

524

1993

ISSN—0132—1447

საქართველოს
მეცნიერებათა
აკადემიის
ბულეტენი

საქართველოს
მეცნიერებათა აკადემიის

ბულეტენი

СООБЩЕНИЯ

АКАДЕМИИ НАУК
ГРУЗИИ

BULLETIN

OF THE ACADEMY OF
SCIENCES OF GEORGIA

147 TOM

№ 1

0132-1447 1993 JANVARI

თბილისი • ТВИЛИСИ • TBILISI

524
1993
p. 147
w 1,2

1-11

საქართველოს
მეცნიერებათა აკადემიის

ბოლთა

СООБЩЕНИЯ

АКАДЕМИИ НАУК
ГРУЗИИ

BULLETIN

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF GEORGIA

(95)

ტომი 147

№ 1

იანვარი 1993

თბილისი * TBILISI



ქურნალი დაარსებულია 1940 წელს
Журнал основан в 1940 году

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

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

ს ა რ მ დ ა ჯ ე ნ ი ო კ ო ლ ე ზ ე ნ ი ა

მ. ალექსიძე, თ. ანდრონიკაშვილი, თ. ბერიძე (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), ე. გამყრელიძე, თ. გამყრელიძე, გ. გველესიანი, ე. გომელაური, რ. გორდენიანი (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), მ. ზაალიშვილი, ა. თავხელიძე (მთავარი რედაქტორი), გ. კვეციანი, ი. კლუბაძე (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), თ. კობალაშვილი, ჯ. ლომინაძე, რ. მეტრეველი, დ. მუსხელიშვილი (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), ბ. ნანუაშვილი, თ. იონიანი, მ. სალუქვაძე (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), ე. სენიაშვილი, თ. ურუშაძე, ე. ციციშვილი, გ. ჭოლოშვილი, მ. ხენიანი

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЕГИЯ

М. А. Алексидзе, Т. Г. Андроникашвили, Т. Г. Беридзе (заместитель главного редактора), Т. В. Гамкrelidze, Э. П. Гамкrelidze, Г. Г. Гвелеснани, В. И. Гомелаури, Р. Б. Гордезиани (заместитель главного редактора), М. М. Заалишвили, Г. И. Квесишвили, И. Т. Кигურაძე (заместитель главного редактора), Т. И. Копаленшвили, Д. Г. Ломинадзе, Р. В. Метревели, Д. Л. Мухелишвили (заместитель главного редактора), Б. Р. Нануашвили, Т. Н. Иониани, М. Е. Салуквадзе (заместитель главного редактора), Э. А. Сехниашвили, А. Н. Тавхелидзе (главный редактор), Т. Ф. Урушадзе, М. В. Хвингия, Г. Ш. Цицишвили, Г. С. Чогошвили

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

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

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

გადაეცა წარმოებას 30.11.1992, ხელმოწერილია დასაბეჭდად 3.6.1993, ფორმატი 70×108^{1/16}. მაღალი ბეჭდვა. პირობითი ნაბ. თ. 18.2. საიდრიცხო-საგამომცემლო თაბახი 13.78. ტირაჟი 600. შვევ. № 1388, ფასი 15 კუპ.

Сдано в набор 30.11.1992. Подписано к печати 3.6.1993. Формат 70×108^{1/16}
Печать высокая. Усл.-печ. л. 18.2. уч.-изд. л. 13.78;
Тираж 600. Зак. № 1388. Цена 15 куп.

20.337

შინაარსი

მათემატიკა

*რ. ნადირაძე. ზოგიერთი ფორმულა ელიფსური კომპოლოგიისათვის	20
*ო. ძაგნიძე. ლებევის განუსაზღვრელი ორმაგი ინტეგრალის დიფერენცირებადობა	24
*ტ. კილურაძე. პერიოდული სასაზღვრო ამოცანების კორექტულობის შესახებ წრფივი ჰიპერბოლური განტოლებებისათვის	30
*შ. ტეტუნაშვილი. ზოგიერთი ჯერადი ფუნქციონალური მწკრივის ერთადერთობის თეორემა შეჯამებადობის მეთოდებისათვის	34
*ა. ხარაზიშვილი. ზომადი სივრცეები იდეალებით და სელექტორები	40

მეცნიერება

*ე. ელერდაშვილი. სამი სხეულის ერთი ბრტყელი შეზღუდული ამოცანის შესახებ	44
---	----

მათემატიკური ფიზიკა

*დ. გელაშვილი. სიმეტრიის პრინციპის შესახებ მომენტური თერმოდრეკადობის განზოგადებული მოდელისათვის	49
*ვ. ოდიშარია. რეისნერის ერთგანზომილებიანი სისტემის ერთი არაწრფივი ამოცანის შესახებ	56

ფიზიკა

*ნ. გვილაგა, ვ. ჯაყელი, ზ. ქაჩლიშვილი, ნ. მათეშვილი. თხელი მინარეგების გარღვევის კინეტიკა გერმანიუმში	60
*ი. ბალბაია, ვ. კიპინი. გრძივი სიბლანტის გავლენა ალფვენის ტალღების შთანთქმაზე ტოკამაკში	64
*დ. აჯბა, ი. ბალბაია, ა. შვარცბურგი. დაბალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველების რეზონანსული გარდაქმნა და არაწრფივი გაფილტვრა ზედენად ტალღურ სისტემებში	71

- *გ. ვანიშვილი. კოსმოსური სხივების ფორბუშის ეფექტის თავისებურებანი
(24—28 მარტი, 1991 წ.)

75

ზოგადი და არაორგანული ქიმია

- ა. შველაშვილი, ე. მიმინოშვილი, ა. სობოლევა, თ. ვარდოსანიძე, ლ. ბერიძე, ო. გაბრიჩიძე. $Ni(eta)_3(NO)_3(CH_3COO)_2 \cdot 0,5 H_2O$ კრისტალების სინთეზი და რენტგენსტრუქტურული გამოკვლევა

76

ორგანული ქიმია

- *თ. ხოშტარია, ნ. ბოლქვაძე, გ. ფალავანდიშვილი, ნ. ჭიჭინაძე, ლ. კურკოვსკაია, ნ. სუვოროვი. 1H-პიროლო (3,2C) თიანტრენის სინთეზი

84

- *ი. ჩიკვაიძე, ნ. ლომაძე, ნ. თარგამაძე, შ. სამსონია, ნ. სუვოროვი. 2,7-დიეთოქსიკარბონილი -1H, 6H-პიროლო (2,3-e) ინდოლის აცეტილირება და 3-ნიტრობენზოილირება

87

- *შ. გაჭიევი, ნ. ნეზიერიძე, მ. ბლუაშვილი. ალკანთიოლების ურთიერთქმედება ალილის სპირტთან სინთეზური ალუმოსილიკატის თანაობისას

93

ფიზიკური ქიმია

- გ. აღნიაშვილი, გ. კორპუსოვი. ოქროს (III) ამოწველის ტექნოლოგიური რეჟიმის მოდელირება რკინის შემცველ კვების გადამუშავებით მიღებული მარილმჟავა ხსნარებიდან

94

- *ჭ. ბაღდავაძე, გ. გველესიანი (საქ. მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), ი. ოშიაძე. Fe-O-C, Fe-Mn-O-C, Fe-Mn-Si-O-C სისტემების თერმოდინამიკური მოდელირება

103

- *დ. ტატიშვილი, დ. ცაგარეიშვილი, ი. ბარათაშვილი, გ. ცაგარეიშვილი (საქ. მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), თ. აბაშიძე. მაღალტემპერატურული ზეგამტარობა Y-Ba-Sr-Cu-O სისტემაში

106

- *ქ. უკლება, გ. გველესიანი (საქართველოს მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), დ. ცაგარეიშვილი, ი. ოშიაძე, ა. ნადირაძე. სპარაუმის და ვეროპიუმის ქრომიტების მაღალტემპერატურული ენთალპია და სითბოტევადობა

110

ჩინიკური გეოგრაფია

- *თ. შელაძე. სანაპირო ზოლის დაცვა ზღვის დონის აწევის შემთხვევაში

114

კაბროლოგია

- *ა. ოშროსცვაარიძე. ბეშტას და კამენსტიას პლავიოგენისების წარმოშობის PT რეჟიმი

118



სამშენებლო მებანიკა

მ. ხ. ბარაძე, პ. შალვაძე, გ. გვირაბების თაღოვანი ლითონის სამაგრის ზიდვის უნარიანობის ამალღების საკითხისათვის 120

მეტალურგია

მ. კეკელიძე, გ. დარსაძე, მ. ფალავა, ნ. ბიგვაძე. ნახევარგამტარული გერმანიუმ-სილიციუმის მყარი ხსნარების ზოგიერთი ფიზიკური თვისების კორელაციის შესახებ 127

მანქანათმშენებლობა

ა. ბეთაძე, დ. მებრეველი, ნ. ფხალაძე. პიპერბგერიითი საფრენი აპარატების ეკიპაჟების ავარიული გადარჩენის სისტემის კონცეფცია 131

ბ. ხუხუნი. აირის ორსაფეხურიანი რედუქტორის მათემატიკური მოდელი 132

ჰიდროტექნიკა

ს. საყვარელიძე, თ. მელაძე. პლაყის პროფილის ფორმირება ზღვის დონის აწევისას 138

ავტომატური მართვა და ბაგომთვლითი ტექნიკა

ა. ლაბაძე, მ. ცერცვაძე. ურთიერთინდუქციურობა სიმეტრიის ღერძის მიმართ მობრუნებულ ნახევარწრეწირულ რკალებს შორის 139

ბ. ხომერიკი. უნივერსალური ციფრული ელექტროენერჯის გამზომი გარდამქმნელი 144

ნიადაგმშენებლობა

დ. კირვალიძე. ლიპიდების შემცველობა ცენტრალური კავკასიონის მაღალმთიანეთის ნიადაგებში 145

აღამიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

ბ. ბილანიშვილი, ზ. ნანობაშვილი. სხვადასხვა თალამო-კორტიკალური სისტემის აქტივობაზე ლურჯი ლაქის გავლენის გზები და შესაძლო მექანიზმები 150

ბიოფიზიკა

გ. სეხნიაშვილი. მაგნიტური ველის გავლენა ქოლინორეცეპტორების აქტივობაზე 152

- * ე. კითაიანაძე, ნ. ნუცუბიძე (საქართველოს მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), თავისუფალი და იზობილიზებული *Azotobacter vinelandii* უჯრედების აზოტფიქსაციის უნარის დამოკიდებულება ენგებადის მოხმარებასთან დაკავშირებით 157
- ა. სოფრომაძე, დ. გულბანი, ი. ხაჩიძე. ფენოლურ ნაერთთა შემცველობა ვაშში სხვადასხვა წესით ჩატარებული „მწვანე ოპერაციებისა“ და დაბალი ტემპერატურის მოქმედების ფონზე 159
- * მ. ბალაშვილი, მ. თოღაძე, ლ. ჩოხელი, დ. ჯოხაძე (საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი) მცენარეული პროტოპლასტების ენდოგენური რნმ და ცილამასინთეზირებელი აქტივობების სტიმულაცია კინეტინით 166

ფიტოკათოლოგია

- * ც. ფეიქრიშვილი. კარტოფილის ტუბერების გამძლეობის გაზრდა ფუზარიუმის მიმართ გამა-რადიაციის გამოყენებისას 169

ზოოლოგია

- * მ. ჩხიკვაძე, მ. ბაქრაძე. ბინადრობს დასავლეთ საქართველოში ქამელონი? 172

ექსპერიმენტული მიდვიცინა

- * ზ. ტყეშელაშვილი, ა. ტყეშელაშვილი, ი. ხუნდაძე. ბარძაყის ყელის მყარ-ფუნქციონალური ოსტეოსინთეზის ახალი მეთოდი 176
- მ. ხაჩიძე, გ. სიმონია, ნ. ტატიშვილი (საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ნ. ბაქანიძე, დ. შელია. ენდოგენური დიგოქსინისმაგვარი ფაქტორის მნიშვნელობა გლიკოზიდური ინტოქსიკაციის განვითარებისათვის 178
- * თ. ჩხიკვაძე, ო. მისოვა, დ. კოხოძე, დ. ჭიქია. ბრმა ნაწლავის კედლის მიკროციკულატორული არხის მორფოფუნქციური ორგანიზაცია და მისი ცვლილებები ანასტომოზის უბანში პოლიურეთანის ელასტიკური საკერი მასალის — სპანდექსის გამოყენებისას 185
- ვ. ბილანიშვილი. ვირთაგვების სარძევე ჭირკვლის სიმსივნეების ბიოლოგიური და მორფოლოგიური თავისებურებანი დაბალი სიხშირის მაგნიტური ველების ზემოქმედებისას 186

ენათმეცნიერება

- * ნ. ქემერტელიძე. ბმული და თავისუფალი სიტყვათშეწყობანი ფერის ზოგადი ცხებით ფრაზეოლოგიურ ერთეულებში 193

დ. ლოსაბერიძე. ინდოევროპული ელემენტის არსებობის პრობლემა ბრინჯაოს ხანის კავკასიაში

194

არქეოლოგია

დ. აფაქიძე. კოლხური ბრინჯაოს კულტურის ჩასახვისა და მისი თავდაპირველი გავრცელების საკითხისათვის

199

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

* Р. Г. Надирадзе. Некоторые формулы для аналитической кохомологии	20
О. П. Дзагидзе. Дифференцируемость неопределенного двойного интеграла Лебега	22
* Т. И. Кигурадзе. О корректности периодических краевых задач для линейных гиперболических уравнений	30
Ш. Т. Тетунашвили. Теоремы единственности некоторых кратных функциональных рядов для методов суммирования	31
А. Б. Харазидзе. Измеримые пространства с идеалами и селекторы	35

МЕХАНИКА

Э. Ш. Элердашвили. Об одной ограниченной плоской задаче трех тел	41
--	----

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Д. М. Гелашвили. О принципе симметрии в обобщенной теории термомодульной упругости	45
В. Ш. Одишария. Об одной краевой задаче для одномерной системы Рейсснера	51

ФИЗИКА

Н. М. Гвилава, В. Г. Джакели, З. С. Качлишвили, Н. Ю. Матешвили. Кинетика пробоя мелких примесей в германии	57
И. Д. Багбая, В. С. Цыпин. Влияние продольной вязкости на поглощение альфвеновских волн в токамаке	62

* Заглавие, отмеченное звездочкой, относится к резюме статьи.



Д. В. Аджба, И. Д. Багбая, А. Б. Шварцбург. Резонансное преобразование и нелинейная фильтрация низкочастотных электромагнитных волн в сверхтекучих волновых системах 66

ГЕОФИЗИКА

Г. К. Ванишвили. Особенности эффекта Форбуша космических лучей 24—28 марта 1991 г. 72

ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

* А. Е. Швелашвили, Э. Б. Миминошвили, А. Н. Соболев, Т. О. Вардосанидзе, Л. А. Беридзе, О. А. Габричидзе. Синтез и рентгеноструктурное исследование кристаллов состава $Ni(\eta^3-C_3H_5COO)(NO_3)0,5H_2O$ 80

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Т. Е. Хоштария, Н. Т. Болквадзе, Г. А. Палаваидишвили, Н. З. Чичинадзе, Л. Н. Курковская, Н. Н. Суворов. Синтез 1Н-пирроло(3,2-с)тиантрена 81

И. Ш. Чикваидзе, Н. Ш. Ломадзе, Н. Л. Таргамадзе, Ш. А. Самсония, Н. Н. Суворов. Ацелирование и нитробензоилирование 2,7-диэтоксикарбонил-1Н,6Н-пирроло(2,3-е)индола 85

М. К. Гаджиев, Н. М. Небнеридзе, М. В. Блуашвили. О взаимодействии алкантолов с аллиловым спиртом в присутствии синтетического алюмосиликата 89

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

* Г. Р. Агниашвили, Г. В. Корпусов. Моделирование технологического режима извлечения золота (III) из солянокислых растворов, полученных при переработке железистых кеков 97

Д. И. Багдавадзе, Г. Г. Гвелесиани (академик АН Грузии), И. О. Омиадзе. Термодинамическое моделирование систем Fe-O-C, Fe-Mn-O-C, Fe-Mn-Si-O-C 98

Д. Г. Татишвили, Д. Ш. Цагарейшвили, И. Б. Бараташвили, Г. В. Цагарейшвили (член-корреспондент АН Грузии), Т. Д. Абашидзе. Высокотемпературная сверхпроводимость в системе Y-Ba-Sr-Cu-O 104

К. З. Уклеба, Г. Г. Гвелесиани (академик АН Грузии), Д. Ш. Цагарейшвили, И. С. Омиадзе, А. А. Надирадзе. Высокотемпературная энтальпия и теплоемкость хромитов самария и европия 108



Ф. Г. Меладзе. Защита морских берегов при ожидаемом подъеме уровня моря 111

ПЕТРОЛОГИЯ

А. В. Окросцваридзе. РТ режим образования плагиогранитоиднейсов Бешты и Каменистой (Абхазия) 115

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

* М. П. Махарадзе, П. О. Маглакелидзе. К вопросу повышения несущей способности арочной металлической крепи тоннелей 123

МЕТАЛЛУРГИЯ

М. Г. Кекуа, Г. Ш. Дарсавелидзе, М. О. Пагава, Н. К. Бигвава. О корреляции некоторых физических свойств полупроводниковых твердых растворов германий-кремний 125

МАШИНОВЕДЕНИЕ

А. И. Бетанели, Д. Г. Метревели, Н. В. Пхаладзе. Концепция системы аварийного спасения экипажей гиперзвуковых летательных аппаратов 128

* Т. В. Хухуни. Математическая модель двухступенчатого газового редуктора 135

ГИДРОТЕХНИКА

В. В. Сакварелидзе, Ф. Г. Меладзе. Переформирование профиля пляжа при подъеме уровня моря 136

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

* О. С. Лабадзе, М. З. Церцвадзе. Взаимоиндуктивность между полукругными дугами при вращении относительно оси симметрии 141

И. О. Хомерики. Универсальный цифровой измерительный преобразователь электроэнергии 142

- * Д. Р. Кирвалидзе. Содержание липидов в высокогорных почвах Центрального Кавказа 147

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

- И. Г. Биланишвили, З. И. Нанобашвили. Пути и возможные механизмы воздействия синего пятна на разные таламо-кортикальные системы 148

БИОФИЗИКА

- * Г. Н. Сехниашвили. Влияние магнитного поля на активность холинорецепторов 153

БИОХИМИЯ

- Э. Г. Читанава, Н. Н. Нуцубидзе (член-корреспондент АН Грузии). Зависимость азотфиксации свободных и иммобилизованных клеток *Azotobacter vinelandii* от интенсивности потребления кислорода 155

- * А. Н. Сопромадзе, Д. И. Гулбани, О. Т. Хачидзе. Содержание фенольных соединений в виноградной лозе на фоне действия низкой температуры и проведенных разными способами «зеленых операций» 162

- М. И. Балашвили, М. И. Тодадзе, Л. Г. Чохели, Д. И. Джохадзе (член-корреспондент АН Грузии). Стимуляция эндогенной РНК-синтезирующей и белоксинтезирующей активности растительных протопластов кинестином 164

ФИТОПАТОЛОГИЯ

- Ц. Г. Пейкришвили. Повышение устойчивости картофеля к фузариозу при использовании гамма-радиации 167

ЗООЛОГИЯ

- В. М. Чхиквадзе, М. А. Бакрадзе. Обитает ли хамелеон в Западной Грузии? 170

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

- З. А. Ткешелашвили, А. З. Ткешелашвили, И. Т. Хундадзе. Новый метод стабильно-функционального остеосинтеза шейки бедренной кости 174



- * М. В. Хачидзе, Г. В. Симония, Н. Н. Татишвили, Н. Т. Бакалдзе, Д. Ш. Шелия. Значение эндогенного диоксиноподобного фактора для развития гликозидной интоксикации 181
- Т. Ф. Чхиквадзе, О. Ф. Мысова, Д. Н. Коходзе, Д. Т. Джикия. Морфо-функциональная организация микроциркуляторного русла стенки слепой кишки и его изменения в зоне анастомоза при использовании эластичной полиуретановой нити спандекс 182
- * В. Г. Биланишвили. Биологические и морфологические особенности опухолей молочной железы крыс после воздействия низкочастотных магнитных полей 189

ЯЗЫКОЗНАНИЕ

- Н. Д. Кемертелидзе. Устойчивые и свободные словосочетания с общим понятием цвета во фразеологических единицах 190

ИСТОРИЯ

- * Д. Г. Лосаберидзе. Проблема существования индоевропейского элемента на Кавказе в эпоху бронзы 198

АРХЕОЛОГИЯ

- * Д. Б. Апакидзе. К вопросу о зарождении и первоначальном распространении колхидской бронзовой культуры 203

CONTENTS*

MATHEMATICS

R. Nadiradze. Some formulas for the elliptic cohomology	17
*O. Dzagnidze. Differentiability of the Lebesgue indefinite double integral	24
T. Kiguradze. On the correctness of periodic boundary value problems for linear hyperbolic equations	26
*Sh. Tetunashvili. The uniqueness theorems of some multiple functional series for the summability methods	34
*A. Kharazishvili. Measurable spaces with ideals and selectors	40

MECHANICS

*E. Elerdashvili. On one bounded plane problem of three bodies	44
--	----

MATHEMATICAL PHYSICS

*D. Gelashvili. On Symmetry principle in generalized theory of couple-stress thermoelasticity	49
*V. Odisharia. On one boundary value problem for one-dimensional Reissner system	56

PHYSICS

*N. Gvilava, V. Jakeli, Z. Kachlishvili, N. Matashvili. The kinetics of shallow impurity breakdown in Germanium	60
*I. Bagbaya, V. Tsy-pin, Longitudinal viscosity effects on the Alfvén wave absorption in a tokamak	65
*D. Ajba, I. Bagbaya, A. Shvartsburg. Resonance transformation and linear filtration of low-frequency electromagnetic fields in superfluidity wave systems	71

GEOPHYSICS

*G. Vanishvili. The features of the cosmic rays Forbush-effect of 24—28 March 1991	75
--	----

GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

*A. Shvelashvili, E. Miminoshvili, A. Sobolev, T. Vardosanidze, L. Beridze, O. Gabrichidze. Synthesis and X-ray structure investigation of $\text{Ni}(\text{eta})_3(\text{CH}_3\text{COO})(\text{NO})_3 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$ Crystals	80
---	----

*A title marked with an asterisk refers to the Summary of the article



- *T. Khoshtaria, N. Bolkvadze, G. Palavandishvili, N. Chichinadze, L. Kurkovskaya, N. Suvorov. Synthesis of 1H-pyrrolo (3,2-C) Thianthrene 84
- *I. Chikvaidze, N. Lomadze, N. Targamadze, Sh. Samsonia, N. Suvorov. The Acetylation and p-nitrobenzolation of 2,7-dithoxycarbonyl-1H, 6H-pyrrolo (2,3-e) indole 88
- *M. Gajiev, N. Nebieridze, M. Blushvili. The interaction of alkanethiols with allyl alcohol in the presence of synthetic aluminosilicate 93

PHYSICAL CHEMISTRY

- *G. Agniashvili, G. Korpusev. Tests of extraction conditions of gold (III) from hydrochloric acid solutions obtained in processing of ferric cakes 97
- *J. Bagdavadze, G. Gvelesiani, I. Omiadze. Thermodynamic modelling of the systems Fe—O—C, Fe—Mn—O—C, Fe—Cu—Si—O—C 103
- *D. Tatishvili, D. Tsagareishvili, I. Baratasvili, G. Tsagareishvili, T. Abashidze. High-temperature superconductivity in the system Y—Ba—Sr—Cu—O 107
- *K. Ukleba, G. Gvelesiani, D. Tsagareishvili, I. Omiadze, A. Nadiradze. High-temperature enthalpy and heat capacity of Samarium and Europium Chromites 110

PHYSICAL GEOGRAPHY

- *Th. Meladze. The shore and beach protection in case of the sea level rise 114

PETROLOGY

- *A. Okrostsvavidze. P-T conditions of Beshtas and Camenistais plagiogneisses origin 118

STRUCTURAL MECHANICS

- *M. Makhradze, P. Maglakelidze. On the problem of the increase of bearing capacity of arch metal supports for tunnels 124

METALLURGY

- *M. Kekua, G. Darsavelidze, M. Pagava, N. Bigvava. Correlations between some physical properties of germanium-silicon solid solution semiconductors 127

MACHINE BUILDING SCIENCE

- *A. Betaneli, D. Metreveli, N. Pkhaldze. A conception crews emergency rescue system of hypersonic vehicles 132
- *T. Khukhuni. A mathematical model of the double-reduction gas reducer 135

HYDRAULIC ENGINEERING

- *V. Sakvarelidze, T. Meladze. Beach profile forming with sea level rising 138

AUTOMATIC CONTROL AND COMPUTER ENGINEERING

საქართველოს
აკადემიის
გამომცემი

- *O. Labadze, M. Tsertsvadze. Mutual inductance between two semi-circumference arcs while revolving on symmetry axis 141
- *I. Khomeriki. The universal electric digital converter 144

SOIL SCIENCE

- *D. Kitvalidze. The lipid fraction content in high-mountain Soils of the Central Caucasus 147

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

- *I. Bilanishvili, Z. Nanobashvili. The pathways and possible mechanisms of the influence of Locus Coeruleus (LC) on the activity of various thalamo-cortical systems 151

BIOPHYSICS

- *G. Sekhniashvili. Magnetic field influence on the activity of membran receptors 154

BIOCHEMISTRY

- *E. Chitanava, N. Nutsubidze. The dependence of free and immobilized Azotobacter Vinelandii cell ability of nitrogen fixation of connection with nitrogen usage 158
- *A. Sopromadze, D. Gulbani, O. Khachidze. Content of phenolic compounds in grapevine against the background of low temperature and „green operations“, carried out by different methods 162
- *M. Balashvili, M. Todadze, L. Chokheli, D. Jokhadze. Stimulation of endogenous BNA and protejn-synthesizing activity of plant protoplasis by kinetin 166

PHYTOPATHOLOGY

- *G. Peikrishvili. Gamma-irradiation increases the hardiness of potato tubers towards Fusarium Solan 169

ZOOLOGY

- *V. Chkhikvadze, M. Bakradze. Does chameleo habitate in west Georgia 172

EXPERIMENTAL MEDICINE

- *Z. Tkeshelashvili, A. Tkeshelashvili, I. Khundadze. A new method of steady-functional osteosynthesis of the femoral cervix 177
- *M. Khachidze G. Simonia, N. Tatishvili, N. Bakanidze, D. Shelia. Significance of Glycoside-like Factor for the development of glycoside intoxication 181
- *T. Chkhikvadze, O. Misova, D. Kokhodze, D. Jikia. The morpho-functional organization of the microcircular canal of the blindbut's wall and its changes in the region of anastomose by using of elastic suture material of polyuretán (Spandex) 185

- *V. V. Bilanishvili. Biological and morphological characteristics of mammary tumors by low-frequency electromagnetic fields 189

LINGUISTICS

- *N. Kemertelidze. Bound and free word-combinations with the general concept of colour in phraseological units 193

HISTORY

- *D. Losaberidze. The problem of the existence of the Indo-European element in the Caucasus during the Bronze Age 198

ARCHAEOLOGY

- *D. Apakidze. On the inception and original distribution of Kolchian bronze culture 203

R. NADIRADZE

SOME FORMULAS FOR THE ELLIPTIC COHOMOLOGY

(Presented by N. Berikashvili, Corresponding member of the Academy of Sciences 6.11.1992)

In the theory of cobordisms and in the spectral Adams sequence the important role is played by the series such as formal groups $g^{-1}(g(x)+g(y))$, Hirzebruch genus $\frac{x}{g^{-1}(x)}$, cooperations $f(x)=x+\sum_{n \geq 1} b_n x^{n+1} = \bar{g}^{-1}(g(x))$ and coproduct $-\bar{f}(f(x))$, where $g(x) = x + \sum_{n \geq 1} \frac{c_n}{n+1} x^{n+1}$ is a logarithm and c_n are the elements from the Q -algebra (see, for e. g., [1]).

