqrt{\left(1 - \frac{W}{\varepsilon G_1} \right)^2 + \frac{4 W x_w}{\varepsilon G_1}}, \quad (3)$$

$$\bar{k}_1 = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{P}{\varepsilon G_2} + \bar{k}_3 \right), \quad \bar{k}_3 = \sqrt{\left(1 + \frac{P}{\varepsilon G_2} \right)^2 - \frac{4 P x_p}{\varepsilon G_2}},$$

$$x_w = \frac{1}{F - P} (F x_F - P x_p), \quad x^+ = \frac{L_1}{L_2} x^- + \frac{F x_F}{L_2}, \quad F - P = W,$$

$$G_1 = G_2 = L_2 - P, \quad \lambda_i = G_i / L_i, \quad L_1 + F = L_2.$$

где F, W, P — потоки питания, отвала, отбора; G_i, L_i — потоки газа и жидкости в i -й секции; x_A — изотопная концентрация в потоке A ($A = F, W, P$).



W, P); N_1, N_2 —число ступеней в верхней и нижней секциях; ε —коэффициент обогащения.

Входными параметрами модели являются $P, F, L_2, x_F, N_1, N_2, \varepsilon$.

Для двухсекционного каскада, в котором разделение осуществляется методом химического обмена, также выполняются (1) и (2), а вместо (3) имеем

$$k_1 = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{P}{\varepsilon G_1} + k_3 \right), \quad k_3 = \sqrt{\left(1 + \frac{P}{\varepsilon G_1} \right)^2 - \frac{4 P x_P}{\varepsilon G_1}}, \quad (4)$$

$$\bar{k}_1 = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{P}{\varepsilon G_2} + \bar{k}_3 \right), \quad \bar{k}_3 = \sqrt{\left(1 + \frac{P}{\varepsilon G_2} \right)^2 - \frac{4 P x_P}{\varepsilon G_2}}.$$

Входными параметрами модели являются $F=L_1, L_2, P, x_F, N_1, N_2, \varepsilon$. Некоторые результаты расчетов представлены в виде графиков.

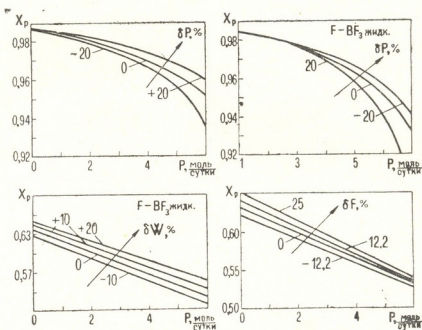


Рис. 1. Зависимость изотопной концентрации x_p в установке концентрирования $^{10}\text{В}$ от P и точности регулирования потоков питания, отвала и отбора

На рис. 1, 2 показана зависимость изотопной концентрации в точке отбора от потока P в установке для концентрирования изотопа $^{10}\text{В}$ при различных величинах изменения потоков P, F, W .

При высоких значениях x_p требования к точности регулирования потоков существенно зависят от P . Если отбор мал, колебания потоков незначительно влияют на x_p . Так, изменение F на $\pm 20\%$ при $P \leq 3$ моль/сутки изменяет x_p не более чем на $0,08\%$, при $P=7$ моль/сутки — более чем на 3% , а при $P=8$ моль/сутки — более чем на 6% .

При значениях x_p , не близких к единице, влияние точности регулирования потоков более существенно. Однако и в этом случае x_p меняется, например лишь на $2-2,5\%$ от изменения L и F на $30-35\%$. При этом изменение x_p слабо зависит от номинального значения P .

В установке, использующей метод химического обмена, чувствительность изотопной концепции к точности стабилизации P существен-

но зависит от установленного номинального значения этого потока (рис. 3,а). Существует область значений P в окрестности критического значения, в которой незначительное изменение P приводит к резкому изменению профиля изотопной концентрации и значения x_p . Именно в этой области требуется очень высокая точность стабилизации

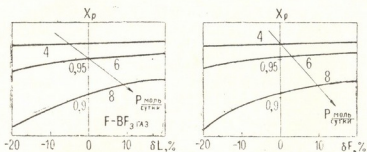


Рис. 2. Зависимость x_p от точности регулирования потоков орошения и питания

ции P . Вместе с тем, высокая чувствительность профиля изотопной концентрации к изменению P позволяет создать замкнутую систему регулирования, использующую информацию об изотопной концентрации в промежуточных точках второй колонны и позволяющую поддерживать высокую точность стабилизации x_p при относительно низкой точности измерения изотопной концентрации (погрешность стабилизации не хуже 0,1% при погрешности измерения x_z порядка 1—2%).

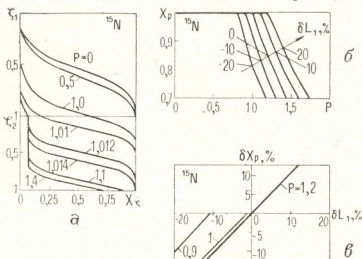


Рис. 3 а — Профиль изотопной концентрации в установке концентрирования ^{15}N при различных значениях потока отбора P ; б — зависимость изотопной концентрации x_p от изменения P и потока орошения L_1 в первой колонне; в — относительное изменение изотопной концентрации δx_p от изменений P и L_1

При проектировании систем управления необходимо учитывать высокую чувствительность x_p к изменению потока орошения L_1 первой колонны (рис. 3, б, в). Если величина P близка к критической, точность стабилизации L_1 должна быть порядка требуемой точности поддержания x_p . Если это условие невыполнимо, необходимо уменьшить P . В то же время требование к точности регулирования потока



орошения во второй колонне значительно ниже — изменение L_2 на $\pm 20\%$ практически не влияет на значения x_p .

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

— при проектировании систем управления следует дифференцировать требования к точности регуляторов потоков P , F , W ;

— наиболее высокие требования по точности регулирования предъявляются к потоку отбора, а при некоторых сочетаниях технологических параметров — и к потоку орошению первой колонны;

— требования к точности регулирования конкретного технологического параметра можно правильно обосновать только с учетом чувствительности процесса к данному параметру;

— требования к точности регулирования возрастают по мере увеличения напряженности технологического режима, например увеличения потока отбора.

Академия наук Грузинской ССР
Абастуманская астрофизическая
обсерватория

Ленинградский политехнический
институт

(Поступило 23.3.1984)

ავტომატური მართვა და გამომწვლითი ტექნიკა

ბ. მუსხელიშვილი, გ. ჩერკესოვი

წყობურა სვეტიმბეში იზოტოპური ნარევიების გაყოფის პროცესზე
ტექნოლოგიური პარამეტრების რეგულირების სიზუსტის გავლენის
შესახებ

რეზიუმე

იზოტოპური ნარევიების გაყოფის პროცესის სტაციონარული რეჟიმის მათემატიკური მოდელების საშუალებით შეფასებულია მატერიალური ნაკადების რეგულირების სიზუსტის გავლენა იზოტოპური კონცენტრაციის სიდიდებზე. დამუშავებულია რეგულირების სიზუსტის რეკომენდებული მოთხოვნები.

AUTOMATIC CONTROL AND COMPUTER ENGINEERING

G. N. MUSKHELISHVILI, G. N. CHERKESOV

CONCERNING THE EFFECT OF TECHNOLOGICAL
PARAMETER CONTROL ACCURACY ON THE PROCESS OF
ISOTOPE MIXTURE SEPARATION IN PACKED COLUMNS

Summary

Using mathematical models of steady conditions of the isotope mixture separation process, the effect of accuracy of control of the reflux, feed, extraction and waste flows on isotope concentration values at the plant exit was estimated. Recommendations are developed for setting standards of control accuracy.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. И. А. Веренинов и др. Kernenergie, № 6, 1971.
2. Ц. Д. Утургаидзе, Л. Л. Чхაიძე. Техническая кибернетика. Труды ГПИ им. В. И. Ленина, № 3, 1972.

Р. К. БЕРИДЗЕ

МЕИОТИЧЕСКИЙ ДРАЙВ, МЕХАНИЗМ ЕГО ДЕЙСТВИЯ И ЭВОЛЮЦИОННОЕ ЗНАЧЕНИЕ

(на примере полиплоидного комплекса *Veronica gentianoides* Vahl)

(Представлено членом-корреспондентом академии Д. И. Джохадзе 6.6.1983)

В основе существования генетического гомеостаза на популяционном уровне лежат механизмы, обеспечивающие способность популяции приспособительно поддерживать свой генетический состав.

Поддержание равновесного состояния частот гамет в панмиктических популяциях осуществляется по закону Харди—Вайнберга. Однако слабая изученность процессов, приводящих к селекции отдельных генов, хромосом и гамет при мейозе, и оплодотворения ограничивает возможности использования этого закона.

Как известно, до сих пор сохраняется противоречие между теоретически ожидаемым быстрым вытеснением леталей из популяции и широким распространением летальных аллелей в популяции различных видов. Вопрос о причинах, препятствующих вытеснению леталей из популяций, до сих пор остается неразрешенным.

Вторым аспектом генетического гомеостаза является поддержание гетерозиготности и полиморфизма.

Непосредственное изучение процессов генетического гомеостаза в естественной обстановке для полного познания закономерностей его протекания связано с большими сложностями [1].

В этом отношении один из представителей флоры Кавказа — сложный полиплоидный комплекс малоазийско-южнокавказской *Veronica gentianoides* Vahl оказался весьма удобным объектом для исследований микроэволюционных процессов в природных популяциях этого вида.

Проведенные длительные биосистематические исследования, начатые еще в 1968 г. под руководством и при участии проф. И. И. Тумаджанова [2—4], позволили выделить две основные филогенетические ветви в этом комплексе: первую с основным хромосомным числом $x=8$ и вторую, вероятно, более молодую, получившую широкое распространение по всему Большому Кавказу и представленную полиплоидным рядом, с основным хромосомным числом $x=12$.

Переход на новое, более высокое основное число хромосом, впервые установленное нами [5] для полиплоидного комплекса *Veronica gentianoides*, означает ароморфоз (поднятие организма на более высокий уровень) внутривидового полиморфизма, лежащего в основе эволюционного прогресса.

В этом полиплоидном комплексе самым низким полиплоидом является триплоидная ($2n=24$) раса, широко распространенная в среднегорной зоне Большого Кавказа и составляющая основу этого комплекса. Анализ результатов цитогенетического и эмбриологического изучения этой хромосомной расы и посвящается данная статья.

Материал собирался по профилю гор Большого Кавказа, начиная с 200—300 до 800 м н. у. м. В качестве отдельных популяций нами выбирались участки с максимальной плотностью растений — до 300—400 розеток/1 кв. м. Было изучено до 2000 бутонов (т. е. особей три-

плодной вероники), содержащих в среднем 20000 цветков и 80000 гнезд пыльника. Молодые бутоны фиксировались в смеси Карнуа и по Навашину. Мейоз и микроспорогенез изучались под микроскопом марки «NF des VEB Amplival» (Цейс). Микрофотографии были получены с помощью фотокамеры марки «MF» с автоматической вспышкой марки «Belichtung-automatic».

Результаты сопоставления данных, полученных при дифференцированном анализе протекания процессов мейоза и микроспорогенеза, позволили установить, что в пределах каждой обширной популяции среднегорной триплоидной вероники можно выделить три микропопуляции, различающиеся по цитогенетическим показателям. В первой из них объединяются биотипы, у которых преобладает амфимиксис, во второй — переходные биотипы с постепенным усилением склонности к апомиктному способу размножения, а в третьей — формы с преобладанием стерильности мужского пола до полных апомиктов.

В качестве одного из примеров нами приводится обширная популяция триплоидной вероники, приуроченная к мезофильным районам Западной Грузии (окрестности г. Кутаиси, Чома, Сатаплиа, предгорья Накеральского хребта).

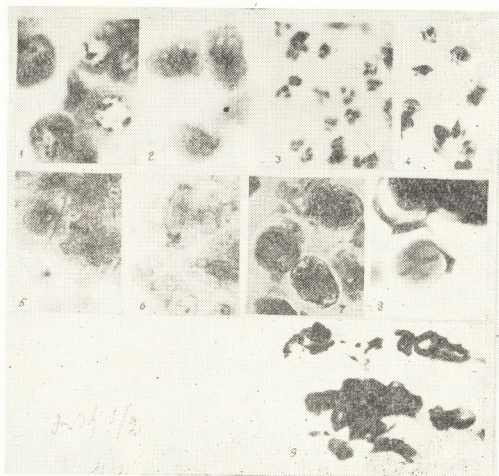


Рис. 1. Мейоз и микроспорогенез у триплоидной ($p=24$) вероники из различных частей обширных популяций среднегорной зоны: 1 — диакinesis с варьирующим числом уни- и поливалентов (ув. 40*); 2 — метафаза I с различными аномалиями (ув. 40*), 3 — тетрады микроспор с потемневшими клетками (ув. 16*); 4 — полустерильная пыльца (ув. 16*); 5—8 — различные стадии урегулированного мейоза у апомиктных биотипов триплоидной вероники (ув. 40*); 9 — пыльник с полностью стерильной пыльцой (ув. 16*)

В первой половой части этой популяции, отличающейся бурным внутривидовым полиморфизмом, обнаружены значительные

мейотические нарушения, приводящие к разной степени стерильности пыльцы. Отмеченное следует увязать с тем, что прогрессивное увеличение основного числа хромосом, обуславливающее сложное сочетание в триплоидном организме трех неодинаковых геномов (3n), вызывает затруднения в мейозе [5]. Общей характерной чертой наибольших отклонений является асинхронность протекания мейоза. Аномалии на начальных стадиях делений выражаются в том, что вместо обычных бивалентов возникают уни- и поливаленты (фото 1, 2, 3), причем велика изменчивость по частоте этих хромосомных ассоциаций. Отклонения во втором делении мейоза почти такого же характера, как и в первом. Несмотря на аномалии, наблюдающиеся на начальных стадиях мейоза, деление мейоцитов доходит до конца и образуются лишь в разной степени аномальные тетрады. В некоторых случаях аномалии в дальнейшем ходе микроспорогенеза выражаются также в потемнении цитоплазмы тетрад как у отдельных необособившихся микроспор, так и у всей тетрады в целом (фото 4). Однако в некоторых случаях аномалии, замеченные в поведении хромосом на начальных стадиях мейоза, не сочетаются со стерильностью пыльцы, фертильность которой варьирует от 40 до 50%, достигая в некоторых случаях 60% (фото 5). Этой фертильной пыльцой, по-видимому, обеспечивается осуществление полового воспроизведения в панмиктической части популяции. Поэтому надо полагать, что элиминация биотипов с такими хромосомными аномалиями не происходит и в связи с этим полиморфизм биотипов в смешанной части популяции еще больше усиливается.

Отсутствие сбалансированного кариокинеза при мейозе у этой микропопуляционной группы и поддержание такого состояния, вероятно, являются причиной высокого уровня полиморфизма в этой части популяции.

В дальнейшем эволюционном развитии возможно либо сбалансирование мейоза с сохранением панмиксии, либо, что более вероятно, переход к апомиксису. Действительно, в переходной части этой популяции наблюдается постепенное уменьшение индивидуальной изменчивости урегулирование мейоза и усиление аномальных явлений в цитоплазме.

В третьей части популяции, произрастающей по более сухим местообитаниям известняковых склонов (700—750 м н. у. м) Накерального хребта, замечается резкий спад полиморфизма и господство переходит к узколистному экотипу триплоидной вероники. Мейоз здесь протекает без нарушений (фото 6—10). Урегулированное деление ядерного аппарата с нормальным поведением хромосом приводит к постепенной стабилизации мейоза с одновременной стерилизацией мужского пола (фото 11).

Итак, на начальных стадиях эволюции мейоза триплоидного цитотипа частота генов, контролирующих изменение механизма мейоза, обеспечивающего неравное расщепление и образование разнокачественных гамет для сохранения полиморфизма, действует мощный генетический фактор — так называемый мейотический драйв. Термин «мейотический драйв», в отличие от «гаметического дрейфа», впервые был предложен Сандлером и Новицким в 1957 г. [6]. Нельзя отрицать заслугу этих авторов в том, что они первыми обратили внимание на то, что действие генов у гетерозигот регулируется какой-то потенциальной силой, связанной с мейозом.

Как нам представляется, для осуществления апомиксиса в исходном диплоидном виде должны иметься определенные наследственные конституции, способствующие замене свойственного этому организму нормального двуполого размножения однополым.

Полиплоидное повышение основного числа хромосом и гибридный фон создали основу для таких глубоких спонтанных изменений в по-

следовательностях оснований, которые обусловили изменение механизма мейоза и нарушение его обычного хода, и ряд локусов, ответственный за нормальное двуполое размножение, стал полиморфным.

Широкий внутрипопуляционный полиморфизм, обнаруженный в популяциях триплоидного цитотипа этого комплекса на начальных этапах эволюции мейоза, обусловленный мейотическим драйвом, вероятно, не нарушает генетическую целостность, и новая аллельная мутация, выраженная в замене двуполого размножения однополюм, являлась вполне благоприятной в эволюции вида в целом.

Описанная картина наблюдается в пределах каждой обширной популяции триплоидной вероники, где трудно представить резко меняющиеся условия внешней среды. Здесь действуют цитогенетические механизмы, регулирующие этот направленный процесс эволюции.

Таким образом, основы пусковых механизмов микроэволюционного процесса заложены в генотипическом разнообразии этих исходных триплоидных популяций, охватывающих весь высотный профиль горных хребтов Большого Кавказа. Апомиксис в этом комплексе является специальным эволюционным приспособлением, возникшим из нормальнополовых форм на наиболее поздней стадии эволюции мейоза.

Академия наук Грузинской ССР
Институт ботаники

(Поступило 24.6.1983)

ბინძობისა და სელექცია

რ. ბერიძე

მეიოზური დრაივი, მისი მოქმედების მექანიზმი და ევოლუციური მნიშვნელობა

(*Veronica gentianoides* Vahl პოლიპლოიდური კომპლექსის მაგალითზე)

რეზიუმე

პოლიპლოიდური კომპლექსის ბუნებრივი პოპულაციების ციტოგენეტიკური გამოკვლევის შედეგად ნაჩვენებია გამეტური დრეფისაგან განსხვავებული, მეიოზური დრაივის მოქმედების მექანიზმი და მისი განმსაზღვრელი როლი ევოლუციის კანონზომიერ წარმართვაში.

GENETICS AND SELECTION

R. K. BERIDZE

MEIOTIC DRIVE, THE MECHANISM OF ITS ACTION AND EVOLUTIONAL SIGNIFICANCE

(As exemplified by the polyploid complex *Veronica gentianoides* Vahl)

Summary

The results of a cytogenetic study of natural populations of the title polyploid complex show an action mechanism of meiotic drive and its determinative role in the regular control of evolution, the mechanism differing from gametic drift.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. В. Тимофеев-Ресовский, А. В. Яблоков, Н. В. Глотов. Очерк учения о популяции. М., 1973.
2. И. И. Тумаджанов, Р. К. Беридзе, А. И. Погосян. Бот. ж., 6, № 8, 1975.
3. И. И. Тумаджанов, Р. К. Беридзе, А. И. Погосян. Бот. ж., 62, 11, 1977.
4. Р. К. Беридзе, И. И. Тумаджанов, А. И. Погосян. Сб. «Проблемы эволюционной и популяционной генетики». Махачкала, 1978.
5. Р. К. Беридзе. Бот. ж., 57, № 12, 1972.
6. L. Sandler, N. Novitzki. Am. Nat., 91, 1957, 105.

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

В. С. ШАГИНЯН

КЛИНИКО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕЧЕНИЯ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ
СЕРДЦА

(Представлено членом-корреспондентом Академии А. Н. Бакурадзе 5.1.1984)

Оценка степени оптимальности рабочего режима сердца у больных ишемической болезнью сердца (ИБС) осуществима в условиях четкой дифференциации патологии и нормы кровообращения. Однако максимальные и минимальные величины основных параметров гемодинамики (ударный и минутный объем кровообращения и периферическое сопротивление) у здорового населения различаются в 2—4 раза [1, 2].