Principle examples are given in [2, 3] and the technique in [4].

Lemma 1. If

$$g(x) = \int_0^x \frac{dz}{\sqrt{1-2\delta z^2 + \varepsilon z^4}},$$

then

$$(1-2\delta x^2 + \varepsilon x^4) f'' = 2\bar{\delta} f^3(x) - 2\bar{\delta} f(x) + (2\delta x - 2\varepsilon x^3) f',$$

$$\bar{\delta} = \gamma_{R'}(\delta) = \delta - 3b_2,$$

$$\bar{\varepsilon} = \gamma_{R'}(\varepsilon) = \varepsilon + 10b_4 - 3b_2^2 - 8\delta b_2.$$

Lemma 2. If

$$g(x) = \int_0^x \frac{dz}{1 + \delta z + \varepsilon z^2},$$

then

1.

$$\frac{x}{g^{-1}(x)} = 1 + \frac{\delta}{2} x + \sum_{n \geq 1} B_{2n} (\delta^2 - 4\varepsilon)^n \frac{x^{2n}}{(2n)!},$$

where

$$\frac{x}{e^x - 1} = 1 - \frac{x}{2} + \sum_{n \geq 1} \frac{B_{2n}}{(2n)!} x^{2n};$$

2. $(1 + \delta x + \varepsilon x^2) f'' = (\bar{\delta} - \delta - 2\varepsilon x) f' + 2\bar{\delta} f \cdot f'$,

$$\bar{\delta} = \gamma_{R'}(\delta) = \delta + 2b_1,$$

$$\bar{\varepsilon} = \gamma_{R'}(\varepsilon) = \varepsilon + 3b_2 - 2b_1^2 + b_1 \delta.$$



3. If $\delta=0$, then

$$(a) \quad f(x) = \frac{1}{\alpha} \left[1 - \frac{2}{1 + \left(\frac{1+\alpha x}{1-\alpha x} \right)^{\bar{a}/\alpha}} \right],$$

$$-\alpha^2 = \varepsilon, \quad -\bar{\alpha}^2 = \bar{\varepsilon}, \quad \bar{\varepsilon} = \varepsilon + 3b_2,$$

$$(b) \quad b_{2k-2} \equiv (-1)^{k-1} \frac{2^k (2^k - 1) 3^{k-1}}{(2k)!} B_{2k} b_2^{k-1} \pmod{\varepsilon}, \quad k \geq 2,$$

$$(c) \quad b_{2k-2} \equiv (-1)^{k-2} \frac{3}{(2k-1)(2k-3)} \varepsilon^{k-2} b_2 \pmod{b_2^2}, \quad k \geq 2.$$

Lemma 3. If

$$g(x) = \int_0^x (1 + \alpha z^3)^{-2/3} dz,$$

then

$$f'(x) = \left(\frac{1 + \bar{\alpha} f^3(x)}{1 + \alpha x^3} \right)^{3/2},$$

where

$$\bar{\alpha} = \gamma_R(\alpha) = \alpha + 6b_3;$$

Theorem 1. If

$$g^{-1}(x) = \frac{1}{b} e^{ax}(e^{bx}-1),$$

$$\delta = 2a + b, \quad 2\varepsilon = -a(a+b),$$

then

$$1. \quad \frac{x}{g^{-1}(x)} = \frac{bx e^{ax}}{e^{bx}-1} = e^{-\frac{\delta x}{2} + \sum_{n \geq 1} \frac{B_{2n}}{2n} (\delta^2 + \delta\varepsilon)^n \frac{x^{2n}}{(2n)!}},$$

$$2. \quad f'' = (\bar{\delta} - \delta - 2\varepsilon x g'(x)) g'(x) f' + 2\bar{\varepsilon} [g'(x)]^2 f,$$

$$\bar{\delta} = \gamma_R(\delta) = \delta + 2b_1,$$

$$\bar{\varepsilon} = \gamma_R(\varepsilon) = \varepsilon + 3b_2 - 2b_1^2 + b_1 \delta.$$

$$3. (a) \quad b_{n-1} = \left[\frac{G_n(x, a, b) - G_n(y, x, b)}{n! (x-y)} \right] b^n$$

$$x = \bar{b} + \bar{a}, \quad y = \bar{a},$$

$$G_n(x, a, b) = \frac{x}{x-na} \left(\frac{x-na}{B} \right)_{n-1}, \quad (c)_n = c(c-1) \cdots (c-n+1).$$

$$(b) \quad b_{n-1} = \frac{1}{n!} [\sigma_{n-1} + s(1, n) \sigma_{n-2} + \cdots + s(n-1, n)],$$

where

$$c_n = \frac{(x+y)^{k+1} - x^{k+1}}{y} = \sum_{2i+j=k} \frac{C_{2i+l+1}}{2^{2i+l}} \bar{\delta}^i (\bar{\delta}^2 + 8\bar{\varepsilon})^l,$$

$S(i, n)$ is the i -th elementary polynomial of variables $na+b, na+2b, \dots, na+(n-1)b$. For example,

$$S(1, n) = \frac{n(n-1)}{2} \delta.$$

(c) If $\varepsilon=0$, then

$$b_{n-1} = \frac{(x-b) \cdots (x-(n-1)b)}{n!},$$

(d) If $\delta=0$, then

$$b_{2n} = \frac{1}{(2n+1)!} (x^2-a^2) \cdots (x^2-(2n-1)a^2).$$

(e) If $\varepsilon=0, b_2=0, b_1^2=0$, then

$$b_n = (-1)^{n-1} \frac{2b_1 \delta^{n-1}}{n(n+1)} + (-1)^{n-2} \frac{4b_1^2 \delta^{n-2}}{n(n+1)} \left[1 + \frac{1}{2} + \cdots + \frac{1}{n-1} \right].$$

$$4. \quad \gamma_R(\delta^n) = \gamma_R(\delta)^n = \delta^n + 2n(2\delta^{n-1}b_1 + n\delta^{n-2}b_1^2)$$

mod terms higher than the second degree.

We obtain the coproduct from the following formula

$$f(f(x)) = \sum_{n \geq 0} b_n f^{n+1}(x) = \sum_{n \geq 0} \Delta b_n x^{n+1}.$$

Theorem 2.

$$\Delta b_n = \sum_{j=0}^n C(j-1, n-j) \otimes b_j,$$

where

$$f^n(x) = \sum_{n \geq 0} C(n, k) x^k = e^{\frac{\hbar}{2} g(x)} \sum_{n \geq 0} b(n, k) x^k,$$

$$b(n, k) = \sum_{m=0}^k S(k, 2m) b^{2m} a(n, 2m),$$

$$a(n, m) = \sum_{i=1}^n (-1)^{i+m} C_n^i \left(i - \frac{n}{2} \right)^m,$$

Theorem 3. If $g^{-1}(x) = xe^{ax}$, then

$$1. \quad g^{-1}(g(x)+g(y)) = xR(x) + yR(x)$$

where

$$R(x) = e^{ag(x)} = 1 + \frac{A_1}{2} x + \sum_{n \geq 2} A_n x^n = \sum_{n \geq 0} \frac{a^n (1-n)^{n-1}}{n!} x^n.$$

$$2. \quad g(x) = xe^{-ag(x)} = \sum_{n \geq 0} \frac{(-an)^{n-1}}{n!} a^n.$$



$$3. \quad f(x) = xe^{b_1 g(x)} = x + \sum_{n \geq 1} \frac{b_1(b_1 - na)^{n-1}}{n!} x^{n+1},$$

$$xf'(x) = [1 + b_1 g'(x) \cdot x] f(x),$$

$$\bar{a} = \gamma_{iR}(a) = a + b_1.$$

$$4. \quad \Delta b_n = \sum_{i+j=n} \frac{(i+1) b_1 [(i+1) b_1 - ja]^{i-1}}{j!} \otimes b_i.$$

$$5. \quad \gamma_{iR}(a^n) = [\gamma_{iR}(a)]^n = n! \left(b_n + \frac{n}{2} A_1 b_{n-1} + \sum_{i=0}^{n-2} (i+1)^{n-i} A_{n-i} b_i \right).$$

For the formal group of the type

$$\frac{x^2 A(y) - y^2 A(x)}{xB(y) - yB(x)} \psi(xy),$$

where

$$A'(0) = A_1, \quad \psi'(0) = \varphi_1,$$

$$B(x) = 1 + \sum_{i \geq 2} B_i x^i,$$

we have the following

$$\text{Lemma 4.} \quad (B(x) + A_1 x + \varphi_1 x^2) f' = \bar{B}(f) + \bar{A}_1(f) + \bar{\varphi}_1;$$

where

$$\bar{A}_1 = \gamma_{iR}(A_1) = A_1 + 2b_1,$$

$$\bar{\varphi}_1 + \bar{B}_2 = \gamma_{iR}(B_2 + \varphi_1) = B_2 + \varphi_1 + A_1 b_1 + 3b_2 - 2b_1^2,$$

$$\bar{B}_3 = \gamma_{iR}(B_3) = B_3 + 4b_3 + 3A_1 b_2 - 6B_2 b_1 - 2A_1 b_2^2 - 4b_1^3,$$

$$\bar{B}_4 = \gamma_{iR}(B_4) = B_4 + 5b_4 + \dots$$

Function $B(x)$ can be found from the differential equation 2.

A. Razmadze Mathematical Institute
Georgian Academy of Sciences

(Received 12.2.1992)

მათემატიკა

რ. ნადირაძე

ზოგიერთი ფორმულა ელიფსური კოჰომოლოგიებისათვის

რეზიუმე

ჩრდილოვანი აღრიცხვის მეთოდის გამოყენებით მიღებულია ზოგიერთი ფორმულა ფორმალურ ჯგუფთა თეორიაში.

МАТЕМАТИКА

Р. Г. НАДИРАДЗЕ

НЕКОТОРЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ АНАЛИТИЧЕСКОЙ
КОГОМОЛОГИИ

Резюме

Применяя методы умбральных исчислений, получены некоторые формулы в теории формальных групп.



ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. R. Nadiradze. Preprint 1990.
2. R. Nadiradze. Bulletin Acad. Sci. Georgia (1992) (to appear).
3. D. Ravel. Academic Press, 1986.
4. S. Roman. Academic Press, 1984.

О. П. ДЗАГНИДЗЕ

ДИФФЕРЕНЦИРУЕМОСТЬ НЕОПРЕДЕЛЕННОГО
 ДВОЙНОГО ИНТЕГРАЛА ЛЕБЕГА

(Представлено членом-корреспондентом Л. В. Жижишвили 15.2.1992)

В статье дано положительное решение не решенной до сих пор задачи о дифференцируемости по Штольцу неопределенного двойного интеграла Лебега для любой суммируемой функции.

1° Пусть функция $f(x, y)$ суммируема на прямоугольнике $R = \{x, y; a \leq x \leq b, c \leq y \leq d\}$, $f \in L(R)$. Рассмотрим выражение

$$\frac{1}{|I(x, y)|} \iint_{I(x, y)} f(t, \tau) dt d\tau, \quad (1)$$

где $I(x, y)$ есть содержащий точку (x, y) круг или прямоугольник. Предел, если он существует, выражения (1), когда $I(x, y)$ стягивается к точке (x, y) , будет производной интеграла

$$\iint_I f(t, \tau) dt d\tau \quad (2)$$

по кругам и прямоугольникам соответственно.

Лебегу принадлежит теорема о том, что производная интеграла (2) по кругам и регулярным прямоугольникам равна $f(x, y)$ для почти всех $(x, y) \in R$ ([1], с. 162, 180).

Задача распространения этой теоремы Лебега на нерегулярных прямоугольниках оказалась очень трудной и она называется проблемой существования сильной производной у интеграла (2).

Процесс становления этой глубокой теории подробно изложен в монографии М. Гусмана [2]. Из полученных в этом направлении результатов выделим следующие два утверждения.

Теорема А (Иессен—Марцинкевич—Зигмунд) [1], с. 222). Если $\int \ln^+ |f| \in L(R)$, то тогда у интеграла (2) почти всюду на R имеется сильная производная, равная $f(x, y)$.

Теорема В (Сакс [2], с. 92). Существуют суммируемые на R функции $f(x, y)$, для которых интеграл (2) лишен сильной производной в каждой точке из R .

2°. Обладающая в точке (x_0, y_0) конечными частными производными $F_x'(x_0, y_0)$ и $F_y'(x_0, y_0)$ функция $F(x, y)$ двух действительных переменных является дифференцируемой в точке (x_0, y_0) в смысле

Штольца, если для любого $\varepsilon > 0$ существует $\delta(\varepsilon, x_0, y_0) > 0$ такое, что при $|h| < \delta$ и $|k| < \delta$ выполнено соотношение

$$|F(x_0+h, y_0+k) - F(x_0, y_0) - hF'_x(x_0, y_0) - kF'_y(x_0, y_0)| < \varepsilon(|h| + |k|). \quad (3)$$

Здесь решена не решенная до сих пор задача о дифференцируемости в смысле Штольца неопределенного двойного интеграла Лебега

$$F(x, y) = \int_a^x \int_c^y f(t, \tau) dt d\tau, \quad f \in L(R) \quad (4)$$

и установлены некоторые свойства его частных производных.

В этом направлении получены следующие результаты.

Теорема 1. Для любой суммируемой на R функции $f(x, y)$, определенная равенством (4) функция $F(x, y)$ дифференцируема по Штольцу почти во всех точках $(x_0, y_0) \in R$.

Теорема 2. Для любой функции $f(x, y) \in L(R)$ справедливы следующие утверждения:

1) для почти всех $x_0 \in [a, b]$ и всех $y_0 \in [c, d]$

$$\lim_{\substack{h \rightarrow 0 \\ y \rightarrow y_0}} \frac{1}{h} \int_{x_0}^{x_0+h} \int_c^y f(t, \tau) dt d\tau = \int_c^{y_0} f(x_0, \tau) d\tau; \quad (5)$$

2) для всех $x_0 \in [a, b]$ и почти всех $y_0 \in [c, d]$

$$\lim_{\substack{k \rightarrow 0 \\ x \rightarrow x_0}} \frac{1}{k} \int_{y_0}^{y_0+k} \int_a^x f(t, \tau) dt d\tau = \int_a^{x_0} f(t, y_0) dt; \quad (6)$$

3) для почти всех $(x_0, y_0) \in R$

$$\lim_{(h, k) \rightarrow (0, 0)} \frac{1}{hk} \int_{x_0}^{x_0+h} \int_{y_0}^{y_0+k} f dt d\tau = 0 = \lim_{(h, k) \rightarrow (0, 0)} \frac{1}{k} \int_{x_0}^{x_0+h} \int_{y_0}^{y_0+k} f dt d\tau. \quad (7)$$

Равенство (7) показывает, что рост к бесконечности величины

$$\frac{1}{hk} \int_{x_0}^{x_0+h} \int_{y_0}^{y_0+k} f(t, \tau) dt d\tau, \quad (h, k) \rightarrow (0, 0) \quad (8)$$

для функций $f(x, y)$ из теоремы В Сакса подчинен ограничениям (7).

Теорема 3. Если функция $f(x, y) \in L(R)$ абсолютно непрерывна по x на $[a, b]$ при каждом $y \in [c, d]$, $\frac{\partial f}{\partial x} \in L(R)$ и $F'_x(x, y)$ конечна на R , то тогда частная производная $F'_x(x, y)$ дифференцируема по Штольцу почти всюду на R .

Теорема 4. Если $\frac{df}{\partial x}$ и $\frac{df}{\partial y}$ непрерывны на R , то тогда $F''_{xx}(x, y)$, $F''_{xy}(x, y)$ и $F''_{yy}(x, y)$ непрерывны на R .



Наконец отмечу, что общие вопросы однократной и дифференцируемости функций двух переменных рассмотрены автором в [3].

Академия наук Грузии
Тбилисский математический институт
им. А. М. Размадзе

(Поступило 28.2.1992)

მათემატიკა

მ. კახიანიძე

ლემების განუსაზღვრელი მრავალი ინტეგრალის დიფერენცირებადობა

რეზიუმე

$R = \{(x, y) : a \leq x \leq b, c \leq y \leq d\}$ მართკუთხედზე ჯამებადი $f(x, y)$ ფუნქციის განუსაზღვრელი ორმაგი $F(x, y)$ ინტეგრალი მოიცემა მე-(4) ტოლობით.

თეორემა 1-ით დადებითად არის ამოხსნილი აქამდე გადაუჭრელი ამოცანა ლებეგის განუსაზღვრელი ორმაგი $F(x, y)$ ინტეგრალის შტოლცის აზრით (ე. ი. მე-(3) უტოლობის აზრით) დიფერენცირებადობის შესახებ R -ზე ჯამებადი ნებისმიერი $f(x, y)$ ფუნქციისათვის

თეორემა 3 და მისი ანალოგიური იძლევიან $F(x, y)$ ფუნქციის კერძო წარმოებულების დიფერენცირებადობის პირობებს, ხოლო თეორემა 4 კი $F(x, y)$ -ის მეორე რიგის კერძო წარმოებულების უწყვეტობის პირობებს.

თეორემა 2-ის მე-(7) ტოლობას ექვემდებარებიან ის ფუნქციებიც, კერძოდ, რომელთათვისაც მე-(8) სიდიდეებს ყველგან აქვთ უსასრულო ზედა ზღვარი ([2], გვ. 92).

MATHEMATICS

O. DZAGNIDZE

DIFFERENTIABILITY OF THE LEBESGUE INDEFINITE DOUBLE INTEGRAL

Summary

The indefinite double integral $F(x, y)$ for the function $f(x, y)$ summable on the rectangle $R = \{(x, y) : a \leq x \leq b, c \leq y \leq d\}$ is given by equality (4).

By means of Theorem 1 the so far unsolved problem on differentiability due to Stolz (i. e. in the sense of inequality (3)) of the Lebesgue indefinite double integral $F(x, y)$ for any function $f(x, y)$ summable on R , is solved positively. Theorem 3 and theorem analogous to it provide the conditions of differentiability of partial derivatives of the function $F(x, y)$, and Theorem 4 provides the conditions of continuity of the second order partial derivatives of $F(x, y)$.

Those functions for which, in particular, the values (8) have everywhere an infinite superior limit ([2], p. 92) are also subject to equality (7) from Theorem 2.

1. С. Сакс. Теория интеграла. М., 1949.
2. М. Гусман. Дифференцирование интегралов в R^n . М., 1978.
3. С. П. Дзавгидзе. Сообщения АН Грузии, 147, № 2, 1993.

T. KIGURADZE

ON THE CORRECTNESS OF PERIODIC BOUNDARY VALUE PROBLEMS FOR LINEAR HYPERBOLIC EQUATIONS

(Presented by T. Gegelia, Corr. Member of the Academy. 10.2.1992)

Let a and b be positive numbers,

$$D_{a,b} = \{(x, y) : 0 \leq x \leq a, 0 \leq y \leq b\},$$

and let the functions p_0, p_1, p_2 , and $q : D_{a,b} \rightarrow \mathbb{R}$ be continuous. In [1] the existence and uniqueness theorems for solutions $u : D_{a,b} \rightarrow \mathbb{R}$ of the differential equation

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} = p_0(x, y) u + p_1(x, y) \frac{\partial u}{\partial x} + p_2(x, y) \frac{\partial u}{\partial y} + q(x, y) \quad (1)$$

satisfying either the boundary conditions

$$u(x, 0) = \varphi_1(x) \text{ for } 0 \leq x \leq a, \quad u(0, y) = \alpha u(a, y) + \varphi_2(y) \text{ for } 0 \leq y \leq b \quad (2)$$

or the boundary conditions

$$\begin{aligned} u(x, 0) &= \psi_0(x) u(0, 0) + \psi_1(x) \text{ for } 0 \leq x \leq a, \\ u(0, y) &= \alpha u(a, y) + \psi_2(y) \text{ for } 0 \leq y \leq b \end{aligned} \quad (3)$$

are given, where $\alpha \in \mathbb{R}$, $\varphi_1 : [0, a] \rightarrow \mathbb{R}$, $\varphi_2 : [0, b] \rightarrow \mathbb{R}$, $\psi_j : [0, a] \rightarrow \mathbb{R}$ ($j=0, 1$) are continuously differentiable, while $\psi_2 : [0, b] \rightarrow \mathbb{R}$ is twice continuously differentiable and

$$\varphi_1(0) = \alpha \varphi_1(a) + \varphi_2(0),$$

$$\psi_0(0) = 1, \quad \psi_0(a) = \frac{1}{\alpha}, \quad \psi_1(0) = 0, \quad \alpha \psi_1(a) + \psi_2(0) = 0. *)$$

In this paper we state theorems of Krasnoselsky—Krein type [2] on the correctness of the problems (1), (2) and (1), (3). Under the hypotheses of these theorems the above-mentioned problems remain uniquely solvable for small, in an integrable sense, perturbation of the coefficients of the equation (1); moreover, the differences between the solutions of the perturbed problems and the original problems are small.

Let $D \subset \mathbb{R}^m$, $v_k : D \rightarrow \mathbb{R}^{d \times 1}$ ($k=1, 2, \dots$) and $v : D \rightarrow \mathbb{R}^{d \times 1}$. Below under the notation

$$v_n(x_1, \dots, x_m) \rightarrow v(x_1, \dots, x_m) \text{ for } n \rightarrow +\infty$$

we mention that the sequence of functions $(v_n)_{n=1}^\infty$ converges to v uniformly on D .

*) Here (1), (3) is studied in the case $\alpha > 0$.

Together with (1), (2) and (1), (3) we consider the equation

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} = p_{0k}(x, y) u + p_{1k}(x, y) \frac{\partial u}{\partial x} + p_{2k}(x, y) \frac{\partial u}{\partial y} + q_k(x, y) \quad (1_k)$$

with the boundary conditions

$$u(x, 0) = \varphi_{1k}(x) \text{ for } 0 \leq x \leq a, \quad u(0, y) = \alpha_k u(a, y) + \varphi_{2k}(y) \text{ for } 0 \leq y \leq b \quad (2_k)$$

and

$$\begin{aligned} u(x, 0) &= \psi_{0k}(x) u(0, 0) + \psi_{1k}(x) \text{ for } 0 \leq x \leq a, \\ u(0, y) &= \alpha_k u(a, y) + \psi_{2k}(y) \text{ for } 0 \leq y \leq b, \end{aligned} \quad (3_k)$$

where $\alpha_k \in \mathbf{R}$, $p_{ik}, q_k: D_{ab} \rightarrow \mathbf{R}$ ($i = 0, 1, 2$) are continuous, $\varphi_{1k}, \psi_{0k}, \psi_{1k}: [0, a] \rightarrow \mathbf{R}$, $\varphi_{2k}: [0, b] \rightarrow \mathbf{R}$ are continuously differentiable and $\psi_{2k}: [0, b] \rightarrow \mathbf{R}$ is twice continuously differentiable and

$$\varphi_{1k}(0) = \alpha_k \varphi_{1k}(a) + \varphi_{2k}(0),$$

$$\psi_{0k}(0) = 1, \quad \psi_{0k}(a) = \frac{1}{\alpha_k}, \quad \psi_{1k}(0) = 0, \quad \alpha_k \psi_{1k}(a) + \psi_{2k}(0) = 0.$$

Theorem 1. *Let*

$$1 - \alpha \exp \left(\int_0^a p_2(s, y) ds \right) \neq 0, \quad \text{for } 0 \leq y \leq b, \quad (4)$$

$$\alpha_k \rightarrow \alpha, \quad \varphi_{1k}^{(i)}(x) \rightarrow \varphi_1^{(i)}(x), \quad \varphi_{2k}^{(i)}(x) \rightarrow \varphi_2^{(i)}(x) \quad (i = 0, 1),$$

$$\int_0^x p_{ik}(s, y) ds \rightarrow \int_0^x p_i(s, y) ds, \quad \int_0^y p_{ik}(x, t) dt \rightarrow \int_0^y p_i(x, t) dt \quad (i = 0, 1, 2),$$

$$\int_0^x q_k(s, y) ds \rightarrow \int_0^x q(s, y) ds, \quad \int_0^y q_k(x, t) dt \rightarrow \int_0^y q(x, t) dt \quad \text{for } k \rightarrow +\infty$$

and let there exist such a positive constant r_0 that

$$|p_{1k}(x, y)| + |p_{2k}(x, y)| \leq r_0 \text{ for } (x, y) \in D_{ab} \quad (k = 1, 2, \dots). \quad (5)$$

Then for sufficiently large k the problem (1_k), (2_k) has a unique solution u_k and

$$\begin{aligned} u_k(x, y) &\rightarrow u(x, y), \quad \frac{\partial u_k(x, y)}{\partial x} \rightarrow \frac{\partial u(x, y)}{\partial x}, \quad \frac{\partial u_k(x, y)}{\partial y} \rightarrow \frac{\partial u(x, y)}{\partial y} \\ &\text{for } k \rightarrow +\infty, \end{aligned} \quad (6)$$

where u is the solution of (1), (2).

In this theorem the hypothesis (5) is essential and cannot be omitted. In fact, if

$$\begin{aligned} \alpha_k &= \alpha = 1, \quad \varphi_{1k}(x) \equiv \varphi_2(x) \equiv 0, \quad \varphi_{2k}(y) \equiv \varphi_2(y) \equiv 0, \quad p_{0k}(x, y) \equiv p_0(x, y) \equiv 0, \\ p_1(x, y) &= 0, \quad p_{1k}(x, y) = -k \cos k^2(x+y), \quad p_{2k}(x, y) \equiv p_2(x, y) \equiv 1, \\ q(x, y) &\equiv 0, \quad q_k(x, y) = k \sin k^2(x+y), \end{aligned}$$

then all the hypotheses of Theorem 1 except (5) are fulfilled. On the other hand, in this case $u(x, y) \equiv 0$ and



$$\frac{\partial u_k(x, y)}{\partial x} = \exp\left(-\frac{\sin k^2(x+y)}{k}\right) \int_0^y \exp\left(\frac{\sin k^2(x+t)}{k}\right) \left(\frac{\partial u_k(x, t)}{\partial t} + k \sin k^2(x+t)\right) dt.$$

Assuming that the condition (6) is satisfied, we obtain

$$\lim_{k \rightarrow +\infty} k \int_0^y \exp\left(\frac{\sin k^2 t}{k}\right) \sin k^2 t dt = 0 \text{ for } 0 \leq y \leq b,$$

which is false, because

$$k \int_0^y \exp\left(\frac{\sin k^2 t}{k}\right) \sin k^2 t dt = \frac{1}{k} - \frac{\cos k^2 y}{k} \exp\left(\frac{\sin k^2 y}{k}\right) + \frac{1}{2} \int_0^y \exp\left(\frac{\sin k^2 t}{k}\right) (1 + \cos 2k^2 t) dt \rightarrow \frac{y}{2} \text{ for } k \rightarrow +\infty.$$

Theorem 2. Let inequality (4) be fulfilled,

$$\alpha_k \rightarrow \alpha, \varphi_{1k}(x) \rightrightarrows \varphi_1(x), \varphi_{2k}^{(i)}(y) \rightrightarrows \varphi_2^{(i)}(y), (i=0, 1) \text{ for } k \rightarrow +\infty,$$

$$\int_0^y \int_0^x p_{0k}(s, t) ds dt \rightrightarrows \int_0^y \int_0^x p_0(s, t) ds dt, \int_0^y \int_0^x q_k(s, t) ds dt \rightrightarrows \int_0^y \int_0^x q(s, t) ds dt, \\ \int_0^x p_{2k}(s, y) ds \rightrightarrows \int_0^x p_2(s, y) ds \text{ for } k \rightarrow +\infty.$$

Suppose, in addition, that $p_1(x, y) \equiv 0$, $p_{1k}(x, y) \equiv 0$ ($k=1, 2, \dots$) and there exists a positive constant r_0 such that

$$|p_{0k}(x, y)| + |q_k(x, y)| \leq r_0 \text{ for } (x, y) \in D_{ab} \text{ } (k=1, 2, \dots).$$

Then, starting from some k_0 , the problem (1_k), (2_k) has a unique solution u_k and

$$u_k(x, y) \rightrightarrows u(x, y) \text{ for } k \rightarrow +\infty,$$

where u is the solution of the problem (1), (2).