Целью работы являлось выведение критериев оптимальности гемодинамической производительности сердца в аспекте анализа соотношений параметров отдельно преднагрузки и посленагрузки сердца у больных ИБС.

Клинически обследованы 70 больных ИБС в возрасте от 38 до 78 лет и 25 практически здоровых лиц того же возраста (контроль). Больные разделены на 2 группы. В I группу вошли 37 больных с I (ишемической) стадией атеросклероза (AI), по классификации А. Л. Мясникова [3], с средним возрастом $54,4 \pm 1,3$ года. Коронарная недостаточность (КН), по классификации Л. И. Фогельсона [4], не превышала I степени, недостаточность общего кровообращения была в пределах I степени (H_I). Во II группу вошли 33 больных с III (фиброзной) стадией атеросклероза (AIII) с средним возрастом $58,5 \pm 1,9$ года. У всех больных II группы в анамнезе констатирован определенный или возможный крупноочаговый инфаркт миокарда. У 3 больных отмечалась H_{I-II} , у остальных — H_I . 5 больных из I группы и 5 из II одновременно скончались на дому в течение 1—1,5 месяца после последнего электрофизиологического исследования и выписки из стационара. Таким образом, выделилась III группа — 10 больных с летальным исходом. Применяли ЭКГ-исследование в 15 отведениях (12 общепринятых и 3 по Нэбу) и комплексно-синхронное (с парциальной кинетокардиографией) ПКГ-исследование повторно от 2 до 4 раз в динамике наблюдения. Центральную гемодинамику изучали с помощью неинвазивного метода [5] с модификацией [6] и дополнениями [7]. Комплексные показатели [8, 9] позволяли уточнять содержание преднагрузки и посленагрузки парциально для правых и левых отделов сердца с учетом производительной и непроизводительной частей работы сердца. В производительную часть преднагрузки входили: 1) индекс гемодинамической активности диастолы (ИГАД):

ИГАД правого желудочка = $\frac{(P_{ms} - P_{ra}) \cdot C_{DN}}{O_{PC}}$, где P_{ms} — системное среднее давление (Му), мм рт. ст. [6]; P_{ra} — среднее давление в правом предсердии [10], мм рт. ст.; C_{DN} — скорость диастолического наполнения правого желудочка, мл/с [11]; O_{PC} — общее периферическое

сопротивление, $\text{дин} \cdot \text{см}^{-5} \cdot \text{с}$ [6]; ИГАД левого желудочка = $\frac{(P_{\text{пр}} - P_{\text{ла}}) \cdot \text{СДН}}{\text{ОЛС}}$,

где $P_{\text{пр}}$ — среднее давление в легочной артерии, мм рт. ст. [12, 13]; $P_{\text{ла}}$ — среднее давление в левом предсердии [10], мм рт. ст.; ОЛС — общее легочно-сосудистое сопротивление, $\text{дин} \cdot \text{см}^{-5} \cdot \text{с}$, определявшееся по типу ОПС; логичность $P_{\text{мс}} - P_{\text{га}}$ и $P_{\text{пр}} - P_{\text{ла}}$ заимствована из [14];

2) индекс насосной функции (ИНФ) желудочка: $\text{ИНФ} = \frac{\text{ОСВ} \cdot \text{МОК} \cdot 10^{-1}}{\text{СДН} \cdot \text{АКДД} \cdot F}$,

где ОСВ — объемная скорость сердечного выброса, мл/с; МОК — минутный объем кровообращения, мл/мин; F — частота сердечных сокращений в 1 мин: 10^{-1} (и далее 10^{-2} , 10^{-3}) — множитель для удобства расчета. Структура АКДД приводится ниже. В непроизводительную часть преднагрузки входили: 1) аналог конечного диастолического давления

(АКДД) в желудочке: $\text{АКДД}_{\text{прав}} = \frac{\text{УЛС} \cdot \text{ИГП}}{P_{\text{пр}} - P_{\text{ла}}}$, где УЛС — удельное легочно-сосудистое сопротивление, $\text{дин} \cdot \text{см}^{-5} \cdot \text{с}/\text{м}^2$; ИГП — индекс гемо-

динамической производительности правого желудочка $\left(\frac{P_s \times \Delta P}{\text{Му}_{\text{лет. а}} \times 100} \right)$

$\text{АКДД}_{\text{лев}} = \frac{\text{УПС}}{P_{\text{мс}} - P_{\text{га}}}$, где УПС — удельное периферическое сопротивление, $\text{дин} \cdot \text{см}^{-5} \cdot \text{с}/\text{м}^2$; 2) интрамиокардиальный диастолический стресс (ИМСД):

$\text{ИМСД}_{\text{прав}} = \frac{\text{ОПС}}{(P_{\text{мс}} - P_{\text{га}}) \cdot \text{СДН}}$; $\text{ИМСД}_{\text{лев}} = \frac{\text{ОЛС}}{(P_{\text{пр}} - P_{\text{ла}}) \cdot \text{СДН}}$. В произво-

дительную часть посленагрузки входили: 1) кинетическая энергия сердечного [15] выброса (КЭСВ); 2) индекс гемодинамической активности систолы (ИГАС): $\text{ИГАС} = \text{МОК} \cdot \text{ССВ} \cdot 10^{-2}$. Показателями непроизводитель-

ной части посленагрузки являлись: 1) механическая гиперфункция (МГ) желудочка: $\text{МГ}_{\text{прав}} = \text{Ms} \cdot \text{ОЛС} \cdot 10^{-3}$; $\text{МГ}_{\text{лев}} = \text{Ms} \cdot \text{ОПС} \cdot 10^{-3}$, где Ms — длительность фазы напряжения желудочка, сек за 1 мин; 2) интрамиокардиальный систолический стресс (ИМСС): $\text{ИМСС} = \text{МГ}/\text{ИГАС}$. Результаты исследований были подвергнуты статистической обработке на ЭВМ М-4030. Ввиду громоздкости, размерность комплексных показателей приводится в усл. ед.

Анализ полученных результатов указывает на снижение оптимальности рабочего режима диастолы в правых и левых отделах сердца (снижение ИГАД и ИНФ, $P < 0,001$) при увеличении АКДД ($P < 0,001$) и ИМСД ($P < 0,001$), особенно выраженном в левом желудочке у больных III группы ($P < 0,01$), что характеризует незавершенную диастолу или гипоксическую контрактуру миокарда [16]. Обращает на себя внимание увеличение ИМСС левого желудочка у больных III группы ($P < 0,001$) с межгрупповыми различиями ($P < 0,01$). Дисбаланс между производительной и непроизводительной частями пред- и посленагрузки сердца находит отражение в стрессорных повреждениях миокарда [16, 17] вплоть до контрактурных изменений с очагами некробиоза, с понижением инотропной и насосной функций сердца.

Для использования методики в поликлинических условиях комплексные показатели математически преобразованы физиком-теоретиком Е. Г. Гурвичем в упрощенные показатели: в производительной части посленагрузки отделов сердца:

$$\text{ИГАС} = 10^{-5} \cdot \frac{\text{УО}^2 \cdot F}{H}; \quad \text{КЭСВ} = 5 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{\text{УО}^3}{Q^2 \cdot H^2};$$

в непроизводительной части посленагрузки левых отделов сердца:

$$МГ = 80 \cdot \frac{Му \cdot S}{УО}; \quad ИМСС = 8 \cdot 10^6 \cdot \frac{S \cdot Н \cdot Му}{УО^3 \cdot F},$$

где УО — ударный объем крови, мл; F — частота сердечного ритма; S — длительность фазы напряжения, с; Н — длительность фазы изгнания, с; Q — площадь поперечного сечения аорты, см² [6]; Му — среднее давление по Вецлеру и Бегеру, мм рт. ст.

На рис. 1 представлена диаграмма (Е. Г. Гурвич) с производительной частью посленагрузки левых отделов сердца (ИГАС+КЭСВ) по оси ординат и непроизводительной частью (МГ+ИМСС) по оси абсцисс. На диаграмме приведены величины показателей у всех групп больных ИБС по отношению к абсолютным величинам соответствующих показателей у практически здоровых лиц. Для практического использования диаграммы величины показателей у обследуемого больного, рассчитанных по упрощенным формулам, следует разделить: ИГАС на 15,11; КЭСВ на 16,55; МГ на 11,43 и ИМСС на 0,918.

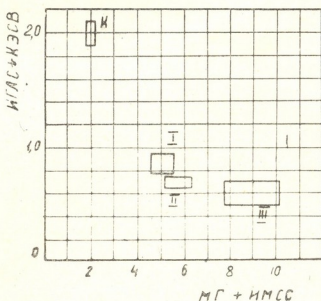


Рис. 1

Координаты центров прямоугольников равны средним значениям суммы соответствующих показателей по данной группе, а стороны прямоугольников — их удвоенным погрешностям. Точка пересечения перпендикуляров на оси ординат на уровне суммы ИГАС+КЭСВ и на оси абсцисс на уровне МГ+ИМСС диаграммы является искомой результирующей величиной соотношения производительной и непроизводительной частей посленагрузки левых отделов сердца у больного ИБС, что позволяет диагностировать степень оптимальности рабочего режима сердца и при этом отнести больного к той или иной группе, а при повторных исследованиях — прогнозировать течение ИБС с целенаправленным корригированием нарушенного параметра посленагрузки (антиоксиданты оксипиридинового ряда, артериоплегические — нитропруссид натрия, кардиотонические и иные средства). Таким же путем может быть устранен фактор внезапной смерти у больного ИБС при результирующей величине в пределах прямоугольника III.

Для практического применения предложенной экспресс-диагностической методики в условиях стационара или поликлиники необходима синхронная регистрация на 3-канальном электрокардиографе ЭКГ,

ФКГ и грудной тетраполярной реограммы с определением фаз напряжения и изгнания, ударного объема крови, артериального давления по Короткову и среднего давления по Вецлеру и Бегеру.

Детский врачебно-физкультурный диспансер

(Поступило 6.1.1984)

ადამიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

3. შაბინიანი

გულის იშემიური დაავადების მიმდინარეობის პროგნოზირების კლინიკო-ფიზიოლოგიური შესაძლებლობანი

რეზიუმე

გულის იშემიური დაავადების დროს გულის დატვირთვის წინ და შემდეგ შწარმოებელი ნაწილის უარყოფითი ბალანსი, განსაკუთრებით გამოხატული ავადმყოფებში ლეტალური გამოსავალით, დაავადების მიმდინარეობის პროგნოზირებისა და გართულების თავიდან აცილების შესაძლებლობას იძლევა.

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

V. S. SHAGINYAN

CLINICAL AND PHYSIOLOGICAL POSSIBILITIES OF FORECASTING THE COURSE OF THE ISCHEMIC DISEASE OF THE HEART

Summary

In cases of the ischemic disease of the heart the negative balance of the effective part of pre- and postloading of the cardiac ventricles, which is particularly marked in patients with lethal outcome, permits to forecast the course of the disease and avert a deterioration of the patient's state.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. А. Гватуа, В. Л. Кравцов. Кардиология, 6, 1981, 5—9.
2. И. К. Шхвацабая и др. Кардиология, 3, 1981, 10—14.
3. А. Л. Мясников. Атеросклероз. М., 1960.
4. Л. И. Фогельсон. Болезни сердца и сосудов. М., 1951.
5. Ph. Vroemser, O. Ranke. Ztschr. f. Kreislaufforsch.. XXV, 1933, 11-21.
6. Н. Н. Савицкий. Биофизические основы кровообращения и клинические методы изучения гемодинамики. Л., 1963.
7. В. Л. Карпман, Л. А. Иоффе. Кардиология, 3, 1966, 78—79.
8. В. С. Шагинян. Сб. «Вопросы биол. и мед. техники». Тбилиси, 1978, 70—92.
9. В. С. Шагинян и др. Сообщения АН ГССР, 108, № 3, 1982, 645—648.
10. В. Р. Ермолаев и др. Кардиология, 6, 1976, 118—120.
11. W. Gebhardt, H. Reindell. Dtsch. Med. Wschr., 89, 1964, 736-742.
12. Г. В. Гусаров и др. Кардиология, 5, 1970, 121—123.
13. Л. Ф. Коноплева и др. Кардиология, 10, 1971, 138—141.
14. А. Гайтон. Минутный объем сердца и его регуляция. Л., 1969.
15. В. Л. Карпман и др. Кардиология, 12, 1973, 83—88.
16. Ф. З. Меерсон, Н. А. Абдикалиев. Кардиология, 4, 1981, 60—67.
17. А. И. Струков и др. Кардиология, 1, 1981, 34—41.

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Ш. Я. ШЕЛЕГИЯ, А. И. АБЕСАДZE, Р. Б. КУРАШВИЛИ,
Л. И. АХМЕТЕЛИ, Э. М. ЦИЦУАШВИЛИ

**РОЛЬ ГОРМОНОВ ГИПОФИЗАРНО-НАДПОЧЕЧНИКОВОЙ
И РЕНИН-АЛЬДОСТЕРНОВОЙ СИСТЕМ В МЕХАНИЗМЕ
ДЕЙСТВИЯ ТРАНСФУЗИИ КОМПОНЕНТОВ КРОВИ**

(Представлено членом-корреспондентом Академии А. Н. Бакурадзе 8.2.1983)

В формировании и реализации эффекта гемотрансфузии в организме реципиента ведущая роль принадлежит гормональным механизмам; среди них первостепенное значение имеет гипофизарно-надпочечниковая система [1, 2], являющаяся важным звеном в механизме приспособительных реакций при различных состояниях [3]. Интерес к этому вопросу обусловлен и тем, что гормональные механизмы действия переливания компонентов крови изучены недостаточно.

В данной работе были исследованы изменения содержания АКТГ, кортизола, альдостерона и ренина в крови после трансфузии эритроцитарной массы и плазмы как без кровопотери, так и в условиях предварительного кровопускания. Эксперименты были проведены на собаках обоего пола. Радиоиммунологическим методом в плазме или в сыворотке крови исследовалось содержание отмеченных выше гормонов. Были использованы кит-наборы фирмы «CEA-IRE-SORYN» (Франция) и «CORNUNG» (США); цельная кровь и ее компоненты переливались в дозе 10 мл/кг; кровопотеря производилась в дозе 20 мл/кг.

Проведенные исследования показали, что переливание 10 мл/кг плазмы вызывает усиление секреции АКТГ, что особенно наглядно выражено через 2 часа (табл. 1); в последующем она нормализуется и спустя 48 часов даже понижается. Незначительно меняется секреция кортизола.

Резкие сдвиги были отмечены со стороны содержания альдостерона в крови. Как видно из табл. 1, уже спустя 2 часа почти в 4 раза повышается его концентрация и в течение 48 часов она остается на высоком уровне. Изменения концентрации ренина меньше выражены, она достоверно повышена лишь спустя 2 часа после трансфузии. Наряду с увеличением концентрации альдостерона, отмечается резкое понижение коэффициента кортизол/альдостерон, сохраняющееся на таком уровне в течение 3 дней.

Следовательно, среди исследованных нами гормонов после трансфузии плазмы резко и продолжительно повышается концентрация альдостерона и понижается коэффициент кортизол/альдостерон, что указывает на усиление минералокортикоидной активности крови.

В следующей серии экспериментов производилось переливание эритроцитарной массы. Было установлено, что после переливания эритроцитарной массы имеет место снижение секреции АКТГ, продолжающееся 48 часов (табл. 1). В более поздние сроки, наряду с понижением секреции АКТГ, понижается также секреция кортизола.

Незначительные изменения отмечаются со стороны секреции альдостерона. Секреция же ренина усиливается спустя 24 часа после трансфузии эритроцитарной массы. Коэффициент кортизол/альдостерон не претерпевает каких-либо значительных изменений.

Таким образом, если переливание плазмы стимулирует гипофизарно-надпочечниковую систему, то трансфузия эритроцитной массы почти не изменяет ее функциональное состояние.

В отдельной серии опытов изучалось влияние трансфузии цельной крови. Было показано, что после переливания 10 мл/кг цельной крови, наряду с усилением секреции АКТГ, в постгемотрансфузионную реакцию включаются также гормоны ренин-альдостероновой системы. Достоверное усиление секреции АКТГ продолжается в течение 24 часов, а секреция альдостерона спустя 2 часа почти в 2 раза превосходит исходный показатель. Особо следует отметить усиление секреции ренина, являющееся достоверным в течение 48 часов после трансфузии отмеченных доз крови.

Таблица 1

Изменения гормонов гипофизарно-надпочечниковой и ренин-альдостероновой систем после переливания компонентов крови

Исследуемые показатели	(M ± m)				n=5		
	фон	Плазма			эритроцитная масса		
		сроки после трансфузии			сроки после трансфузии		
		2 часа	24 часа	48 часов	2 часа	24 часа	48 часов
АКТГ пг/мл	141.7 ± 13,1	268 ± 11,7	161 ± 13,7	86 ± 5,2	70 ± 6,2	107 ± 9,0	108 ± 7,6
Кортизол нг/мл	11,8 ± 0,5	11,8 ± 1,2	10,4 ± 0,3	10,0 ± 0,1	12,2 ± 0,8	11,3 ± 0,6	9,9 ± 0,17
Альдостерон нг/мл	11,7 ± 0,66	43,3 ± 0,66	41 ± 1,8	44,6 ± 1,1	10,7 ± 0,43	9,2 ± 0,63	10,6 ± 0,71
Ренин нг/мл/час	1,3 ± 0,16	2,2 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,0 ± 0,1	1,2 ± 0,12	2,5 ± 0,21	1,9 ± 0,07
Коэффициент кортизол/альдостерон	0,86 ± 0,04	0,27 ± 0,02	0,26 ± 0,01	0,22 ± 0,01	1,22 ± 0,1	1,2 ± 0,01	0,9 ± 0,05

Следовательно, трансфузия цельной крови сопровождается значительными сдвигами в гормональной системе организма реципиента. Среди них наиболее выраженными являются повышение секреции ренина и усиление минералокортикоидной активности крови. Надо полагать, что более наглядное усиление секреции ренина в данном случае обусловлено тем, что переливание цельной крови, стимулируя симпатoadреналовую систему, как это было отмечено в наших предыдущих исследованиях, сопровождается сужением кровеносных сосудов внутренних органов, в том числе и почек [4]; угнетение же кровотока в почках должно быть причиной усиленного выделения ренина.

В экспериментах, проведенных в условиях предварительной кровопотери, обнаружено, что кровопотеря сопровождается понижением содержания АКТГ в крови (табл. 2); при этом наблюдается резкое повышение концентрации кортизола: спустя 2 часа после кровопотери содержание кортизола почти в 2 раза превышает нормальные данные. Двухфазные изменения отмечены со стороны секреции альдостерона: через 2 часа после кровопускания она резко повышена, а на 2—3-й день понижается. Секреция ренина достоверно усиливается в течение 3 дней после кровопотери.

Трансфузия плазмы в дозе 10 мл/кг спустя 2 часа после кровопускания вызывает увеличение содержания АКТГ в крови по сравнению с фоном кровопотери, секреция кортизола и альдостерона понижена по сравнению с фоном анемии, однако превышает исходный уровень. Отмечается также явное повышение секреции ренина, продолжающееся в течение 3 дней.

Исследование влияния трансфузии цельной крови в дозе 10 мл/кг показало, что она сопровождается почти такими же изменениями, как переливание плазмы с той разницей, что трансфузия цельной крови вызывает менее продолжительное усиление секреции альдостерона.

Проведенные эксперименты показали также, что трансфузия эритроцитарной массы в условиях предварительной кровопотери не вызывает значительных изменений исследованных показателей.

Таблица 2

Изменения гормонов гипофизарно-надпочечниковой и ренин-альдостероидной систем после переливания компонентов крови на фоне предварительного кровопускания

(M±m)

n=5

Исследуемые показатели	Плазма						Эритроцитарная масса				
	Фон	Фон анемии	Сроки после трансфузии				Фон анемии	Сроки после трансфузии			
			2 часа	2-й день	3-й день	5-й день		2 часа	2-й день	3-й день	5-й день
АКТГ, нг/мл	141.7 ±13.1	54.8 ±3.5	87.2 ±2.7	94.0 ±3.4	116.8 ±7.9	108.0 ±6.1	77.4 ±7.0	92.8 ±8.4	72.0 ±5.4	79.8 ±6.6	169.2 ±13.0
Кортизол, нг/мл	11.8 ±0.5	37.4 ±0.9	31.4 ±1.5	3.5 ±0.3	3.2 ±0.3	4.2 ±0.6	36.3 ±1.1	2.9 ±0.3	3.1 ±0.2	5.0 ±0.4	5.9 ±0.5
Альдостерон, нг/мл	1.7 ±0.66	43.2 ±2.4	42.8 ±1.2	38.9 ±1.8	26.6 ±1.4	23.8 ±1.0	37.4 ±2.5	29.3 ±1.2	8.6 ±0.7	3.8 ±0.2	4.1 ±0.2
Ренин, нг/мл/час	1.3 ±0.16	7.8 ±0.8	2.0 ±0.14	5.5 ±0.2	6.6 ±0.5	3.6 ±0.3	6.7 ±0.6	3.9 ±0.3	3.7 ±0.5	3.7 ±0.5	3.6 ±0.3
Коэффициент кортизол/альдостерон	0.86 ±0.04	0.88 ±0.06	0.76 ±0.04	0.09 ±0.01	0.12 ±0.01	0.18 ±0.04	0.99 ±0.08	0.1 ±0.01	0.37 ±0.04	1.31 ±0.08	1.42 ±0.07

Следовательно, после кровопускания наблюдается понижение концентрации АКТГ в крови с повышением содержания кортизола и альдостерона. Уменьшение количества АКТГ через 2 часа после кровопотери должно быть обусловлено его усиленным потреблением в ответ на кровопотерю, что становится причиной увеличения секреции кортизола и альдостерона. А что касается относительно слабо выраженной неспецифической реакции после гемотрансфузии на фоне кровопотери, чем это отмечается без кровопотери, в этом механизме определенное значение должно иметь усиленное выделение кортикостероидов в постгеморрагическом периоде, которые обладают определенным иммунодепрессивным действием. Поэтому реакция между индивидуально несовместимыми белками крови донора и реципиента, являющаяся одной из важных причин неспецифического эффекта гемотрансфузии, выражена слабо.

НИИ гематологии и переливания крови
им. акад. Г. М. Мухадзе
МЗ ГССР

(Поступило 11.2.1983)

ადამიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

შ. ზემღვია, ა. აბესაძე, რ. შურაშვილი, ლ. ასათბაღი, მ. წიფუაშვილი
ჰიპოფიზ-თირკმელზედა ჯირკვლისა და რენინ-ალდოსტერონის
სისტემათა ჰორმონების როლი სისხლის კომპონენტების
გადასხმის მოკვლევის მექანიზმში

რეზიუმე

ექსპერიმენტში ძალღებზე შესწავლილია სისხლის კომპონენტების (პლაზმა, ერითროციტული მასა) გადასხმის გავლენა აკტპ, კორტიზოლის, ალდოსტერონისა და რენინის სეკრეციასა და კორტიზოლ/ალდოსტერონის შეფარდებაზე როგორც სისხლის დაკარგვის გარეშე, ისე სისხლის დაკარგვის პირობებში.

დადგენილია, რომ სისხლის გამოწვევის გარეშე პლაზმის გადასხმა იწვევს აქტ3, ალდოსტერონისა და რენინის სეკრეციის გაძლიერებას, ხოლო ერთრო-ციტული მასის გადასხმა თითქმის არ ცვლის აღნიშნული ჰორმონების სეკრეციას. სისხლის დაკარგვის ფონზე კი ჰემოტრანსფუზია ნაწილობრივ ასწორებს სისხლის დაკარგვით გამოწვეულ დარღვევებს.

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Sh. I. SHELEGIA, A. I. ABESADZE, R. B. KURASHVILI, L. I. AKHMETELI,
E. M. TSITSUASHVILI

THE ROLE OF HORMONES OF THE HYPOPHYSIS-ADRENAL
AND RENIN-ALDOSTERONE SYSTEMS IN THE ACTION
MECHANISM OF TRANSFUSION OF BLOOD COMPONENTS

Summary

The influence of transfusion of blood components (plasma, erythrocyte mass) on the secretion of ACTH, cortisol, aldosterone and renin as well as on the cortisol aldosterone ratio both under conditions of hemorrhage and without hemorrhage was studied experimentally in dogs. Transfusion of plasma without hemorrhage causes stimulation of ACTH, aldosterone and renin secretion, while transfusion of erythrocyte mass practically does not alter the secretion of the indicated hormones. Hemotransfusion after hemorrhage partially restores the disorders caused by the hemorrhage.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. И. Гращенко. В кн.: «Физиология и патология гипоталамуса». М., 1966, 9—11.
2. Е. В. Науменко. Центральная регуляция гипофизарно-надпочечникового комплекса. Л., 1971, 162.
3. А. И. Абесадзе, Ш. Я. Шелегия. Проблемы гематологии и переливания крови, 10, 1980, 18—22.
4. Ш. Я. Шелегия. Сб. трудов НИИ гематологии и переливания крови МЗ ГССР, XIX. Тбилиси, 1981, 157—161.

Д. А. ОНИАНИ, Р. Д. ГИГАУРИ, Б. А. ЛОМСАДЗЕ,
Л. И. ГОДЕРДЗИШВИЛИ, Н. П. ГОРЕЛАШВИЛИ,
К. Л. КАСЛАНДЗИЯ

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИОДИДА МЕТИЛЭТИЛДИ (М-ТОЛИЛ)- АРСОНΙΑ НА КЛЕТКИ ВОДОРΟΣЛИ NITELLA SYNCARPA

(Представлено академиком Л. А. Канчавели 7.6.1983)

Одной из наиболее важных задач в области решения экологических проблем в настоящее время является создание эффективных биологических средств для определения степени загрязнения водоемов. Существующие химические и физико-химические методы обладают рядом недостатков, которые могут быть устранены при использовании биологических методов регистрации, основанных на способности гигантских клеток водоросли *Nitella syncarpa* изменять ряд параметров (биоэлектрические характеристики, скорость движения протоплазмы и др.) при воздействии на нее веществами химической и гормональной природы. Высокая чувствительность клетки позволяет обнаружить детергенты в очень низких концентрациях (10^{-6} г/мл) в течение короткого времени (10—30 мин).

Скорость движения протоплазмы (СДП) клеток водоросли служит интегральным показателем общего состояния энергетики клетки [1, 2]. В связи с этим наблюдаются сезонные вариации СДП. Клетки весной и осенью более чувствительны к различного рода раздражителям, чем зимой и летом. Известно, что загрязнителями водной среды обычно являются поверхностно-активные вещества, пестициды, мышьяк-содержащие соединения и др. Для быстрого определения степени загрязнения водной среды перспективно использование в качестве био-датчика гигантских клеток водоросли *Nitella syncarpa*. Исходя из этого мы заинтересовались изучением различных концентраций мышьяк-содержащих органических соединений на СДП клеток водоросли. Возросший за последние 10—15 лет интерес к мышьяк-содержащим соединениям — далеко не случайное явление. Поскольку они обладают большой физиологической активностью, их стали изучать с точки зрения применения. Так, в качестве протравителей семян и фунгицидов перспективны лишь органические соединения мышьяка, использование которых возможно в малых дозах [3]. Они нашли практическое применение также в качестве активных компонентов необрастающих красок для подводных частей морских судов [4, 5], лекарственных препаратов и др. [6]. Однако химия производных мышьяка не исчерпала своих возможностей.

Для определения предельно допустимых концентраций мышьяк-содержащих органических соединений в водной среде применялись



клетки водоросли *Nitella syncarpa*, которая была собрана нами из канавы Траку-Вока (Литовская ССР, Вильнюс) в сентябре 1980 г. и в дальнейшем культивировалась в лабораторных условиях. В опытах были использованы клетки 3—5 междоузлий. Камера, в которую за 10—15 мин до начала эксперимента помещались клетки, состояла из двух чашек Петри диаметром 10,5 и 4 см соответственно. Клетки находились в меньшей емкости, в питательной среде, состоящей из солей K^+ , Na^+ , Mg^{++} , Ca^{++} . Большая чашка Петри заполнялась водой необходимой температуры, которая контролировалась терморпарой. Наблюдение за СДП клетки проводилось под микроскопом МБС-9, СДП измерялась по методу Штрюггера [7].

Пороговой концентрацией токсичности мышьяксодержащих соединений на примере йодида метилэтилди(*m*-толил)арсония для клеток водоросли является концентрация 10^{-3} г/мл. Она вызывает резкое замедление СДП с последующим восстановлением. Концентрации ниже 10^{-3} г/мл нетоксичны для клеток. Концентрации, превышающие 10^{-3} г/мл, оказывают токсическое воздействие на клетку, вызывая замедление СДП, плазмолиз — гибель клетки. Предположительно допустимая концентрация мышьяксодержащих органических соединений для пресных вод — 10^{-3} г/мл и ниже.

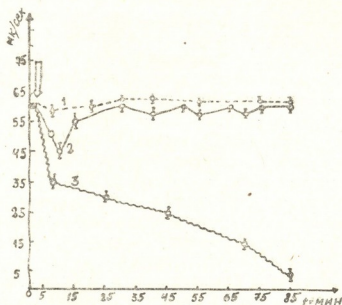


Рис. 1. Изменение скорости движения протоплазмы клеток *Nitella syncarpa* при воздействии йодида метил-этилди-(*m*-толил)арсония в концентрациях: 1— 10^{-4} г/мл, 2— 10^{-3} г/мл, 3— 10^{-2} г/мл (стрелко показан момент воздействия вещества)

На рис. 1 показано изменение СДП при воздействии йодида метилэтилди(*m*-толил)арсония на клетку *Nitella syncarpa* в концентрациях 10^{-4} г/мл (1), 10^{-3} г/мл (2) и 10^{-2} г/мл (3). Как видно из рисунка, концентрация 10^{-4} г/мл (1) вызывает незначительное замедление СДП, которая быстро восстанавливается и сохраняется неизменной на этом уровне. Концентрация 10^{-3} г/мл (2) к 5-й мин вызывает первоначальное резкое снижение СДП на 25—27 мк/сек. Затем, к 20-й мин наблюдается восстановление, и в течение всего опыта СДП не изменяется. Концентрация 10^{-2} г/мл (3) вызывает замедление СДП, и последующего восстановления не происходит. При замене опытного раствора питательной средой СДП возвращается к исходному уровню. Длительное пребывание клетки в растворе йодида метилэтилди-(*m*-толил)арсония (10^{-2} г/мл) приводит к ее плазмолизу — гибели.

Исходя из проведенных нами опытов можно предположить, что клетки водоросли *Nitella syncarpa* являются удобным объектом для изучения загрязнения водной среды и определения ее биологической полноценности.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 30.6.1983)

ბიოფიზიკა

ჯ. ონიანი, რ. გიგაური, ბ. ლომსაძე, ლ. გოდერძიშვილი, ნ. გორელაშვილი,
 ა. კასლანძია

წყალმცენარე NITELLA SYNCARPA-ზე მეთილეთილდი-
 (მ-ტოლილ) არსონიუმის იოდიდის მოქმედების შესწავლა

რეზიუმე

თანამედროვე ეკოლოგიური პრობლემების გადაწყვეტის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ამოცანას წყლის გაბინძურების ხარისხის განსაზღვრისათვის, წარმოადგენს ბიოლოგიური კვლევის ეფექტური საშუალებების შექმნა.

შეისწავლებოდა წყალმცენარე *Nitella syncarpa*-ზე დარიშხანშემცველი ორგანული ნაერთის იოდიდ მეთილეთილ დი (მ-ტოლილ) დარიშხანის მოქმედება.

დადგენილ იქნა, რომ მტკნარი წყლისათვის, კერძოდ იმ აუზებისათვის, სადაც ბინადრობს *Nitella* დასაშვებია დარიშხანის ნაერთის ზღვრული კონცენტრაცია, რომელიც შეადგენს 10^{-3} გ/მლ.

BIOPHYSICS

J. A. ONIANI, R. D. GIGAURI, B. A. LOMSADZE, L. I. GODERDZISHVILI,
 N. P. GORELASHVILI, K. L. KASLANDZIA

INVESTIGATION OF THE ACTION OF METHYL-ETHYL-
 DI(M-TOLYL) ARSONIUM IODIDE ON THE ALGAE *NITELLA SYNCARPA*

Summary

One of the main tasks of modern ecology in resolving the problem of estimation of water pollution degree is the development of efficient biological screening means.

The action of As-containing organic drug methyl-ethyl-di-(m-tolyl) arsonium iodide has been investigated on the algae *Nitella syncarpa*.

It has been established that a permissible level of arsenic in water reservoirs, namely in those where *Nitella syncarpa* is spread, is about 10^{-3} g/ml.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. Камия. Движение протоплазмы. М., 1962.
2. К. Kuroda. N. Kamiya. Proc. Jap. Acad., 51, № 10, 1975, 774-777.
3. Н. Н. Мельников. Химия пестицидов. М., 1968, 419.
4. Б. Д. Чернокальский, В. И. Гаврилов, Ф. М. Хуспутдинова, Г. Р. Гаврилова, Е. И. Гуревич, Е. И. Фрост, Л. И. Щербакова. Авт. свид. 405925 (1971). Бюлл. изобр., № 45, 1973.
5. J. Kagiyama, Sh. Nakanisi. Пат. США, 3041188 1962, С. А., 57, 16784, 1962.
6. Г. Дайсон, П. Мей. Химия синтетических лекарственных веществ. М., 1964.
7. З. Штрюггер. Практикум по физиологии растительных клеток и тканей. М., 1949.

Т. М. ЗААЛИШВИЛИ, М. Л. КУРДОВАНИДЗЕ, К. М. КОЛХИДАШВИЛИ

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ Zn^{2+} НА ЯДЕРНУЮ ПОЛИ(АДФ-РИБОЗА)-ПОЛИМЕРАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗГА КРЫС

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. М. Заалишвили 10.1.1983)

Ионы металлов необходимы для функционирования генетического аппарата, причем каждый этап реализации генетической информации управляется ионами металлов. Комплексообразование со специфическими металлами играет важную роль в регуляции биологических процессов. Присутствие ненужного или даже нужного металла, но в неподходящих концентрациях может привести к нежелательным последствиям [1, 2].

Как известно, ионы Zn^{2+} являются необходимыми компонентами для различных важных ферментов. Например, ионы Zn^{2+} , представляющие собой составную часть ДНК и РНК полимераз, необходимы для функционирования этих ферментов [3]. Удаление из полимераз Zn^{2+} вызывает их инактивацию. Ионы Zn^{2+} также необходимы для функционирования терминальной нуклеотидилтрансферазы, карбоангидразы [3] и других ферментов.

Показано, что ионы Zn^{2+} специфически захватываются ядром клетки [4], так что Zn^{2+} может явиться важным компонентом и для других, пока еще не изученных в этом отношении ядерных ферментативных реакций.

В данной работе мы изучали влияние Zn^{2+} на ядерную поли(АДФ-рибоза)полимеразную активность мозга крыс.

В опытах использовали белых крыс весом приблизительно 150 г. Ядерный препарат поли(АДФ-рибоза)полимеразы получали по ранее описанной нами методике [5].

Поли(АДФ-рибоза)полимеразную активность определяли при 25°C в среде, содержащей 50 мМ трис-НСI (рН 8,0), 0,47 нМ ^{14}C -НАД, (266 мКи/мм), 75 мкг белка ядерного препарата поли(АДФ-рибоза)-полимеразы и различные концентрации ионов Zn^{2+} . Конечный объем реакционной среды был равен 0,2 мл. Реакцию проводили в течение 10 мин, после чего полимеразную реакцию останавливали охлаждением и одновременным добавлением 10-кратного объема 10% трихлоруксусной кислоты. Включенную в кислотонерастворимый материал радиоактивность определяли в жидкостном сцинтилляционном счетчике SL-4000 (Франция) [5], белок определяли модифицированным методом Лоури и др. [6].

На рис. 1 представлено влияние различных концентраций ионов Zn^{2+} на поли(АДФ-рибоза)полимеразную активность. Из рисунка видно, что ионы Zn^{2+} при концентрации 15 мкМ ингибируют фермен-

тативную активность на 40%. Последующее увеличение концентрации Zn^{2+} увеличивает ингибирование и при концентрации ионов Zn^{2+} , равной 150 мкМ, поли(АДФ-рибоза)полимеразная активность равна нулю.

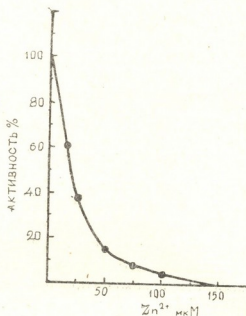


Рис. 1. Влияние $ZnCl_2$ на поли(АДФ-рибоза)полимеразную активность

Изучено влияние ионов Mg^{2+} , Ca^{2+} и Mn^{2+} на ядерный препарат поли(АДФ-рибоза)полимеразы мозга [5]. Ионы Mg^{2+} и Ca^{2+} увеличивают ферментативную активность, а ионы Mn^{2+} ингибируют ее. Надо отметить, что ионы Zn^{2+} ингибируют ферментативную активность и после преинкубации ферментного препарата на холоде в присутствии Mg^{2+} (см. таблицу). Ионы Mn^{2+} ингибируют поли(АДФ-рибоза)полимеразную активность на 40% при концентрации приблизительно 14 мМ и почти полностью при 50 мМ. Так что Zn^{2+} является более мощным и селективным ингибитором, чем Mn^{2+} .

Реактивация поли(АДФ-рибоза)полимеразной активности дитиотрейтолом

Источник	Добавка	Активность, %
Ядерный препарат поли(АДФ-рибоза)полимеразы мозга крыс	—	100
	0,15 мМ Zn^{2+}	0
	20 мМ $MgCl_2$	170
	20 мМ $MgCl_2$ + 0,15 мМ Zn^{2+}	0
	0,15 мМ Zn^{2+} + 10 мМ дитиотрейтол	99

Ранее нами было показано, что сульфгидрильные группы являются необходимыми для функционирования ядерной поли(АДФ-рибоза)полимеразы, поскольку присутствие в реакционной среде N-этилмалеймида ингибировало ферментативную активность [5]. Так как Zn^{2+} предпочтительно взаимодействует с серусодержащими лигандами, можно предположить, что ингибирование ионами Zn^{2+} поли(АДФ-рибоза)полимеразы вызвано связыванием Zn^{2+} с сульфгидрильными группами фермента.

Для того чтобы установить, каким образом (обратимым или необратимым) Zn^{2+} ингибирует поли(АДФ-рибоза)полимеразу после преинкубации ядерного ферментного препарата с ионами Zn^{2+} на холоде, в реакционную среду вносили дитиотрейтол, после чего определяли поли(АДФ-рибоза)полимеразную активность. Дитиотрейтол вносили в избытке для снятия ионов Zn^{2+} , связанных с ядерным фер-

ментным препаратом [7]. Результаты эксперимента приведены в таблице. Видно, что добавление дитиотрейтола в реакционную среду снимает ингибирование поли(АДФ-рибоза)полимеразы ионами Zn^{2+} и восстанавливает ферментативную активность. Из этих данных следует, что Zn^{2+} обратимо ингибирует поли-(АДФ-рибоза)полимеразу и, по-видимому, взаимодействие Zn^{2+} с сульфгидрильными группами (или группой) фермента является причиной ингибирования.