Theorem 3. Let α and α_k be positive numbers and let p_1 , p_{1k} , q and q_k ($i=0, 1, 2$, $k=1, 2, \dots$) have continuous partial derivatives in the second argument. Suppose, in addition, that

$$\int_0^a p_{2k}(s, y) ds = -\ln \alpha_k \text{ for } 0 \leq y \leq b \text{ } (k=1, 2, \dots), \quad (7)$$

$$\int_0^a |p_0(s, y) + p_1(s, y) p_2(s, y)| ds \neq 0 \text{ for } 0 \leq y \leq b, \quad (8)$$



$$\int_0^a \exp \left(- \int_0^s p_2(\sigma, 0) d\sigma \right) (p_0(s, 0) \psi_0(s) + p_1(s, 0) \psi_0'(s)) ds \neq 0,$$

and there exists a positive number r_0 such that

$$|p_{2k}(x, y)| + \left| p_{0k}(x, y) - \frac{\partial p_{2k}(x, y)}{\partial y} \right| \leq r_0 \text{ for } (x, y) \in D_{ab} \quad (k=1, 2, \dots).$$

If

$$\alpha_k \rightarrow \alpha, \quad \psi_{0k}^{(i)}(x) \rightrightarrows \psi_0^{(i)}(x), \quad \psi_{1k}^{(i)}(x) \rightrightarrows \psi_1^{(i)}(x),$$

$$\psi_{2k}^{(i)}(y) \rightrightarrows \psi_2^{(i)}(y) \quad (i=0, 1) \text{ for } k \rightarrow +\infty,$$

$$p_{1k}(x, y) \rightrightarrows p_1(x, y), \quad \int_0^x p_{1k}(s, y) ds \rightrightarrows \int_0^x p_1(s, y) ds \quad (i=0, 2) \text{ for } k \rightarrow +\infty,$$

$$\int_0^x q_k(s, y) ds \rightrightarrows \int_0^x q(s, y) ds, \quad \int_0^x q_k(x, t) dt \rightrightarrows \int_0^y q(x, t) dt \text{ for } k \rightarrow +\infty,$$

then, starting from some k_0 , the problem (1_k) , (3_k) has a unique solution u_k and

$$u_k(x, y) \rightrightarrows u(x, y) \text{ for } k \rightarrow +\infty,$$

where u is the solution of (1) , (3) .

Corollary. Let $\alpha > 0$, $\alpha_k > 0$ and let the functions p_i , p_{ik} , q and q_k have continuous partial derivatives in the second argument. Suppose, in addition, that (7)–(9) hold. If $\alpha_k \rightarrow \alpha$,

$$\psi_{jk}^{(i)}(x) \rightrightarrows \psi_j^{(i)}(x) \quad (i, j=0, 1), \quad \psi_{2k}^{(i)}(y) \rightrightarrows \psi_2^{(i)}(y) \quad (i=0, 1, 2),$$

$$p_{ik}(x, y) \rightrightarrows p_i(x, y), \quad \frac{\partial p_{ik}(x, y)}{\partial y} \rightrightarrows \frac{\partial p_i(x, y)}{\partial y} \quad (i=0, 1, 2),$$

$$q_k(x, y) \rightrightarrows q(x, y), \quad \frac{\partial q_k(x, y)}{\partial y} \rightrightarrows \frac{\partial q(x, y)}{\partial y} \text{ for } k \rightarrow +\infty,$$

then, starting from some k_0 , the problems (1_k) , (3_k) have a unique solution u_k and

$$u_k(x, y) \rightrightarrows u(x, y), \quad \frac{\partial u_k(x, y)}{\partial x} \rightrightarrows \frac{\partial u(x, y)}{\partial x}, \quad \frac{\partial u_k(x, y)}{\partial y} \rightrightarrows \frac{\partial u(x, y)}{\partial y}$$

for $k \rightarrow +\infty$,

where u is the solution of (1) , (3) .

ბ. კილურაძე

პერიოდული სასაზღვრო ამოცანების კორექტულობის შესახებ
 წრფივი ჰიპერბოლური განტოლებებისათვის

რეზიუმე

ჩამოყალიბებულია კრასნოსელსკი — კრეინის ტიპის თეორემები (1), (2) და (1), (3) პერიოდული სასაზღვრო ამოცანების ამონახსნების უწყვეტად დამოკიდებულების შესახებ (1) განტოლების კოეფიციენტებისა და სასაზღვრო მონაცემებისაგან.

МАТЕМАТИКА

Т. И. КИГУРАДЗЕ

О КОРРЕКТНОСТИ ПЕРИОДИЧЕСКИХ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

Резюме

Сформулированы теоремы типа Красносельского—Крейна о непрерывной зависимости периодических краевых задач (1), (2) и (1), (3) от коэффициентов уравнения (1) и от краевых данных.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. T. Kiguradze. Bull. Of the Georgian Acad. Sci.
1. М. А. Красносельский, С. Г. Крейн. Успехи мат. наук, 10, № 3, 1955, 147—152.

Ш. Т. ТЕТУНАШВИЛИ

ТЕОРЕМЫ ЕДИНСТВЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ КРАТНЫХ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЯДОВ ДЛЯ МЕТОДОВ СУММИРОВАНИЯ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. В. Жижинашвили 27.3.1992)

1. В работах [1, 2] нами были изложены результаты о единственности некоторых кратных функциональных рядов. В настоящей работе подобные вопросы изучаются для кратных методов суммирования.

Пусть $d \geq 2$ — натуральное число; R^d — евклидово пространство размерности d ; Z_0^d — множество всех точек из R^d с целыми, неотрицательными координатами. Через $x = (x_1, \dots, x_d)$ будем обозначать точки пространства R^d . $m = (m_1, \dots, m_d)$, $n = (n_1, \dots, n_d)$ — точки множества Z_0^d . $n \geq 0$ означает, что $n_j \geq 0$, $j = 1, 2, \dots, d$, а символ $m \rightarrow \infty$ означает, что $m_j \rightarrow \infty$ ($j = 1, 2, \dots, d$) независимо друг от друга. $E_1 \times E_2 \times \dots \times E_d$ — декартово произведение множеств $E_j \subset [0, 1]$, $1 \leq j \leq d$, μ — линейная мера Лебега, а μ_d — мера Лебега, соответствующая пространству R^d .

Пусть на $[0, 1]$ задана система конечных и измеримых функций $G = \{g_j(\tau)\}_{j=0}^\infty$ и ряд

$$\sum_{j=0}^{\infty} a_j g_j(\tau) \quad (1)$$

по системе G .

Через $M = \{\|\beta_{ij}\|\}$, $i, j \in Z_n$ обозначим матрицу чисел.

Пусть

$$\sigma_i(\tau) = \sum_{j=0}^{\infty} \beta_{ij} a_j g_j(\tau).$$

Определение 1. Будем говорить, что измеримое множество $A \subset [0, 1]$ принадлежит классу $U(G, M)$, если из соотношения

$$\lim_{i \rightarrow \infty} \sigma_i(\tau) = 0 \quad \text{при } \tau \in A$$

следует, что $a_j = 0$ для любого $j = 0, 1, 2, \dots$

Определение 2. Будем говорить, что матрица M принадлежит классу D , если

а) M — конечнострочна, т. е. для любого $i > 0$ существует число $\gamma(i)$, такое, что $\beta_{ij} = 0$, при $j > \gamma(i)$, и

б)
$$\prod_{j=0}^{\gamma(i)} \beta_{ij} \neq 0.$$

Определение 3. Будем говорить, что система $G = \{\varphi_{n_j}^{(j)}(x_j)\}_{n_j=0}^{\infty}$ принадлежит классу T , если любая конечная часть системы G линейно независима на множестве A , если только $\mu A > 0$.

В частности, ясно, что тригонометрическая система, заданная на $[0, 1]$, принадлежит классу T .

Пусть на $[0, 1]$ заданы системы конечных и измеримых функций

$$\Phi^{(j)} = \{\varphi_{n_j}^{(j)}(x_j)\}_{n_j=0}^{\infty}, \quad 1 \leq j \leq d.$$

Будем рассматривать d -кратный ряд по системе

$$\Phi = \{\Phi_n(x)\}_{n \geq 0} = \left\{ \prod_{j=1}^d \varphi_{n_j}^{(j)}(x_j) \right\},$$

$$\sum_{n=0}^{\infty} [a_n \Phi_n(x)] = \sum_{n_1=0}^{\infty} \cdots \sum_{n_d=0}^{\infty} a_{n_1, \dots, n_d} \prod_{j=1}^d \varphi_{n_j}^{(j)}(x_j). \quad (2)$$

Пусть $M^d = \|\beta_{m, n}\|$ — d -мерная мультипликативная матрица, т. е.

$$M^d = \prod_{j=1}^d M^{(j)}, \quad \text{где } M^{(j)} = \|\beta_{m_j, n_j}^{(j)}\|.$$

Для любого j , $1 \leq j \leq d-1$ будем считать, что $M^{(j)} \in D$ и рассмотрим средние ряда (2):

$$\sigma_m(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \beta_{m, n} \cdot a_n \cdot \Phi_n(x).$$

Справедлива

Теорема 1. Пусть для любого j , $1 \leq j \leq d-1$

$$\Phi^{(j)} \in T, \quad M^{(j)} \in D, \quad \mu E_j > 0$$

и для любого j , $1 \leq j \leq d$

$$E_j \in U(\Phi^{(j)}, M^{(j)}).$$

Тогда, если

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \sigma_m(x) = 0 \quad \text{при } x \in E_1 \times E_2 \times \cdots \times E_d,$$

то $a_n = 0$ для любого $n \geq 0$.

2. В этом пункте рассмотрим кратные тригонометрические ряды.

Тригонометрическую систему, заданную на $[0, 1]$, обозначим через $T^1 = \{t_j(\tau)\}_{j=0}^{\infty}$, где

$$t_0(\tau) \equiv 1, \quad t_{2j-1}(\tau) = \sqrt{2} \cos 2\pi j\tau, \quad t_{2j}(\tau) = \sqrt{2} \sin 2\pi j\tau, \quad j = 1, 2, \dots$$

Через $h_j(\tau)$ обозначим чезаровские средние первого порядка ряда

$$\sum_{j=0}^{\infty} a_j t_j(\tau).$$

T^d обозначает тригонометрическую систему, заданную на $[0, 1]^d$, т. е.



$$T^d = \{T_n(x)\}_{n \geq 0} = \left\{ \prod_{j=1}^d t_{n_j}(x_j) \right\}_{n \geq 0},$$

а $h_m(x)$ обозначает чезаровские средние первого порядка d кратного тригонометрического ряда

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_n T_n(x).$$

Соотношение $A \in U(T^d, (C, 1))$ означает, что если $\lim_{i \rightarrow \infty} h_i(\tau) = 0$ при $\tau \in A$, то $a_j = 0$ для любого $j = 0, 1, 2, \dots$

Аналогично, $E \in U(T^d, (C, 1)^d)$ означает, что если $\lim_{m \rightarrow \infty} h_m(x) = 0$ при $x \in E$, то $a_n = 0$ для любого $n \geq 0$.

Известно, что (см. [3], стр. 844, [4], стр. 551).

$$[0, 1] \setminus A \in U(T^d, (C, 1)), \quad (3)$$

тогда и только тогда, если $A = \emptyset$.

Из теоремы 1 и (3) следует, что

$$[0, 1]^d \in U(T^d, (C, 1)^d). \quad (4)$$

Однако соотношение (4) допускает существенное усиление. Действительно, справедливы следующие утверждения:

Теорема 2. Для любого счетного множества E

$$[0, 1]^d \setminus E \in U(T^d, (C, 1)^d).$$

Теорема 3. Существует множество E , $E \subset [0, 1]^d$ мощности континуума, для которого

$$[0, 1]^d \setminus E \in U(T^d, (C, 1)^d).$$

Отметим, что справедлива

Теорема 4. Для любого множества E , $E \subset [0, 1]^d$ с $\mu_d E > 0$

$$[0, 1]^d \setminus E \notin U(T^d, (C, 1)^d).$$

Для одномерных тригонометрических рядов неизвестно, является ли сумма двух U -множеств (измеримых по Борелю) U -множеством. Если рассматривать замкнутые U -множества, то хорошо известна (см. [3], стр. 795).

Теорема Бари. Сумма счетного множества замкнутых U -множеств есть U -множество.

Для двойного метода суммирования Чезаро первого порядка тригонометрических рядов отмеченная задача имеет отрицательное решение даже для замкнутых множеств.

Именно, справедлива

Теорема 5. Существуют замкнутые множества E_1 и E_2 , такие,

что

$$[0, 1]^2 \setminus E_i \in U(T^2, (C, 1)^2), \quad i=1, 2.$$

Однако

$$[0, 1]^2 \setminus (E_1 \cup E_2) \notin U(T^2, (C, 1)^2).$$



Замечание. На основе изложенных выше результатов устанавливается также справедливость теоремы типа Валле—Пуассона для кратных рядов вида (2) относительно вышеотмеченных методов суммирования в том аспекте, как это нами было изложено в работе [2].

Грузинский технический университет

(Поступило 27.3.1992)

მათემატიკა

შ. ტეტუნაშვილი

უნიკუნიტეტი თეორემა ზოგიერთი მრავალჯერადი ფუნქციონალური მწკრივის ერთადერთობის თეორემა შეჯამებადობის მეთოდებისათვის

რეზიუმე

შრომში მოყვანილია ავტორის მიერ დამტკიცებული ერთადერთობის თეორემები (ზოგიერთი ჯერადი ფუნქციონალური მწკრივის) შეჯამებადობის მეთოდებისათვის.

ერთ-ერთი შედეგი (ჯერადი ტრიგონომეტრიული მწკრივებისათვის) მდგომარეობს შემდეგში: ნებისმიერი თვლადი სიმრავლე არის U — სიმრავლე ჩეზაროს ჯერადი, პირველი რიგის მეთოდისათვის.

MATHEMATICS

Sh. TETUNASHVILI

THE UNIQUENESS THEOREMS OF SOME MULTIPLE FUNCTIONAL SERIES FOR THE SUMMABILITY METHODS

Summary

The uniqueness theorems, proved by the author, of some multiple functional series for the methods of summability are given in the paper.

One of the methods (for multiple trigonometric series) can be stated as follows: the arbitrary countable set is a U -set for the Chesaro's multiple summability method of the first order.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Ш. Т. Тетунашвили. Сообщения АН ГССР, 139, № 1, 1990, 21—24.
2. Ш. Т. Тетунашвили. *Mat. сб.*, т. 182, № 8, 1991, 1158—1176.
3. Н. К. Бари. *Тригонометрические ряды*. М., 1961.
4. А. Зигмунд. *Тригонометрические ряды*, т. I. М., 1965.



МАТЕМАТИКА

А. Б. ХАРАЗИШВИЛИ

ИЗМЕРИМЫЕ ПРОСТРАНСТВА С ИДЕАЛАМИ И СЕЛЕКТОРЫ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. Н. Вахания 23.4.1992)

Пусть (X, S) — измеримое пространство, т. е. X — основное базисное множество, а S — некоторая σ -алгебра частей от X . Далее, пусть P — произвольное польское топологическое пространство. Обозначим символом $cl(P)$ семейство всех непустых замкнутых подмножеств этого пространства. Предположим также, что задано некоторое отображение

$$\Phi : X \rightarrow cl(P),$$

обладающее тем свойством, что для любого открытого множества $V \subset P$ множество

$$\{x \in X : \Phi(x) \cap V \neq \emptyset\}$$

принадлежит σ -алгебре S . Тогда, согласно известному результату Куратовского и Рыль—Нардзевского (см., например, [1]), существует измеримое отображение

$$\varphi : (X, S) \rightarrow (P, B(P)),$$

удовлетворяющее соотношению

$$\varphi(x) \in \Phi(x) \quad (x \in X).$$

Здесь символ $B(P)$, как обычно, обозначает борелевскую σ -алгебру пространства P . Отображение φ иногда называют S -измеримым селектором для исходного отображения Φ .

В некоторых частных (но важных для приложений) случаях, используя операцию Монгмери, можно получить аналоги приведенного выше результата, не предполагая сепарабельности и полноты пространства P .

Пример 1. Пусть X — польское топологическое пространство, а S — класс всех подмножеств в X , обладающих свойством Бэра. Далее, пусть P — произвольное метрическое пространство и Φ — отображение из X в $cl(P)$, удовлетворяющее следующим соотношениям:

- а) каков бы ни был элемент $x \in X$, множество $\Phi(x)$ компактно;
- б) каково бы ни было открытое множество $V \subset P$, множество $\{x : \Phi(x) \cap V \neq \emptyset\}$ принадлежит σ -алгебре S .

Тогда для отображения Φ найдется хотя бы один S -измеримый селектор φ .

Пример 2. Пусть снова X — польское топологическое пространство и μ — некоторая σ -конечная борелевская мера в X . Пусть S — обозначает σ -алгебру всех μ -измеримых подмножеств в X , где $\bar{\mu}$ — обычное пополнение меры μ . Далее, пусть P — произвольное метриче-



ское пространство и Φ — отображение из X в $cl(P)$, удовлетворяющее соотношениям а) и б) примера 1. Тогда для отображения Φ также найдется хотя бы один S -измеримый селектор f .

Замечание 1. Пусть (X, S, μ) — какое-нибудь пространство с ненулевой полной σ -конечной мерой, P — произвольное топологическое пространство и Φ — отображение из X в $cl(P)$. Обозначим символом $O(\mu)$ топологию фон Неймана в множестве X , ассоциированную с мерой μ . Ясно, что σ -алгебра S совпадает с классом всех тех частей от X , которые обладают свойством Бэра относительно топологии $O(\mu)$. Таким образом, мы видим, что для данного отображения Φ вопрос о существовании S -измеримого селектора сводится к вопросу о существовании селектора, обладающего свойством Бэра относительно топологии $O(\mu)$.

Пусть теперь (X, S) — измеримое пространство, а I — некоторый счетно аддитивный идеал частей от X , причем $I \subset S$. Тройку (X, S, I) будем называть измеримым пространством с идеалом. Далее, будем говорить, что пара (S, I) удовлетворяет условию Суслина, если для всякого несчетного дизъюнктного семейства $(X_\xi)_{\xi < \omega_1}$ множеств из S найдется хотя бы одно множество X_ξ , принадлежащее идеалу I .

Пример 3. Пусть X — топологическое пространство, S — класс всех подмножеств в X , обладающих свойством Бэра, и I — идеал всех множеств первой категории в X . Тогда тройка (X, S, I) представляет собой измеримое пространство с идеалом. При этом если пространство X удовлетворяет топологическому условию Суслина, то пара (S, I) удовлетворяет условию Суслина в указанном выше смысле.

Имеет место следующее утверждение:

Предложение 1. Пусть (X, S, I) — измеримое пространство с идеалом, P — некоторое метрическое пространство и φ — некоторое S -измеримое отображение из X в P . Далее, допустим, что выполняются приводимые ниже соотношения:

- 1) мощность базисного множества X строго меньше первого несчетного слабо недостижимого кардинального числа;
- 2) пара (S, I) удовлетворяет условию Суслина.

Тогда существует множество $Y \in I$, такое, что множество $\varphi(X \setminus Y)$ сепарабельно в P .

Замечание 2. В формулировке предложения 1 чисто теоретико-множественное соотношение 1), ограничивающее мощность базисного множества X , можно несколько ослабить. Кроме того, вместо ограничения на мощность множества X можно наложить соответствующее ограничение на топологический вес пространства P . Напомним здесь же, что аксиомам современной теории множеств не противоречит следующее утверждение: не существует ни одного несчетного слабо недостижимого кардинального числа. Другими словами, в определенных моделях теории множеств соотношение 1) справедливо для всех множеств X .

Рассмотрим некоторые применения предложения 1.

Предложение 2. Пусть (X, S, I) — измеримое пространство с идеалом, P — полное метрическое пространство и Φ — отображение



из X в $cl(P)$. Далее, допустим, что выполняются приводимые ниже соотношения:

- 1) мощность множества X строго меньше первого несчетного слабо недостижимого кардинального числа;
- 2) пара (S, I) удовлетворяет условию Суслина;
- 3) для всякого замкнутого множества $F \subset P$ множество $\{x : \Phi(x) \cap F \neq \emptyset\}$ принадлежит σ -алгебре S .

Тогда следующие два соотношения эквивалентны:

- а) для отображения Φ существует хотя бы один S -измеримый селектор;
- б) существует замкнутое сепарабельное множество $D \subset P$, для которого

$$\{x : \Phi(x) \cap D = \emptyset\} \in I.$$

Сформулированное только что утверждение легко выводится из предложения 1 и упомянутого выше результата Куратовского и Рыль-Нардзевского.

Пусть E — топологическое пространство. Будем говорить, что оно почти удовлетворяет топологическому условию Суслина, если найдется множество $Z \subset E$, имеющее первую категорию в E и такое, что пространство $E \setminus Z$ удовлетворяет топологическому условию Суслина. В частности, предположим, что E — бэрдовское топологическое пространство. Тогда легко видеть, что E почти удовлетворяет топологическому условию Суслина в том и только в том случае, если оно удовлетворяет топологическому условию Суслина.

Из предложения 1 без особого труда получается следующее

Предложение 3. Пусть E — топологическое пространство, мощность которого строго меньше первого несчетного слабо недостижимого кардинального числа. Тогда приводимые ниже соотношения эквивалентны.

1) пространство E почти удовлетворяет топологическому условию Суслина;

2) каково бы ни было метрическое пространство P и каково бы ни было отображение φ из E в P , обладающее свойством Бэра, существует множество $Z \subset E$, имеющее первую категорию в E и такое, что множество $\varphi(E \setminus Z)$ сепарабельно в P .

Из предложения 3, в частности, вытекает следующий результат:

Предложение 4. Пусть E — топологическое пространство, для которого выполняются приводимые ниже соотношения:

1) $card(E)$ строго меньше первого несчетного слабо недостижимого кардинального числа;

2) E почти удовлетворяет топологическому условию Суслина;

3) E не является множеством первой категории на самом себе.

Далее, пусть P — метрическое пространство и φ — отображение из E в P , обладающее свойством Бэра. Тогда для каждого действительного числа $\varepsilon > 0$ в пространстве P обязательно найдется шар C , радиус которого равен ε и для которого множество $\varphi^{-1}(C)$ не является множеством первой категории в пространстве E .

Предложение 4 полезно также сравнить со следующим утверждением:



Предложение 5. Пусть E — топологическое пространство, удовлетворяющее приводимым ниже соотношениям:

- 1) E не является множеством первой категории на самом себе;
- 2) идеал $K(E)$ множеств первой категории в E имеет базу, мощность которой не превосходит мощности пространства E ;
- 3) для любого кардинального числа $\alpha < \text{card}(E)$ и для любой α -последовательности $(Z_\xi)_{\xi < \alpha}$ множеств, принадлежащих идеалу $K(E)$, объединение $\bigcup_{\xi < \alpha} Z_\xi$ также принадлежит идеалу $K(E)$.

Далее, пусть P — метрическое пространство и φ — отображение из E в P , обладающее свойством Бэра. Тогда, каково бы ни было действительное число $\varepsilon > 0$, в пространстве P непременно найдется шар C , радиус которого равен ε и для которого множество $\varphi^{-1}(C)$ не принадлежит идеалу $K(E)$.

В частности, рассмотрим случай, когда $\text{card}(E) = \omega_1$. В этом случае соотношение 3), фигурирующее в формулировке предложения 5, выполняется автоматически. Таким образом, мы видим, что имеет место

Предложение 6. Пусть E — топологическое пространство, удовлетворяющее приводимым ниже соотношениям:

- 1) $\text{card}(E) = \omega_1$;
- 2) для идеала $K(E)$ существует база, мощность которой не превосходит ω_1 ;
- 3) E не является множеством первой категории на самом себе.

Далее, пусть P — метрическое пространство и φ — отображение из E в P , обладающее свойством Бэра. Тогда, каково бы ни было строго положительное число ε , обязательно найдется шар $C \subset P$, радиус которого равен ε и для которого множество $\varphi^{-1}(C)$ не принадлежит идеалу $K(E)$.

Пусть теперь X и P — основные базисные множества и пусть Φ — подмножество декартова произведения $X \times P$. Для каждого элемента $x \in pr_1(\Phi)$ обозначим символом $\Phi(x)$ сечение множества Φ , соответствующее этому элементу; другими словами, положим

$$\Phi(x) = \{p : (x, p) \in \Phi\}.$$

Тем самым будет задано отображение

$$x \rightarrow \Phi(x) \quad (x \in pr_1(\Phi)).$$

Ясно, что при $x \in pr_1(\Phi)$ множество $\Phi(x)$ непусто. Всякий селектор φ для указанного отображения называется множеством, униформизирующим исходное множество Φ . При этом естественно рассматривать в первую очередь такие селекторы φ , для которых сохраняются определенные свойства исходного множества Φ .

Пример 4. Пусть E — бесконечное основное базисное множество и пусть T — некоторая топология в множестве E^2 . Предположим, что эта топология удовлетворяет следующим условиям:

- 1) каков бы ни был элемент $e \in E$, множество $\{e\} \times E$ является множеством первой категории относительно T ;
- 2) идеал множеств первой категории относительно T имеет базу, мощность которой не превосходит $\text{card}(E)$;

3) для любого кардинального числа $\alpha < \text{card}(E)$ и для любой α -последовательности $(Z_\xi)_{\xi < \alpha}$, состоящей из множеств первой категории относительно T , объединение $\bigcup_{\xi < \alpha} Z_\xi$ также представляет собой множество первой категории относительно T .

Тогда, каково бы ни было множество $\Phi \subset E^2$, не являющееся множеством первой категории относительно топологии T , обязательно найдется подмножество множества Φ , униформизирующее Φ и также не являющееся множеством первой категории относительно T .

Подробнее об этом факте см. в работе [2].

Если в предыдущем примере $\text{card}(E) = \omega_1$, то совершенно очевидно, что условие 3) этого примера выполняется автоматически и поэтому оказывается излишним. С другой стороны, ниже мы убедимся, что при $\text{card}(E) > \omega_1$ указанное условие, вообще говоря, уже не будет лишним.