Как известно, концентрация ионов Zn^{2+} в тканях достигает 0,5 мМ, поэтому не исключено участие Zn^{2+} в регуляции поли(АДФ-рибоза)полимеразной реакции.

Клетки животных тканей содержат необычный белок металлотионеин с молекулярным весом 6,6 кД. Этот белок содержит большое количество цистеина. Одна молекула его может связывать 6 ионов Zn^{2+} [8].

Можно предположить, что металлотионеин или похожий на него белок выполняет роль буфера, подобно дитиотрейтолу, и удаляет Zn^{2+} от поли(АДФ-рибоза)полимеразы в нужный момент.

Академия наук Грузинской ССР

Институт физиологии

им. И. С. Бериташвили

(Поступило 13.1.1983)

ბიოქიმიკა

თ. ჯაალიშვილი, მ. კურდოვანიძე, კ. კოლხიდაშვილი

Zn^{2+} -ის იონების გავლენა ვირთაგვას თავის ტვინის ბირთვული პოლი(ადფ-რიბოზა)პოლიმერაზის აქტივობაზე

რეზიუმე

ნაჩვენებია, რომ Zn^{2+} -ის იონები აინჰიბირებენ ვირთაგვას ტვინის ბირთვულ პოლი(ადფ-რიბოზა)პოლიმერაზას. ინჰიბირების პროცესი შებენიანია. ნაგარაუდევია, რომ პოლი(ადფ-რიბოზა)პოლიმერაზის ინჰიბირების მიზეზია Zn^{2+} -ის დაკავშირება ფერმენტის სულფჰიდრილის ჯგუფებთან.

გამოთქმულია მოსაზრება იმის შესახებ, რომ Zn^{2+} წარმოადგენს პოლი(ადფ-რიბოზა)პოლიმერაზული აქტივობის მარეგულირებელ ფაქტორს.

BIOCHEMISTRY

T. M. ZAALISHVILI, M. L. KURDOVANIDZE, K. M. KOLKHIDASHVILI

THE INFLUENCE OF Zn^{2+} IONS ON THE NUCLEAR POLY-(ADP-RIBOSE) POLYMERASE ACTIVITY OF RAT BRAIN

Summary

It is shown that Zn^{2+} inhibits the nuclear poly (ADP-ribose) polymerase activity of rat brain. The process of inhibition is reversible. It is suggested that the inactivation of poly(ADP-ribose)-polymerase may be due to the binding of Zn^{2+} to the thiol groups of the enzyme and that Zn^{2+} is a regulating factor of poly(ADP-ribose)polymerase *in vivo*.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. G. L. Eichorn, J. Ridkind, Y. A. Shin, J. Pitha, J. Butrow, P. Clark, J. Froehlich. Metal-ligand interactions in organic chem. and Biochem. ed. B. Pullman and N. Goldblum. Dordrecht-Boston. 1977, part 1, 41-51.
2. M. A. Stromer, D. K. Dubje, L. A. Loeb. J. Biol. Chem., 254, 1979, 107.
3. A. S. Mildvan, L. A. Loeb. Crit. Rev. Biochem. 6, 1979, 219.
4. U. Weser, E. Bischoff. Eur. J. Biochem. 12, 1970, 571.
5. Т. М. Заалишвили, Д. О. Маргиани, А. С. Тамазян. Сообщения АН ГССР, 97, № 2, 1980.
6. Дж. Бейли. Методы химии белков. М., 1965, 265—266.
7. Е. А. Попеное, М. А. Schmaeler. Arch. Biochem. Biophys., 196, 1979, 109.
8. J. H. R. Kagi, S. R. Himmelhoch, P. D. Wranler, J. L. Betlune, B. L. Vallee. J. Biol. Chem. 249, 1974, 3537.



Т. А. ДЖАЛИАШВИЛИ, Ю. Г. ПЛЯШКЕВИЧ, А. С. ХАЛАНСКИЙ,
Л. И. КОНДАКОВА, В. П. ДЕМУШКИН

НИКОТИНОВЫЕ И МУСКАРИНОВЫЕ РЕЦЕПТОРЫ АЦЕТИЛХОЛИНА В КЛЕТКАХ ГЛИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА ЖИВОТНЫХ И ЧЕЛОВЕКА

(Представлено академиком С. В. Дурмишидзе 6.3.1983)

В настоящее время принято считать, что в ЦНС млекопитающих ацетилхолиновые рецепторы локализованы в нервных окончаниях [1, 2], вопрос же об их содержании в клетках глии до сих пор практически не исследовался. Однако наличие псевдохолинэстеразы в клетках глии [3, 4], а также обнаружение мускаринового ацетилхолинового рецептора в культуре астробластов из головного мозга куриного эмбриона [5] свидетельствуют о возможном присутствии рецепторов ацетилхолина в клетках глии млекопитающих.

В данной работе предпринята попытка обнаружить мускариновый и никотиновый рецепторы в стабильной клеточной глие глиобластомы ЭПНТ-5 из мозга мыши и во фракциях, обогащенных клетками глии, из коры мозга крысы и человека.

В работе использовали [³H]-хиноклидинилбензилат ([³H]-ХБ) — 32 Ки/ммоль, [¹⁴C]-диметил-d-тубокурарин ([¹⁴C]-ТК) — 94 мКи/ммоль («Amersham», Англия), никотин-основание («Sigma», США), остальные реактивы — «Союзхимреактив» (ССР), классификации х. ч.

Клеточная линия глиобластомы мыши ЭПНТ-5, культивируемая более 10 лет, была получена из опухоли мозга мыши, штамм № 5, из коллекции проф. Л. Я. Яблоновской. Клеточную линию ЭПНТ-5 культивировали на среде Игла с добавлением 30% сыворотки крови крупного рогатого скота, 5% куриного эмбрионального экстракта и антибиотиков (100 ед./мл) (подробнее см. [6]). В работе использовано 352—360 пассажей.

Фракцию, обогащенную клетками глии, получали из коры полушария мозга крыс весом 120—130 г и из лобного полюса постмортального мозга мужчин в возрасте 60—70 лет по методу [7]. Измельченную ткань мозга пропускали через нейлоновые сита с диаметром пор 1000, 500, 250, 150, 90 мкм в растворе: 10 мМ трис-НСI (рН 7,4), 0,32 М сахараза, 1 мМ ЭДТА, 1% фикола, 1% бычий сывороточный альбумин; суспензию центрифугировали при 500g 20 мин. К осадку, содержащему клетки глии и тела нейронов, приливали раствор 20% фикола, вновь пропускали через сита с диаметром пор 500, 250, 150, 90 мкм, суспензию клеток вносили в середину (между 15 и 20%) прерывистого градиента плотности фикола (10; 15; 20; 30; 47%) и центрифугировали при 54 000 g 120 мин на роторе SW-27 («Beckman», США). Клетки глии во время центрифугирования флотируются из зоны 20% фикола на поверхность 15% фикола. После декантации миелиновой фракции (на поверхности 10% фикола) клетки глии отбирали и после трехкратной отмывки гомогенизировали в растворе Рингера для теплокровных [8], замораживали и хранили при —30°C. Чистоту глиальных препаратов проверяли иммунологически на содержание нейроспецифических белков методом преципитации в агаровом



геле по методу Ухтерлони в модификации А. И. Гусева [9]. В препаратах глии не были обнаружены нейроспецифические белки 14—3—2 и 10—10—4.

Специфическое связывание [^{14}C]-ТК и [^3H]-ХБ с препаратами клеток глии проводили в 50 мМ трис-НСI в растворе Рингера (рН 7,4) при 25°C в течение 30 мин. О специфичности связывания [^{14}C]-ТК и [^3H]-ХБ соответствующими рецепторами клеток глии судили по разнице между общим и неспецифическим связыванием. Неспецифическим связыванием считали связывание при содержании 1000-кратного избытка специфических лигандов: никотина — для никотиновых ацетилхолиновых рецепторов и атропина — для мускариновых ацетилхолиновых рецепторов. Белок определяли по Петерсону [10]. Радиоактивность проб измеряли на счетчике «RackBeta» фирмы «ЛКВ» (Швеция) в растворителе Unisolve-100 фирмы «Koch Light» (Англия). Эффективность счета в канале [^{14}C] — 95%, в канале [^3H] — 62%. Экспериментальные данные обработаны вариационно-статистическим методом на ЭВМ «Hewlett-Packard-97» (США).

Определение специфического связывания [^3H]-ХБ с гомогенатами клеточной линии глиобластомы мыши ЭПНТ-5 и с клетками глии из ткани мозга крыс и человека показало (табл. 1), что все исследуемые объекты обладают достаточно высоким содержанием в них мест специфического связывания этого лиганда мускариновой специфичности. Специфическое связывание полностью подавляется добавлением 10^{-6}M платифиллина. Величина специфического связывания [^3H]-ХБ с клеточной линией глиобластомы мыши ЭПНТ-5 в сходных условиях близка к величине, полученной на культурах астробластов из головного мозга куриного эмбриона (76 Фмоль/мг белка) [5]. Относительное постоянство этого показателя в клетках глии, несмотря на разность источников их получения, указывает, что культивирование клеток глии в целях изучения на молекулярном уровне этиологии и патогенеза различных заболеваний представляется более чем перспективным. Поскольку в процессе культивирования клеток глии могли произойти аномалии в биосинтезе белков, т. е. они могли начать синтезировать часть нейрональных белков, представлялось интересным сравнить содержание рецепторов в культивируемых клетках глии и глиальных клетках, выделенных из мозга животных.

Таблица 1

Специфическое связывание [^3H]-ХБ и [^{14}C]-ТК с гомогенатами клеточной линии глиобластомы мыши ЭПНТ-5 и клеток глии из головного мозга крыс и человека ($M \pm m$, $n=9$)

Препараты мембран	[^3H]-ХБ, специфическое связывание, Фмоль/мг белка	[^{14}C]-ТК, специфическое связывание, рмоль/мг белка
ЭПНТ-5	$67,4 \pm 8,0$	$8,8 \pm 1,3$
Глия крысы	$274,8 \pm 21,1$	$5,1 \pm 1,1$
Глия человека	$156,1 \pm 8,8$	$7,0 \pm 1,1$

Состав инкубационной смеси (250 мкл): 50 мМ трис-НСI в растворе Рингера (рН 7,4), 140—160 мкг белка, $1,2 \times 10^{-9}\text{M}$ [^3H]-ХБ или [^{14}C]-ТК. После 30 мин инкубации при 25°C добавляли 1 мл холодного 10 мМ трис-НСI (рН 7,4), содержащего 0,5 М NaCl, фильтровали через стеклянные фильтры GF/C и промывали 3×8 мл этого же буфера.

Как видно из табл. 1, глиальные клетки головного мозга крысы и человека также содержат рецепторы ацетилхолина, причем их содержание значительно выше, чем в культурах глиобластомы мыши. Вопрос, с чем связано это явление — с уменьшением биосинтеза мускари-



новых рецепторов вообще или с уменьшением содержания одного из типов мускариновых рецепторов (о множественности мускариновых рецепторов см. в [11]), требует дальнейшего изучения.

Присутствие мускариновых рецепторов в клетках глии крысы и человека указывает на возможность присутствия и никотиновых рецепторов. Для их обнаружения изучали специфическое связывание [¹⁴C]-ТК с гомогенатами клеточной линии глиобластомы мыши ЭПНТ-5 и клеток глии из головного мозга крыс и человека. При исследовании специфического связывания [¹⁴C]-ТК с клетками глии ЦНС мыши, крысы и человека найдено (табл. 1), что все они содержат приблизительно одинаковое количество специфических мест связывания для этого ацетилхолинового лиганда никотиновой природы. Никотин в концентрации 10⁻⁶М полностью вытесняет [¹⁴C]-ТК из специфических мест связывания как в клеточной линии глиобластомы мыши ЭПНТ-5, так и в клетках глии из коры головного мозга крыс и человека. Тубокурарин, декаметоний и карбамоилхолин (см. табл. 2) также вытесняют [¹⁴C]-ТК из специфических мест связывания, что подтверждает наличие никотиновых ацетилхолиновых рецепторов в клетках глии. Подавление специфического связывания тубокурарина декаметонием по свойствам напоминает рецепторы ацетилхолина из электрических органов рыб и нейромышечных синапсов позвоночных [12] и отличает его от рецептора из зрительных ганглиев кальмара [13].

Таблица 2

Ингибирование специфического связывания [¹⁴C]-ТК с гомогенатами клеточной линии глиобластомы мыши ЭПНТ-5 холинергическими лигандами

Исследуемые лиганды, Моль	Ингибирование, %
Никотин 10 ⁻⁶ М	100,0
Тубокурарин 10 ⁻⁶ М	88,6
Декаметоний 10 ⁻⁵ М	83,0
Карбамоилхолин 10 ⁻⁵ М	34,1

Примечание: условия эксперимента см. в табл. 1.

Таким образом, изучение связывания холинергических лигандов мускариновой и никотиновой специфичности подтвердило литературные данные [5] о присутствии мускариновых рецепторов ацетилхолина в культурах клеток глии и впервые показало наличие мускариновых и никотиновых рецепторов в глиальных клетках головного мозга крысы и человека. Функции рецепторных систем ацетилхолина в клетках глии неизвестны, поэтому дальнейшее исследование фармакологических и биохимических свойств этих рецепторов позволит приблизиться к пониманию их роли в функциональной активности клеток глии.

Академия наук Грузинской ССР
Институт биохимии растений

Академия медицинских наук СССР
Институт мозга ВНИИ
психического здоровья человека
Институт морфологии

მ. ჯალიაშვილი, ი. კლიაშვილი, ა. ხალანსკი, ლ. კონდაკოვა,
 ვ. დემუშკინი

აცეტილქოლინის ნიკოტინისა და მუსკარინის რეცეპტორები
 ცხოველისა და ადამიანის თავის ტვინის გლიურ უჯრედებში

რეზიუმე

აცეტილქოლინის მუსკარინისა და ნიკოტინის რეცეპტორების არსებობა დადგინდა თავის სიმსივნოვან გლიურ უჯრედებში (უჯრედების ხაზი ეპნტ-5) და ვირთავის და ადამიანის ტვინის გლიური უჯრედების ფრაქციებში — I³HT — ხინუკლიდინილ ბენზოლატის და I¹⁴CI-*l*-ტუბოკურარინის დაკავშირებით. რადიოაქტიური ლიგანდების სპეციფიკური კავშირი გლიური უჯრედების მემბრანებთან დამტკიცდა კონკურენტული ინჰიბირების ანალიზით.

BIOCHEMISTRY

T. A. JALIAHVILI, Yu. G. PLYASHKEVICH, A. S. KHALANSKI,
 L. I. KONDAKOVA, V. P. DEMUSHKIN

NICOTINIC AND MUSCARINIC ACETYLCHOLINE RECEPTORS IN GLIAL CELLS OF ANIMAL AND HUMAN BRAIN

Summary

Evidence for muscarinic and nicotinic acetylcholine receptors was provided by [³H]-quinuclidinylbenzylate ([³H]-ONB) and [¹⁴C]-d-tubocurarine ([¹⁴C]-d-TK) binding to mouse tumour glial cells (cell line EPNT-5) and to glial cell-enriched fractions of rat and human brain. Specific binding of radiolabelled ligands to the membranes of glial cells was ascertained by competitive inhibition analysis. Atropine and platyphylline (10⁻⁶M) inhibited by 90-100% the specific binding of [³H]ONB, and nicotine, tubocurarine (10⁻⁶M), decamethonium (10⁻⁵M) inhibited by 85-95% the specific binding of [¹⁴C]-d-TK to the membranes of glial cell.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. М. Я. Михельсон, Э. В. Зеймаль. Ацетилхолин. Л., 1970.
2. Е. А. Вульфис, В. А. Коваленко. Итоги науки и техники, Биофизика, 8, 1978.
3. A. N. Davison. Biochemical Correlates of Brain Structure and Function, L. N. Y. 1977.
4. M. S. Ghandour *et al.* J. Neurochemistry 361, № 1, 1981.
5. Н. Рерке, К. Мадерспач. Brain Research, 232, № 1, 1982.
6. Л. И. Кондакова, Н. В. Чудинская, А. С. Халанский, Р. И. Анискина. Цитология, 19, 1, 1977.
7. С. Blomstrand, A. Hamberger. J. Neurochemistry 16, № 1, 1969.
8. Б. И. Збарский, И. И. Иванов, С. Р. Мардашов. Биологическая химия. Л., 1972.
9. А. И. Гусев. Иммунохимический анализ. М., 1968.
10. G. L. Peterson. Anal. Biochem. 83, № 1, 1977.
11. В. П. Демушкин. Биомембраны. Рига, 1981.
12. Т. Heidmann, J. P. Changeux. Annual. Rev. Biochem. 47, 1978.
13. В. П. Демушкин, Ю. В. Котелецев. Биохимия, 45, 10, 1980.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

Дж. М. МЕТРЕВЕЛИ, Н. П. ХВИНГИЯ

ИЗМЕНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
НЕСПЕЦИФИЧЕСКОГО ИММУНИТЕТА ПРИ ЛЕЧЕНИИ
АДНЕКСИТОВ НОВЫМ СПОСОБОМ ЛЕЧЕНИЯ

(Представлено членом-корреспондентом Академии В. И. Бахуташвили 23.6.1983)

Для лечения воспалительных заболеваний женских внутренних половых органов нами разработан новый способ, на который Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам открытий и изобретений выдано авторское свидетельство (№ 625715). Предложенный нами способ применяется следующим образом. Электрофорезом одновременно вводим 3%-ный салицилат натрия, 5%-ный хлористый литий и 2%-ную сернистую медь. Одновременно назначаем реопирин (внутри по 1 таблетке 3—4 раза в день или внутримышечно 5 мл 1 раз в день) и витамин «У» (по 1 таблетке 3 раза в день).

Мы исследовали изменения фагоцитарной активности, титра компонента и бактерицидного индекса при лечении аднекситов предложенным нами способом в сочетании с антибиотиками, так как эти показатели неспецифического иммунитета наиболее адекватно отражают остроту и тяжесть воспалительного процесса и позволяют довольно точно определить исход проводимого лечения [1, 2].

В начале вызывался воспалительный процесс по методике И. Л. Гармашевой (1974) суточной культурой золотистого стафилококка. Титр компонента исследован по методу Веиля и Бухгольца [3] и по Л. С. Резникову [4], бактерицидный индекс по методу Пиллера и фагоцитарная активность лейкоцитов по методу Гудлесона в модификации Н. И. Латышевой [5].

Показатели неспецифического иммунитета исследованы у девяти контрольных и 12 подопытных животных с двусторонним септическим воспалением яйцеводов.

При бактериологическом исследовании материала, взятого из пораженных тканей, рост золотистого стафилококка был получен у всех животных.

Изучение показателей неспецифического иммунитета у контрольных животных в процессе развития воспаления без применения какого-либо лечения давало возможность сравнить эти данные с картиной, имевшей место у подопытных животных по этапам лечения.

При изучении важнейших звеньев ответных защитных реакций целостного организма на воздействие золотистого стафилококка установлено, что показатели неспецифического иммунитета до опыта у всех животных находились в пределах нормы. Так, титр компонента (ТК) в среднем составил $0,0328 \pm 0,0001$, бактерицидный индекс (БИ) — $1,363 \pm 0,012$, фагоцитарная активность (ФА) — $36,7 \pm 5,55$ (см. табл. 1).

Спустя 24 часа после введения стафилококковой культуры произошло статистически достоверное снижение ($P < 0,001$) показателей ТК и БИ, однако снижение ФА оказалось статистически недостоверным ($P < 0,3$). ТК в среднем равнялся $0,0583 \pm 0,0002$, БИ — $0,989 \pm 0,015$, ФА — $33,2 \pm 3,55$, что указывало на понижение защитных ре-

акций животных (табл. 1). Через 5 суток после воспроизведения воспаления еще больше понижался их уровень: ТК — $0,1107 \pm 0,0015$, БИ — $0,711 \pm 0,015$, ФА — $31,4 \pm 4,10$. Статистическая разница по отношению к их величине до опыта для ТК и БИ оказалась достоверной ($P < 0,001$), а для ФА — недостоверной ($P < 0,2$). Через 10 суток средние величины ТК ($0,144 \pm 0,0022$), БИ ($0,478 \pm 0,013$), ФА ($29,0 \pm 7,35$) были меньше, чем через 5 суток. Понижение это для ТК и БИ также оказалось статистически достоверным ($P < 0,001$) по сравнению с показателями до опыта, а для ФА — недостоверным ($P < 0,2$). У одной крольчихи (№ 6) в течение всего опыта не отмечено изменение ТК, у другой (№ 8) — ФА.

Таблица 1

Динамика изменений ТК, БИ и ФА у животных контрольной группы

Статистические показатели	До опыта			Через 24 часа			Через 5 суток			Через 10 суток		
	ТК	БИ	ФА	ТК	БИ	ФА	ТК	БИ	ФА	ТК	БИ	ФА
	М	0,0328	1,363	36,7	0,0583	0,989	33,2	0,1007	0,711	31,4	0,144	0,478
m	0,0001	0,012	5,55	0,0002	0,015	3,55	0,0015	0,015	4,10	0,0022	0,013	7,35
t				120	37,066	1,024	89,64	64,563	1,483	97,96	97,721	1,631
P				<0,001	<0,001	<0,3	<0,001	<0,001	<0,2	<0,001	<0,001	<0,2

Таблица 2 показывает динамику изменений величины ТК, БИ и ФА под влиянием лечения предложенным нами способом.

Таблица 2

Динамика изменений ТК, БИ и ФА у животных основной группы

Статистические показатели	До опыта			Через 5 суток			Через 10 суток		
	ТК	БИ	ФА	ТК	БИ	ФА	ТК	БИ	ФА
	М	0,0341	1,377	36,2	0,1905	1,017	33,0	0,0432	1,152
m	0,00009	0,022	5,16	0,00071	0,049	4,11	0,00007	0,028	4,98
t				120	13,053	0,966	120	12,414	0,364
P				<0,001	<0,001	<0,4	<0,001	<0,001	<0,8

Из таблиц видно, что до опыта средние показатели составили соответственно: $0,034 \pm 0,00009$, $1,377 \pm 0,022$ и $36,2 \pm 5,16$. Через 5 суток от начала лечения средняя величина ТК равнялась $0,1905 \pm 0,00071$, БИ — $1,017 \pm 0,049$, ФА — $33,0 \pm 4,11$. Эти данные оказались выше, чем данные через 5 суток нелеченных животных. Статистическая разница между ними для ТК и БИ оказалась достоверной ($P < 0,001$), а для ФА — недостоверной ($P < 0,7$). Через 10 суток среднее содержание было равно: ТК — $0,0432 \pm 0,00007$, БИ — $1,152 \pm 0,028$, ФА — $34,9 \pm 4,98$. При сравнении этих величин с величинами ТК, БИ и ФА через 10 суток контрольных животных было выявлено, что они намного больше. Разница между ними для ТК и БИ статистически достоверна ($P < 0,001$), а для ФА — недостоверна ($P < 0,3$). Сопоставление величин ТК, БИ и ФА через 5 и 10 суток лечения подтвердило, что показатели через 10 суток намного больше, чем показатели через 5 суток лечения. Как показывают приведенные данные, к концу лечения средние показатели ТК, БИ и ФА значительно повысились, однако не достигли доопытных величин.

Таким образом, после индуцирования воспаления яйцеводов крольчих наблюдается снижение показателей титра комплемента, бактерицидного индекса и фагоцитарной активности, а лечение предложенным нами способом в сочетании с антибиотиками вызывает их нормализацию.

Тбилисский государственный
медицинский институт

(Поступило 23.6.1983)

მაკაბრიძის მემორიალი

ჯ. მებრძვილი, ნ. ხვინგია

არასპეციფიკური იმუნიტეტის ზოგიერთი მაჩვენებლის ცვლილება ადნექსიტების ახალი მეთოდით მკურნალობის დროს

რეზიუმე

ლეიკოციტების ფაგოციტარული აქტივობა, კომპლემენტის ტიტრი და ბაქტერიციდული ინდექსი ჩვენ გამოვიკვლიეთ 9 საკონტროლო და 12 ძირითადი ჯგუფის ბოცვრების სისხლის შრატში სეპტიკური ადნექსიტების ჩვენს მიერ მოწოდებული მეთოდით მკურნალობის დროს. აღნიშნული მეთოდი გამოიყენება შემდეგნაირად. ორგანიზმში ელექტროფორეზით ერთდროულად შეგვყავს 3%-იანი ნატრიუმის სალიცილატი, 5%-იანი ლითიუმის ქლორიდი და 2%-იანი სპილენძის სულფატი. ამავე დროს ავადმყოფს დავუნიშნეთ რეოპირინი და ვიტამინი „Y“.

ანთებითი პროცესის ინდუცირების შემდეგ მკვეთრად ქვეითდება ფაგოციტარული აქტივობა, კომპლემენტის ტიტრი და ბაქტერიციდული ინდექსი, მკურნალობის ჩატარების შემდეგ აღინიშნება არასპეციფიკური იმუნიტეტის ყველა დასახელებული მაჩვენებლის მატება.

EXPERIMENTAL MEDICINE

J. M. METREVELI, N. P. KHVINGIA

CHANGES IN SOME INDICES OF NONSPECIFIC IMMUNITY IN THE TREATMENT OF ADNEXITES BY A NEW METHOD

Summary

The method suggested by the authors is used in the following way: 3% sodium salicylate, 5% lithium chloride, and 2% cupric sulfate are simultaneously injected by means of electrophoresis. Reopirine and "Y" vitamin are also prescribed simultaneously.

The complement titer, phagocytic activity of leukocytes and the bactericidal index were studied in 9 control and 12 experimental animals with bilateral septic adnexitis. A decrease of the indices of complement titer,

bactericidal index and phagocytic activity was observed after the induction of septic inflammation in female rabbit oviducts. The proposed treatment method, in combination with antibiotics, results in the normalization of the cited indices.

ლიბრარიუსი — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Е. Ф. Шамрай, А. П. Морозов. Вопросы питания, XXII, № 3, 1963, 56—57.
2. К. С. Шустрова, Л. В. Антонова. Акуш. и гинек., № 6, 1974, 19—22.
3. W. H. Veil, V. Buchholz. Wschg. 11, № 49, 1932, 2019-2021.
4. Л. С. Резников. Комплемент и его значение в иммунологических реакциях. М., 1967.
5. Н. И. Латышева. Микробиол., № 1, 1955, 76—81.

Р. Л. МИТАИШВИЛИ

О КРИТЕРИИ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ СИСТЕМОЙ

(Представлено академиком А. Л. Гуния 27.2.1983)

Наиболее злободневной проблемой при анализе деятельности того или иного хозяйственного организма является выбор критерия оптимальности управления этим организмом, т. е. сравнение различных состояний динамической системы и выбор наилучшего из них. Следует отметить, что используемые в настоящее время критерии, на наш взгляд, не обеспечивают реальной оценки состояния системы при скачкообразном изменении выходных параметров и непрерывном изменении входов.

Именно выбору, обоснованию и построению критерия оптимальности, а также способам измерения показателей, характеризующих состояние системы, и посвящено наше исследование.

Известно, что главной характеристикой состояния сложной хозяйственной системы является устойчивость ее функционирования. До последнего времени оценка устойчивости функционирования такой системы, особенно народного хозяйства, была затруднена, так как в практике управленческой деятельности она должна отвечать следующим требованиям:

- базироваться на существующей системе отчетности;
- увязываться с действующей системой планирования и управления;
- учитывать состояние хозяйственной системы во времени;
- обеспечивать сравнимость оценок частей системы и переход к оценке системы в целом;
- устойчивость сложных хозяйственных систем не должна рассматриваться как аддитивная функция и т. д.

Предположим, что нами найден измеритель устойчивости, состояния системы, и обозначим его через r^* . Состояние системы в момент t , отличное от устойчивого состояния, обозначим через $r(t)$. Отклонение от устойчивого состояния выразится разницей между r^* и $r(t)$. Суммарное отклонение за весь период перехода от менее устойчивого состояния к более устойчивому представится как интеграл. Оптимальной будет та траектория продвижения к устойчивому режиму, при которой суммарное отклонение минимально, т. е.

$$\int_0^{\infty} (r^* - r(t)) dt \rightarrow \min.$$

Как известно, состояние хозяйственного объекта оценивается системой показателей. Последние характеризуют разные стороны развития этого объекта, различные связи в хозяйственной системе. Естественно, для сравнения показателей абсолютные значения мало пригодны — они заменяются относительными величинами, которые характеризуют соотношения роста.



В динамических системах для устранения рассогласованности между фактической и оптимальной траекториями движения используются показатели ускорения. Ускорение выражает изменение скорости в единицу времени. Каждый показатель имеет свой темп роста и характеризует объект лишь с одной стороны. Между тем, необходим такой показатель, который характеризовал бы систему как единое целое. Это создаст возможность количественной оценки устойчивости функционирования объекта.

Обычно оптимальные количественные соотношения показателей неизвестны, хотя зачастую нет никакой необходимости их определения. Главное, чтобы эти показатели можно было расставить в определенной последовательности по определенному признаку.

Ранжировкой экономических показателей занимались многие исследователи [1—4]. Если нам удастся осуществить такую ранжировку в отношении темпов роста экономических показателей, то тогда мы будем располагать эталоном, к которому в конечном счете следовало бы стремиться, т. е. минимизацией рассогласованности каждого из элементов, составляющих сложную систему.

Наличие эталона и измерителя расхождения с ним позволит разделить переменные (показатели) на управляемые, контролируемые и результирующие. В качестве управляемых переменных будут выступать абсолютные оценки ускорений, контролируемых переменных — темпы развития параметра, показывающие, к чему привели усилия по изменению управляемых переменных, а в качестве результирующего показателя, который показывает согласованность эталона с фактическим состоянием, — мера, отражающая степень связи.

Таким образом, нами выделено два состояния системы: нормативное и фактическое. Нормативному соответствует упорядоченный ряд показателей по определенному признаку [1, 3]. Этому нормативному ряду присваиваем порядковые номера в зависимости от места, занимаемого каждым показателем в эталоне.

Исследованием различных показателей измерения близости различных упорядочений установлено, что наиболее подходящим из них является коэффициент корреляции r , взятый с обратным знаком, так как более высоким темпам роста и их большим изменениям соответствует более высокий ранг.

Коэффициент корреляции дает оценку близости одного ряда к другому, принятому за эталон на интервале $[+1, -1]$. Оценка $+1$ получается при совпадении сравниваемого ряда с нормативными, а (-1) — при противоположном эталонному направлению развития. Точка 0 соответствует состоянию полной рассогласованности. Интервал $[0, -1]$ явно является неустойчивым состоянием хозяйственной системы.

Очевидно, что при равномерном изменении темпов роста показателей (в соответствии с эталоном) коэффициент корреляции и по темпам роста, и по их изменениям будет равен единице, а при равномерных темпах роста, соответствующих эталонному, он по темпам роста будет равен единице, а по изменениям темпов роста — нулю.

Таким образом, коэффициент корреляции по изменению темпов роста не может характеризовать устойчивость системы, он указывает лишь, в каком направлении изменяется устойчивость. Поэтому основным показателем, характеризующим состояние системы, будет коэффициент корреляции по темпам роста.

Вышеизложенное позволяет сформулировать задачу определения оптимальной траектории развития хозяйственной системы, решение которой предусматривает два этапа. На первом этапе выявляется наибольшее значение $r(t)$, максимально возможное при заданных ресурсах и заданном научно-техническом уровне развития с учетом внешнего воздействия. Далее определяется оптимальный путь достижения заданного режима, в который должно перейти народное хозяйство.

Достичь значения коэффициента корреляции $r(t) = 1$ практически невозможно, так как управление при этом должно быть идеальным, без ошибок, что не осуществимо. Поэтому значение r^* должно задаваться заранее, а для управления народным хозяйством (хозяйственной системой) можно использовать различные модели, устанавливающие народнохозяйственные пропорции расширенного воспроизводства.

В связи с вышеизложенным рассмотрим следующий пример. Пусть мы имеем нормативный список народнохозяйственных показателей, упорядоченных в соответствии с [1], с некоторыми поправками, связанными со спецификой Грузинской ССР. К таковым относятся валовой сбор чайного листа, валовой сбор винограда, добыча марганцевой руды, а также показатели, от которых существенно зависит устойчивость функционирования народного хозяйства (запасы и объем потребления топлива, вместимость хранилищ), которые получены расчетным путем. Так же определен и жилищный фонд. Остальные величины взяты из сборников, публикуемых ЦСУ Грузинской ССР.

Оценка устойчивости функционирования народного хозяйства Грузинской ССР за 1977—1981 гг.

Показатели	1977 г.	1978 г.	1979 г.	1980 г.	1981 г.
Коэффициент устойчивости по темпам роста	-0,028	0,051	-0,141	0,004	0,473
Коэффициент устойчивости (воздействия) по изменению темпов роста	-0,264	0,117	-0,152	0,098	0,338

Как видно из приведенных данных, коэффициенты как по темпам роста, так и по изменению характеризуются значительным колебанием. Отрицательные значения устойчивости имелись в 1977 и 1979 гг. Наилучший ее показатель наблюдался в 1981 г. — 0,473.

Между показателями существует взаимосвязь, которая обычно определяется экономико-математическими методами. Их использование позволяет воздействовать на показатели и тем самым на устойчивость функционирования хозяйственной системы.

НИИ экономики, планирования и управления народным хозяйством при Госплане Грузинской ССР

(Поступило 11.3.1983)

ეკონომიკა

რ. შიშინაძე

სამეურნეო სისტემის მართვის ოპტიმიზაციის კრიტერიუმის შესახებ რეზიუმე

კრიტერიუმი წარმოადგენს
$$\int_0^{\infty} (r^* - r(t)) dt \rightarrow \min$$
, სადაც r^* ეკონომიკური

მაჩვენებლების ეტალონური მდგომარეობაა, ხოლო $r(t)$ — მისი ფაქტიური მდგომარეობა. მაჩვენებლების სიჩქარის $r(t)$ გვიჩვენებს ეკონომიკური სისტემის მდგრადობას, ხოლო აჩქარების მიხედვით — მაჩვენებლებზე განხორციელებულ ზეგავლენას.

R. L. MITAISHVILI

ON THE OPTIMIZATION CRITERION OF MANAGING AN ECONOMIC SYSTEM

Summary

The criterion is $\int_0^{\infty} (r^* - r(t)) dt \rightarrow \min$, where r^* is the standard state of economic indices, and $r(t)$ is its actual state. The $r(t)$ of the rate of indices points to the stability of the economic system and, according to the acceleration value, the influence exerted on the indices.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. И. М. Сыроежин. Совершенствование системы показателей эффективности и качества. М., 1980.
2. С. С. Шаталин. Экономика и математические методы, т. VI, № 1, 1970.
3. Р. Л. Митаишвили, О. Б. Гоцадзе. Сообщения АН ГССР, 111, № 2, 1983.
4. Г. Купуния. В кн.: «Проблемы экономики Грузии». Тбилиси, 1974.



3. ფინიტი

საერთოქართველური* (ჩ) ფონემის რეფლექსები სვანურში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა შ. ძიძიგურმა 1.4.1983)

მას შემდეგ, რაც გ. მაჭავარიანმა წამოაყენა დებულება საერთო-ქართველურში სამი ლოკალური სიბილანტური რიგის არსებობის შესახებ [1], უდავო გახდა, რომ ქართულის პოსტალგეოლარულ სპირანტებსა და აფრიკატებს სვანურში შეესაბამება პოსტალგეოლარული სიბილანტისა და ველარული ხშული თანხმონისაგან შემდგარი კომპლექსები. რაც შეეხება იმას, თუ რა ელო საფუძვლად ამ შესატყვისობას საერთოქართველურ ენაში — პოსტალგეოლარული ცალი ფონემა თუ ორი თანხმოვანი ფონემის ჯგუფი — ამის შესახებ ლიტერატურაში სხვადასხვა შეხედულებაა გამოთქმული [2].

შმიდტის [2] მიხედვით, ქართულის (ჩ) აფრიკატს სვანურში კანონზომიერად შეესატყვისება თანხმოვანთჯგუფი (შგ). ეს ემთხვევა გ. მაჭავარიანის აზრს [3], რომელიც ასევე (შგ)-ს ასახელებს სვანურ შესატყვისად. ამის საპირისპიროდ გ. კლიმოვი ქართველურ ენათა ბგერათშესატყვისობის ცხრილში შენიშნავს, ქართული (ჩ)-ს კანონზომიერი შესატყვისი სვანურში (ისევე როგორც ზანურში) (ჩქ) არისო ([4], გვ. 25), თუმცა იგი ხაზს უსვამს, რომ მისი სქემა იდეალურ ხასიათს ატარებს, ფონემატური არსენალის მხოლოდ ძირითად სპონტანურ ცვლილებებს გადმოსცემს და არა მრავალჯის კომბინატორულად გაპირობებულ გადახრებს ([4], გვ. 24).

მიუხედავად იმისა, რომ გ. კლიმოვი ქართული (ჩ)-ს სვანურ შესატყვისად (ჩქ)-ს ასახელებს, მისი „ქართველურ ენათა ეტიმოლოგიური ლექსიკონი“ მხოლოდ იმ მაგალითებს იძლევა, რომლებიც (შგ)-ს უჩვენებენ სვანურ შესატყვისად: ქართ. ჩემ- სვან. მი-შგუ; ქართ. ჩუენ- სვან. გუ-შტეე (ექსკლუზივი), ნი-შტეე (ინკლუზივი); ქართ. ჩუ- სვან. მუ-შგტ-ეს „რბილი“ ([4], გვ. 219—221). ეს იმაზე მიუთითებს, რომ მის მიერ შემოთავაზებულ (ჩქ)-ს მხოლოდ მის მიერვე წამოყენებული იდეალური ხასიათი აქვს და რომ სვან. (შგ) მას ამ შემთხვევაში გ. მაჭავარიანისა [5] კვალად* (ჩქ)-სგან განვითარებულად მიიჩნია. ერთადერთი მაგალითი გ. კლიმოვის ლექსიკონიდან იძლევა შესატყვისობას ქართ. (ჩ): სვან. (სკ): ქართ. არჩვ- სვან. მერსკენ, მერსკენ, ჰერსკენ ([4], გვ. 45), თუმცა აეტორი სამართლიანად აღნიშნავს, რომ გამორიცხული არ არის, აქ მეგრულიდან ნასესხობასთან გვქონდეს საქმე (მეგრ. ერცქემ-, ერსქენ-). მართლაც, როგორც გ. კლიმოვი აღნიშნავს, ნ. მარის მიერ ქართულ და მეგრულ ლექსიკასთან დაკავშირებული სვანური სიტყვა თავისი ბგერითი შედგენილობის საფუძველზე აშკარა ნასესხობას წარმოადგენს მეგრულიდან ([3], გვ. 40).

ეს გვაიძულებს მთელ სპეციალურ ქართველოლოგიურ ლიტერატურაში ქართული (ჩ) ფონემის კანონზომიერ სვანურ შესატყვისად მხოლოდ (შგ) მივიჩნიოთ. გ. კლიმოვის ლექსიკონის „დამატებანიც“ ამ მხრივ რაიმე ახალ მასალას არ იძლევა ([6], გვ. 356—367).