Пример 5. Рассмотрим какую-нибудь модель теории множеств, в которой справедливы аксиома Мартина и равенство $2^\omega = \omega_2$. Ясно, что в этой же модели справедливо равенство $2^{\omega_1} = \omega_2$. Пусть E — базисное множество мощности континуума, содержащее кардинальное число ω_1 в качестве своего подмножества. Тогда E можно представить в виде

$$E = \omega_1 \cup L \quad (\omega_1 \cap L = \emptyset).$$

Наделим кардинальное число ω_1 какой-нибудь топологией бэровского пространства, относительно которой все одноточечные части от ω_1 будут нигде не плотными, а множество L наделим такой топологией, относительно которой L будет множеством первой категории на самом себе. После этого базисное множество E будем рассматривать как топологическое пространство, являющееся суммой двух топологических пространств ω_1 и L . Наконец, возьмем множество R всех вещественных чисел и наделим его обычной евклидовой топологией. Далее, в топологическом произведении $E \times R$ выделим множество

$$\Phi = \omega_1 \times R.$$

Легко видеть, что Φ не является множеством первой категории в пространстве $E \times R$. В то же время нетрудно проверить, что все подмножества пространства $E \times R$, униформизирующие множество Φ , представляют собой множества первой категории в $E \times R$. Отметим здесь, же, что

а) для любой точки $e \in E$ множество $\{e\} \times R$ является множеством первой категории в пространстве $E \times R$ (и даже является нигде не плотным множеством в $E \times R$);

б) идеал множеств первой категории в пространстве $E \times R$ имеет базу, мощность которой равна мощности континуума.

Тбилисский государственный университет
им. И. А. Джавахишвили

Институт прикладной математики
им. И. Н. Векуа

ა. ხარაზიშვილი

ზომადი სივრცეები იდეალებით და სელექტორები

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია ზომადი სივრცეები იდეალებით და ამ სივრცეებთან დაკავშირებული ზომადი სელექტორები. მოცემულია აღნიშნული სივრცეების ზოგიერთი გამოყენება ბერის თვისებისადმი.

MATHEMATICS

A. KHARAZISHVILI

MEASURABLE SPACES WITH IDEALS AND SELECTORS

Summary

Measurable spaces with ideals and measurable selectors connected with such spaces are considered. Some applications of these spaces to the Baire property are given.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. К. Куратовский. Топология, т. 2. М., 1969.
2. А. Б. Харазшвили. Сообщения АН Грузии, 140, № 2, 1990.



Э. Ш. ЭЛЕРДАШВИЛИ

ОБ ОДНОЙ ОГРАНИЧЕННОЙ ПЛОСКОЙ ЗАДАЧЕ ТРЕХ ТЕЛ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. В. Бурчуладзе 25.5.1992)

Рассматривается ограниченная круговая плоская задача трех тел, а именно изучается движение тела малой массы в гравитационном поле, которое притягивается телами конечных масс, одно из которых — шар со сферически-симметричным распределением масс, а второе — тело в форме правильного треугольника, в вершинах которого помещены точечные массы и соединены невесомыми недеформируемыми стержнями.

Влияние несферичности тела специфической формы (формы стержня) на вид относительных равновесий пассивно гравитирующего тела и условия их устойчивости изучены в работах [1, 2].

В работе [3] были исследованы прямолинейные точки либрации пассивно гравитирующей точки в поле притяжения шара со сферическим распределением масс и тела формы треугольника, где предполагалось, что тело формы треугольника находится в устойчивом положении относительного равновесия на круговой орбите. Оба тела имеют точечные массы и движутся по окружностям вокруг общего центра инерции. Так как малая масса в не оказывает влияния на движение этих тел, то они движутся с постоянной угловой скоростью ω .

В данной работе при тех же предположениях исследуются треугольные точки либрации пассивно гравитирующей точки в поле притяжения шара и треугольника. Показано, что учет размеров тела формы треугольника приводит к смещению классических точек либрации Лагранжа.

1. Рассмотрим движение материальной точки пренебрежимо малой массы под действием притяжения шара и треугольника, совершающих стационарное движение, при котором расстояние между их центрами масс постоянно. Угловая скорость вращения шара и треугольника относительно их общего центра масс также постоянна.

Такое движение всегда существует, если [3]

$$\omega^2 = \frac{f(M+m)}{3r} [(2r+a)(r^2+ra+a^2)^{-3/2} + (r-a)^2], \quad (1.1)$$

и устойчиво, если $a \ll r$, т. е. размеры треугольника много меньше расстояния между центрами шара и треугольника. Здесь f — гравитационная постоянная, M и m — массы шара и треугольника, r — расстояние между центрами масс, a — длина отрезка, соединяющего центры масс треугольника с вершиной, ω — угловая скорость.

Предположим, что единицы измерения выбраны так, что $f=1$, $m=\mu$, $M=1-\mu$, $r=1$. Тогда, согласно (1.1), $\omega^2 = \frac{1}{3} [(2+a)(a^2+a+1)^{-3/2} + (1-a)^2]$ (при этом, как следует из вышеизложенного, предполагается, что $a \ll 1$).

Введем вращающуюся с угловой скоростью ω систему координат Gxy , с началом в центре масс системы шар-треугольник и осью Gx , направленной в сторону треугольника.



Кинетическая энергия и силовая функция пассивно гравитирующей точки $Q(x, y)$ с массой ε имеют вид

$$T = \frac{1}{3} \varepsilon [(\dot{x} - \omega y)^2 + (\dot{y} + \omega x)^2] \quad (\dot{x} = dx/dt),$$

$$U = \varepsilon \tilde{U}, \quad \tilde{U} = U_0 + U_1 + U_2 + U_3,$$

$$U_0 = \frac{1-\mu}{V(x+\mu)^2 + y^2}, \quad U_1 = \frac{\mu}{3V(x+\mu-1+a)^2 + y^2},$$

$$U_2 = \frac{\mu}{3\sqrt{\left(x+\mu-1-\frac{a}{2}\right)^2 + \left(y-\frac{\sqrt{3}}{2}a\right)^2}},$$

$$U_3 = \frac{\mu}{3\sqrt{\left(x+\mu-1-\frac{a}{2}\right)^2 + \left(y+\frac{\sqrt{3}}{2}a\right)^2}}.$$

Таким образом, уравнения движения точки Q имеют вид

$$\ddot{x} - 2\omega \dot{y} - \frac{\partial W}{\partial x} = 0, \quad \ddot{y} + 2\omega \dot{x} + \frac{\partial W}{\partial y} = 0, \quad W = -\frac{1}{2} \omega^2 (x^2 + y^2) - \tilde{U}(x, y), \quad (1.1)$$

где W — измененная потенциальная энергия.

Уравнения относительных равновесий

$$\frac{\partial W}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial W}{\partial y} = 0, \quad (1.3)$$

имеют решения $x = x_i, y = 0$ ($i = 1, 2, 3, 4$), которым отвечают прямолинейные точки либрации.

2. Рассмотрим уравнения (1.3) при $y \neq 0$. Разлагая ω и W в ряд по степеням $a \ll 1$ и учитывая члены до второго порядка малости по a включительно, получаем

$$\omega^2 = 1 + \frac{3}{4} a^2 + O(a^2),$$

$$W = -\frac{1}{2} (x^2 + y^2) - \frac{1-\mu}{\xi} - \frac{\mu}{\eta} + \left[-\frac{3}{8} (x^2 + y^2) - \frac{\mu}{4\eta^3} \right] a^2 + O(a^2), \quad (2.1)$$

$$\xi = \sqrt{(x+\mu)^2 + y^2}, \quad \eta = \sqrt{(x+\mu-1)^2 + y^2}.$$

Уравнения относительных равновесий в рассматриваемом приближении имеют вид

$$x = \frac{(1-\mu)(x+\mu)}{\xi^3} + \frac{\mu(x+\mu-1)}{\eta^3} + \left[-\frac{3}{4} x + \frac{3}{4} \frac{\mu(x+\mu-1)}{\eta^3} \right] a^2, \quad (2.2)$$

$$y = \frac{(1-\mu)y}{\xi^3} + \frac{\mu y}{\eta^3} + \left[-\frac{3}{4} y + \frac{3}{4} \frac{\mu y}{\eta^3} \right] a^2.$$

Уравнения (2.2) при $a = 0$ допускают решения

$$x_0 = \frac{1}{2} - \mu, \quad y_0 = \pm \frac{\sqrt{3}}{2}. \quad (2.3)$$



При $a \neq 0$ решение уравнения (2.2) будем искать в виде рядов

$$x = x_0 + x_1 a + \frac{1}{2} x_2 a^2 + \dots, \quad y = \pm \left(y_0 + y_1 a + \frac{1}{2} y_2 a^2 + \dots \right). \quad (2.4)$$

Подставляя (2.4) в (2.2), учитывая (2.3) и приравнивая коэффициенты при одинаковых степенях a , получаем

$$x_1 = 0, \quad y_1 = 0, \quad x_2 = -\frac{1}{4}, \quad y_2 = -\frac{1}{4\sqrt{3}}.$$

Итак, в рассматриваемом приближении треугольные точки либрации задаются координатами

$$x = \frac{1}{2} - \mu - \frac{1}{4} a^2, \quad y = \pm \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{4\sqrt{3}} a^2 \right), \quad (2.5)$$

т. е. они расположены симметрично относительно оси Gx .

Очевидно, $x_2 < 0$, $y_2 < 0$. Следовательно, учет размеров треугольника приводит к смещению треугольных точек либрации в сторону треугольника.

3. Исследуем устойчивость найденных точек либрации (2.5). Уравнения первого приближения имеют вид

$$\ddot{x} - 2\omega\dot{y} + Ax + Cy = 0, \quad \ddot{y} + 2\omega\dot{x} + By + Cx = 0, \quad (3.1)$$

$$A = \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} = -\frac{3}{4} - \frac{3}{16} (1 + 8\mu) a^2,$$

$$B = \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} = -\frac{9}{4} - \frac{33}{16} a^2.$$

$$C = \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} = -\frac{3\sqrt{3}}{4} + \frac{3\sqrt{3}}{2} \mu - \frac{\sqrt{3}}{16} (7 - 26\mu) a^2.$$

Справедливы соотношения

$$A + B = -3 - \frac{3}{4} (3 + 2\mu) a^2 < 0,$$

$$AB - C^2 = \frac{27}{4} \mu(1 - \mu) + \frac{117}{8} (1 - \mu) \mu a^2 > 0,$$

$$A + B + 4\omega^2 = 1 + \frac{3}{4} (1 - \mu) a^2 > 0.$$

Следовательно, треугольные точки либрации неустойчивы в вековом смысле, однако степень неустойчивости четна и возможна гирскопическая стабилизация.

Академия наук Грузии
Тбилисский математический институт
им. А. М. Размадзе

მ. ელერდაშვილი

სამი სხეულის ერთი ბრტყელი შეზღუდული ამოცანის შესახებ

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია სამი სხეულის ბრტყელი შეზღუდული ამოცანა, კერძოდ, შესწავლილია საკმარისად მცირე მასის მქონე სხეულის მოძრაობა გრავიტაციულ ველში, რომელიც მიიზიდება სასრული მასის მქონე სხეულებით, რომელთაგან ერთ-ერთი წარმოადგენს სფეროს, ხოლო მეორე წესიერი სამკუთხედის ფორმის მქონე სხეულს, რომლის წვეროებში მოთავსებულია ტოლი მასების მქონე მატერიალური წერტილები.

ნაპოვნია პასიურად გრავიტირებადი წერტილის სამკუთხა ლიბრაციის წერტილები, გამოკვლეულია მათი მდგრადობა.

MECHANICS

E. ELERDASHVILI

ON ONE BOUNDED PLANE PROBLEM OF THREE BODIES

Summary

In the present paper the bounded plane problem of three bodies is considered. Namely, a small mass body motion in a gravitational field is studied when the body is attracted by bodies of finite masses, one of which is a sphere and the other has the form of a right triangle with mass points of equal masses at its vertices.

The triangular points of libration of a passively gravitating point are found and their stability is investigated.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. R. S. Sulikashvili. On straight-line libration points in the restricted plan problem of three bodies //Applied Mechanics Beijing: Intern. Acad. Publ. 1989. 1e 358—362.
2. И. Д. Сахокия, Р. С. Суликашвили. ПММ, т. 55, вып. 4, 1991, 695—698.
3. მ. შ. ელერდაშვილი. Сообщения АН Грузии, 143, № 3, 1991, 241—244.



Д. М. ГЕЛАШВИЛИ

О ПРИНЦИПЕ СИММЕТРИИ В ОБОБЩЕННОЙ ТЕОРИИ
 ТЕРМОМОМЕНТНОЙ УПРУГОСТИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. В. Бурчуладзе 7.5.1992)

В [1—3] были доказаны теоремы о продолжении решений уравнений теории упругости, термоупругости и термодиффузии (принцип симметрии), которые играют важную роль при эффективном (в квадратурах) решении граничных задач для некоторых классов бесконечных областей. В работе эти результаты обобщаются для уравнений обобщенной моментной термоупругости.

Динамическая система дифференциальных уравнений обобщенной моментной термоупругости Грина—Линдсея однородного, изотропного, центросимметричного упругого тела имеет вид [4]

$$\begin{aligned}
 (\mu + \alpha)\Delta u(x) + (\lambda + \mu - \alpha)\text{grad div } u(x) + 2\alpha \text{rot } \omega(x) - \gamma_\tau \text{grad } u_\tau(x) + \rho \sigma^2 u(x) &= 0, \\
 (\nu + \beta)\Delta \omega(x) + (\epsilon + \nu - \beta)\text{grad div } \omega(x) + 2\alpha \text{rot } u(x) + (J\sigma^2 - 4\alpha)\omega(x) &= 0, \\
 \Delta u_\tau(x) + \frac{i\sigma}{z_\tau} u_\tau(x) + i\sigma \gamma \text{div } u(x) &= 0,
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где $u = (u_1, u_2, u_3) = \|u_k\|_{3 \times 1}$ — вектор смещения (одно столбцевая матрица); $\omega = (\omega_1, \omega_2, \omega_3) = \|\omega_k\|_{3 \times 1}$ — вектор вращения, u_τ — изменение температуры; $x = (x_1, x_2, x_3)$ — точка трехмерного евклидова пространства R^3 ; Δ — трехмерный оператор Лапласа;

$$i = \sqrt{-1}, \quad \gamma_\tau = \gamma(1 - i\sigma\tau_1), \quad \frac{1}{z_\tau} = \frac{1}{z} (1 - i\sigma\tau_0).$$

Известные упругие, термические, моментные и релаксационные постоянные удовлетворяют естественным ограничениям [5]:

$$\begin{aligned}
 \mu > 0, \quad 3\lambda + 2\mu > 0, \quad \rho > 0, \quad \nu > 0, \quad 3\epsilon + 2\nu > 0, \quad \alpha > 0, \quad \beta > 0, \quad J > 0, \\
 \kappa > 0, \quad \gamma/\gamma_1 > 0, \quad \tau_1 \geq \tau_0 > 0,
 \end{aligned}$$

τ — действительный или комплексный параметр: $\sigma > 0$ — для стационарных колебаний и $\sigma = i\tau$, $\tau = p + iq$, $p > 0$ — для псевдоколебаний.

Пусть S — плоская часть границы области D — задается уравнением $\sum_{k=1}^3 a_k x_k + a_4 = 0$; $\widehat{x} = (\widehat{x}_1, \widehat{x}_2, \widehat{x}_3)$ — зеркальное отображение в этой плоскости точки $x \in D$, т. е.

$$\widehat{x}_i = x_i - \frac{2a_i}{a^2} (a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + a_4), \quad i = 1, 2, 3, \quad a^2 = \sum_{k=1}^3 a_k^2;$$



D —зеркальное отображение D относительно S (предполагается, что D не жит по одну сторону S). Имеет место следующая

Лемма. Если $U(x) = (u(x), \omega(x), u_7(x)) = (u_1(x), \dots, u_7(x))$ есть регулярное решение уравнений (1) в области $x \in D$, то вектор $\widehat{U}(x) = (\widehat{u}(x), \widehat{\omega}(x), \widehat{u}_7(x)) = (\widehat{u}_1(x), \dots, \widehat{u}_7(x))$ с компонентами

$$\begin{aligned} \widehat{u}_k(x) &= \frac{1}{a^2} \sum_{j=1}^3 (2a_k a_j - \delta_{jk} a^2) u_j(x), \quad k = \overline{1, 3}, \\ \widehat{\omega}_k(x) &= -\frac{1}{a^2} \sum_{j=1}^3 (2a_k a_j - \delta_{jk} a^2) \omega_j(x), \quad k = \overline{1, 3}, \\ \widehat{u}_7(x) &= -u_7(x) \quad (\delta_{jk} \text{—символ Кронекера}) \end{aligned} \quad (2)$$

является регулярным решением системы (1) в области $x \in \widehat{D}$.

Доказательство леммы основывается на легко проверяемых равенствах

$$\Delta \left(\frac{\partial}{\partial x} \right) \equiv \Delta \left(\frac{\partial}{\partial \widehat{x}} \right), \quad \operatorname{div} \widehat{u}(x) = -\operatorname{div} u(x), \quad \operatorname{div} \widehat{\omega}(x) = \operatorname{div} \omega(x).$$

Проверим утверждение леммы, например, для первого, четвертого и последнего уравнений системы (1). Имеем для $x \in \widehat{D}$

$$\begin{aligned} & (\mu + \alpha) \Delta \left(\frac{\partial}{\partial x} \right) \widehat{u}_1(x) + (\lambda + \mu - \alpha) \frac{\partial}{\partial x_1} \operatorname{div} \widehat{u}(x) + 2\alpha \left(\frac{\partial \widehat{\omega}_3(x)}{\partial x_2} - \frac{\partial \widehat{\omega}_2(x)}{\partial x_3} \right) - \\ & - \gamma_\tau \frac{\partial}{\partial x_1} \widehat{u}_7(x) + \rho \sigma^2 \widehat{u}_1(x) = \frac{1}{a^2} (\mu + \alpha) \Delta \left(\frac{\partial}{\partial \widehat{x}} \right) [(a_1^2 - a_2^2 - a_3^2) u_1(\widehat{x}) + \\ & + 2a_1 a_2 u_2(\widehat{x}) + 2a_1 a_3 u_3(\widehat{x})] - (\lambda + \mu - \alpha) \frac{\partial}{\partial x_1} [\operatorname{div} u(\widehat{x})] - \\ & - \frac{1}{a^2} 2\alpha \frac{\partial}{\partial x_2} [2a_1 a_3 \omega_1(\widehat{x}) + 2a_2 a_3 \omega_2(\widehat{x}) + (a_3^2 - a_2^2 - a_1^2) \omega_3(\widehat{x})] + \\ & + \frac{1}{a^2} 2\alpha \frac{\partial}{\partial x_3} [2a_1 a_2 \omega_1(\widehat{x}) + (a_2^2 - a_1^2 - a_3^2) \omega_2(\widehat{x}) + 2a_2 a_3 \omega_3(\widehat{x})] + \\ & + \frac{\rho \sigma^2}{a^2} [(a_1^2 - a_2^2 - a_3^2) u_1(\widehat{x}) + 2a_1 a_2 u_2(\widehat{x}) + 2a_1 a_3 u_3(\widehat{x})] + \gamma_\tau \frac{\partial}{\partial x_1} u_7(\widehat{x}) = \\ & = \frac{1}{a^2} (a_1^2 - a_2^2 - a_3^2) \left[(\mu + \alpha) \Delta \left(\frac{\partial}{\partial \widehat{x}} \right) u_1(\widehat{x}) + (\lambda + \mu - \alpha) \frac{\partial}{\partial x_1} \operatorname{div} u(\widehat{x}) + \right. \\ & \left. + 2\alpha \left(\frac{\partial \omega_3(\widehat{x})}{\partial x_2} - \frac{\partial \omega_2(\widehat{x})}{\partial x_3} \right) + \rho \sigma^2 u_1(\widehat{x}) - \gamma_\tau \frac{\partial}{\partial x_1} u_7(\widehat{x}) \right] + \\ & + \frac{2a_1 a_2}{a^2} \left[(\mu + \alpha) \Delta \left(\frac{\partial}{\partial \widehat{x}} \right) u_2(\widehat{x}) + (\lambda + \mu - \alpha) \frac{\partial}{\partial x_2} \operatorname{div} u(\widehat{x}) + \right. \\ & \left. + 2\alpha \left(\frac{\partial \omega_1(\widehat{x})}{\partial x_3} - \frac{\partial \omega_3(\widehat{x})}{\partial x_1} \right) + \rho \sigma^2 u_2(\widehat{x}) - \gamma_\tau \frac{\partial}{\partial x_2} u_7(\widehat{x}) \right] + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + \frac{2a_1 a_3}{a^2} \left[(\mu + \alpha) \Delta \left(\frac{\partial}{\partial x} \right) u_3(\bar{x}) + (\lambda + \mu - \alpha) \frac{\partial}{\partial x_3} \operatorname{div} u(\bar{x}) + \right. \\
 & \left. + 2\alpha \left(\frac{\partial \omega_2(\bar{x})}{\partial x_1} - \frac{\partial \omega_1(\bar{x})}{\partial x_2} \right) + \rho \sigma^2 u_3(\bar{x}) - \gamma_\tau \frac{\partial}{\partial x_3} u_7(\bar{x}) = 0. \right.
 \end{aligned}$$

Для четвертого уравнения будем иметь

$$\begin{aligned}
 & (\nu + \beta) \Delta \left(\frac{\partial}{\partial x} \right) \widehat{\omega}_1(\bar{x}) + (\varepsilon + \nu - \beta) \frac{\partial}{\partial x_1} \operatorname{div} \widehat{\omega}(\bar{x}) + 2\alpha \left(\frac{\partial \widehat{u}_3(\bar{x})}{\partial x_2} - \frac{\partial \widehat{u}_2(\bar{x})}{\partial x_3} \right) + \\
 & + (J\sigma^2 - 4\alpha) \widehat{\omega}_1(\bar{x}) = - \frac{1}{a^2} (\nu + \beta) \Delta \left(\frac{\partial}{\partial x} \right) [(a_1^2 - a_2^2 - a_3^2) \omega_1(\bar{x}) + \\
 & + 2a_1 a_2 \omega_2(\bar{x}) + 2a_1 a_3 \omega_3(\bar{x})] + (\varepsilon + \nu - \beta) \frac{\partial}{\partial x_1} [\operatorname{div} \widehat{\omega}(\bar{x})] + \\
 & + \frac{1}{a^2} 2\alpha \frac{\partial}{\partial x_2} [2a_1 a_3 u_1(\bar{x}) + 2a_2 a_3 u_2(\bar{x}) + (a_3^2 - a_1^2 - a_2^2) u_3(\bar{x})] - \\
 & - \frac{1}{a^2} 2\alpha \frac{\partial}{\partial x_3} [2a_1 a_2 u_1(\bar{x}) + (a_2^2 - a_1^2 - a_3^2) u_2(\bar{x}) + 2a_2 a_3 u_3(\bar{x})] - \\
 & - \frac{J\sigma^2 - 4\alpha}{a^2} [(a_1^2 - a_2^2 - a_3^2) \omega_1(\bar{x}) + 2a_1 a_2 \omega_2(\bar{x}) + 2a_1 a_3 \omega_3(\bar{x})] = \\
 & = - \frac{1}{a^2} (a_1^2 - a_2^2 - a_3^2) \left[(\nu + \beta) \Delta \left(\frac{\partial}{\partial x} \right) \omega_1(\bar{x}) + (\varepsilon + \nu - \beta) \frac{\partial}{\partial x_1} \operatorname{div} \widehat{\omega}(\bar{x}) + \right. \\
 & \left. + 2\alpha \left(\frac{\partial u_3(\bar{x})}{\partial x_2} - \frac{\partial u_2(\bar{x})}{\partial x_3} \right) + (J\sigma^2 - 4\alpha) \omega_1(\bar{x}) \right] - \\
 & - \frac{2a_1 a_2}{a^2} \left[(\nu + \beta) \Delta \left(\frac{\partial}{\partial x} \right) \omega_2(\bar{x}) + (\varepsilon + \nu - \beta) \frac{\partial}{\partial x_2} \operatorname{div} \widehat{\omega}(\bar{x}) + \right. \\
 & \left. + 2\alpha \left(\frac{\partial u_1(\bar{x})}{\partial x_3} - \frac{\partial u_3(\bar{x})}{\partial x_1} \right) + (J\sigma^2 - 4\alpha) \omega_2(\bar{x}) \right] - \\
 & - \frac{2a_1 a_3}{a^2} \left[(\nu + \beta) \Delta \left(\frac{\partial}{\partial x} \right) \omega_3(\bar{x}) + (\varepsilon + \nu - \beta) \frac{\partial}{\partial x_3} \operatorname{div} \widehat{\omega}(\bar{x}) + \right. \\
 & \left. + 2\alpha \left(\frac{\partial u_2(\bar{x})}{\partial x_1} - \frac{\partial u_1(\bar{x})}{\partial x_2} \right) + (J\sigma^2 - 4\alpha) \omega_3(\bar{x}) \right] = 0.
 \end{aligned}$$

Далее имеем

$$\begin{aligned}
 & \Delta \left(\frac{\partial}{\partial x} \right) \widehat{u}_7(\bar{x}) + \frac{i\sigma}{z_\tau} \widehat{u}_7(\bar{x}) + i\sigma \eta \operatorname{div} \widehat{u}(\bar{x}) = \\
 & = - \left[\Delta \left(\frac{\partial}{\partial x} \right) u_7(\bar{x}) + \frac{i\sigma}{z_\tau} u_7(\bar{x}) + i\sigma \eta \operatorname{div} u(\bar{x}) \right] = 0.
 \end{aligned}$$

Лемма доказана.

Введем операторы силовых и моментных напряжений H и T соответственно размеров: 3×7 и 3×3 [5]:

$$HU = 2\mu \frac{\partial u}{\partial n} + \lambda n \operatorname{div} u + (\mu - \alpha) [n \times \operatorname{rot} u] + 2\alpha [n \times \omega] - \gamma_\tau n u_7,$$

$$T\omega = 2\nu \frac{\partial \omega}{\partial n} + \varepsilon n \operatorname{div} \omega + (\nu - \beta) [n \times \operatorname{rot} \omega], \quad U = (u, \omega, u_7),$$

$n = (n_1, n_2, n_3)$ — единичный вектор.

Теорема 1. Если вектор $U = (u, \omega, u_7) = \|u_k\|_{7 \times 1} \in C^1(\bar{D}) \cap C^2(D)$ — регулярное в D решение системы (1), удовлетворяет на S краевым условиям

$$u - n(u \cdot n) = 0, (HU \cdot n) = 0, T\omega - n(T\omega \cdot n) = 0, (\omega \cdot n) = 0, u_7 = 0,$$

где $n = (n_1, n_2, n_3)$ — орт нормали, то вектор $V(x) = \|v_k\|_{7 \times 1}$:

$$V(x) = \begin{cases} U(x), & x \in D, \\ \bar{U}(x), & x \in \bar{D}, \end{cases}$$

есть регулярное в области $D \cup S \cup \bar{D}$ решение системы (1).

Теорема 2. Если вектор $U = (u, \omega, u_7) = \|u_k\|_{7 \times 1}$, регулярное в D решение системы (1), удовлетворяет на S краевым условиям

$$HU - n(HU \cdot n) = 0, (u \cdot n) = 0, \omega - n(\omega \cdot n) = 0, (T\omega \cdot n) = 0, \frac{\partial u_7}{\partial n} = 0,$$

то вектор $V(x) = \|v_k\|_{7 \times 1}$:

$$V(x) = \begin{cases} U(x), & x \in D, \\ -\bar{U}(x), & x \in \bar{D}, \end{cases}$$

есть регулярное в $D \cup S \cup \bar{D}$ решение системы (1).

Для доказательства введем четыре девятимерных вектора:

$$QU = (u - n(u \cdot n), (HU \cdot n), T\omega - n(T\omega \cdot n), (\omega \cdot n), u_7),$$

$$PU = \left(HU - n \cdot (HU \cdot n), -(u \cdot n) - (\omega - n(\omega \cdot n)), (T\omega \cdot n), \frac{\partial u_7}{\partial n} \right),$$

$$\tilde{Q}U = (u - n(u \cdot n), (HU \cdot n), T\omega - n(T\omega \cdot n), (\omega \cdot n), u_7),$$

$$\tilde{P}U = (\tilde{H}U - n(\tilde{H}U \cdot n), -(u \cdot n), -(\omega - n(\omega \cdot n)), (T\omega \cdot n), \frac{\partial u_7}{\partial n}),$$

где

$$\tilde{H}U = 2\mu \frac{\partial u}{\partial n} + \lambda \operatorname{div} u + (\mu - \alpha) [n \times \operatorname{rot} u] + 2\alpha [n \times \omega] - i\sigma \eta n u_7.$$

На основании леммы для доказательства теорем, очевидно, достаточно показать, что: а) имеют место равенства

$$\lim_{D \ni x \rightarrow z \in S} QV(x) = \lim_{\bar{D} \ni x \rightarrow z \in S} QV(x), \quad \lim_{D \ni x \rightarrow z \in S} PV(x) = \lim_{\bar{D} \ni x \rightarrow z \in S} PV(x), \quad (3)$$

б) $V(x)$ удовлетворяет системе (1) в точках S .

Равенства (3) проверяются непосредственно с помощью формул (2) и определения векторов QU и PU .

Докажем пункт б). Простыми тождественными преобразованиями можно показать, что формула общих представлений регулярных решений уравнения (1), приведенная в [5], принимает следующий вид:

$$2U(x) = \int_S [\tilde{Q}\Phi'(x-y, -i\sigma)]' PU(y) d_y S - \int_S [\tilde{P}\Phi'(x-y, -i\sigma)]' QU(y) d_y S. \quad (4)$$

Пусть $S_1 \cup S$ есть полная граница области D . Формула (4) для вектора $V(x)$ дает



$$\int_{S_1 \cup S} [\tilde{Q}\Phi'(x-y, i\sigma)]'(PV) + d_\nu S - \int_{S_1 \cup S} [\tilde{P}\Phi'(x-y, i\sigma)]'(QV) + d_\nu S = \begin{cases} 2V(x), & x \in D, \\ 0, & x \in \bar{D}. \end{cases} \quad (5)$$

Повторим эту процедуру относительно области \bar{D} :

$$- \int_{\widehat{S}_1 \cup S} [\tilde{Q}\Phi'(x-y, -i\sigma)]'(PV) - d_\nu S + \int_{\widehat{S}_1 \cup S} [\tilde{P}\Phi'(x-y, i\sigma)]'(QV) - d_\nu S = \begin{cases} 2V(x), & x \in \widehat{D}, \\ 0, & x \in \bar{D}. \end{cases} \quad (6)$$

Здесь \widehat{S}_1 — зеркальное отражение S_1 .

Из (5), (6), приняв во внимание непрерывность QV и PV на S , получим

$$2V(x) = \int_{S_1 \cup \widehat{S}_1} [\tilde{Q}\Phi'(x-y, -i\sigma)]'(PV) d_\nu S - \int_{S_1 \cup \widehat{S}_1} [\tilde{P}\Phi'(x-y, -i\sigma)]'(QV) d_\nu S, \quad x \in D \cup S \cup \bar{D},$$

что доказывает пункт б) и, следовательно, теоремы.

Академия наук Грузии
Тбилисский математический институт
им. А. М. Размадзе

(Поступило 7.5.1992)

მათემატიკური ფიზიკა

დ. გელაშვილი

სიმეტრიის პრინციპის უმსახებ მომენტური თერმოდრეკადობის განზოგადებული მოდელისათვის

რეზიუმე

გრინ — ლინდსეის განზოგადებული მომენტური თერმოდრეკადობის ბმული თეორიის დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემისათვის დამტკიცებულია ორი თეორემა, რომლებსაც არსებითი გამოყენება აქვს სხვადასხვა სასაზღვრო ამოცანის კვადრატურებში ამოხსნისას სპეციალური სახის უსასრულო სამგანზომილებიანი არეებისათვის.

MATHEMATICAL PHYSICS

D. GELASHVILI

ON SYMMETRY PRINCIPLE IN GENERALIZED THEORY OF COUPLE-STRESS THERMOELASTICITY

Summary

Two theorems are proved for the dynamic system of partial differential equations of generalized Green-Lindsay couplestress thermoelasticity,

which make it possible to construct effectively (in quadratures) the solutions of different boundary value problems in special infinite three-dimensional domains.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Е. И. Оболашвили. Автореферат докт. дисс. Тбилиси, 1966.
2. В. Д. Купрадзе, Т. В. Бурчуладзе. Дифф. уравн., 5, № 10, 11, 1969.
3. Т. В. Бурчуладзе. Сообщения АН ГССР, 99, № 3, 1980, 569—572.
4. Д. М. Гелашвили. Сообщения АН ГССР, 138, № 1, 1990, 33—36.
5. Д. М. Гелашвили. Сообщения АН Грузии, 141, № 2, 1991, 313—316.



В. Ш. ОДИШАРИЯ

ОБ ОДНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧЕ ДЛЯ ОДНОМЕРНОЙ СИСТЕМЫ РЕЙССНЕРА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Т. В. Бурчуладзе 1.6.1992)

В [1] отмечается, что построение теории краевых задач и обоснование приближенных методов для модели Рейсснера, учитывающей, наряду с геометрической нелинейностью, сдвиговые напряжения, является одной из нерешенных математических проблем теории пластин и оболочек. Вопрос разрешимости двумерных вариантов этой системы не исследован ввиду сложной нелинейности.

В данной работе рассматривается трехслойная пластинка. Для упрощения ситуации предполагается равномерная нагруженность по ширине. Это допущение дает право отбросить в системе уравнений, записанной в [2] в дивергентном виде, одну переменную вместе с сопутствующими ей искомыми функциями.

В настоящей статье предлагается способ решения одной краевой задачи, состоящий в сведении исходной системы к некоторой интегродифференциальной системе уравнений. Такой прием позволяет найти нужные априорные оценки. Используется метод доказательства, примененный к рейсснеровским системам в работах [3—5].

Предположим, что трехслойная пластинка однородна и имеет лицевые слои одинаковой толщины (это допущение в случае надобности нетрудно снять).

Деформацию пластинки при вышеуказанных допущениях можно описать следующей системой обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$N' = 0, \quad (1.1)$$

$$M' - Q = 0, \quad (1.2)$$

$$[(N + M)\omega' + Q]' - Q\omega' = -q, \quad (1.3)$$

$$\text{где } N = \frac{2Eh_1}{1-\nu^2} \left[u' + \frac{1}{2} (\omega')^2 \right],$$

$$M = \frac{Eh_1(h_1+h_2)^2}{2(1-\nu^2)} \beta', \quad Q = (h_1+h_2)G(\beta + \omega').$$

Искомыми являются функции $u = u(x)$, $\beta = \beta(x)$ и $\omega = \omega(x)$, где u и ω представляют собой перемещения точки срединной поверхности вдоль линий x и z , а β — угол поворота нормали в плоскости xz . Заданная функция $q = q(x)$ соответствует поперечной нагрузке, x — пространственная переменная, $0 \leq x \leq l$, h_1 , h_2 — толщины сердцевины и лицевых слоев, G , E — модули жесткости и упругости, ν — коэффициент Пуассона, $0 < \nu < 0,5$.

Дополним (1) следующими граничными условиями:

$$u(0) = u(l) = 0, \quad \omega(0) = \omega(l) = 0, \quad M(0) = M(l) = 0, \quad (2)$$

которые соответствуют шарнирному закреплению края пластинки.



Преобразуем систему (1). Исходя из (1.1), дважды с учетом граничного условия для u , получаем

$$u = -\frac{1}{2} \int_0^x (w'(\xi))^2 d\xi + \frac{x}{2l} \int_0^l (w'(x))^2 dx. \quad (3)$$

Теперь выразим через w функцию β . С этой целью рассмотрим задачу

$$v'' - k^2 v = f, \quad (4)$$

$$v'(0) = v'(l) = 0. \quad (5)$$

Представим решение (4), (5) в виде $v = v_1 + v_2$, где v_1 удовлетворяет (4) и условию $v_1(0) = v_1(l) = 0$, а v_2 — такое частное решение уравнения (4) при $f=0$, что для $v_1 + v_2$ на границе выполняется (5). v_1 можно построить с помощью функции Грина [6] по формуле

$$v_1(x) = \int_0^l G(x, \xi) f(\xi) d\xi,$$

где

$$G(x, \xi) = \begin{cases} -\frac{\text{sh}k\xi \text{sh}k(l-x)}{k \text{sh}kl} & \text{при } \xi \leq x, \\ -\frac{\text{sh}kx \text{sh}k(l-\xi)}{k \text{sh}kl} & \text{при } \xi > x. \end{cases}$$

Что касается слагаемого v_2 , оно равно $C_1 l^{kx} + C_2 l^{-kx}$, где C_1 и C_2 — постоянные, которые определяются однозначно.

Применим сказанное в отношении (4), (5) к (1.2) и к вытекающему из (2) условию $\beta^1(0) = \beta^1(l) = 0$. В результате придем к равенству

$$\beta = \frac{\alpha^2}{\text{sh}\alpha l} \left[\text{ch}\alpha(l-x) \int_0^x w(\xi) \text{sh}\alpha \xi d\xi - \text{ch}\alpha x \int_x^l w(\xi) \text{sh}\alpha(l-\xi) d\xi \right], \quad (6)$$

где

$$\alpha^2 = \frac{2G(1-\nu^2)}{Eh_1(h_1+h_2)}, \quad \alpha > 0.$$

Учтем (3) и (6) в (1.3). Тогда получим

$$\begin{aligned} & \left\{ 1 + w + \frac{Eh_1}{(1-\nu^2)l(h_1+h_2)} \int_0^l (w'(\xi))^2 d\xi - \frac{\alpha}{\text{sh}\alpha l} \left[\text{sh}\alpha(l-x) \int_0^x w(\xi) \text{sh}\alpha \xi d\xi + \right. \right. \\ & \left. \left. + \text{sh}\alpha x \int_x^l w(\xi) \text{sh}\alpha(l-\xi) d\xi \right] \right\} w'' + \frac{2(1-\nu^2)G}{Eh_1(h_1+h_2)} w - \\ & - \frac{\alpha^3}{\text{sh}\alpha l} \left[\text{sh}\alpha(l-x) \int_0^x w(\xi) \text{sh}\alpha \xi d\xi + \text{sh}\alpha x \int_x^l w(\xi) \text{sh}\alpha(l-\xi) d\xi \right] + \\ & + \frac{1}{(h_1+h_2)G} q = 0. \end{aligned} \quad (7)$$



Выделим из (2) условие

$$\omega(0) = \omega(l) = 0.$$

(7), (8) образуют самостоятельную задачу относительно ω .

Теорема. Пусть выполняются условия

$$q \in L_2(0, l) \quad (9)$$

и неравенство

$$\frac{(1-\nu)(h_1+h_2)^3 l^2}{256h_1} < 1. \quad (10)$$

Тогда существует решение $\omega \in \dot{W}_2^1(0, l) \cap W_2^2(0, l)$ задачи (7), (8).

Приближенное решение задачи (7), (8) может быть найдено методом Бубнова—Галеркина. Последовательность приближенных решений сходится в слабом смысле к ω .

Доказательство. В рассуждениях используются: E_n — евклидово пространство n -мерных векторов со скалярным произведением, обозначаемым через $(\cdot, \cdot)_0$, (\cdot, \cdot) — скалярное произведение в $L_2(0, l)$, $|\cdot|_C$ — норма в пространстве $C(0, l)$. Определим

$$|v|_{\dot{W}_2^1} = \left(\int_0^l (v')^2 dx \right)^{1/2}, \quad |v|_{\dot{W}_2^1 \cap W_2^2} = \left(\int_0^l (v'')^2 dx \right)^{1/2},$$

причем для сокращения записи эти нормы будут обозначаться через $|\cdot|_1$ и $|\cdot|_2$ соответственно.

Перепишем уравнение (7) в операторном виде

$$\Phi(\omega) = 0,$$

где

$$\begin{aligned} \Phi(\omega) \equiv & \left[\gamma_0 + \gamma_1 \int_0^l (\omega'(\xi))^2 d\xi + \gamma(x, \omega) \right] \omega'' + \\ & + \alpha^2 \gamma(x, \omega) + q, \quad \gamma_0 = (h_1 + h_2)G, \quad \gamma_1 = \frac{Eh_1}{(1-\nu^2)l}, \\ \gamma(x, \omega) = & \gamma_0 \omega - \gamma_2 \left[\operatorname{sh} \alpha(l-x) \int_0^x \omega(\xi) \operatorname{sh} \alpha \xi d\xi + \right. \\ & \left. + \operatorname{sh} \alpha x \int_x^l \omega(\xi) \operatorname{sh} \alpha(l-\xi) d\xi \right], \quad \gamma_2 = \frac{\alpha \gamma_0}{\operatorname{sh} \alpha l}. \end{aligned}$$

Обобщенным решением задачи (7), (8) назовем такую функцию $\omega \in \dot{W}_2^1(0, l) \cap W_2^2(0, l)$, которая удовлетворяет равенству

$$(\Phi(\omega), \varphi) = 0 \quad \forall \varphi \in \dot{W}_2^1(0, l) \cap W_2^2(0, l). \quad (11)$$

Будем искать решение задачи (7), (8) методом Бубнова—Галеркина. Построим последовательность приближений $\{\omega_n\}$, $n=1, 2, \dots$, вида

$$\omega_n = \sum_{i=1}^n \omega_{ni} \varphi_i, \quad \varphi_i = \sin \frac{i\pi x}{l}. \quad \text{Коэффициенты } \omega_{ni} \text{ определяются из конеч-$$

ной системы



$$\begin{aligned}
 (\Phi(\omega_n), \nu_i) &= (\gamma_0 + \gamma_1 |\omega_n|^2 + \gamma(x, \omega_n)) \omega'_n, \nu_i + \\
 &+ (\gamma'_x(x, \omega_n) \omega'_n - \alpha^2 \gamma(x, \omega_n) - q, \nu_i) = 0.
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

Покажем, что система (12) разрешима и выведем априорную оценку для ω_n .

Интегрированием по частям приходим к формулам

$$\int_0^x \sin \frac{i\pi\xi}{l} \operatorname{sh} \alpha \xi d\xi = \chi(i, 1) \left(\frac{\alpha l}{i\pi} \operatorname{ch} \alpha x \sin \frac{i\pi x}{l} - \operatorname{sh} \alpha x \cos \frac{i\pi x}{l} \right),
 \tag{13}$$

$$\begin{aligned}
 \int_x^1 \sin \frac{i\pi\xi}{l} \operatorname{sh} \alpha(l-\xi) d\xi &= \chi(i, 1) \left(\operatorname{sh} \alpha(l-x) \cos \frac{i\pi x}{l} + \right. \\
 &+ \left. \frac{\alpha l}{i\pi} \operatorname{ch} \alpha(l-x) \sin \frac{i\pi x}{l} \right),
 \end{aligned}$$

применяемым далее. Здесь и ниже $\chi(\xi, k) = \frac{l(\xi\pi)^k}{\alpha^2 l^2 + \xi^2 \pi^2}$.

С помощью (13) выведем равенство

$$\frac{d^m \gamma(x, \omega_n)}{dx^m} = \frac{\gamma_0}{l} \sum_{i=1}^n \chi(i, 2) \frac{d^m \nu_i}{dx^m} \omega_{ni}, \quad m=0, 1.
 \tag{14}$$

Из (14) при $m=0$ следует

$$\begin{aligned}
 |\gamma(x, \omega_n)|_c &\geq \frac{\gamma_0}{l} \left(\sum_{i=1}^{\infty} \chi^2(i, 1) \right)^{1/2} \left(\sum_{i=1}^n i^2 \pi^2 \omega_{ni}^2 \right)^{1/2} \leq \\
 &\leq \left(\frac{2}{l} \right)^{1/2} \gamma_0 \left(\int_0^1 \chi^2(x, 1) dx \right)^{1/2} |\omega_n|_1 \leq \gamma_0 (2\alpha)^{-1/2} |\omega_n|_1.
 \end{aligned}
 \tag{15}$$

Введем отображение $P: E_n \rightarrow E_n$. Для $v = (v_1, v_2, \dots, v_n) \in E_n$ $P(v) = (p_1(v), p_2(v), \dots, p_n(v))$, где

$$p_i(v) = \frac{i^2 \pi^2}{l^2} \left(\Phi \left(\sum_{j=1}^n v_j \sin \frac{j\pi x}{l} \right), \sin \frac{i\pi x}{l} \right).$$

Непрерывность отображений p_i , следствием которой является непрерывность P , проверяется без особого труда.

Умножим (12) на $-\frac{i^2 \pi^2}{l^2} \omega_{ni}$ и просуммируем по $i, i=1, 2, \dots, n$.

Получим

$$(P(\omega_n), \omega_n)_0 = A_n + \alpha^2 (\gamma(x, \omega_n), \omega_n''_n) + (q, \omega_n''_n) = 0,
 \tag{16}$$

где

$$\omega_n = (\omega_{n1}, \omega_{n2}, \dots, \omega_{nn}), \quad A_n = (\gamma_0 + \gamma_1 |\omega_n|^2) |\omega_n|^2 + (\gamma(x, \omega_n), (\omega_n''_n)^2).$$

С помощью (14) и (15) оценим A_n . Имеем

$$A_n \geq \gamma_0 \left(1 - \frac{\gamma_1}{2\sqrt{2\alpha}}\right) |\omega_n|_2^2 + \left(\gamma_1 - \frac{\gamma_0}{2\sqrt{2\alpha}\eta}\right) |\omega_n|_1^2 |\omega_n|_2^2 \quad \forall \eta > 0. \quad (17)$$

Обратимся к неравенству (10). Оно означает, что $\gamma_1 > \frac{\gamma_0}{8\alpha}$. Отсюда понятно существование η , удовлетворяющего соотношению

$$2\sqrt{2\alpha} > \eta > \frac{\gamma_0}{2\sqrt{2\alpha}\gamma_1}. \quad (18)$$

Подставив значение параметра η из (18) в (17), приходим к неравенству

$$A_n \geq (\varepsilon_1 + \varepsilon_2 |\omega_n|_1^2) |x_n|_2^2, \quad (19)$$

где ε_1 и ε_2 — некоторые положительные константы.

Теперь получим оценку для A_n сверху. На основании (14) и (15) $|\gamma(x, \omega_n, \omega_n^*)| \leq c_1 |\omega_n|_1 |\omega_n|_2$. Кроме того, $|(q, \omega_n^*)| \leq c_2 |\omega_n|_2$. Здесь c_1 и c_2 — определенные положительные постоянные. В результате, используя (16), будем иметь

$$A_n \leq c_1 |\omega_n|_1 |\omega_n|_2 + c_2 |\omega_n|_2. \quad (20)$$

Следствием (19) и (20) является существование таких положительных ε и c , что

$$\varepsilon(1 + |\omega_n|_1)^2 |\omega_n|_2^2 \leq c(1 + |\omega_n|_1) |\omega_n|_2.$$

Из последнего неравенства вытекает оценка

$$|\omega_n|_2 \leq \text{const}. \quad (21)$$

С помощью (16), (19) и (20) нетрудно проверяется

$$(P(\omega_n), \omega_n)_0 \geq \varepsilon(1 + |\omega_n|_1)^2 |\omega_n|_2^2 - c(1 + |\omega_n|_1) |\omega_n|_2.$$

Отсюда заключаем, что при достаточно большой норме $\omega_n \in E_n$ справедливо неравенство $(P(\omega_n), \omega_n)_0 > 0$. Таким образом, выполняется условие «острого угла» [7] и поэтому система (12) разрешима.

(21) дает право выделить из последовательности $\{\omega_n\}$ слабо сходящуюся подпоследовательность $\{\omega_{n_j}\}$, т. е. в

$\overset{\circ}{W}_2^1(0, l) \cap W_2^2(0, l)$ $\omega_{n_j} \rightarrow \omega$ при $n_j \rightarrow \infty$. Отсюда следует, что

$$\omega_{n_j} \rightarrow \omega \text{ в } W_2^1(0, l), \quad (22)$$

$$\omega'_{n_j} \rightarrow \omega \text{ в } L_s(0, l) \quad \forall s > 1. \quad (23)$$

Покажем, что ω — решение задачи (7), (8). Система функций φ_i , $i=0, 1, \dots$ полна в $\overset{\circ}{W}_2^1(0, l) \cap W_2^2(0, l)$. Поэтому достаточно показать справедливость (11) при $\varphi = \varphi_i$. С этой целью проверим возможность предельного перехода при $n_j \rightarrow \infty$ в

$$((\gamma_0 + \gamma_1 |\omega_{n_j}|_1^2 + \gamma(x, \omega_{n_j})) \omega'_{n_j}, \varphi_i) + (\gamma'_x(x, \omega_{n_j}) \omega'_{n_j} - \alpha^2 \gamma(x, \omega_{n_j}) - q, \varphi_i) = 0.$$

Обоснуем предельный переход там, где он неочевиден. Применяется одно свойство сходящихся последовательностей: если при $n \rightarrow \infty$ $a_n \rightarrow a$ в $L_{s_1}(0, l) \quad \forall s_1 > 1$, $b_n \rightarrow b$ в $L_{s_2}(0, l) \quad \forall s_2 > 1$, то $a_n b_n \rightarrow ab$ в $L_s(0, l) \quad \forall s > 1$.



1) В силу (22) $|w_{n_j}|_1 \rightarrow |w|_1$. Это вместе с (23) гарантирует, что $|w_{n_j}|_1^2 w'_{n_j} \rightarrow |w|_1^2 w'$.

2) С помощью (14) при $m=0$ и (22) убеждаемся в том, что $\gamma(x, w_{n_j}) \rightarrow \gamma(x, w)$ в $L_s(0, l) \forall s > 1$. Отсюда следует $(\gamma(x, w_{n_j}), \varphi_i) \rightarrow (\gamma(x, w), \varphi_i)$, а с учетом (23) получаем

$$(\gamma(x, w_{n_j}) w'_{n_j}, \varphi'_i) \rightarrow (\gamma(x, w) w', \varphi'_i).$$

3) На основании (14) при $m=1$ и (22) заключаем $\gamma'_s(x, w_{n_j}) \rightarrow \gamma'_s(x, w)$ в $L_s(0, l) \forall s > 1$. Поэтому

$$(\gamma'_s(x, w_{n_j}) w'_{n_j}, \varphi_i) \rightarrow (\gamma'_s(x, w) w', \varphi_i).$$

Теорема доказана.

По найденному w с помощью (3) и (6) можно построить u и β .

Тбилисский государственный университет
им. И. А. Джавахишвили

(Поступило 1.6.1992)

მათემატიკური ფიზიკა

3. ოდიშარია

რეისნერის ერთგანზომილებიანი სისტემის ერთი არაწრფივი ამოცანის შესახებ

რეზიუმე

განიხილება რეისნერის მოდელის არაწრფივი ამოცანა სამფენოვანი ფირფიტისათვის. მტკიცდება თეორემა ამონახსნის არსებობისა და ბუბნოვ — გალიორკინის მეთოდის კრებადობის შესახებ.

MATHEMATICAL PHYSICS

V. ODISHARIA

ON ONE BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR ONE-DIMENSIONAL REISSNER SYSTEM

Summary

The nonlinear problem for a sandwich plate in the Reissner model is considered.

The theorem on the existence of a solution and the convergence of Bubnov—Galerkin method is proved.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. И. И. Воронич. Математические проблемы нелинейной теории полых оболочек. М., 1989.
2. C. T. Wang. NACA TN, No. 2620, 1952.
3. J. G. Peraldo. Numer. Funct. Analysis and Optimizat., 12(5,6), 1991.
4. Д. Г. Перадзе. Изв. вузов. Математика, т. 12, 1991.
5. В. Ш. Одишария. ЖВМ и МФ, т. 30, № 11, 1756—1766, 1992.
6. Г. Кори, Т. Кори. Справочник по математике. М., 1984.
7. Ю. А. Дубинский. Нелинейные эллиптические и параболические уравнения. Итоги науки и техники. Современные проблемы механики, т. 9. М., 1976.



Н. М. ГВИЛАВА, В. Г. ДЖАКЕЛИ, З. С. КАЧЛИШВИЛИ,
Н. Ю. МАТЕШВИЛИ

КИНЕТИКА ПРОБОЯ МЕЛКИХ ПРИМЕСЕЙ В ГЕРМАНИИ

(Представлен членом-корреспондентом Академии Т. И. Санадзе 15.4.1992)

Кинетику примесного пробоя исследуют как по нарастанию концентрации носителей заряда после приложения импульса напряжения [1, 2], так и по спаду концентрации, который наблюдается после окончания пробивающего импульса напряжения [3]. Как известно, для того чтобы временные характеристики тока пробоя не искажались из-за вклада переходных явлений на контактах и однозначно определялись кинетикой концентрации носителей, должны соблюдаться следующие соотношения: $\tau_m < t_n$, где τ_m — максвелловское время релаксации, t_n — время пролета носителей через образец, и $\tau_m \ll \tau$, где τ — время развития пробоя.

Эти условия надежно выполняются при плотности равновесных носителей $n \geq 10^{16} \text{ см}^{-3}$, поэтому был использован сильно легированный образец, к которому прикладывалось постоянное поле, меньшее поля пробоя, что позволило увеличить равновесную концентрацию.

В настоящей работе с целью изучения кинетики пробоя экспериментально и теоретически определена зависимость концентрации носителей от времени, а также зависимость времени развития пробоя от электрического поля.

Измерения проводились на образце $n\text{-Ge}$ с концентрацией доноров $N_d = 10^{16} \text{ см}^{-3}$ и акцепторов $N_a = 4 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$. Образец помещался в гелиевую ванну. Постоянное (E_0) и импульсное (E_1) напряжения подавались с генератора прямоугольных импульсов Г8—5, имеющего выходное сопротивление 50 ом. Длительность подаваемых импульсов была 1 мкс, частота — 30 кГц. Ток, протекавший через образец, определялся по падению напряжения на нагрузочном сопротивлении величиной 50 ом (входное сопротивление стробоскопического вольтметра В9—5). Результаты эксперимента приведены на рис. 1, а, в).

Временные характеристики тока обусловлены временными зависимостями концентрации и дрейфовой скорости:

$$j(t) = en(t)v_d(t). \quad (1)$$

Покажем, что зависимость тока от времени в основном определяется кинетикой концентрации. Зависимость дрейфовой скорости от времени описывается дифференциальным уравнением

$$m \frac{dv_d}{dt} + m \frac{v_d}{\tau_n} - eE = 0, \quad (2)$$

где $E = E_0 + E_1$, τ_n — время релаксации импульса. Решение этого уравнения имеет вид

$$v_d(t) = \frac{e}{m} E \tau_n + C \exp(-t/\tau_n), \quad (3)$$

где C — постоянная интегрирования, определяемая начальными условиями. Оценки показывают, что в условиях эксперимента подвижность электронов определяется рассеянием на атомах примеси и $\tau_n = 10^{-11}$ с. Последнее значительно меньше экспериментально полученного времени развития пробоя, и поэтому временные характеристики тока будут определяться кинетикой концентрации.