და მაინც ბოლო დროის ეტიმოლოგიური დაკვირვებანი ნათელყოფს ზემოთ მოყვანილი მსჯელობის შევსების საჭიროებას:

1. ქართ. ეჩო, სვან. აცქუ;
2. ქართ. ჩვე-ვა, მეგრ. რ-ჩქე-ა, სვან. ლი-ჩქუ-ნე.
3. ქართ. ჩუმ-, სვან. ჩქუიმ „ჩუმად, მშვიდად“.

ეს ლექსიკა წამოჭრის ახალ საკითხებს საერთოქართველური* (ჩ) ფონემის რეფლექსების შესახებ სვანურში. ქართული (ჩ) ფონემისათვის სვანურში სხვადასხვა სიზშირის სამი შესატყვისობა დასტურდება: (შგ) (ჩქ) და (ერთადერთ შემთხვევაში დადასტურებული, მაგრამ ზანურსა და სვანურში სხვა ფონემატურ განვითარებათა პარალელებით შემავარგული) (ცქ). ქართული (ჩ)-ს ძირითად შესატყვისად სვანურში შეიძლება მიგვეჩინა (ჩქ), რომელიც ანლაუტსა და ინლაუტშია დადასტურებული და რომლისგანაც განსაკუთრებულ პირობებში [7] მიიღება (ცქ), მაშინ როდესაც (შგ) მხოლოდ ინლაუტით შემოფარგლულ, (ჩქ)-საგან კომბინატორული ცვლილებით წარმოქმნილ შესატყვისობას წარმოადგენს.

ფ. შილერის სახელობის იენის უნივერსიტეტის
ენათმეცნიერების ინსტიტუტი
გღრ

(შემოვიდა 10.4.1983)

ЯЗЫКОЗНАНИЕ

Г. ФЕНРИХ

РЕФЛЕКСЫ ОБЩЕКАРТВЕЛЬСКОЙ ФОНЕМЫ * (ч) В СВАНСКОМ

Резюме

В статье рассматривается вопрос об общекартвельской фонеме * (ч) в одном из картвельских языков — сванском. Привлечены соответствующие примеры и из других картвельских языков.

LINGUISTICS

H. FÄHNRICH

REFLEXES OF THE COMMON KARTVELIAN PHONEME ჩ ჭ
IN SVAN

Summary

The paper discusses the problem of the common Kartvelian phoneme ჩ ჭ in Svan, a Kartvelian language. Relevant examples are adduced from other Kartvelian languages as well.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. G. Machavariani. Three Series of Sibilant Spirants and Affricates in Kartvelian Languages, Moscow, 1960.
2. K. H. Schmidt. Studien zur Rekonstruktion des Lautstandes der südkaukasischen Grundsprache, Wiesbaden, 1962, S. 60-66.
3. გ. მაქავარიანი. საერთო-ქართველური კონსონანტური სისტემა. თბილისი, 1965.
4. Г. А. Климов. Этимологический словарь картвельских языков. М., 1964.
5. G. Machavariani. *Op. cit.*, p. 1.
6. Г. А. Климов. Сб. «Этимология», 1971. М., 1973, 356—367.
7. თ. გამყრელიძე. სიბილანტთა შესატყვისობანი და ქართველურ ენათა უძველესი სტრუქტურის ზოგი საკითხი. თბილისი, 1959.

В. Ю. ЗЫЦАРЬ

К СЛОЖЕНИЮ МАЛОГО (РАННЕГО) СЧЕТА

(Представлено академиком Ш. В. Дзидзигури 1.4.1983)

1. Как известно, собственно счет, имеющий свой ряд числительных до того иного предела, у некоторых первобытных народов не поднимается выше 9, чаще всего — 6, достигая иногда всего лишь 4 и даже 3. Сведения об отсутствии у цейлонских ведда счета вообще могут быть неточны, единичный предел невозможен уже теоретически, и даже у племени чикито в восточной Боливии числительное для 1 парно к слову «много» [1]. Вместе с тем, счет до 2 был некогда, несомненно, широко распространен (см. ниже). За пределом 6 (при математическом основании 2) и 9 (при основании 3) имеем уже обычно не малый или ранний счет, а системы большого: удваивающие 6 и с основанием 6, шестично-десятичные, до 20, десятичные и двадцатичные и т. д. Малый счет, кроме бинарности/тернарности оснований, имеет еще ту особенность, что он связан с двойственным и тройственным грамматическими числами. Наконец, именно на рубеже 6, судя по всему, долго стоял, можно сказать «топтался», осваивавший собственно счет человек, прежде чем пойти дальше, а затем уже он пошел стремительным шагом, т. е. удваивая, например, 6, умножая и т. д.

2. Некоторые счетные системы стоят на пределе 6 (имея основанием 3) просто потому, что они еще не дошли до своего предела 9, допускаемого таким основанием. Другие системы малого счета стоят на пределе 6, наоборот, потому, что не могут переступить за черту 6 в силу бинарности основания при принципе сложения. Эти-то системы (и только они) и будут нас здесь интересовать. В качестве их примера стало уже традицией приводить счет бакайри на Амазонке: tokale „1“, ahage „2“, ahage tokale „3“, ahage ahage „4“, ahage ahage tokale „5“, ahage ahage ahage „6“ [2]. Однако совершенно такая же система имеется и в крайне отдаленном регионе — у папуасов генде: mapgo „1“, ogoi „2“, ogoitago „3“ (2+1), ogoi ogoi „4“, ogoi ogoi tago „5“, ogoi ogoi ogoi „6“ [3], и уже такое сходство доказывает единство всех систем бинарного счета. Поэтому то, что будет сказано ниже о бакайри, должно быть так или иначе отнесено ко всему бинарному счету. Система же бакайри выбирается нами для детального анализа потому, что она не просто приведена в описании [2], но и дается здесь на фоне достаточно обстоятельного и добросовестного изображения как самого племени бакайри, так и психологии его счета.

3. Самой заметной, на наш взгляд, чертой бакайрской, как и вообще всех подобных систем, является то, что с увеличением числа здесь увеличивается и количество компонентов, входящих в обозначение числа, так что обозначение для 5 оказывается уже трехкомпонентным, для 6 тоже: ретрипликация числительного для 2. И, таким образом, перед нами не просто имя соответствующего числа и обозначение результата счетной операции, при невидимости, «закадренности» самой операции, но и напоминание и даже воспроизведение в данном

имени этой операции — либо двухшаговой ($2+2=4$, $4+1=5$ для получения 5; $2+2=4$, $4+2=6$ для получения 6), отраженной трехкомпонентными числительными для 5, 6, либо одношаговой ($2+1=3$ для получения числа 3; $2+2=4$ для получения числа 4), представленной в двухкомпонентных терминах для 3, 4. С помощью такого двух- и трехкомпонентного числительного-репродуктора в ходе счета носитель каждый раз как бы уясняет себе суть произведенной им только что операции, как одно-, так и двухшаговой, повторяет, воспроизводит и этим удерживает ее в памяти, прежде чем отважиться или решиться на следующую, что переключается с мучительной трудностью всех счетных операций для бакайри (см. ниже). С другой стороны, само двух- или трехкомпонентное числительное бакайрского типа представляет собой нечто всякий раз как бы получаемое заново: с помощью его не просто называют число, а всякий раз как бы заново его вычисляют. Функционально такое числительное может быть необходимо, очевидно, только тому, кто сильно нетверд в счете, недавно научился ему, а своей многокомпонентностью, воспроизводящей операционные структуры счета, оно указывает на такое свое недавнее прошлое (также и настоящее?), в котором оно по существу не отличалось от этих структур. В виде бакайрских числительных для 3—6 мы, таким образом, имеем нечто бесспорно позднее (в сравнении с 1, 2) и нечто, возможно, даже не полностью еще нумерализованное, исторически и функционально переходное от собственно числительных для 1, 2 к «немому» (т. е. без числительных) счету от 7 до 20, который у бакайри тоже имеется. Деривационно бакайрские числительные 3—6 показывают не просто свою производность от числительных для 1, 2, но и такую (настолько последовательную) производность, что просто не остается места для допущения какой-либо иной в прошлом деривации, например, от чего-либо более старого для 5. Числительные от 3 до 6 возникли здесь явно в каком-то недавнем прошлом на основе числительных для 1, 2 и только таким путем. Впрочем, и сами числительные для 1, 2 здесь, видимо, не так уж стары, судя по общей крайней предметности счета и т. п. (см. нижеследующую цитату).

4. «Когда я клал перед бакайри одно маисовое зерно, они тотчас же говорили tokale и дотрагивались сначала до зерна, а затем брали себя за левый мизинец. Если я клал два зерна на некотором расстоянии одно от другого, они всегда соединяли их вместе и, прежде чем произнести число, хватали себя за мизинец и безымянный палец левой руки (очевидно, за оба вместе, одновременно. — В. З.). Если я просил пересчитать зерна, то они не давали мне ответа прежде, чем не разделяли кучку из трех зерен на два и одно; сначала трогали рукой, а иногда испытующе облизывали два зерна и, затем, загибая пятый и четвертый пальцы на левой руке, говорили ahage «2», затем, коснувшись третьего зерна, загибали третий палец, говорили tokale «1» и, наконец, ahage tekale « $2+1=3$ » (обратим внимание, насколько числительное с его двумя компонентами зеркально отражает, а не только итожит здесь операцию. — В. З.). Точно так же проходили опыты с другими числами в пределах 6: всегда составляли кучки из двух зерен, сначала дотрагивались до них и лишь после этого загибали пальцы на левой руке. Правая ощупывала, левая отсчитывала. Они не были в состоянии сосчитать зерна только при помощи левой руки, не прикасаясь к ним правой, т. е. только при помощи зрения... В преданиях и сказках бакайри часто встречаются числа 2 и 3 (последнее неточно: сейчас увидим, что речь идет не о числе 3, а об утروении предложений с числами 1 и 2. — В. З.). Прародитель Камушины срубает пять деревьев. Рассказчику нужны три предложения, чтобы рассказать об этом: он срубил два дерева, он срубил еще два, он срубил еще одно (зеркально отражает предельную бинарность, аддитивность, расчлененность операций. — В. З.)... Когда Камушины приносит

5 срубленных деревьев домой, снова следуют три предложения» ([2], с 55—56). Как видим, везде здесь счет жестко прикован к пальцам, к предметам, что говорит о его неразвитости, о его недавнем сложении (ср. в этом же смысле крайнюю затрудненность процесса), и в согласии со всем этим имеет место предельная расчлененность операций как с предметами, так и с пальцами, как кинетических, так и логических (что особенно перекликается с множественностью компонентов анализированных численных для 3, 4, 5, 6); наконец, все здесь пронизано аддитивностью и бинарностью основания, и это особенно ясно показывает сложение данного счета недавно (на основе 1, 2), его переходность от 1, 2 к нему до 20, не оставляя места для мысли о какой-либо иной деривации (например, от 5) в прошлом.

5. Итак, имеющийся у бакайри анализированный выше счет является не только их первым собственно счетом, но и относительно новым, недавним. Очевидно также, что он не развился далее вследствие условий нынешнего обитания племени, так как на них он и рассчитан, им только и способен удовлетворять. На последнее справедливо указывал еще сам К. Штейнен, отметив, что «в своих мелких и несложных делах бакайри редко нуждаются в числах выше 6, ибо что приходится им считать? Своих детей, дни пути по рекам к соседним племенам..., у них нет ни скота, ни товаров..., они имеют дело только с небольшим числом людей, убитых зверей и срубленных деревьев» ([2], с 56). Такие условия обитания и ограниченную потребность в числах мы не можем, однако, связывать с более или менее отдаленными предками бакайри: мы знаем о заселении Америки в палеолите, о великих древних миграциях амер-индейских охотников, их народов. Отдаленные предки бакайри должны были иметь дело с множествами (объективными), гораздо более крупными, чем те, с которыми имеют дело их потомки. Правда, и в этом весь парадокс, чем глубже прошлое, тем, разумеется, менее человек вообще был подготовлен всем своим опытом к собственно счету, и как раз у отдаленных предков бакайри счет, как мы выяснили, не мог быть вербальным, т. е. собственно счетом. Но тогда как же эти предки выходили из положения? Как учитывали свои множества в требовавших этого условиях? Ответ, полагаем, содержится в теории предсчетности В. З. Панфилова [4], по которой всякому собственно счету (и несмотря на связь счета до 2 с апеллативами типа «одинокий/парный, другой» или «одинокий, отдельный/многий») предшествовал длительный период так называемого соотношения равномоощных множеств, т. е. равновеликих групп предметов, а также неотделимого от этого «немого счета» на пальцах рук или рук и ног с предчислительными типа «рука» для 5, «другая рука» для 10, «руки-ноги» для 20, «палец» или «этот» для 1 и 2. Согласно этому, собственно счету бакайри предшествовал длительный опыт операций с крупными множествами предметов, т. е. операций соотношения и «немого счета» на пальцах по меньшей мере до 20, — опыт, хотя, возможно, и утраченный отчасти в условиях измельчания жизни на Амазонке, но, вместе с тем, позволивший здесь развиться малому собственно счету сначала до 2, а затем до 6. Аналогичным образом должно было обстоять дело и у многих других народов, например у папуасов генде (см. выше). Следовательно, счет бакайри является результатом скорее ограниченный развитию их культуры, поставленной природой, чем результатом обеднения и снижения уровня их культуры (ср. иное у К. Тальявини, цит. раб., у Б. А. Фролова [5] и как будто у самого К. Штейнена).

3. ზივარი

მცირე (ადრინდელი) თვლის ჩამოყალიბებისათვის

რეზიუმე

ნაშრომში წარმოდგენილია ცდა იმისა თუ როგორ შეეფარდება ვ. პანფილოვის [4] თვლის წარმოშობის თეორია ე. წ. მცირე ანუ ადრინდელი თვლის ჩამოყალიბებას ზოგიერთი პოპულაციის ცხოვრების პირობებში (ერთ წერტილზე გაყინვისას).

LINGUISTICS

V. Yu. ZYTSAR

TOWARD THE ORIGIN OF MINOR (EARLY) RECKONING

Summary

The paper is an attempt to demonstrate the relevance of V. Z. Panfilov's theory of the origin of reckoning to the evolvement of minor or early counting under the life conditions of certain populations (frozen at a definite stage of development).

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. C. Tagliavini. Introduzione alla glottologia, Bologna, 1949, § 69.
2. К. Штейнен. Среди первобытных народов Бразилии. М., 1935, 55.
3. А. А. Леонтьев. Папуасские языки. М., 1947, 68.
4. В. З. Панфилов. Гносеологические аспекты философских проблем языкознания. М., 1983.
5. Б. А. Фролов. Сб. «Первобытное искусство». Новосибирск, 1971, 99.

113-ი ტომის ავტორთა საძიებელი

- აბაშიძე ე. 324
 აბესაძე ა. 631
 აბრამიძე ს. 147, 383
 ავლაძე გ. 547
 ამალლობელი ბ. 592, 600
 ანდრონიკაშვილი თ. 527
 ანდრონიკაშვილი მ. 195
 ანისტრატენკო ვ. 367
 არაბიე ე. 343
 არაბელიძე კ. 143, 363
 არსენაშვილი ა. 42
 ასათიანი მ. 355
 ასტახოვი გ. 564
 აღნიაშვილი გ. 543
 ახალაძე რ. 508
 ახმეტელი ლ. 631
- ბაკურაძე ა. 391
 ბარამიძე ლ. 76
 ბარკალაია ა. 343
 ბახტრაშვილი ვ. 171
 ბედიანაშვილი გ. 192
 ბელიაკაია ი. 343
 ბელოუსოვი ა. 288
 ბენდუქიძე ო. 95
 ბერიძე რ. 624
 ბილაშვილი კ. 571
 ბიწაძე ა. 19
 ბობროვიციკი ა. 376
 ბოგველიშვილი ზ. 608
 ბოლქვაძე ს. 583
 ბორისოვი გ. 412
 ბოჭორიშვილი გ. 415
 ბოყოჩაძე ნ. 159
 ბრეგაძე თ. 339
 ბრეგაძე ო. 419
 ბულგაკოვი ვ. 108, 600
 ბურკაძე ნ. 419
- გაბადაძე თ. 311
 გაბუნია ლ. 95
 გაგუა ა. 403
 გაკრილენკო ვ. 295
 გაფრინდაშვილი დ. 355
 გაჩეჩილაძე გ. 31
 გეგიაძე გ. 516
 გეკოვი ვ. 288
 გელეიშვილი თ. 103, 596
- გეწაძე რ. 51
 გვარამაძე ნ. 324
 გვრიტიშვილი ბ. 583
 გზირიშვილი მ. 176
 გიგაური ნ. 428
 გიგაური რ. 635
 გოგებაშვილი ნ. 176
 გოდერძიშვილი ლ. 635
 გოგოლაძე ლ. 478
 გოლიაძე ნ. 576
 გორელაშვილი ნ. 635
 გრიგორიანი ა. 412
 გრიდუნსკი ა. 608
 გრიშინი ი. 612
 გუბელაძე ა. 35
 გუგუშვილი ლ. 391, 403
 გურგენიშვილი გ. 504
 გურუშვიძე თ. 92
 გურიელაშვილი რ. 475
 გუსტომიასოვი ა. 608
- დავითაშვილი თ. 62
 დავითულიანი დ. 154
 დარბაიძე ი. 292
 დასაგვა მ. 512
 დგებუაძე ნ. 412
 დიდებულაძე ი. 579
 დიომუშკინი ვ. 644
- ეთერაშვილი თ. 603
 ელიაშვილი ჯ. 327
 ეპრიკაშვილი ლ. 527
- ვანიძე კ. 543
 ვასაძე ნ. 367, 559
 ვახანია ზ. 47
- ზალიშვილი თ. 639
 ზალიშვილი მ. 159, 164, 536
 ზადიაშვილი ლ. 543
 ზასლავსკი ე. 520
 ზერეკიძე ზ. 39, 275
 ზინევიჩი ა. 284
 ზიცარი ვ. 660
 ზოლოტუხინი ი. 103
 ზონენაშვილი ი. 284
 ზურიაშვილი მ. 359
- თავრთქილაძე ი. 540
 თავაძე ფ. 592, 660
 თევზაძე ი. 292, 512
 თოდუა ზ. 279
 თოფურია შ. 19
 თოფურაძე მ. 5, 2
 თუთბერიძე ა. 100, 335
- ივანიცი თ. 374
 ივანოვი ვ. 115
 იმედაშვილი გ. 120
 ინანიშვილი გ. 592, 603
 იოსებიძე ჯ. 552
 იუჯაკოვი ა. 183
- კაპანაძე ე. 387
 კაპანაძე მ. 311
 კარანაძე ნ. 183
 კასლანძია კ. 635
 კასრაძე გ. 543
 კაციტაძე ა. 171
 კაჭარავა ლ. 164
 კაჭახიძე ნ. 308
 კერესელიძე მ. 339
 კეშელაშვილი ჯ. 524
 კვერნაძე მ. 103, 596
 კვრიკაშვილი ლ. 437
 კიკნაძე ზ. 92
 კილაძე ს. 76
 კირაკოსიანი ა. 355
 კილურაძე ი. 244
 კობახიძე ლ. 379
 კოლოსოვი ვ. 355
 კოლხიდაშვილი ქ. 639
 კონდაკოვა ლ. 644
 კობილოვი ვ. 556
 კორნილოვა ა. 183
 კოროლიოვი ვ. 355
 კორტავა ლ. 72
 კოტლიარენკო კ. 125
 კრასიკოვი ი. 28
 კრუგლოვი მ. 512
 კუცილი ნ. 512
 კუხალეიშვილი ლ. 144
- ლაპოევი ე. 103, 596
 ლაქევიანი ა. 408
 ლეზანიძე ზ. 583