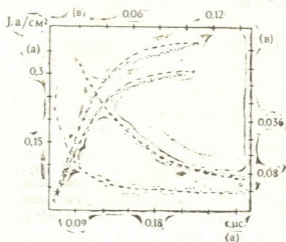


Рис. 1. а — Кинетика нарастания тока примесного пробоя в разных электрических полях. Точки — эксперимент, штриховая кривая — теория (постоянное напряжение — 1 — 0,336, 2 — 0,533 в/см); импульсное напряжение — 1 — 0,787, 2 — 0,656 в/см); в — кинетика спада тока (постоянное напряжение 3 — 0,021, 4 — 0,486 в/см)

Изменение концентрации носителей заряда описывается скоростным уравнением [3]

$$\frac{dn}{dt} = A_T(N_d - N_a - n) + A_I n [N_d - (N_a + n)] - B_T n (N_a + n), \quad (4)$$

где A_T , A_I и B_T — коэффициенты тепловой ионизации, ударной ионизации и тепловой рекомбинации соответственно. Преобразуем уравнение (4) к виду

$$\frac{dn}{dt} - a + bn + cn^2 = 0, \quad (5)$$

где приняты обозначения

$$a = A_T(N_d - N_a), \quad b = A_T + B_T N_a - A_I(N_d - N_a), \quad c = A_I + B_T. \quad (6)$$

Обычно кинетику пробоя рассматривают при небольших значениях концентрации, когда $n \ll N_a$. При этом в уравнении (5) остаются только линейные по n члены и получаем экспоненциальную зависимость концентрации от времени. В общем случае в уравнении (5) необходимо учитывать квадратичный по n член.

Уравнение (5) есть дифференциальное уравнение Рикатти [4]. В случае нарастания концентрации после включения импульса электрического поля (E_1) решение уравнения (5) имеет вид

$$n = n_1 \left[1 - \frac{(1 - n_0/n_1) \exp(-t/\tau_1)}{1 + c_1 \tau_1 n_1 (1 - n_0/n_1) (\exp(-t/\tau_1) - 1)} \right], \quad (7)$$

где n_1 есть корень уравнения (5) в стационарном состоянии, а b_1, c_1, τ_1 — значения соответствующих коэффициентов в поле $E = E_0 + E_1$, b_1, c_1, τ_1 считаются мгновенно изменяющимися при изменении величины приложенного электрического поля. Как видно, n зависит от величины

$$\tau_1^{-1} = \sqrt{b_1^2 + 4ac_1}, \quad (8)$$

имеющей размерность времени. Эта величина по содержанию совпадает с выражением, полученным для времени жизни носителей в процессе пробоя [5]. Таким образом, процесс нарастания концентрации при включении импульса электрического поля определяется временем жизни носителей в поле E . Из (8), видно, что при $E = E_n$ (E_n — поле пробоя), так как $b = 0$, τ имеет максимум: $\tau_{1\max} = 1/\sqrt{4ac_1}$, т. е. именно в пробое происходит долгое нарастание концентрации. В полях, меньших и больших поля пробоя, $b_1^2 \gg 4ac_1$ и $\tau \approx 1/b$, $\tau < \tau_{1\max}$.

В случае спада концентрации после окончания пробивающего импульса зависимость концентрации носителей от времени описывается выражением:

$$n(t) = n_0 + \frac{(n_1 - n_0)\exp(-t/\tau_0)}{1 + c_0\tau_0(n_1 - n_0)(1 - \exp(-t/\tau_0))}, \quad (9)$$

где

$$\tau_0^{-1} = \sqrt{b_0^2 + 4ac_0}. \quad (10)$$

В процессе нарастания концентрации, учитывая, что в процессе пробоя концентрация возрастает на несколько порядков, т. е. $n_0/n_1 \ll 1$, из (7) имеем

$$n(t) = n_1 k (\exp(t/\tau_1) - 1) / (k \exp(t/\tau_1) + 1), \quad (11)$$

где принято обозначение $k = 1/c_1\tau_1 n_1 - 1$. Оценим величину $c_1\tau_1 n_1$. Как видно из выражений (6) и (8), в пробое $\tau_1 n_1 c_1 = 0,5$, а в полях, значительно, превышающих поле пробоя, $c_1\tau_1 n_1 = 1$. Следовательно, k будет меняться от 0 до 1. Так как мы рассматриваем диапазон полей, близких к полю пробоя, то $k \approx 1$. Тогда формула (11) сводится к виду

$$n(t) = (\exp(t/\tau_0) - 1) / (\exp(t/\tau_0) + 1), \quad (12)$$

откуда легко определить τ .

В случае спада концентрации получаем $c_0\tau_0 n_1 \ll 1$. Соотношение (9) принимает вид

$$n(t) = n_0 + (n_1 - n_0)\exp(-t/\tau_0).$$

Типичные экспериментальные зависимости кинетики нарастания и спада тока приведены на рис. 1, а, в. Как видно из этого рисунка, кривые хорошо описываются соответствующими выражениями (12, 13). Так как эксперимент проводился для разных значений импульсных и постоянных напряжений, имелась возможность построить зависимость времени жизни (τ) от напряженности электрического поля. Результат приводится на рис. 2. Как и следовало ожидать, эта зави-



симость имеет максимум при $E=E_n$. На этом же рисунке для сравнения строится теоретическая зависимость $\tau(E)$ (8, 10), где коэффициент

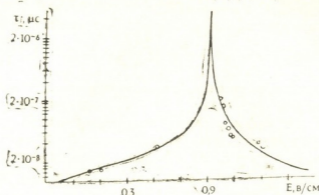


Рис. 2. Зависимость времени жизни от электрического поля, сплошная кривая — теоретическая, кружки — эксперимент.

ты a , b и c рассчитывались по результатам работы [6]. Получено хорошее согласие теории с экспериментом (рис. 2).

Тбилисский государственный университет
им. И. А. Джавахишвили

(Поступило 30.4.1992)

ფიზიკა

ბ. გვილავა, ვ. ჯაკელი, ზ. კახლიშვილი, ნ. მათეშვილი

თხელი მინარევების გარღვევის კინეტიკა გერმანიუმში

რეზიუმე

ნაშრომში თეორიულად და ექსპერიმენტულად გამოთვლილია მინარეველი გარღვევის კინეტიკა. თეორიულად მიღებული დენის გადამტანების კონცენტრაციის დროზე დამოკიდებულება კარგ თანხვედნაშია ექსპერიმენტთან. დენის გადამტანთა სიციცხლის დროზე დამოკიდებულების გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ გარღვევის პროცესში მას აქვს მაქსიმუმი.

PHYSICS

N. GVILAVA, V. JAKELI, Z. KACHLISHVILI, N. MATESHVILI.

THE KINETICS OF SHALLOW IMPURITY BREAKDOWN IN GERMANIUM

Summary

The kinetics of impurity breakdown was investigated both theoretically and experimentally. The theoretical time dependance of the charge carriers concentration has been found to be in a good agreement with the experimental one. The lifetime of carriers is studied experimentally as the electric field function. It is shown that it reaches the maximum value at breakdown.

1. Ж. С. Аснина, Б. Е. Межебовский, Л. Г. Парицкий. ФТП, т. 19, № 6, 1985.
2. А. Ю. Даргис, С. В. Жураускас. ФТП, т. 22, № 3, 1988.
3. S. H. Koenig, R. D. Brown. W. Schillinger, Phys. Rev., v. 128, № 4, 1962.
4. В. И. Смирнов. Курс высшей математики, т. 2. М., 1958.
5. Н. А. Пенин. ФТП, т. 23, № 3, 1989.
6. Т. О. Гегечкори, В. Г. Джакели, З. С. Качлишвили. Сообщения АН ГССР, 103, № 3, 1981.

И. Д. БАГБАЯ, В. С. ЦЫПИН

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ ВЯЗКОСТИ НА ПОГЛОЩЕНИЕ
 АЛЬФВЕНОВСКИХ ВОЛН В ТОКАМАКЕ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Р. Г. Салуквадзе 5.3.1992)

Известно, что продольная вязкость плазмы может существенно влиять на МГД-неустойчивости плазмы в токамаке [1—3]. С другой стороны, основными механизмами поглощения альфвеновских волн (АВ) полагаются в столкновительной плазме поперечная вязкость ионов [4] и в слабостолкновительной — затухание Ландау на электронах [5]. Эффективность этих механизмов поглощения альфвеновских волн для дополнительного нагрева плазмы при трансформации быстрой альфвеновской волны в медленную неоднократно демонстрировалась на эксперименте. В связи с этим ниже исследуются влияние продольной вязкости плазмы на поглощение как АВ, так и быстрых АВ (БАВ) (иначе называемой быстрой магнитозвуковой волной) в токамаке и связь затухания АВ на продольной вязкости плазмы с затуханием Ландау.

Как и в [1], выделены режимы Пфирша—Шлютера, плато и бананов и так же, как в работах [6, 7], применен вязкостно-одножидкостный подход.

В коротковолновом приближении $k_{\perp} r \gg 1$, $k_{\perp} = \sqrt{k_r^2 + \frac{m^2}{r^2}}$ (здесь и ниже обозначения общепринятые) в системе координат, где $k_1 = k_{\perp}$, $k_2 = 0$, $k_3 = k_{\parallel} = (m + sq)/qR$ (s — тороидальная волновая мода, q — запас устойчивости), дисперсионные уравнения для АВ и БАВ соответственно имеют вид [8,9]

$$k_{\parallel}^2 - \omega^2 \mathcal{E}_{11} / c^2 + k_{\perp}^2 k_{\parallel}^2 c^2 / \omega^2 \mathcal{E}_{33} = 0, \quad (1)$$

$$k^2 - \omega^2 \mathcal{E}_{22} / c^2 + \omega^2 \mathcal{E}_{23} \mathcal{E}_{32} / c^2 \mathcal{E}_{33} = 0.$$

Здесь \mathcal{E}_{ik} — компоненты тензора диэлектрической проницаемости. Для вычисления \mathcal{E}_{ik} используем выражения для поперечного \vec{j}_{\perp} [6] и продольного \vec{j}_{\parallel} токов:

$$\vec{j}_{\perp} = \frac{c}{B_0} \left[i\hbar \cdot M_i n d\vec{V} / dt + \nabla \left(p - \frac{1}{2} \pi_{\parallel} \right) + \frac{3}{2} \pi_{\parallel} \nabla \ln B_0 \right], \quad (2)$$

$$i_{\parallel} = \sum_{\alpha} e_{\alpha} \int v_{\parallel} f_{\alpha} d\vec{v},$$

где $\pi_{\parallel} = \sum_{\alpha} M_{\alpha} \int \left(v_{\parallel}^2 - \frac{1}{3} v^2 \right) f_{\alpha} d\vec{v}$ — продольная вязкость плазмы.

Чтобы учесть в (1) поперечную дисперсию волн (эффекты конечного ларморовского радиуса ионов ρ_i) в первом уравнении (2) следует учесть также поперечную (инерционную) вязкость ионов [10].

Далее полагаем $\vec{V} = \vec{V}_E = c |\vec{E}, \vec{h}| / B_0$. В режиме Пфирша—Шлютера да ω , $v_{Ti}/qR < v_i$ ($v_{Ti} = \sqrt{2T_i/M_i}$, v_i —тепловая скорость и частота столкновений ионов), продольная вязкость ионов равна [6]

$$\pi_{||} = - \frac{2 \cdot 0,96 n T_i}{v_i} \left\{ \vec{h}(\vec{h} \nabla) \vec{V} - \frac{1}{3} \operatorname{div} \vec{V} \right\}. \quad (3)$$

Тогда из (2) получаем

$$\mathcal{E}_{11} = \frac{\omega_{oi}^2}{\omega_B^2} \left(1 + i \frac{3}{2} \cdot 0,96 v_{Ti}^2 / R^2 v_i \omega \right), \quad (4)$$

$$\mathcal{E}_{22} = \frac{\omega_{oi}^2}{\omega_{Bi}^2} \left\{ 1 + i \frac{0,96}{2} \frac{v_{Ti}^2}{v_i \omega} \left(\frac{3}{R^2} + k_{\perp}^2 \right) \right\}.$$

При этом тепловыделение в ионах при диссипации АВ на продольной вязкости равно

$$Q_{\perp i} = - (\vec{\kappa} \nabla) \vec{V} = \frac{3 \cdot 0,96}{2} \frac{n T_i}{v_i} \frac{c^2}{B_0^2 R^2} E_{\perp}^2 \quad (5)$$

и в два раза больше, чем тепловыделение в электронах:

$$Q_{\perp e} = \frac{\omega}{8\pi} \operatorname{Im} \mathcal{E}_{11} E_{\perp}^2 = Q_{\perp i} / 2. \quad (6)$$

В области параметров режима Пфирша—Шлютера, примыкающего к режиму плато, декремент поглощения АВ, связанный с продольной вязкостью, порядка $\gamma_i \sim -v_{Ti}^2 / R^2 v_i$, в то время как декремент, связанный с поперечной вязкостью, по порядку величины равен $\gamma_{tr} \sim -k_{\perp}^2 \rho_i^2 v_i$ и первая величина при определенных условиях может существенно превышать вторую.

В слабостолкновительной плазме удобно исходить из дрейфового кинетического уравнения [11]

$$\begin{aligned} & -i(\omega + i v \vec{h} \nabla) \tilde{f} + \frac{v_i^2}{2} \vec{h} \nabla \ln B_0 \left(v_{\parallel} \frac{\partial \tilde{f}}{\partial v_{\perp}^2 / 2} - \frac{\partial \tilde{f}}{\partial v_{\parallel}} \right) - \\ & - C(\tilde{f}) = - \frac{M}{T} \tilde{f}_0 \left\{ (v_{\perp}^2 / 2 - v_{\parallel}^2) \vec{V}_E \nabla \ln B_0 + \right. \\ & \left. + i v_{\perp}^2 / 2 \frac{C}{B_0} [k \vec{E}] \vec{h} - v_{\parallel} \frac{e}{M} E_{\parallel} \right\}, \end{aligned} \quad (7)$$

где $\vec{h} = \vec{B} / B$.

В области параметров, где $\left(\frac{v_{Ti}}{qR}, v_i \right) < \omega < \frac{v_{Te}}{qR} < v_e$, динамика ионов описывается уравнением (7), а электронов — уравнениями гидродинамики [4]. Поэтому находим продольную вязкость ионов:

$$\pi_{||} = \frac{12}{5} \frac{n T_i v_i}{\omega^2} \vec{V}_E \nabla \ln B_0 \quad (8)$$

и определяем выделяющееся в них тепло:



$$Q_{\perp i} = \frac{9}{5} \frac{nT_i \nu_j}{\omega^2} \frac{c^2}{B_0^2 R^2} E_i^2,$$

а также находим компоненты тензора диэлектрической проницаемости:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{11} &= \frac{\omega_{0i}^2}{\omega_{Bi}^2} \left\{ 1 + i \frac{3}{4} \frac{v_{Ti}^2}{R^2 \omega^2} \left(\frac{1,2v_i}{\omega} + \frac{T_e}{T_i} \frac{0,79}{v_e} \omega \right) \right\}, \\ \mathcal{E}_{22} &= \mathcal{E}_{11} + i \frac{0,73}{2} \frac{\omega_{0i}^2}{\omega_{Bi}^2} \frac{k_{\perp}^2 v_{Ti}^2}{\omega^2} \frac{T_e}{T_i} \frac{\omega}{v_e}. \end{aligned}$$

Из выражений (4), (10) видно, что вклад продольной вязкости в столкновительных режимах в поглощение АВ может быть определяющим, а в поглощение БАВ важен вблизи точек, где $k_{\perp} \simeq 0$.

Далее, как и в работе [1], выделяем режим плато $\mathcal{E}^{3/2} v_{Te}/qR < v_e < v_{Te}/qR$ и полагаем $k_{\parallel} v_{Ti} < \omega < k_{\parallel} v_{Te}$. Тогда, решая уравнение (7) по методике [1] и воспользовавшись уравнениями (2), находим

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{11} &= \frac{\omega_{0i}^2}{\omega_{Bi}^2} \left\{ 1 + \frac{iV\pi v_{Te}}{4R^2 \omega} \frac{M_e}{M_i} \left(\frac{1}{|k_{\parallel+1}|} + \frac{1}{|k_{\parallel-1}|} \right) \right\}, \\ \mathcal{E}_{22} &= \mathcal{E}_{11} + \frac{\omega_{0i}^2}{\omega_{Bi}^2} \frac{k_{\perp}^2 v_{Te}^2}{\omega^2} \frac{M_e}{M_i} \frac{iV\pi}{|k_{\parallel}|} \frac{\omega}{v_{Te}}, \\ \mathcal{E}_{33} &= (2\omega_{0e}^2/k_{\parallel}^2 v_{Te}^2) (1 + iV\pi\omega/|k_{\parallel}| v_{Te}^2), \\ \mathcal{E}_{23} &= -\mathcal{E}_{32} = \frac{ik_{\perp}}{k_{\parallel}} \frac{\omega_{0e}^2}{\omega \omega_{Be}} (1 + iV\pi\omega/|k_{\parallel}| v_{Te}), \end{aligned} \quad (11)$$

где $k_{\parallel \pm 1} = (m \pm 1 + sq)/qR$. Пренебрегая в (11) тороидальностью, получаем известные выражения [9].

В режиме бананов при $\frac{v_{Te}}{qR} \mathcal{E}^{3/2} > v_e$ в случае, когда $\omega > V\mathcal{E} k_{\parallel} v_{Te}$, выражения для \mathcal{E}_{ik} совпадают с выражениями (11). На случае $\omega < V\mathcal{E} k_{\parallel} v_{Te}$ в силу громоздкости итоговых выражений, которые совпадают по порядку величины с полученными в работе [9], останавливаться не будем.

Таким образом, в данной работе показана эффективность и наглядность гидродинамического подхода для исследования поглощения альфвеновских волн в токамаке в случае, когда основной механизм поглощения — затухание Ландау на электронах. Дополнительные члены в \mathcal{E}_{ik} , полученные в работе, могут быть существенны для поглощения АВ и БАВ, особенно для малых k_{\parallel} , $k_{\parallel} v_{Te} < \omega < v_{Te}/qR$ и вблизи точек, где $k_{\perp} \simeq 0$.

Сухумский государственный университет

(Поступило 8.6.1992)

ფიზიკა

ი. ბაგბაია, ვ. ციპინი

გეორგიის სიბლანტის გავლენა ალფვენის ტალღების შთანთქმვაზე
ტოკამაკში

რეზიუმე

შრომში გამოკვლეულია ტოკამაკში ალფვენის ტალღების შთანთქმვისას გეორგიის სიბლანტის გავლენა სუსტდაჯახებთა პლაზმაში. გამოკვლევა ჩატარებულია

ბულია ჰიდროდინამიკური განტოლებების საფუძველზე, რომლებიც მიღებულია კინეტიკური განტოლებების სინქარის ცვლადის მიმართ ინტეგრირებით. ნაჩვენებია ჰიდროდინამიკური მიდგომის გამოყენების ეფექტურობა და თვალსაჩინოება, აგრეთვე ის, რომ ლანდაუს მიღვეადობა პასუხისმგებელია ტალღების შთანთქმვაზე, რაც განსაზღვრავს გრძივი სიბლანტის გამოსახულებასაც.

PHYSICS

I. BAGBAYA, V. TSYPIN

LONGITUDINAL VISCOSITY EFFECTS ON THE ALFVEN WAVE ABSORPTION IN A TOKAMAK

Summary

Effects of an undercollisional plasma longitudinal viscosity on the absorption of Alfvén waves in a tokamak are investigated. The studies are carried out basing on hydrodynamical equations obtained as a result of the kinetic equation velocity-integration with various weight functions depending upon the velocity. The efficiency of using the hydrodynamical approach is visualized. The wave absorption is due to Landau damping which is also determining the longitudinal viscosity.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. Б. Михайловский, В. С. Цыпин. Физика плазмы, 9, № 1, 1983.
2. J. D. Callen, K. C. Shaing. Phys. Fluids, 28, 6, 1985.
3. J. W. Connor, L. Chen. *ibid.*
4. С. И. Брагинский. ЖЭТФ, 33, № 2, 1957.
5. Электродинамика плазмы. Под ред. А. И. Ахиезера. М., 1974.
6. В. С. Цыпин. Физика плазмы, 12, № 5, 1986.
7. А. Б. Михайловский и др. Препринт ИАЭ-4468/, 1987.
8. В. С. Беликов и др. Физика плазмы, 3, № 2, 1977.
9. Т. Д. Каладзе, А. И. Пятак, К. Н. Степанов. Физика плазмы, 8, № 5, 1982.
10. А. Б. Михайловский, А. И. Смоляков. ЖЭТФ, 88, № 1, 1985.
11. А. Б. Михайловский, В. С. Цыпин. ЖЭТФ, 83, № 1, 1982.

Д. В. АДЖБА, И. Д. БАГБАЯ, А. Б. ШВАРЦБУРГ

РЕЗОНАНСНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ И НЕЛИНЕЙНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В СВЕРХТЕКУЧИХ ВОЛНОВЫХ СИСТЕМАХ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Р. Г. Салуквадзе 6.12.1991)

1. Настоящая работа посвящена параметрическому усилению волн второго звука, возбуждаемых в сверхтекучем гелии II при тепловом преобразовании электромагнитных полей и перспективном применении этого эффекта для резонансного выделения и усиления узких спектральных линий таких полей, в полосе частот $f = (0,1-10)$ кГц. При таком преобразовании длина волны второго звука, соответствующая частоте электромагнитного поля ω , уменьшается на семь порядков из-за различия в скорости второго звука u и скорости C (при температуре $T \approx 1,5-1,7$ К°, $u = 20$ м/сек $^{-1} \ll 10^{-7}$ С). Это сокращение длины волны позволяет накопить колебания электромагнитного поля, преобразованные во второй звук, в резонаторе со сверхтекучим гелием II. Такой резонатор в виде небольшого цилиндра будет возбуждаться, если электромагнитные волны модулируют тепловой поток, проходящий через его торец [1]. При этом дополнительное сокращение длины тепловой волны и соответственно размеров резонатора связано с удвоением частоты колебаний температуры Ω при нагреве электромагнитной волной частоты ω :

$$\Omega = 2\omega. \quad (1)$$

При возбуждении резонатора широким спектром электромагнитных волн собственные моды резонатора позволяют выделить в этом спектре отдельные резонансные линии. Ширина таких линий и время их установления определяются добротностью резонатора, а интенсивность линий пропорциональна интенсивности электромагнитного поля на соответствующей частоте. Отмеченные свойства такой волновой системы, включающей в себя тепловой преобразователь электромагнитных волн и резонатор второго звука, позволяют проводить фильтрацию электромагнитных волн вблизи собственной частоты резонатора в линейном режиме, когда интенсивность волн второго звука в резонаторе невелика и не влияет на скорость этих волн.

В отличие от этого, нелинейный режим установления колебаний с частотой Ω , обусловленный их взаимодействием с системой интенсивных стоячих волн частоты 2ω , ранее возбужденных в резонаторе, характеризуется зависимостью скорости звука, ширины линии и времени установления сигнала на частоте Ω от интенсивности волн накачки на частоте 2ω . Такой режим, известный в механике как параметрический резонанс [2], указывает на возможность управляемого сужения спектральных линий резонатора и ускоренного установления уровня сигнала. При этом нелинейность связана с нагревом гелия в поле волны накачки и с температурной зависимостью [3] скорости второго звука. Такие нелинейные процессы открывают новые возможности в узкополостной фильтрации электромагнитных полей.



Подобный процесс под названием автопараметрической фильтрации обсуждался ранее в радиодиапазоне для сосредоточенных колебательных систем [4], когда нелинейность определялась характеристиками соответствующих ламповых схем.

Для анализа таких процессов рассмотрим собственные колебания второго звука в круговом цилиндре радиуса a и длины l , заполненном жидким гелием II. Предполагая, что колебания возбуждаются периодическим тепловым потоком через торец цилиндра $z=0$, можно записать уравнение для возмущения температуры \tilde{T} внутри цилиндра в виде

$$\frac{\partial^2 \tilde{T}}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tilde{T}}{\partial \rho} + \frac{\partial^2 \tilde{T}}{\partial z^2} - \frac{1}{u^2} \frac{\partial^2 \tilde{T}}{\partial t^2} - \frac{2\gamma}{u} \frac{\partial \tilde{T}}{\partial z} = \frac{\omega(\rho) \delta(z)}{\chi} e^{-i\omega t}. \quad (2)$$

Здесь u и γ — скорость и коэффициент поглощения второго звука, ω — частота колебаний температуры, $\omega(\rho)$ — тепловой поток при $z=0$, χ — теплопроводность гелия. Затухание волны предполагается слабым:

$$\gamma^{-1} \ll l. \quad (3)$$

Поглощение второго звука складывается из поглощения на стенках γ_s и поглощения в объеме γ_v . Коэффициент γ_s определяется вязкостью гелия, теплопроводностью стенок и скачком температуры на границе между жидким гелием II и стенкой [3]:

$$\gamma_s = \frac{1}{au} \left\{ \frac{1}{\rho} \frac{\rho_s}{\rho_n} \sqrt{\frac{\rho_n \eta \omega}{2}} + \frac{1}{u} \left[\frac{1}{4KT^3} + \sqrt{\frac{2}{\omega C_T \chi_T}} \right]^{-1} \right\}. \quad (4)$$

Здесь коэффициенты $(3KT^3)^{-1}$ и $(2^{-1}\omega C_T \chi_T)^{-1/2}$ определяют тепловое сопротивление границы гелия и стенок:

$$K = C_1 \frac{4\pi^5}{15} \frac{K^4 F}{(2\pi h C_2)^3}, \quad (5)$$

k и h — постоянные Больцмана и Планка. В выражении (3) и (4) входят характеристики гелия: ρ_n и ρ_s — плотности нормальной и сверхтекучей компонент, $\rho = \rho_n + \rho_s$, η — вязкость, C — теплоемкость, C_1 — скорость первого звука и материала стенок цилиндра, ρ_T — плотность, C_T — теплоемкость, χ_T — теплопроводность, C_2 — скорость поперечного звука, постоянная $F=2$.

Для оценки затухания примем параметры гелия II при температуре $T=1,6^\circ\text{K}$: $\eta=3 \cdot 10^{-5}$ пуаз, $\rho=0,14,2$ см $^{-3}$, $\rho_n \rho_s^{-1}=6,14$, $C=3,5 \cdot 10^6$ эрг. см $^{-3}$ ·град $^{-1}$, $C_1=240$ м/сек и параметры материала резонатора (медь):

$$\rho_T=8,962 \text{ см}^{-3}, \quad C_T=3,45 \cdot 10 \text{ эрг} \cdot \text{см}^{-3} \cdot \text{град}^{-1},$$

$$\chi_T=3,95 \cdot 10 \text{ эрг} \cdot \text{см}^{-1} \cdot \text{сек}^{-1} \cdot \text{град}^{-1}, \quad C_2=2,5 \text{ км/сек}^{-1}.$$

Подставляя эти значения в (4), получаем величину безразмерного параметра $\gamma_s a$ для частоты 3 кГц: $\gamma_s a = 1,7 \cdot 10^{-3}$; соответствующая длина затухания $l = \gamma_s^{-1}$ для радиуса $a=0,2$ см составляет $L=120$ см. Объемное затухание на тех же частотах $\tilde{f}=1-10$ кГц харак-

теризуется [5] декрементом затухания, на 1—2 порядка большим, и ниже не учитывается.

Рассмотрим теперь с помощью уравнения (2) линейный и нелинейный режимы фильтрации электромагнитных колебаний. Для простоты ниже обсуждается случай продольных колебаний, когда в (2) отсутствует производное по радиусу. Выбирая зависимость \tilde{T} от z в виде стоячей волны $\cos\beta z$, получаем из (2)

$$\tilde{T} = \sum_{m=1} T_m \cos\beta_m z, \quad \beta_m = \frac{\pi m}{l}, \quad (6)$$

где амплитуды T_m удовлетворяют уравнению

$$\frac{\partial^2 T_m}{\partial t^2} + 2\lambda \frac{\partial T_m}{\partial t} + \Omega_{0m}^2 T_m = \frac{\omega u^2}{\chi l} \sin\omega t, \quad \lambda = u\gamma, \quad \Omega_{0m}^2 = u^2 \beta_m^2. \quad (7)$$

Это уравнение следует решать с начальными условиями:

$$T_m|_{t=0}, \quad \left. \frac{\partial T_m}{\partial t} \right|_{t=0} = 0. \quad (8)$$

2. В линейном режиме, когда возмущения температуры в поле второго звука не влияют на его скорость, решение уравнения (6), удовлетворяющее (8), может иметь вид

$$T_m = T_{m1} + T_{m2}, \quad (9)$$

$$T_{m1} = M_m \cos\omega t + N_m \sin\omega t,$$

$$T_{m2} = \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) [a_m \cos\Omega_m t + b_m \sin\Omega_m t];$$

$$\Omega_m = \sqrt{\Omega_{0m}^2 - \lambda^2}, \quad \tau = (\gamma\omega)^{-1} = \lambda^{-1}.$$

Здесь

$$M_m = -2\lambda\omega P_m, \quad N_m = (\Omega_{0m}^2 - \omega^2) P_m, \quad Q_m = -M_m,$$

$$b_m = \frac{\omega P_m}{\Omega_m}, \quad P_m = \frac{2\omega u^2}{\chi l} \frac{1}{(\omega^2 - \Omega_{0m}^2)^2 + 4\lambda^2 \omega^2}.$$

Функции T_{m1} и T_{m2} описывают вынужденные и собственные колебания поля в резонаторе. Добротность резонатора $Q = \lambda/\tau$, составляющая в обсуждаемых условиях ($f = 3$ кГц) величину $Q = 600$, определяет ширину спектральной линии резонатора. При этом полоса пропускания системы оценивается как $\Delta\rho = fQ^{-1} = 5$ Гц.

Следует отметить, что ширина полосы электромагнитных колебаний, вызывающих тепловую генерацию второго звука, составляет вдвое меньшую величину: $\Delta f_3 = 2,5$ Гц.

Существенно, что время установления колебаний равно $\tau = 0,006$ сек, что в 6—7 раз меньше времени разделения колебаний с разностью частот $\Delta f = 2,5$ Гц в нерезонансных условиях $t = (\Delta\rho)^{-1} = 0,4$ сек.

Вклад высших мод на частоте основного резонанса мал: так, отношение вкладов $A_2(m=2)$ и $A_1(m=1)$ составляет

$$A_2 = \frac{2\omega\gamma}{u} \frac{l^2}{3\pi^2} A_1 \approx 10^{-3} A_1.$$

Приведенные оценки описывают фильтрацию электромагнитных волн в линейном режиме, когда ширина линии и время установления колебаний определяются добротностью резонатора Q . Для ускорения фильтрации или сужения линии представляют интерес нелинейные эффекты.

3. Для нелинейной фильтрации электромагнитных волн представляет интерес параметрическая раскачка колебаний в резонаторе. Предположим, что в резонаторе с основной собственной частотой Ω_{01} тепловым потоком ω_2 возбуждены сильные колебания с частотой $\Omega_{02} = 2\Omega_0$, волновым числом $\beta_2 = \frac{2\pi}{l}$, амплитудой T_λ , составляющей, согласно (9),

$$T_\lambda = \frac{1}{\lambda Q_{20}} \frac{\omega_2 u^2}{\chi l}. \quad (10)$$

Эти колебания температуры модулируют скорость второго звука в резонаторе:

$$u = u_0(1 + h \cos 2\Omega_{01} t \cdot \cos 2\beta_{01} z). \quad (11)$$

Здесь u_0 — невозмущенная скорость второго звука при температуре T_0 . h — малый параметр ($h^2 \ll 1$): $h = \frac{T_\lambda}{u_0} \frac{\partial u_0}{\partial T}$. Если амплитуда колебаний T_1 , возбуждаемых в резонаторе на основной частоте Ω_{01} , мала ($T_1 \ll T_\lambda$) то уравнение типа (2), описывающее установление продольных колебаний вблизи частоты Ω_{01} , под действием колебаний на частоте $2\Omega_{01} + \varepsilon$

$$u_0^2(1 + 2h \cos \Omega_{02} t \cdot \cos 2\beta_0 z) \frac{\partial^2 T_1}{\partial z^2} - 2\lambda \frac{\partial T_1}{\partial t} - \frac{\partial^2 T_1}{\partial t^2} = - \frac{\omega u^2}{\chi} \delta(z) \sin \omega t. \quad (12)$$

Разыскивая решение этого уравнения в виде стоячих волн (6) и используя соотношение $2 \cos 2\beta_0 z \cdot \cos \beta_0 z = \cos \beta_0 z + \cos 3\beta_0 z$, получаем уравнение для основной моды в виде

$$\frac{\partial^2 T_1}{\partial t^2} + 2\lambda \frac{\partial T_1}{\partial t} + \zeta_{n1}^2 (1 + h \cos \Omega_{02} t) T_1 = \frac{2\omega u^2}{\chi l} \sin \omega t. \quad (13)$$

Это уравнение отличается от линейного уравнения (7) членом h_1 , учитывающим параметрическую связь волн с частотами Ω_{01} и Ω_{02} . Выделяя здесь вынужденное решение для T_{11} типа (9), получаем для собственных колебаний T_{12} уравнение параметрического резонанса

$$-\frac{\partial^2 T_{12}}{\partial t^2} + 2\lambda \frac{\partial T_{12}}{\partial t} + \Omega_{01}^2 [1 + h \cos(2\Omega_{01} + \varepsilon)t] T_{12} = 0. \quad (14)$$

Как известно, решение этого уравнения существенно зависит от соотношения между затуханием λ и параметром s [2]:

$$s = \sqrt{\left(\frac{h\Omega_{01}}{2}\right)^2 - \varepsilon^2}. \quad (15)$$

В случае $s \gg \lambda$ начинается раскачка колебаний на частоте Ω_{01} . Такой режим возникает при превышении амплитуды T_A над пороговым значением $(T_A)_{\text{пор}}$:

$$(T_A)_{\text{пор}} = \frac{4\lambda u_0}{\Omega_{01}} \left(\frac{\partial u_0}{\partial T} \right)^{-1}. \quad (16)$$

При слабой накачке $T < (T_A)_{\text{пор}}$, $s < \lambda$ амплитуда сигнала, установившегося на частоте Ω_0 , удовлетворяющая начальным условиям (8), возрастает в P раз:

$$P = \frac{\lambda}{\lambda - s}. \quad (17)$$

Во столько же раз сужается резонансная линия принимаемого сигнала. Так, сравнивая рассмотренный в п. 2 линейный режим $\Omega_{01} = 6\lambda \cdot 10^3$ рад.сек $^{-1}$, получаем, что спектральная линия основного резонанса сузилась в $P = 2,5$ раза. При этом ширина полосы принимаемого электромагнитного поля уменьшается до 1 Гц. Хотя время установления сигнала при такой накачке возрастает, составляет $\tau_1 = \tau_r = 0,5$ сек. Эта величина значительно меньше, чем время колебаний с разностью частот в 1 Гц в нерезонансной системе обработки сигналов, оценивается как $t = (\Delta\rho)^{-1} \simeq 1$ сек.

Параметрический эффект, связанный с генерацией «половиной» частоты, удобно использовать и для разделения длительного гармонического воздействия от коротких импульсных помех [4]. Так, цуг электромагнитных волн вблизи частоты $\omega = 2\Omega_0$ может возбуждать резонатор на частоте Ω_{01} , при достаточно большой амплитуде ($T > (T_A)_{\text{пор}}$) мода на основной частоте начнет нарастать по закону $T_1 \sim \exp[(s - \lambda) \cdot t] - 1$. При достаточно длительном воздействии накачки амплитуды сигнала на частоте Ω_{01} может заметно нарасти, в то время как рост импульсной помехи ограничивается ее кратковременностью.

Тепловой поток, необходимый для создания порога накачки, можно определить, подставляя (16) в (10). Полагая в интересующем нас интервале температур гелия $T = 1,5 - 1,7^\circ$ К значение производной $\frac{\partial u}{\partial T} = 3 \cdot 10^2$ см/сек $^{-1}$ /град $^{-1}$, получаем величину порога параметрического резонанса $(T_A)_{\text{пор}} = 6,5 \cdot 10^{-3}$ К и тепловой поток $\omega_2 = (0,05 - 0,1)$ мвт/см $^{-2}$.

Таким образом, резонансное преобразование электромагнитных волн в волны второго звука представляется удобным физическим механизмом для узкополосной фильтрации электромагнитного поля. Существенно, что обсуждаемый механизм позволяет при определенных условиях производить фильтрацию полей быстрее, чем машинные системы обработки сигналов.

დ. აჯბა, ე. ბაღბაია, ა. შვარცბურგი

დაბალი სიხშირის ელემტრომაგნიტური ველების რეზონანსული გარდაქმნა და არაწრფივი გაფილტვრა ზედინაღ ტალღურ სისტემებში

რეზიუმე

შრომაში ნაჩვენებია ელექტრომაგნიტური ველების სწრაფი არაწრფივი ვიწროხოლგების ფილტრაციის შესაძლებლობა. მოცემული მეთოდი წარმოადგენს ინტერესს როგორც დაბალსიხშირიანი ელექტრომაგნიტური ველისათვის ($f \sim 1$ კც— 10 კკც), ისე ოპტიკური ძვრებისა და მიკრორადიოტალღების სიხშირეების ფილტრაციისას.

PHYSICS

D. AJBA, I. BAGBAYA, A. SHVARTSBURG

RESONANCE TRANSFORMATION AND LINEAR FILTRATION OF LOW-FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS IN SUPERFLUIDITY WAVE SYSTEMS

Summary

The possibility of high speed non-linear filtration of electromagnetic waves is discussed. The method under consideration may be used both for low-frequency electromagnetic wave analysis and the measurements of beating frequencies of optical and microwave beams.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. П. Пешков. ЖЭТФ, 38, 3, 1960, 799.
2. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Механика. М., 1965.
3. И. М. Халатников. Теория сверхтекучести. М., 1971.
4. Л. И. Мандельштам. Полное собрание трудов, III. М., 1950.
5. Б. Н. Есельсон, М. И. Каганов. УФН, 112, 1974, 591.



Г. К. ВАНИШВИЛИ

ОСОБЕННОСТИ ЭФФЕКТА ФОРБУША КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ 24—28 МАРТА 1991 г.

(Представлено академиком М. А. Алексидзе 24.4.1992)

Галактические космические лучи несут уникальную информацию об изменениях параметров, характеризующих межпланетное пространство, магнитосферу и атмосферу Земли. Изменение интенсивности i -той компоненты космических лучей в определенном пункте наблюдения на Земле можно записать следующим образом [1];

$$\delta I_i = -\Delta R_c \cdot W_i + a \cdot f_i(\gamma) + \sum_{j=1}^n \alpha_j^i \cdot \Delta T_j, \quad (1)$$

где $-\Delta R_c \cdot W_i$, $a \cdot f_i(\gamma)$ и $\sum_{j=1}^n \alpha_j^i \cdot \Delta T_j$ — вариации интенсивности космических лучей, обусловленные изменениями порога жесткости, образцами магнитного поля Земли на ΔR_c , модуляцией космических лучей в межпланетном пространстве и изменением температуры на разных уровнях в атмосфере Земли соответственно; W_i — коэффициент связи; a и γ — мощность и показатель энергетического спектра вариаций; α_j^i — температурный коэффициент i -той компоненты космических лучей, а ΔT_j — отклонение от среднего уровня температуры j -го слоя атмосферы Земли. Выражение (1) позволяет определить ΔR_c , a , γ и ΔT_j для n слоев атмосферы Земли с помощью $(n+3)$ компонент вариаций интенсивности космических лучей, отличающихся друг от друга коэффициентами связи, поскольку в этом случае, как показывает численный эксперимент, определитель матрицы системы (1) отличается от нуля. Этот метод был разработан в [2] для анализа различных классов вариаций космических лучей и называется спектрографическим методом. Очевидно, что для проведения исследований вышеуказанным методом требуется наличие высокоточных данных различных компонент космических лучей в одном пункте наблюдения. К сожалению, таких пунктов в мировой сети станций очень мало, поскольку это связано со сложностями как технического, так и финансового характера.

В Тбилиси в Институте геофизики АН Грузии был создан комплекс наземных и подземных наблюдений и накоплены данные о вариациях различных компонент космических лучей для отдельных периодов 20-го и 21-го циклов Солнечной Активности [3].

В [1, 2] показано, что спектрографический метод эффективно используется для анализа таких классов вариаций космических лучей,

когда амплитуда изменений намного больше погрешности измерения. К такому классу вариаций относится понижение интенсивности космических лучей типа эффекта Форбуша, который длится всего несколько дней, а его амплитуда составляет несколько процентов.

Исследование эффектов Форбуша космических лучей спектрографическим методом по данным комплекса космических лучей станции Тбилиси для отдельных периодов 20-го цикла Солнечной Активности впервые было проведено в работе [4]. Наличие данных различных компонент космических лучей на станции Тбилиси позволило определить энергетический спектр эффекта Форбуша, изменения порога жесткости обрезания геомагнитного поля и средней массовой температуры атмосферы Земли.

В настоящей работе изучаются особенности эффекта Форбуша космических лучей периода 24—28 марта 1991 г. по данным станции Тбилиси. К этому времени в Тбилиси функционировали нейтронный супермонитор и наземный скрещенный мезонный телескоп космических лучей (функционирование подземного мезонного телескопа из-за отсутствия счетчиков СГМ-14 было прекращено), что позволяет исследовать эффекты Форбуша космических лучей спектрографическим методом, но после учета температурного эффекта в мезонной интенсивности по непосредственным данным зондирования температуры атмосферы Земли.

На рис. 1 приводятся изменения среднесуточной интенсивности космических лучей по данным нейтронного супермонитора (N), вер-

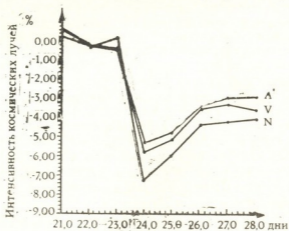


Рис. 1

тикального (V) и наклонного (A) под углом 45° к вертикали мезонного телескопа, исправленные на температурные эффекты по данным двухразового за сутки зондирования атмосферы Земли [5]. (К сожалению, Тбилисская аэрологическая станция за последнее время производит зондирование атмосферы Земли не больше чем 2 раза в сутки, а желательно, чтобы эта цифра достигала хотя бы 4). Средняя интенсивность космических лучей периода 21—23 марта 1991 г. принята за 100%.

Параметры, характеризующие эффекты Форбуша, — показатель γ и мощность α энергетического спектра вариации типа $\delta D(R)/D(R) = \alpha \cdot R^{-\gamma}$ и изменение порога жесткости обрезания ΔR_c (Бв) определяются в результате решения спектрографической системы из 3 уравнений для нейтронной (N) и мезонной компоненты вертикального (V) и наклонного (A) направлений:

$$I_i = -R_c \cdot W_i + a \cdot f_i(\gamma),$$

где $i = N, V, A$. Алгебраическая система (2) является нелинейной и решается методом подбора γ с шагом 0,01. На рис. 2 приводятся временные изменения энергетического спектра γ эффекта Форбуша космических лучей. Из этого рисунка видно, что энергетический спектр

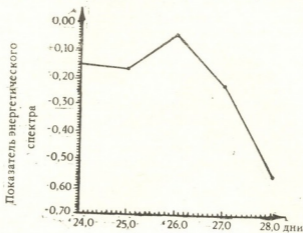


Рис. 2

является очень жестким ($\gamma = -0,162$) в минимуме эффекта Форбуша космических лучей, что встречается крайне редко. По нашему мнению, это должно быть связано с особенностями распределения магнитных неоднородностей солнечного ветра в полости ударной волны, ответственной за эффект Форбуша космических лучей; в частности, если коэффициент диффузии определять по [5], $\alpha \propto f^{\nu-2}$ (где f — частота магнитных неоднородностей в области полости ударной волны, а ν — показатель), тогда $\nu \sim 1,5 \div 1,7$. Последнее указывает на то, что в области частот $f = 2 \cdot 10^{-5} \div 4 \cdot 10^{-6}$ Гц преобладают крупные магнитные неоднородности солнечного ветра, ответственные за жесткий энергетический спектр эффекта Форбуша космических лучей. Очевидно, ударная волна, образованная после мощной хромосферной вспышки на Солнце (22 III 0^h00^m 1991 г.) закончила свое формирование до достижения орбиты Земли [6].

Академия наук Грузии
Институт геофизики

(Поступило 24.4.1992)

გეოფიზიკა

გ. ვანიშვილი

კოსმოსური სხივების ფორბუშის ეფექტის თავისებურებანი
(24—28 მარტი 1991)

რეზიუმე

1991 24—28 მარტის პერიოდის კოსმოსური სხივების ფორბუშ-ეფექტი გამოკვლეულია ქ. თბილისის კოსმოსური სხივების სადგურის მონაცემების საფუძველზე. ნაჩვენებია, რომ კოსმოსური სხივების ფორბუშის ეფექტის ენერ-



გეტიკული სპექტრი არის ხისტი, როგორც ინტენსივობის მინიმუმის დროს, ისე აღდგენისას. გაკეთებულია დასკვნა, რომ კოსმოსური სხივების ბუშ-ეფექტის გამომწვევმა დარტყმითმა ტალღამ, რომელიც წარმოიქმნა პლანეტათაშორის სივრცეში მზის ქრომოსფერული ძლიერი აფეთქების შედეგად, დაასრულა თავისი დინამიური განვითარება დედამიწის ორბიტამდე მიღწევამდე.

G E O P H Y S I C S

G. VANISHVILI

THE FEATURES OF THE COSMIC RAYS FORBUSH-EFFECT
OF 24—28 MARCH 1991

Summary

The features of the cosmic rays Forbush-effect for the period of 24-28 March 1991 are investigated by using the data of Tbilisi cosmic rays station. It is shown that the energetic spectrum of cosmic rays Forbush-effect is hard in the minimum of intensity and during its recovery period. It is concluded that shock wave, which is responsible for the Forbush-effect and is created in the interplanetary space by powerfull burst of Solar Chromosphere, ended its dymamical development before reaching the Earth orbit.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Л. И. Дорман. Геомагнетизм и аэрономия, XVII, 3, 1977.
2. Л. И. Дорман. Метеорологические эффекты космических лучей. М., 1972.
3. М. В. Алания, Л. Х. Шаташвили. Квазипериодические вариации космических лучей. Тбилиси, 1974.
4. M. V. Alania, T. S. Vasradze, T. B. Bochorishvili, D. P. Bochikashvili, M. A. Despotashvili, N. A. Nachkebia. Proc 19-th ICRC La Jolla, USA, vol 5, 1985, pp. 285—288.
5. J. R. Jokipii. «Propagation of Cosmic Rays in the Solar Wind», Reviews of Geophysics and Space Physics, Vol. 9. No. 1, February 1971.
6. M. V. Alania, D. P. Bochikashvili. «On the Nature of cosmic Ray Forbush Effect» 18-th ICRC, Bangalore, India, August 22 to September 3, 1983.



ა. ზველაშვილი, მ. მიმინოშვილი, ა. სოხოლავეი, თ. მარდოსანიძე,
 ლ. ბერიძე, ო. ზაბრიჩიძე

**Ni(eta)₃(NO)₃(CH₃COO) 0,5 H₂O კრისტალების სინთეზი და
 რენტგენოსტრუქტურული გამოკვლევა**

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ცინცაძემ 3.3.1992)

ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტის კომპლექსნაერთთა ლაბორატორიის თემატიკაში ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია გარდამავალი ლითონების შერეულ აციდოლიგანდებიანი კომპლექსნაერთების კვლევას როგორც კოორდინირებული ლიგანდის კონფორმაციის ცვლილების, ასევე საკოორდინაციო სფეროში ლიგანდთა ურთიერთგავლენას შესწავლის მიზნით. ამ კვლევების შედეგად დღემდე ვერ მოხერხდა $MAn(NO_3)_3 \cdot mH_2O$ სტექიომეტრიული შედგენილობის კომპლექსების მიღება (M გარდამავალი ლითონია, A—ციკლის წარმომქმნელი ლიგანდი, X—აციდო იონი). რენტგენოსტრუქტურულმა გამოკვლევებმა გვიჩვენეს, რომ კომპლექსები ნიტრატ და პერქლორატ, ნიტრატ და იოდო იონები მიიღებიან მხოლოდ სტატისტიკური ჩანაცვლებით და რიგ შემთხვევებში ამ იონების სტატისტიკური მოუწყსრიგებლობით [1,2]. სამწუხაროდ, ჩვენს ხელთ არსებულ ლიტერატურაში არ მოიძებნება ანალოგიური შედგენილობის ნაერთთა სტრუქტურები. ზემოთ აღნიშნული ფაქტის ასახენლად აუცილებელი ექსპერიმენტული მასალის მოსაგროვებლად ჩვენ მიერ სინთეზირებულ იქნა Ni^{2+} -ის კოორდინაციული ნაერთი ნიტრატ და აცეტატ იონებთან და მონოეთანოლამინთან (eta).

1,245 გ $Ni(CH_3COO)_2 \cdot 4H_2O$ (0,005 მოლი), გახსნილს 20 მლ წყალში დავამატეთ 0,915 $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ (0,005 მოლი), გახსნილი 20 მლ წყალში. ნარევეს დავამატეთ 2,44 მლ (0,4 მოლი) მონოეთანოლამინი. მიღებული მუქი ლურჯი ხსნარი ვავფილტრეთ. მეორე დღეს შემღვრეული ხსნარი ხელახლა ვავფილტრეთ. რამდენიმე დღის შემდეგ ფილტრატიდან გამოიყო ლურჯი ფერის უფორმო კრისტალები. ჩატარებული ელემენტარული ანალიზის შედეგად დავადგინეთ ბრუტო ფორმულა: $Ni(eta)_3(CH_3COO)(NO_3) \cdot 0,5 H_2O$.

ნაერთის სრული რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის ჩასატარებლად მიღებული კრისტალებიდან ამოირჩა $0,2 \times 0,2 \times 0,2$ მმ³ ზხოვანი ზომების მქონე ნიმუში მექანიკური ბზარების და შენაზარდების გარეშე. დიფრაქციული მასივი (1855 დამოუკიდებელი რეფლექსი $1 > 3\sigma(1)$ ინტენსივობით) ძვიდეთ „Nicolét R3“ ტიპის ავტოდიფრაქტომეტრის საშუალებით $\theta/2\theta$ სკანირების მეთოდის გამოყენებით MoK_{α} გაუფილტრავი გამოსხივების პირობებში.

კრისტალები მიეკუთვნებიან რომბულ სინგონიას. სივრცითი ჯგუფია $Pnma$, $Z=8$. ელემენტარული უჯრედების პარამეტრებია: $a=14,593(3)\text{Å}$, $b=27,979(6)\text{Å}$, $c=7,925(1)\text{Å}$. მოცულობაა $V=3235(2)\text{Å}^3$. შთანთქმის კოეფიციენტია $\mu=12,46$ სმ⁻¹. რენტგენული სიმკვრივეა $\rho=1513$ კგ/მ³. სტრუქტურა დაზუსტებულია $R=0,029$ არასაიმედობის ფაქტორის მნიშვნელობამდე. ამ ფაქტორის შესაბამისი სტრუქტურის საბაზისო ატომების კოორდინატები და ეკვივალენტური

სითბური პარამეტრები მოყვანილია პირველ ცხრილში. წყალბადის ატომების კოორდინატები წერილში არ მოგვყავს მისი განტვირთვის მიზნით.

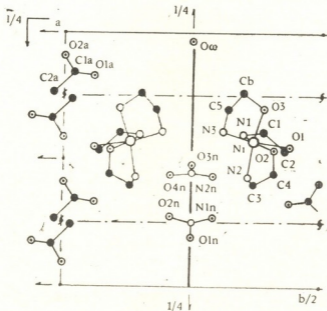
ცხრილი 1

$[Ni(eta)_3](CH_3COO)(NO)_3 \cdot 0,5 H_2O$ ნაერთში მძიმე და ნახევარმძიმე ატომების

კოორდინატები ($\text{Å} \times 10^4$)

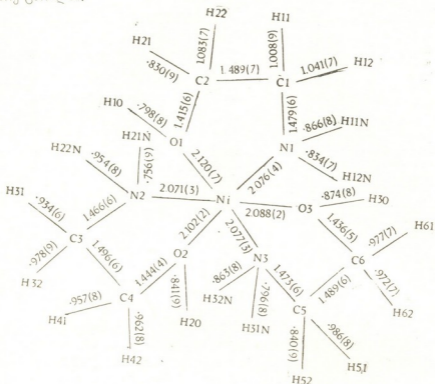
Atom	X/a	Y/b	Z/c	U
Ni	5704(1)	3763(1)	3997(1)	27(1)
O(1)	5529(2)	4417(1)	2684(3)	36(1)
O(2)	5387(2)	4101(1)	6292(3)	31(1)
O(3)	7070(2)	3942(1)	4461(4)	37(1)
N(1)	5949(3)	3521(1)	1562(4)	43(1)
N(2)	4313(2)	3616(1)	4083(5)	37(1)
N(3)	6134(2)	3134(1)	5140(5)	38(1)
C(1)	6126(4)	3941(2)	478(6)	58(2)
C(2)	5467(4)	4327(2)	931(6)	57(2)
C(3)	3983(3)	3703(2)	5802(6)	41(1)
C(4)	4407(2)	4152(1)	6466(6)	37(1)
C(5)	7004(3)	3225(2)	6028(6)	50(1)
C(6)	7593(3)	3529(2)	4934(6)	44(1)
O(1)a	6749(2)	5599(1)	7617(4)	59(1)
O(2)a	5883(2)	4990(1)	6868(4)	42(1)
C(1)a	6638(2)	5166(1)	7347(5)	35(1)
C(2)a	7435(3)	4834(2)	7563(8)	55(2)
O(1)n	8072(3)	7500	7197(6)	82(2)
O(2)n	7293(2)	7117(1)	5402(5)	88(1)
N(1)n	7543(3)	7500	5985(7)	44(2)
O(3)n	5339(4)	7500	7412(7)	83(2)
O(4)n	5600(2)	7118(1)	9698(5)	81(1)
N(2)n	5518(3)	7500	8929(8)	50(2)
O(1) w	5425(3)	7500	3356(7)	56(2)

ნაერთის სტრუქტურა აგებულია $[Ni(eta)_3]^{+2}$ ოქტაედრული კომპლექსური კათიონისაგან, აცეტატ და ნიტრატ ანიონებისაგან და წყლის მოლეკულებისაგან. (სურ. 1). სტრუქტურული ფორმულის სახე). $[Ni(eta)_3](CH_3COO)(NO)_3 \cdot 0,5H_2O$.



სურ. 1. $[Ni(eta)_3](CH_3COO)(NO)_3 \cdot 0,5H_2O$ სტრუქტურის პროექციის ფრაგმენტი XYO სიბრტყეზე

სტრუქტურაში მონოეთანოლამინი კომპლექსწარმოქმნელი მეტალის მართ გამოდის ბიდენტური ციკლური ლიგანდის როლში, და უერთდება ეანგბადისა და ამინოჯგუფის აზოტის ატომების საშუალებით. მეტალი-ლიგანდრი დამახინჯებული ოქტაედრია. კომპლექსური კატიონის დამახასიათებელი სავალენტო მანძილები და კუთხეები მოცემულია მეორე სურათზე და მეორე ცხრილში.