- ლესელიძე ი. 516
 ლობჯანიძე გ. 251
 ლომინაძე გ. 79
 ლომსაძე ბ. 635
 ლურსმანაშვილი ო. 308
- მასიაძე ფ. 87
 მალიუგინი ე. 179
 მანჯაიძე გ. 31
 მანჯაიძე ნ. 176
 მანჯგალაძე ა. 612, 616
 მაქაცარია გ. 488
 მალაღაშვილი გ. 83
 მაშაშვილი ლ. 111
 მაჩხოშვილი რ. 532
 მახარაძე ლ. 588
 მეგედი ე. 151
 მელია ნ. 396
 მელიქაძე ლ. 72, 552
 მელნიკი ლ. 556
 მეტრეველი ჯ. 167, 647
 მითაიშვილი გ. 532
 მითაიშვილი რ. 651
 მიმინოშვილი ზ. 44
 მინდაძე ა. 408
 მირიანაშვილი რ. 508
 მიქელაძე ე. 147, 383
 მიხაილოვი ვ. 343
 მოსეშვილი ზ. 135
 მოსიძე ვ. 408
 მოწონელიძე ა. 128
 მოწონელიძე გ. 128
 მჭავანაძე შ. 56, 500
 მუზაევი ი. 132
 მუსხელიშვილი გ. 620
 მზეიძე რ. 408
- ნადარაია ე. 256
 ნადარეიშვილი მ. 23
 ნადირაშვილი ნ. 159
 ნაზაროვა ო. 508
 ნანობაშვილი ზ. 151
 ნაცელიშვილი ზ. 352
 ნეჩეტი ლ. 556
 ნიკოლაძე ი. 308
 ნიქარაძე მ. 331
- ოკლეი ლ. 100, 335
 ონიანი შ. 583
 ონიანი ჯ. 635
 ოსიაშვილი თ. 543
 ოჩერაშვილი ა. 188
- პანიკაროვსკი ვ. 412
 პაპავა კ. 100
- პეტრიაშვილი ო. 283
 პიტიაშვილი ი. 348
 პლიაშკევიჩი ი. 644
 პროხოროვი ა. 367
- ქენია მ. 63
 ქორდანია ა. 108, 600
 ქუტუნაშვილი ა. 272
 ქლენტი ნ. 151
- რაზმაძე ნ. 147, 383
 რციხლაძე ვ. 339
- საზიკინა ო. 555
 სალია რ. 59
 სანაძე თ. 508
 სახოკია დ. 311
 საჯაია რ. 19
 სერდიუკოვა ლ. 137
 სევანიძე ც. 567
 სიმონიძე მ. 159
 სკუპჩენკო ლ. 292
 სტანკევიჩი ლ. 355
 სულაძე ი. 311
 სულხანიშვილი გ. 247, 471
 სუპატაშვილი გ. 576
 სხირტლაძე ნ. 319
- ტატიშვილი გ. 179
 ტრუსოვი ლ. 103, 596
- ტუჩკე ვ. 31
 უნგიაძე მ. 154
 უროტაძე ს. 527
 უშარაული ე. 72
- ფალავა ი. 176
 ფედოროშჩევა ა. 183
 ფენრიხი პ. 653
 ფერაძე რ. 83
 ფირანაშვილი ზ. 263
 ფირცხალავა ნ. 532
 ფლეიშმანი ნ. 284
 ფრანგიშვილი დ. 184
 ფურცელაძე ე. 103
 ფხაჭიაშვილი მ. 339
- ქართველიშვილი თ. 536
 ქაცარავა რ. 536
 ქოიავა ნ. 547
 ქორელი ა. 154
 ქუთათელაძე ა. 311
- ქურდოვანაქე მ. 639
 ქურიძე კ. 159
- ღონღაძე ა. 574
 ღოღობერიძე მ. 379
- ყალაბეგიშვილი მ. 128
 ყვავაძე ე. 424
 ყრუაშვილი ზ. 288
 ყრუაშვილი ი. 132, 372
 ყურაშვილი რ. 631
- შავინიანი ვ. 628
 შავინოვა ს. 419
 შამბა ს. 443
 შამციანი ს. 147, 383
 შარანგია ა. 311
 შელეგია შ. 631
 შერშოვი ე. 304
 შეწირული ლ. 171
 შველშვილი ა. 543
 შირიაევი ნ. 176
 შრაიბმანი ფ. 159
 შხანუკოვი მ. 27
- ჩერკესოვი გ. 620
 ჩეჩელაშვილი გ. 68, 300
 ჩინჩალაძე დ. 164
 ჩიღვიანიძე ჯ. 516
 ჩიჩუა ლ. 179
 ჩხარტიშვილი ი. 335
 ჩხეიძე ა. 552
- ცაგარელი მ. 399
 ცქვიტინიძე ზ. 304
 ცხადაია თ. 260
 ცხაკაია გ. 311
- წერეთელი ნ. 167
 წერეთელი პ. 335
 წიფურია ი. 59
 წიწუაშვილი ე. 631
- ჭაბუკიანი ტ. 491
- ხაზალია რ. 571
 ხალანსკი ა. 644
 ხანანაშვილი ლ. 556
 ხარაზიშვილი ა. 266
 ხარაქე გ. 504
 ხვინგა მ. 348

ხეივანი ნ. 647
ხითარშვილი ე. 579
ხუციშვილი თ. 567
ხუბუნი თ. 111, 434

ჯალალანი თ. 512
ჯალიაშვილი თ. 644
ჯანდიერი გ. 296
ჯანელიძე თ. 83

ჯავახიშვილი მ. 391
ჯეზისაშვილი ნ. 376
ჯელია მ. 76
ჯიქია ნ. 432
ჯობაძე ლ. 408

УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ 113-го ТОМА

- Абашидзе Ж. Н. 321
 Абесадзе А. И. 629
 Абрамидзе С. П. 383
 Агладзе Г. Р. 545
 Агниашвили Г. Р. 541
 Амаглобели Б. Г. 589, 601
 Андроникашвили М. О. 193
 Андроникашвили Т. Г. 525
 Анистратенко В. А. 365
 Арабей Е. В. 341
 Арамидзе С. П. 445
 Аробелидзе К. А. 121, 361
 Арсенишвили А. И. 481
 Асатиანი М. Д. 353
 Астахов Г. Н. 561
 Ахаладзе Р. П. 505
 Ахметели Л. И. 629
 Бакурадзе А. Н. 389
 Барамидзе Л. В. 73
 Баркалая А. А. 341
 Бахуташвили В. И. 169
 Бедианашвили Г. В. 189
 Белоусов А. П. 285
 Беляцкая И. С. 341
 Бендукидзе О. Г. 93
 Беридзе Р. К. 621
 Билашвили К. А. 569
 Бицадзе А. В. 17
 Бобровицкий А. В. 373
 Богвелишвили З. В. 605
 Бокочадзе Н. Н. 157
 Болквადзе С. Л. 581
 Борисов Г. П. 409
 Бочоришвили Г. Г. 413
 Брегадзе О. М. 417
 Брегадзе Т. С. 337
 Булгаков В. П. 105, 597
 Буркадзе Н. Н. 417
 Ванидзе К. Ш. 541
 Васаძე ნ. ე. 365, 557
 Вахания З. Н. 45
 Габаდაдзе Т. Г. 309
 Габуня Л. К. 93
 Гавриленко В. Г. 293
 Гагуа А. М. 401
 Гаприндашвили Д. С. 353
 Гаччиладзе Г. А. 313
 Гварамадзе Н. Д. 321
 Гвритишвили Б. З. 581
 Гегадзе Г. Г. 513
 Геков В. Ф. 285
 Гелешвили Т. П. 101, 593
 Гецадзе Р. Д. 49
 Гзиришвили М. А. 173
 Гигаური Н. Б. 425
 Гигаური Р. Д. 633
 Гогებაშვილი ნ. ვ. 173
 Гогоберидзе М. И. 357
 Гоголадзе Л. Д. 477
 Годердзишвили Л. И. 633
 Голиадзе Н. С. 573
 Гонгадзе А. Д. 501
 Горелашвили Б. А. 633
 Григорьян А. С. 409
 Гридунов И. Т. 553
 Гришин Ю. А. 609
 Губеладзе А. К. 33
 Гугушвили Л. Л. 401
 Гугушвили Л. Н. 389
 Гургенишвили Г. Е. 501
 Гурешидзе Т. М. 89
 Гуриелашвили Р. И. 473
 Густомясов А. Н. 605
 Давиташвили Т. Ш. 61
 Давитулиანი Д. Ш. 153
 Дарбаიძე ი. ჯ. 289
 Дасаева М. А. 509
 Дгебуაძე ნ. ვ. 409
 Демушкин В. П. 641
 Джалагания Т. Р. 509
 Джалинашвили Т. А. 641
 Джандиери Г. В. 293
 Джanelidze Т. В. 81
 Джафарли М. Т. 389
 Джебисашვილი ნ. ვ. 373
 Джелия М. И. 73
 Джикия Н. Е. 429
 Джохадзе Л. Д. 405
 Дидебулидзе И. А. 577
 Жвания М. Ф. 61
 Жгенти Н. А. 149
 Жордания И. С. 105, 597
 Жужунашвили А. Ш. 269
 Заалишвили М. М. 157, 161, 533
 Заалишвили Т. М. 637
 Задикашвили Л. З. 541
 Заславский В. Н. 517
 Зеракидзе З. С. 37, 273
 Зиневич А. Г. 281
 Золотухин И. В. 101
 Зоненашвили И. А. 281
 Зуриашвили М. Г. 357
 Зыцарь В. Ю. 657
 Иваницкий Т. В. 321
 Иванов В. Н. 113
 Имедашвили Г. К. 117
 Инанишвили Г. В. 589, 601
 Иосебидзе Д. С. 549
 Калабегшვილი მ. ა. 125
 Капанадзе Е. Е. 385
 Капанадзе М. Б. 309
 Каранадзе Н. А. 181
 Картвелишვილი თ. მ. 533
 Касландзия К. Л. 633
 Касрадзе Г. Г. 541
 Кацарава Р. Д. 533
 Кацитадзе А. Г. 169
 Качабава Л. А. 161
 Качахидзе Н. К. 305
 Кваваძე თ. ვ. 421



- Квернадзе М. В. 101, 593
 Квирикашвили Л. С. 439
 Кересслидзе М. В. 337
 Кешелашвили Дж. Р. 521
 Кигурадзе И. Т. 241
 Кикнадзе З. Р. 89
 Киладзе С. Х. 73
 Киракосян А. Э. 353
 Кобахидзе Л. А. 377
 Колава Н. Ш. 545
 Колосов В. Г. 353
 Колхидашвили К. М. 637
 Кондакова Л. И. 641
 Копылов В. М. 553
 Корели А. Г. 153
 Корнилова А. Ф. 181
 Королев В. С. 353
 Кортава Л. М. 69
 Котляренко К. Ю. 133
 Красиков Я. С. 285
 Круашвили З. Е. 285
 Круашвили И. Г. 129, 369
 Круглов М. Г. 609
 Курашвили Р. Б. 629
 Курдованидзе М. Л. 637
 Куридзе К. Ш. 157
 Кутателадзе К. С. 309
 Кухалейшвили Л. К. 141
 Кушиди Н. К. 509
 Лаповок В. Н. 101, 593
 Лачкепиани А. Н. 405
 Лебанидзе З. Б. 581
 Леселидзе И. К. 513
 Лобжанидзе Г. Б. 249
 Ломинадзе Г. Д. 77
 Ломсадзе В. А. 633
 Лурсманашвили О. В. 305
 Магалашвили Г. А. 81
 Майсадзе Ф. Д. 85
 Макацария Г. Т. 485
 Малюгин Э. Ф. 177
 Манджавидзе Г. Ф. 29
 Манджавидзе Н. Ш. 173
 Манджгаладзе А. А. 609, 613
 Махарадзе Л. И. 585
 Мачошвили Р. И. 529
 Машашвили Л. И. 109
 Мегедь Э. Л. 149
 Меликадзе Л. Д. 69, 549
 Мелия Н. С. 393
 Мельник Л. А. 553
 Метревели Дж. М. 165, 645
 Мжаванадзе Ш. В. 53, 497
 Микеладзе Э. Г. 145, 383
 Мимношвили З. Р. 41
 Миндадзе А. А. 405
 Мирианашвили Р. И. 505
 Миташвили Г. Ш. 529
 Миташвили Р. Л. 649
 Михайлов В. В. 341
 Мосешвили З. Г. 133
 Мосидзе В. М. 405
 Моцонелидзе А. Н. 125
 Моцонелидзе Н. С. 125
 Музаев И. Д. 129
 Мухелишвили Г. Н. 617
 Мхеидзе Р. А. 405
 Надарая Э. А. 253
 Надарейшвили М. М. 21
 Надирашвили Н. Ш. 157
 Назарова О. В. 505
 Нанобашвили З. И. 149
 Нацвлишвили З. С. 349
 Нечет Л. В. 553
 Нижарадзе М. Д. 329
 Николадзе И. Е. 305
 Обгадзе Т. А. 493
 Оклей Л. Н. 97, 333
 Ониани Д. А. 633
 Ониани Ш. И. 581
 Осиашвили Т. Г. 541
 Очерашвили А. В. 185
 Пагава И. К. 173
 Паникаровский В. В. 409
 Папава К. Г. 97
 Перадзе Р. В. 81
 Петриашвили О. Г. 261
 Пиранашвили З. А. 261
 Пирцхалава Н. И. 529
 Питимашвили И. А. 345
 Пляшкевич Ю. Г. 641
 Прангишвили Д. А. 161
 Прохоров А. Н. 365
 Пурцеладзе Э. Д. 101
 Пхачиашвили М. Ш. 337
 Размадзе Н. Г. 145, 383
 Рцхиладзе В. Г. 337
 Саджая Р. И. 17
 Сазыкина О. Н. 553
 Салия Р. Н. 57
 Санадзе Т. И. 505
 Сахокня Д. И. 309
 Сванидзе Ц. И. 565
 Сердюкова Л. Б. 137
 Симонидзе М. Ш. 157
 Слепченко Л. А. 289
 Станкевич Л. А. 353
 Суладзе И. Ш. 309
 Сулханишвили Г. И. 245, 469
 Супаташвили Г. Д. 573
 Схиртладзе Н. И. 317
 Тавадзе Ф. Н. 589, 601
 Таварткиладзе Я. Н. 537
 Татишвили Г. Г. 177
 Тевзадзе Ю. В. 289, 509
 Тодуа З. В. 277
 Топуридзе М. В. 509
 Топурия Ш. Х. 17
 Трусов Л. И. 101, 593
 Тутберидзе А. И. 97, 333
 Тучке В. 29
 Унгиадзе М. Н. 153
 Уротадзе С. Л. 525
 Ушараули Э. А. 69
 Федорищева А. Е. 181
 Фенрих Г. 654
 Флейшман Н. П. 281
 Хазалия Р. М. 569
 Халанский А. С. 641
 Хананашвили Л. М. 553
 Харадзе Г. А. 501
 Харазिशвили А. Б. 265
 Хвингия М. В. 345
 Хвингия Н. П. 645

- | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Хитаришвили В. Э. 577 | Чабукиани Т. А. 489 | Швелашвили А. Э. 541 |
| Хухуни Г. Т. 433 | Черкесов Г. Н. 617 | Шелегия Ш. Я. 629 |
| Хухуни Т. В. 109 | Чечелашвили Г. А. 65, | Шершков В. В. 301 |
| Хуцишвили О. Д. 565 | 297 | Шецирули Л. Т. 169 |
| | Чигвинадзе Дж. Г. 513 | Ширяев Н. Т. 173 |
| | Чинчаладзе Д. З. 161 | Шрайбман Ф. О. 153 |
| | Чичуа Л. Г. 177 | Шхануков М. Х. 25 |
| | Чхартишвили И. В. 333 | |
| | Чхеидзе А. П. 549 | |
| Цагарели М. З. 397 | | Элиашвили Дж. Г. 325 |
| Церетели Н. С. 165 | Шагинова С. М. 417 | Эприкашвили Л. Г. 525 |
| Церетели П. А. 333 | Шагинян В. С. 625 | Этерашвили Т. В. 601 |
| Ципурия И. Е. 57 | Шамба С. М. 441 | |
| Цицуашвили Э. М. 629 | Шамцян С. М. 145, 383 | |
| Цквინидзе З. И. 301 | Шарангия А. В. 309 | Южаков А. М. 181 |
| Цхадая О. Т. 257 | | |
| Цхакая Г. Б. 309 | | |

AUTHOR INDEX TO VOLUME 113

- | | | |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Abashidze Zh. N. 324 | Burkadze N. N. 419 | Gaprindashvili D. S. 355 |
| Abesadze A. I. 632 | | Gavrilenko V. G. 296 |
| Abramidze S. P. 148, 384 | | Gegiadze G. G. 516 |
| Agladze G. R. 547 | Chabukiani T. A. 491 | Gekov V. F. 288 |
| Agniashvili G. R. 543 | Chechelashvili G. A. 68, | Getsadze R. D. 51 |
| Akhaladze R. P. 508 | 300 | Gigauri N. B. 428 |
| Akhmeteli L. I. 632 | Cherkesov G. N. 620 | Gigauri R. D. 635 |
| Amaglobeli B. G. 592, 603 | Chichua L. G. 180 | Goderdzishvili 635 |
| Andronikashvili M. O. 196 | Chigvinadze J. G. 516 | Gogebashvili N. V. 176 |
| Andronikashvili T. G. 528 | Chnchaladze D. Z. 164 | Gogoberidze M. I. 360 |
| Anistratenko V. A. 367 | Chkhartishvili I. V. 335 | Gogoladze L. D. 479 |
| Arabei E. V. 344 | Chkheidze A. P. 554 | Goliadze N. S. 576 |
| Arobelidze K. A. 123, 363 | | Gongadze A. D. 504 |
| Arsenashvili A. I. 484 | | Gorelashvili N. P. 635 |
| Asatiani M. D. 355 | Darbaidze Ya. Z. 292 | Gridunov I. T. 556 |
| Astakhanov G. N. 564 | Dasaeva M. A. 512 | Grigoryan A. S. 412 |
| | Davitashvili T. Sh. 63 | Grishin Yu. A. 612 |
| | Davitashvili D. Sh. 152 | Gubeladze A. K. 36 |
| Bakhutashvili V. I. 172 | Demushkin V. P. 444 | Gugushvili L. L. 403 |
| Bakuradze A. N. 391 | Dgebuadze N. V. 412 | Gugushvili L. N. 391 |
| Baramidze L. V. 76 | Didebulidze I. A. 580 | Gureshidze T. M. 92 |
| Barkalaia A. A. 344 | | Gurgenishvili G. E. 504 |
| Bedianashvili G. V. 192 | Eliashvili J. G. 328 | Gurielashvili R. I. 475 |
| Belousov A. P. 288 | Eprikashvili L. G. 528 | Gustomyasov A. N. 608 |
| Belyatskaya I. S. 344 | Eterashvili T. V. 603 | Gvaramadze N. D. 324 |
| Bendukidze O. G. 95 | | Gvritishvili B. Z. 584 |
| Beridze R. K. 624 | Fähnrich H. 654 | Gzirishvili M. A. 176 |
| Bilashvili K. A. 571 | Fedorishcheva A. E. 183 | |
| Bitsadze A. V. 20 | Fleishman N. P. 284 | Imedashvili G. K. 120 |
| Bobrovitski A. V. 376 | | Inanishvili G. V. 592, |
| Bochorishvili G. G. 415 | Gabadadze T. G. 311 | 603 |
| Bogvelishvili Z. V. 608 | Gabunia L. K. 95 | Iosebidze D. S. 554 |
| Bokochadze N. N. 160 | Gachechiladze G. A. 315 | Ivanitski T. V. 324 |
| Bolkvadze S. L. 584 | Gagua A. M. 403 | Ivanov V. N. 115 |
| Borisova G. P. 412 | | Jafarli M. T. 391 |
| Bregadze O. M. 419 | | Jalganiaa T. R. 512 |
| Bregadze T. S. 339 | | |
| Bulgakov V. P. 108, 600 | | |

- Jaliashvili T. A. 444
 Jandieri G. V. 296
 Janelidze T. V. 84
 Jebisashvili N. V. 376
 Jelia M. I. 76
 Jikia N. E. 432
 Jokhadze L. D. 408
- Kachakhidze N. K. 308
 Kacharava L. A. 164
 Kalabegashvili M. A. 128
 Kapanadze E. E. 387
 Kapanadze M. B. 311
 Karanadze N. A. 183
 Kartvelishvili T. M. 536
 Kaslandzia K. L. 635
 Kasradze G. G. 543
 Katsarava R. D. 536
 Katsitadze A. G. 172
 Kereselidze M. V. 339
 Keshelashvili J. R. 524
 Khalanski A. S. 444
 Khananashvili L. M. 556
 Kharadze G. A. 504
 Kharazishvili A. B. 268
 Khazalia R. M. 571
 Khitarishvili V. E. 580
 Khukhumi G. T. 435
 Khukhuni T. V. 111
 Khutsishvili O. D. 567
 Khvingia M. V. 348
 Khvingia N. P. 647
 Kiguradze I. T. 244
 Kiknadze Z. R. 92
 Kiladze S. Kh. 76
 Kirakosjan A. E. 355
 Kobakhidze L. A. 380
 Koiava N. Sh. 547
 Kolkhidashvili K. M. 639
 Kolosov V. G. 355
 Kondakova L. I. 444
 Kopilov V. M. 556
 Koreli A. G. 155
 Kornilova A. F. 183
 Korolev V. S. 355
 Kortava L. M. 72
 Kotlyarenko K. Y. 135
 Krasikov Y. S. 288
 Kruashvili I. G. 132, 372
 Kruashvili Z. E. 288
 Kruglov M. G. 612
 Kukhaleishvili L. K. 144
 Kurashvili R. B. 632
 Kurdovanidze M. L. 639
 Kuridze K. Sh. 160
 Kutateladze K. S. 311
 Kutsidi N. K. 512
- Kvavadze E. V. 424
 Kvernadze M. V. 104, 596
 Kvirikashvili L. S. 440
- Lachkepiani A. N. 408
 Lapovok V. N. 104, 596
 Lebanidze Z. B. 584
 Leselidze I. K. 516
 Lobzhanidze G. B. 252
 Lominadze G. D. 80
 Lomsadze B. A. 635
 Lurmanashvili O. V. 308
- Machkhoshvili R. I. 532
 Magalashvili G. A. 84
 Maisadze P. D. 88
 Makatsaria G. T. 488
 Makhharadze L. I. 588
 Malyugin E. F. 180
 Manjavidze M. Kh. 31
 Manjavidze N. Sh. 176
 Manjgaladze A. A. 612, 616
 Mashashvili L. I. 111
 Meged E. L. 152
 Melia N. S. 396
 Melikadze L. D. 72, 554
 Melnik L. A. 556
 Metreveli J. M. 168, 647
 Mikeladze E. G. 148, 384
 Mikhailov V. V. 344
 Miminoshvili Z. R. 44
 Mindadze A. A. 408
 Mirianashvili R. I. 508
 Mitaishvili G. Sh. 532
 Mitaishvili R. I. 652
 Mkheidze R. A. 408
 Moseshvili, Z. G. 135
 Mosidze V. M. 408
 Motsonelidze A. N. 128
 Motsonelidze N. S. 123
 Muskhelishvili G. N. 620
 Muzaev I. D. 132
 Mzhavanadze Sh. V. 56, 500
- Nadaraia E. A. 255
 Nadareishvili M. M. 23
 Nadirashvili N. Sh. 160
 Nanobashvili Z. I. 152
 Natsvlishvili Z. S. 352
 Nazarova O. V. 508
 Nechet L. V. 556
- Nikoladze I. E. 308
 Nizharadze M. D. 331
- Obgadze T. A. 496
 Ocherashvili A. V. 188
 Okley L. N. 100, 335
 Oniani J. A. 635
 Oniani Sh. I. 584
 Osiashvili T. G. 543
- Pagava I. K. 176
 Panikarovski V. V. 412
 Papava K. G. 100
 Peradze R. V. 84
 Petriashvili O. G. 264
 Piranashvili Z. A. 264
 Pirtskhalava N. I. 532
 Pitimashvili I. A. 348
 Pkhachiashvili M. Sh. 339
 Plyashkevich Yu. G. 444
 Prangishvili D. A. 164
 Prokhorov A. N. 367
 Purtseladze E. D. 104
- Razmadze N. G. 148, 384
 Rtskhiladze V. G. 339
- Sajaia, R. I. 20
 Sakhokia D. I. 311
 Salia R. N. 59
 Sanadze T. I. 508
 Sazykina O. N. 556
 Serdyukova L. B. 139
 Shaginova S. Sh. 419
 Shaginyan V. S. 628
 Shamba S. M. 443
 Shamtsian S. M. 148, 384
 Shelegia Sh. I. 632
 Shershkov V. V. 304
 Shetsiruli L. T. 172
 Shiryaev N. T. 176
 Shkhanukov M. Kh. 28
 Shraibman F. O. 160
 Shvelashvili A. E. 543
 Simonidze M. Sh. 160
 Skhirtladze N. I. 320
 Slepchenko L. A. 292
 Stankevich L. A. 355
 Suladze I. Sh. 311
 Sulkhanishvili G. I. 247, 471
 Supatashvili G. D. 576
 Svanidze Ts. I. 567

- Tatishvili G. G. 180
Tavadze F. N. 592, 603
Tavartkiladze I. N. 540
Tevzadze Yu. V. 292, 512
Todua Z. B. 280
Topuria Sh. Kh. 20
Topuridze M. V. 512
Trusov L. I. 104, 596
Tsagareli M. Z. 399
Tsereteli N. S. 168
Tsereteli P. A. 335
Tsitsuasvili E. M. 632
Tsipuria I. E. 59
Tskhadaia O. T. 259
Tskhakaia G. B. 311
Tskvitinidze Z. I. 304
- Tutberidze A. I. 100, 335
Tutscke W. 31
- Ungiadze M. N. 155
Urotadze S. L. 528
Usharauli E. A. 72
- Vakhania Z. N. 47
Vanidze K. Sh. 543
Vasadze N. E. 367, 559
- Yuzhakov A. M. 183
- Zaalishvili M. M. 160, 164,
536
Zaalishvili T. M. 639
Zadikashvili L. Z. 543
Zaslavski V. N. 520
Zerakidze Z. S. 39, 275
Zhgenti N. A. 152
Zhordania I. S. 108, 600
Zhuzhunashvili A. Sh. 272
Zhvania M. F. 63
Zinevich A. G. 284
Zolotukhin I. V. 104
Zonenashvili I. A. 284
Zuriashvili M. G. 360
Zytsar V. Yu. 660

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

1. В журнале «Сообщения АН ГССР» публикуются статьи академиков, членов-корреспондентов, научных работников системы Академии и других ученых, содержащие еще не опубликованные новые значительные результаты исследований. Печатаются статьи лишь из тех областей науки, номенклатурный список которых утвержден Президиумом АН ГССР.

2. В «Сообщениях» не могут публиковаться полемические статьи, а также статьи обзорного или описательного характера по систематике животных, растений и т. п., если в них не представлены особенно интересные научные результаты.

3. Статьи академиков и членов-корреспондентов АН ГССР принимаются непосредственно в редакции «Сообщений», статьи же других авторов представляются академиком или членом-корреспондентом АН ГССР. Как правило, академик или член-корреспондент может представить для опубликования в «Сообщениях» не более 12 статей разных авторов (только по своей специальности) в течение года, т. е. по одной статье в каждый номер, собственные статьи—без ограничения, а с соавторами—не более трех. В исключительных случаях, когда академик или член-корреспондент требует представления более 12 статей, вопрос решает главный редактор. Статьи, поступившие без представления, передаются редакцией академику или члену-корреспонденту для представления. Один и тот же автор (за исключением академиков и членов-корреспондентов) может опубликовать в «Сообщениях» не более трех статей (независимо от того, с соавторами она или нет) в течение года.


4. Статья должна быть представлена автором в двух экземплярах, в готовом для печати виде, на грузинском или на русском языке, по желанию автора. К ней должны быть приложены резюме—к грузинскому тексту на русском языке, а к русскому на грузинском, а также краткое резюме на английском языке. Объем статьи, включая иллюстрации, резюме и список цитированной литературы, приводимой в конце статьи, не должен превышать четырех страниц журнала (8000 типографских знаков), или шести стандартных страниц машинописного текста, отпечатанного через два интервала (статьи же с формулами—пяти страниц). Представление статьи по частям (для опубликования в разных номерах) не допускается. Редакция принимает от автора в месяц только одну статью.

5. Представление академика или члена-корреспондента на имя редакции должно быть написано на отдельном листе с указанием даты представления. В нем необходимо указать: новое, что содержится в статье, научную ценность результатов, насколько статья отвечает требованиям пункта 1 настоящего положения.

6. Статья не должна быть перегружена введением, обзором, таблицами, иллюстрациями и цитированной литературой. Основное место в ней должно быть отведено результатам собственных исследований. Если по ходу изложения в статье сформулированы выводы, не следует повторять их в конце статьи.

7. Статья оформляется следующим образом: сверху страницы в середине пишутся инициалы и фамилия автора, затем—название статьи; справа сверху представляющий статью указывает, к какой области науки относится она. В конце основного текста статьи с левой стороны автор указывает полное название и местонахождение учреждения, где выполнена данная работа.

8. Иллюстрации и чертежи должны быть представлены по одному экземпляру в конверте; чертежи должны быть выполнены черной тушью на кальке. Надписи на чертежах должны быть исполнены каллиграфически в таких размерах, чтобы даже в случае уменьшения они оставались отчетливыми. Подписные подписи, сделанные на языке основного текста, должны быть представлены на отдельном листе. Не следует приклеивать фото и чертежи к листам оригинала. На полях оригинала автор отмечает карандашом, в каком месте должна быть помещена та или иная иллюстрация. Не должны представляться таблицы, которые не могут уме-



ститься на одной странице журнала. Формулы должны быть четко вписаны чернилами в оба экземпляра текста; под греческими буквами проводится одна черта красным карандашом, под прописными — две черты черным карандашом снизу, над строчными — также две черты черным карандашом сверху. Карандашом должны быть обведены полукругом индексы и показатели степени. Резюме представляются на отдельных листах. В статье не должно быть исправлений и дополнений карандашом или чернилами.

9. Список цитированной литературы должен быть отпечатан на отдельном листе в следующем порядке. Вначале пишутся инициалы, а затем — фамилия автора. Если цитирована журнальная работа, указываются сокращенное название журнала, том, номер, год издания, а если цитирована книга, — полное название книги, место и год издания. Если автор считает необходимым, он может в конце указать и соответствующие страницы. Список цитированной литературы приводится не по алфавиту, а в порядке цитирования в статье. При ссылке на литературу в тексте или в сносках номер цитируемой работы помещается в квадратные скобки. Не допускается вносить в список цитированной литературы работы, не упомянутые в тексте. Не допускается также цитирование неопубликованных работ. В конце статьи, после списка цитированной литературы, автор должен подписаться и указать место работы, занимаемую должность, точный домашний адрес и номер телефона.

10. Краткое содержание всех опубликованных в «Сообщениях» статей печатается в реферативных журналах. Поэтому автор обязан представить вместе со статьей ее реферат на русском языке (в двух экземплярах).

11. Автору направляется корректура статьи в 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.

12. Автору выдается бесплатно 25 оттисков статьи.

(Утверждено Президиумом Академии наук Грузинской ССР 10.10.1968; внесены изменения 6.2.1969)

Адрес редакции: Тбилиси 60, ул. Кутузова, 19, телефоны: 37-22-16, 37-86-42.

Почтовый индекс 380060

Условия подписки: на год — 22 руб. 80 коп.

ა ბ ტ ო რ თ ა ს ა ყ უ რ ა ღ ლ ე ბ ო ღ

1. ჟურნალ „საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბეში“ ქვეყნდება აკადემიკოსთა და წევრ-კორესპონდენტთა, აკადემიის სისტემაში მომუშავე და სხვა მეცნიერთა მოკლე წერილები, რომლებიც შეიცავს ახალ მნიშვნელოვან გამოკვლევათა 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 თანაავტორებთან ერთად — არა უმეტეს სამი წერილისა. გამოცემის შემთხვევაში როცა აკადემიკოსი ან წევრ-კორესპონდენტი მოითხოვს 12-ზე მეტი წერილის წარდგენას, საკითხს წყვეტს მთავარი რედაქტორის. 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, თანაავტორებთან იქნება იგი, თუ ცალკე).

4. წერილი წარმოდგენილი უნდა იყოს ორ ცალად, დასაბეჭდად სახეებით მზა სახით, ავტორის სურვილისამებრ ქართულ ან რუსულ ენაზე. ქართულ ტექსტს თან უნდა ახლდეს რუსული და მოკლე ინგლისური რეზიუმე, ხოლო რუსულ ტექსტს — ქართული და მოკლე ინგლისური რეზიუმე. წერილის მოცულობა ილუსტრაციებითურთ, რეზიუმეებითა და დამოუკიდებელი ლიტერატურის ნუსხითურთ, რომელიც მას ბოლოში ერთვის, არ უნდა აღემატებოდეს ჟურნალის 4 გვერდს (8000 სასტამბო ნიშანი), ანუ საწერ მანქანაზე ორი ინტერვალით გადაწერილ 6 სტანდარტულ გვერდს (ფორმულებიანი წერილი კი 5 გვერდს). არ შეიძლება წერილების ნაწილებად დაყოფა სხვადასხვა ნომერში გამოსაქვეყნებლად. ავტორისაგან რედაქცია ღებულობს თვეში მხოლოდ ერთ წერილს.

5. აკადემიკოსთა ან აკადემიის წევრ-კორესპონდენტთა წარდგინება რედაქციის სახელზე დაწერილი უნდა იყოს ცალკე ფურცელზე წარდგინების თარიღის აღნიშვნით. მასში აუცილებლად უნდა აღინიშნოს, თუ რა არის ახალი წერილში, რა მეცნიერული ღირებულება აქვს მას და რამდენად უბასუხებს ამ წესების 1 მუხლის მოთხოვნას.

6. წერილი არ უნდა იყოს გადატვირთული შესავლით, მიმოხილვით, ცხრილებით, ილუსტრაციებითა და დამოუკიდებელი ლიტერატურით. მასში მთავარი ადგილი უნდა აქონდეს დათმობილი საკუთარი გამოკვლევის შედეგებს. თუ წერილში გზადაგზა, ქვეთაეების მიხედვით გადმოცილებილი დაბეჭდები, მასინ საჭირო არაა მათი გამოკრება წერილის ბოლოს.

7. წერილი ასე ფორმდება: თავში ზემოთ უნდა დაიწეროს ავტორის ინიციალები და გვარი, ქვემოთ — წერილის სათაური. ზემოთ მარჯვენა მხარეს, წარმოდგენმა უნდა წააწეროს, თუ მეცნიერების რომელ დარგს განეკუთვნება წერილი. წერილის ძირითადი ტექსტის ბოლოს, მარცხენა მხარეს, ავტორმა უნდა აღინიშნოს იმ დაწესებულების სრული სახელწოდება და ადგილმდებარეობა, სადაც შესრულებულია შრომა.

8. ილუსტრაციები და ნახაზები წარმოდგენილი უნდა იქნეს თითო ცალად კონვერტით. ამასთან, ნახაზები შესრულებული უნდა იყოს კალკაზე შავი ტუშით. წარწერები ნახაზებს უნდა გაუკეთდეს კალიგრაფიულად და ისეთი ზომისა, რომ შემცირების შემთხვევაშიც კარგად იკითხებოდეს. ილუსტრაციების ქვემო წარწერების ტექსტი წერილის ძირითადი ტექსტის ენაზე წარმოდგენილი უნდა იქნეს ცალკე ფურცელზე. არ შეიძლება ფოტოებისა და ნახაზების დაწებება დედნის გვერდებზე. ავტორმა დედნის კიდელზე ფანქრით უნდა აღინიშნოს, რა ადგილის მოთავსდეს ესა თუ ის ილუსტრაცია. არ შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს ისეთი ცხრილი, რომელიც ჟურნალის ერთ გვერდზე ვერ მოთავსდება. ფორმულები მელნით მკა-



ფიოდ უნდა იყოს ჩაწერილი ტექსტის ორივე ეგზემპლარში, ბერძნულ ასოებს ქვემოთ ყველა
 გან უნდა გაეცვას თითო ხაზი წითელი ფანქრით, მთავრულ ასოებს—ქვემოთ ორ-ორი ხაზი
 რა ხაზი შავი ფანქრით, ხოლო არამთავრულ ასოებს — ზემოთ ორ-ორი პატარა ხაზი შავი
 ფანქრით. ფანქრითვე უნდა შემოიფარგლოს ნახევარწრივ ნიშნაკებიც (ინდექსები და ხარის-
 ხის მაჩვენებლები). რეზიუმეები წარმოდგენილ უნდა იქნეს ცალ-ცალკე ფურცლებზე. წე-
 რილში არ უნდა იყოს ჩასწორებები და ჩამატებები ფანქრით ან მელნით.

9. დამოწმებული ლიტერატურა უნდა დაიბეჭდოს ცალკე ფურცელზე. საჭიროა დაცულ
 იქნეს ასეთი თანმიმდევრობა: ავტორის ინიციალები, გვარი. თუ დამოწმებულია სიყურანლო
 შრომა, ვუჩვენოთ ეურნალის შემოკლებული სახელწოდება, ტომი, ნომერი, გამოცემის წელი.
 თუ დამოწმებულია წიგნი, აუცილებელია ვუჩვენოთ მისი სრული სახელწოდება, გამოცემის
 ადგილი და წელი. თუ ავტორი საჭიროდ მიიჩნევს, ბოლოს შეუძლია გვერდების ნუმერა-
 ციაც 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 სად მუშა-
 აობს და რა თანამდებობაზე, უჩვენოს თავისი ზუსტი მისამართი და ტელეფონის ნომერი.

10. „მომამბეში“ გამოქვეყნებული ყველა წერილის მოკლე შინაარსი იბეჭდება რეფერა-
 ტულ ეურნალში. ამიტომ ავტორმა წერილთან ერთად აუცილებლად უნდა წარმოადგინოს
 მისი რეფერატი რუსულ ენაზე (ორ ცალად).

11. ავტორს წასაკითხად ეძლევა თავისი წერილის გვერდებად შეკრული კორექტურა მკაყ-
 რად გასაზღვრული ვადით (არაუმეტეს ორი დღისა). თუ დადგენილი ვადისათვის კორექ-
 ტურა არ იქნა დაბრუნებული, რედაქციას უფლება აქვს შეაჩეროს წერილის დაბეჭდვა ან
 დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.

12. ავტორს უფასოდ ეძლევა თავისი წერილის 25 ამონაბეჭდი.

(დამტკიცებულია საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის
 პრეზიდიუმის მიერ 10.10.1968; შეტანილია ცვლილებები 6.2.1969)

რედაქციის მისამართი: თბილისი 60, კუტუზოვის ქ. № 19; ტელ. 37-22-16, 37-93-42.

საფოსტო ინდექსი 380060

ხ ე ლ მ ო წ ე რ ი ს პ ი რ ო ბ ე ბ ი: ერთი წლით 22 მან. 80 კაბ.

6197/121



ՊՆՆՆ 1 ՅՅԵ. 90 ՅՅՅ.
ЦЕНА 1 РУБ. 90 КОП.