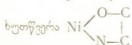
სურ. 2. სავალენტო მანძილები $[Ni(eta)_3](CH_3COO)(NO_3) \cdot 0,5 H_2O$ სტრუქტურის კომპლექსურ კატიონში

ცხრილი 2

$[Ni(eta)_3](CH_3COO)(NO_3) \cdot 0,5 H_2O$ ნაერთში კომპლექსური კატიონის დამახასიათებელი კუთხური პარამეტრები

O(1)—Ni—N(1)	81,1(3)	Ni—N(1)—C(1)	108,1(3)
O(1)—Ni—N(2)	93,9(4)	N(1)—C(1)—C(2)	108,8(4)
O(1)—Ni—N(3)	169,0(3)	C(1)—C(2)—O(1)	109,0(4)
O(1)—Ni—O(2)	90,5(4)	C(2)—O(1)—Ni	109,6(7)
O(1)—Ni—O(3)	86,6(4)	Ni—N(2)—C(3)	108,7(2)
O(2)—Ni—N(1)	171,5(1)	N(2)—C(3)—C(4)	109,2(3)
O(2)—Ni—N(2)	81,1(1)	C(3)—C(4)—O(2)	107,1(3)
O(2)—Ni—N(3)	94,1(1)	C(4)—O(2)—Ni	110,2(2)
O(2)—Ni—O(3)	87,1(1)	Ni—N(3)—C(5)	108,8(2)
O(3)—Ni—N(1)	94,5(1)	N(3)—C(5)—C(6)	108,6(4)
O(3)—Ni—N(2)	167,7(1)	C(5)—C(6)—O(3)	107,8(3)
O(3)—Ni—N(3)	80,7(1)	C(6)—O(3)—Ni	111,1(2)
N(1)—Ni—N(2)	97,7(1)		
N(1)—Ni—N(3)	94,4(1)		
N(2)—Ni—N(3)	96,5(1)		

მონოეთანოლამინის მოლეკულების მიერ მეტალის ატომთან წარმოქმნილი



ციკლები ხასიათდება გოშ-კონფორმაციით. მესამე

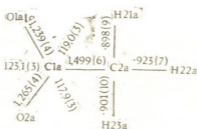
ცხრილში მოცემულია ამ კონფორმაციის დამადასტურებელი ხაზოვანი და სიბრტყიანი პარამეტრები: d1 და d2 მანძილებია მეტალსა და ღონორულ ატომებზე გავალი სიბრტყიდან მის სხვადასხვა მხარეს მდებარე ციკლის ორ დანარჩენ ატომებამდე, α და ω — ორწახანავა კუთხეებია შესაბამისად NiO და NiCC სიბრტყეებსა და NCC და OCC სიბრტყეებს შორის. მესამე ცხრილში მოყვანილი ეს პარამეტრები კარგ თანხვედრაშია ლიტერატურული მონაცემებიდან ცნობილ პარამეტრებთან [3] ანალოგიური კონფორმაციის ხუთწვერა ციკლებისათვის.

ცხრილი 3

$[\text{Ni}(\text{eta})_3](\text{CH}_3\text{COO})(\text{NO}_3) \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ნაერთში მონოთანონის მახასიათებელი გეომეტრიული პარამეტრები

№	d1	d2	α	ω
I	-0,39	0,29	27,28	54,26
II	-0,37	0,32	27,67	54,21
III	-0,39	0,28	27,35	53,27

აცეტატ იონი ნაერთში მისთვის ჩვეული აგებულებითაა [4]. ნახშირბადისა და ჟანგბადის ატომები პრაქტიკულად ერთ სიბრტყეშია მოთავსებული. ნახშირბადის ატომი C(2) C(1)O(1)O(2) სიბრტყიდან დაძრულია მხოლოდ 0,02 Å-ით (სურ. 3).



სურ. 3. აცეტატ იონის მახასიათებელი გეომეტრიული პარამეტრები $[\text{Ni}(\text{eta})_3](\text{CH}_3\text{COO})(\text{NO}_3) \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ სტრუქტურაში

უნდა აღინიშნოს, რომ მოცემულ ნაერთში ნიტრატ-იონი სტატისტიკურად მოუწესრიგებელია.

მთლიანად სტრუქტურა კუნძულებრივ-იონური ტიპისაა.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი

სტრუქტურული გამოკვლევების
რესპუბლიკური ცენტრი



А. Е. ШВЕЛАШВИЛИ, Э. Б. МИМИНОШВИЛИ, А. Н. СОБОЛЕВ,
Т. О. ВАРДОСАНИДЗЕ, Л. А. БЕРИДЗЕ, О. А. ГАБРИЧИДЗЕ

СИНТЕЗ И РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
КРИСТАЛЛОВ СОСТАВА $\text{Ni}(\text{eta})_3(\text{CH}_3\text{COO})(\text{NO}_3) \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$

Резюме

Проведены синтез и рентгеноструктурное исследование полученных монокристаллов комплексного соединения $[\text{Ni}(\text{eta})_3](\text{CH}_3\text{COO})(\text{NO}_3) \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, где eta —моноэтаноламин. Пространственная группа Pnma $Z=8$. Параметры элементарной ячейки: $a=14,593(3)$ А, $b=27,979(6)$ А, $c=7,925(1)$ А.

GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

A. SHVELASHVILI, E. MIMINOSHVILI, A. SOBOLEV, T. VARDOSANIDZE,
L. BERIDZE, O. GABRICHIDZE

SYNTHESIS AND X-RAY STRUCTURE INVESTIGATION OF
 $\text{Ni}(\text{eta})_3(\text{CH}_3\text{COO})(\text{NO}_3) \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ CRYSTALS

Summary

A complex compound $[\text{Ni}(\text{eta})_3](\text{CH}_3\text{COO})(\text{NO}_3) \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ has been synthesized as a single crystal. X-ray structure analysis of the compound was made. Space group is Pnma , $Z=8$. The crystal unit cell dimensions are as follows: $a=14,593(3)$ А, $b=27,979(6)$ А, $c=7,9255(1)$ А.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

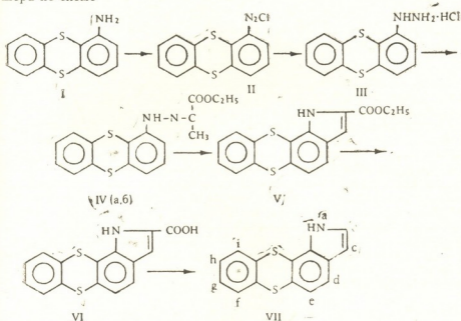
1. А. Е. Швелашвили, Л. Ш. Чарелишвили, Т. О. Вардосанидзе, А. Н. Соболев. Сообщения АН ГССР, 130, № 1, 1988, 89—92.
2. Л. Ш. Чарелишвили, А. Е. Швелашвили, Т. О. Вардосанидзе, А. Н. Соболев. Сообщения АН ГССР, 130, № 1, 1988, 93—96.
3. А. Е. Швелашвили, М. А. Порай-Кошиц. Стереохимия координационных соединений некоторых металлов с циклообразующими аминами. Тбилиси, 1979.
4. А. Уэллс. Структурная неорганическая химия, т. 3. М., 1988.

Т. Е. ХОШТАРИЯ, Н. Т. БОЛКВАДЗЕ, Г. А. ПАЛАВАНДИШВИЛИ,
 Н. З. ЧИЧИНАДЗЕ, Л. Н. КУРКОВСКАЯ, Н. Н. СУВОРОВ

СИНТЕЗ 1Н-ПИРРОЛО(3,2-с)ТИАНТРЕНА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. О. Чивадзе 25.3.1992)

В продолжение исследований тетрациклических пирролосодержащих конденсированных систем нами осуществлен синтез ранее не описанного 1Н-пирроло(3,2-с)тиантрена с использованием реакции Э. Фишера по схеме



В качестве исходного соединения был выбран 1-аминотиантрен, получаемый по методике [1].

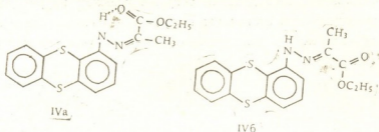
1-Аминотиантрен через соль диазония был превращен в гидрoхлорид соответствующего гидразина (III), который с этиловым эфиром пировиноградной кислоты дает гидразон (IV). При исследовании этого соединения методом ТСХ было установлено, что гидразон (IV) образуется в виде смеси двух геометрических изомеров син-(IVa) и анти-форм (IVб).

Спектры ПМР геометрических изомеров существенно различаются (табл. 1). Сигналы протонов группы NH у син-формы гидразона (IVa) в $CDCl_3$ наблюдаются в более слабом поле (12,5 м. д.), чем соответствующий сигнал анти-изомера (IVб) (8,42 м. д.).

Таблица 1

Соединение	Растворитель	Химические сдвиги, б м д				
		CH ₃	CH ₂ -CH ₃	CH ₂ -CH ₃	NH	JCH ₂ CH ₃ , Гц
IVa	CDCl ₃	2,20	4,38	1,42	12,51	7,26
IVб	CDCl ₃	2,24	4,33	1,39	8,42	7,26

Такое смещение можно объяснить участием протона NH в случае син-конфигурации в сильной внутримолекулярной водородной связи:



Соответствующие изменения, обусловленные образованием внутримолекулярной водородной связи, наблюдаются в ИК- и УФ-спектрах указанных соединений.

При циклизации гидразона (IVa, б) под действием этилового эфира полифосфорной кислоты в условиях реакций Фишера [2] нам удалось выделить и охарактеризовать этиловый эфир 1Н-пирроло (3,2-с)-тиантрен-2-карбоновой кислоты (V), гидролизом которого была получена соответствующая кислота (VI), термическое кедарбоксилирование которой приводит к образованию с 45% -ным выходом незамещенного 1Н-пирроло (3,2-с)тиантрена (VII).

Данные элементного анализа, ПМР-, УФ- и ИК-спектроскопии подтверждают строение всех синтезированных соединений.

Отнесение сигналов в спектрах ПМР (табл. 2) соединений V—VII сделано на основании изменения мультиплетности сигналов индольной части молекулы.

Таблица 2
Параметры спектров ПМР соединений V—VII (в d₆-ацетоне)

Соединение	Химические сдвиги, б. м. д.									J, Гц
	a-H	b-H	c-H	d-H	e-H	f-H	g-H	h-H	i-H	
V	10,85	4,37 1,38 (Et)	7,26	7,67	7,30	7,57	7,35	7,35	7,57	J _{CH₂CH₃} =7,31; J _{ac} =2,20; J _{ac} =2,20; J _{ed} =8,77; I _{ab} =2,56; J _{ac} =1,83; J _{bc} =2,93; J _{ed} =8,41; J _{ad} =0,74
VI	10,77		7,28	7,687	7,35	7,60	7,35	7,35	7,60	
VII	10,55	7,40	6,56	7,57	7,22	7,56	7,3	7,3	7,60	

Контроль за ходом реакции и чистотой соединений проводили на пластинках с закрепленным слоем силикагеля Silufol UV-254, УФ-спектры сняты на спектрофотометре «Specord» (в этаноле) ИК-спект-



ры — на приборе ИКС-22 (в вазелиновом масле), ПМР на спектрометре VP-200-SV Bruker внутренний стандарт-тетраметилсилан.

Тиантренилгидразон этилового эфира пировиноградной кислоты (IV). К смеси 6,93 г (0,03 моль) 1-аминотиантрена в 7,5 мл конц. HCl и 15 мл воды прибавляют по каплям в течение 15 мин при -5° раствор 2,1 г (0,03 моль) NaNO_2 в 10 мл воды. Смесь перемешивают 30 мин при 0° . К полученному раствору соли диазония при $0-5^{\circ}$ медленно прибавляют 13,54 г (0,06 моль) $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в 60 мл конц. HCl и перемешивают еще 3 часа. Выпавший осадок гидрохлорида гидразина (III) отфильтровывают, растворяют в горячей воде, быстро фильтруют, насыщенным раствором ацетата натрия доводят pH фильтрата до 3 и к нему постепенно при перемешивании прибавляют 3,48 г (0,03 моль) этилового эфира пировиноградной кислоты в 4 мл этанола. Желтый осадок гидразона отфильтровывают, промывают водой и сушат. Выход гидразона — 2,89 г (32,6%). Для разделения стереоизомеров гидразон (IV) пропускают через колонку с силикагелем. Первая фракция состоит из син-изомера (IVa). Выход 4,56%, т. пл. $113-115^{\circ}$, Rf 0,75 (Silufol, эфир:гексан 1:2). ИК-спектр: 3600 (NH), 1700 см^{-1} (C=O). УФ-спектр, $\lambda_{\text{max}}(\text{Ige})$: 205 (4,37), 230 (4,18), 250 (4,25), 300 нм (3,85). Найдено: С 59,00; Н 4,33; N 8,01; S 18,44, $\text{C}_{17}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_2\text{S}_2$. Вычислено: С 59,30; Н 4,65; N 8,13%, S 18,60%.

Вторая фракция состоит из анти-изомера (IVб). Выход 27,7%, Rf 0,5 (Silufol, эфир:гексан 1:2). ИК-спектр: 3520 (NH), 1685 см^{-1} (C=O). УФ-спектр, $\lambda_{\text{max}}(\text{Ige})$: 208 (4,78), 230 (4,58), 250 (4,56), 280 нм (4,50). Найдено: С 59; Н 4,61; N 8,3; S 18,40. $\text{C}_{17}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_2\text{S}_2$. Вычислено: С 59,30; Н 4,65; N 8,13; S 18,60;

Этиловый эфир ИH-пирроло(3,2-с)-тиантрена-2-карбоновой кислоты (V). К 20 г эфира полифосфорной кислоты, нагретого до 40° , прибавляют при перемешивании 2 г (0,005 моль) гидразона (IV). После прибавления всего количества гидразона температуру реакционной смеси повышают до 90° , смесь перемешивают при этой температуре 2 ч, охлаждают и выливают в воду. Выпавший осадок отфильтровывают, промывают водой и высушивают. Соединение V очищают на колонке с силикагелем (элюент — эфир:гексан 1:2). Выход 1,18 г (62,5%), т. пл. $135-137^{\circ}$, ИК-спектр: 3280 (NH), 1730 см^{-1} (C=O). УФ-спектр, $\lambda_{\text{max}}(\text{Ige})$: 250 (4,08), 220 (4,18), 235 (4,1), 250 (4,17), 290 нм (9,88). Найдено: С 62,32; Н 3,96; N 4,23; S 19,55; $\text{C}_{17}\text{H}_{13}\text{NO}_2\text{S}_2$. Вычислено: С 62,39; Н 3,98; N 4,28; S 19,57.

ИH-пирроло(3,2-с)тиантрена-2-карбоновая кислота (VI). Смесь 1 г (0,003 моль) эфира V, 45 мл этанола, 60 мл воды и 0,6 г (0,009 моль) KOH кипятят при перемешивании в течение 2 ч. Раствор охлаждают, фильтруют, доводят pH фильтрата до 7—8 разбавленным раствором HCl, отфильтровывают выпавший осадок и подкисляют фильтрат до pH 1. Выпавший продукт отфильтровывают, промывают водой и сушат. Выход кислоты VI 0,7 г (77%), т. пл. 250° (с разл.). ИК-спектр: 3480 (NH), 1690 см^{-1} (C=O). УФ-спектр, $\lambda_{\text{max}}(\text{Ige})$: 202 (4,6); 205 (4,9), 220 (5,15) 272 нм (4,7). Найдено: С 60,20; Н 3,01; N 4,68; S 21,40; $\text{C}_{15}\text{H}_9\text{NO}_2\text{S}_2$. Вычислено: С 60,28; Н 3,20; N 4,80; S 21,03.

ИH-пирроло(3,2-с)тиантрена (VII). Нагревают 1 г (0,003 моль) кислоты VI при $245-265^{\circ}\text{C}$ в токе инертного газа. Соединение VII очищают на колонке, заполненной силикагелем (элюент — эфир:гексан 1:1). Выход 0,38 г (45%), т. пл. $116-118^{\circ}$. ИК-спектр: 3450 см^{-1} (NH), УФ-спектр $\lambda_{\text{max}}(\text{Ige})$: 202 (4,4); 205 (4,66); 210 (4,6);



220 (4,56); 230 (4); 240 (4,39); 245 (4,4); 250 ნმ (4,36). $\text{C}_{14}\text{H}_9\text{NS}_2$. C 65,66; H 3,30; N 5,33; S 24,7. $\text{C}_{14}\text{H}_9\text{NS}_2$. C 65,88; H 3,53; N 5,49; S 25,09.

Грузинский технический университет

(Посупило 26.3.1992)

ორგანული ქიმია

თ. ხოშტარია, ნ. ბოლკვადე, გ. ფალავანდიშვილი, ნ. ჭიჭინაძე
ლ. კურკოვსკაია, ნ. სუვოროვი

1H-პიროლო (3,2-C) თიანთრენის სინთეზი

რეზიუმე

ე. ფიშერის რეაქციის გამოყენებით სინთეზირებულია ახალი ჰეტეროციკლური სისტემა — 1H-პიროლო(3,2C) თიანთრენი. გამოყოფილი და შესწავლილია თიანთრენილპიდრაზონები. 1H-პიროლო (3,2-C) თიანთრენილ-2-კარბონმჟავას ეთილის ეთერი და 1H-პიროლო (3,2-C) თიანთრენილ-2-კარბონმჟავა. მიღებულ ნერთთა აღნაგობა დადგენილია სპექტრული მონაცემების საფუძველზე.

ORGANIC CHEMISTRY

T. KHOSHTARIA, N. BOLKVAZDE, G. PALAVANDISHVILI,
N. CHICHINADZE, L. KURKOVSKAYA, N. SUVOROV

SYNTHESIS OF 1H-PYRROLO (3,2-C) THIANTHRENE

Summary

Using E. Fisher's reaction the new heterocyclic system—1H pyrrolo (3,2-C) thianthrene is obtained.

Thianthren hydrazones, 1H-pyrrolo (3,2-C) thianthren -2-carbonacid ethyl ether and 1H-pyrrolo(3,2-C)thianthren-2-carbonacid are separated and learned.

The structures of prepared and obtained units are determined by special analysis.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. H. Gilman, R. Swayampati. J. Am. chem. Soc. 79, 1957, p. 202—212.
2. V. Kanavka, V. Ban., K. Miyashita. K. Jrie. Vonemitsu O. Chem. Pharm. Bull. Japan, 14, 1966, p. 934.

И. Ш. ЧИКВАИДZE, Н. Ш. ЛОМАДZE, Н. Л. ТАРГАМАДZE,
 Ш. А. САМСОНИЯ, Н. Н. СУВОРОВ

АЦЕТИЛИРОВАНИЕ И НИТРОБЕНЗОИЛИРОВАНИЕ
 2,7-ДИЭТОКСИКАРБОНИЛ-1Н, 6Н-ПИРРОЛО (2, 3-е) ИНДОЛА

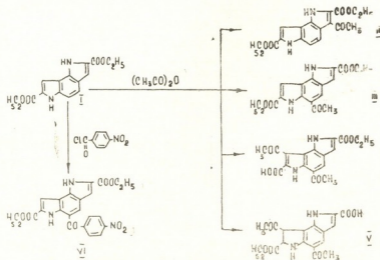
(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. М. Хананашвили 25.3.1992)

Ранее нами было показано [1], что ацелирование 1Н, 6Н-пирроло (2,3-е)индола укусным ангидридом в укусной кислоте протекает с образованием смеси 1,8- и 6,8-диацелипроизводных с невысоким выходом; значительная часть реакционной смеси осмолается. Присутствие катализаторов Фриделя—Крафтса приводит к полному осмолению реакционной смеси.

В этой связи представлялось интересным изучить поведение 2,7-диэтоксикарбонил-1Н,6Н-пирроло (2,3-е)индола (I) в условиях реакции Фриделя—Крафтса, так как введение этоксикарбонильных групп повышает устойчивость гетероцикла, при этом сохраняется несколько реакционных центров [2, 3].

Ацелирование 2,7-диэтоксикарбонил-1Н,6Н-пирроло (2,3-е)индола (I) укусным ангидридом в дихлорэтано в присутствии $AlCl_3$ при кипячении идет в течение 5 ч с образованием смеси моно- и дизацелированных продуктов: 2,7-диэтоксикарбонил-3-ацели-1Н,6Н-пирроло (2, 3-е) индола (II), 2,7-диэтоксикарбонил-5-ацели-1Н, 6Н-пирроло (2,3-е) индола (III), 2-этоксикарбонил-5,8-диацели-7-оксикарбонил-1Н,6Н-пирроло (2,3-е)индола (IV) и 2-оксикарбонил-5,8-диацели-7-этоксикарбонил-1Н,6Н-пирроло (2,3-е)индола (V).

Соотношение соединений II—V в смеси зависит от порядка добавления реагентов. При добавлении раствора $AlCl_3$ в дихлорэтано к



смеси реагентов они образуются с общим выходом 44% в соотношении 5:4:1:1 соответственно. При добавлении исходного диэфира (I) к комплексу Фриделя—Крафтса увеличивается выход продуктов диза-

мещения и соединения II—V образуются в соотношении 4:4:13:8 соответственно. При этом понижение общего выхода продуктов реакции (29%) объясняется осмолением реакционной смеси.

В соединениях IV и V наблюдается гидролиз одной из этокси-группы (по данным ПМР спектров, в положениях 7 и 2 соответственно).

В аналогичных условиях п-нитробензоилирование проходит с образованием только монозамещенного продукта 2,7-диэтоксикарбонил-5-п-нитробензоил-1Н, 6Н-пирроло(2,3-е)индола (VI).

Строение синтезированных соединений подтверждено данными ИК-, УФ-, ПМР- и масс-спектров (табл. 1, 2).

Т а б л и ц а 1
Некоторые физико-химические характеристики соединений II—VI

Соединение	Выход, %	R _f	T _{пл.} °C	Найдено				Брутто-формула	Вычислено			
				%			M+		%			M
				C	H	N			C	H	N	
II	20 (А) 4 (Б)	0,57 (бензол: ацетон, 5:1)	250—251	63,8	5,1	8,7	342	C ₁₈ H ₁₈ N ₂ O ₅	63,1	5,3	8,2	342
III	16(А) 4(Б)	0,56 (бензол: ацетон, 10:1)	218—219	63,9	5,2	8,7	342	C ₁₈ H ₁₈ N ₂ O ₅	63,1	5,3	8,2	342
IV	13(Б) 4(А)	0,48 (бензол: ацетон, 3:2)	295 (с разл.)	60,2	4,9	7,1	356	C ₁₈ H ₁₆ N ₂ O ₆	60,7	4,5	7,9	356
V	8(Б) 4(А)	0,50 (бензол: ацетон, 2:1)	306—307	60,8	4,6	7,8	356	C ₁₈ H ₁₆ N ₂ O ₆	60,7	4,5	7,9	356
VI	52(А)	0,49 (бензол: ацетон, 10:1)	278—279	61,6	4,9	9,1	449	C ₂₉ H ₁₉ N ₃ O ₇	61,5	4,2	9,3	449

Контроль за ходом реакций и чистотой соединений, а также определение R_f проводили на пластинках Silufol UV 254. ИК-спектры сняты на приборе UR-20 в вазелиновом масле, УФ-спектры — на спектрофотометре «Specord» в этаноле, ПМР-спектры — на спектрометре «WP-200-Sy», внутренний стандарт ТМС, масс-спектры — на спектрометре «Ribermag K-10—10-B». Препаративную колоночную хроматографию проводили на силиагеле с размерами частиц 100... 250 мкм.

Ацетилирование 2,7-диэтоксикарбонил-1Н, 6Н-пирроло(2,3-е)индола. Метод А. К раствору 1,35 г (4,5 моль) 2,7-диэтоксикарбонил-1 Н, 6 Н-пирроло(2,3-е)индола (I) в 100 мл 1,2-дихлорэтана добавляют 0,84 мл (9 ммоль) уксусного ангидрида и при охлаждении и перемешивании прикапывают раствор 1,2 г (9 ммоль) AlCl₃ в 40 мл 1,2-дихлорэтана, кипятят 5 ч. Смесь выливают на 100 г льда, подкисляют конц. HCl до pH 1 и фильтруют. Фильтрат экстрагируют хлороформом, сушат над безводным CaCl₂ и отгоняют растворитель. Получают 0,7 г. Смесь продуктов (II—V) делят на колонке. Элюэнт-бензол.

Метод Б. К раствору 1,2 г (9 ммоль) AlCl₃ в 40 мл 1,2-дихлорэтана добавляют 0,84 мл (9 ммоль) уксусного ангидрида и при охлаж-

дени и перемешивании прикапывают раствор 1 г (3,3 ммоль) 2,7-диэтоксикарбонил-1Н,6Н-пирроло(2,3-е)индола (I) в 50 мл 1,2-дихлорэтана, кипятят 5 ч. Обработку реакционной смеси ведут аналогично методу А.

Т а б л и ц а 2

Спектральные данные соединений II—VI

Соединение	ИК-спектр ν , см^{-1}	УФ-спектр, λ_{max} -nm (lg ϵ)	ПМР	
			Химические сдвиги, σ , м.д.	КССВ, I, Гц
II	3290—3310 (NH), 1670 (с=0, сл.эф.), 1650 (с=0)	204,5 (4,37); 250 (4,35); 303,5(4,49); 344(4,27).	a 12,73(1H,c); 7,68(4H,d); 7,30 (5H,d); 12,26(6H,c); 7,65(8H,d); 4,35; 4,42(CH ₂ ,к); 1,36; 1,39 (CH ₃ ,т); 2,63(COCH ₃ ,с)	I _{с,в} =1,83 I _{1,3} =2,19
III	3290—3410 (NH), 1670 (с=0, сл.эф.), 1650 (с=0)	205(4,17); 274(4,35); 295(4,45).	b 11,16(1H,c); 7,45(3H,d); 8,52 (4H,c); 11,78(6H,c); 7,70(8H,d); 4,42; 4,39(CH ₂ ,к); 1,39; 1,41 (CH ₃ ,т); 2,75 (COCH ₃ ,с).	I _{с,в} =2,55 I _{1,3} =2,19
IV	3300 (NH), 1745 (с=0, сл.эф.), 1650 (с=0)	217(4,36);312(4,13); 357(4,03).	a 11,33(1H,c); 7,41(3H,d); 8,47 (4H,c); 11,74(6H,c); 4,40(CH ₂ , к); 1,39(CH ₃ ,т); 2,70; 2,79 (COCH ₃ ,с).	I _{1,3} =1,83
V	3300 (NH), 1745 (с=0, сл.эф.), 1650 (с=0)	204,5 (4,37); 250 (4,35); 312,5(4,18).	a 11,28(1H,c); 7,36(3H,d); 8,42 (4H,c); 11,68(6H,c); 4,40 (CH ₂ ,к); 1,39(CH ₃ ,т); 2,69; 2,78(COCH ₃ ,с).	I _{1,3} =1,83
VI	3310 (NH), 1740 (с=0, сл.эф.), 1710 (с=0)	204,5 (4,28); 270,5 (4,53); 371(4,07)	b 11,16(1H,c); 7,43(3H,ш.с.); 8,16(4H,d); 11,16(6H,c); 7,79 (8H,d); 4,39; 4,45(CH ₂ ,к); 1,37; 1,43(CH ₃ ,т); 8,09(аН,d); 8,48(вН,d).	I _{с,в} =2,2 I _{а,в} =8,77

*Спектры сняты: а—D₆-диметилсульфоксид; б—D₆-ацетон.

2,7-Диэтоксикарбонил-5-п-нитробензоил-1Н,6Н-пирроло(2,3-е)индол(VI). Получают 0,7 г по методу А из 0,9 г (3 ммоль) 2,7-диэтоксикарбонил-1Н,6Н-пирроло(2,3-е)индола (I), 1,6 г (12 ммоль) AlCl₃ и 1,113 г (6 ммоль) п-нитробензоилхлорида.

Тбилисский государственный университет
им. И. А. Джавахишвили

(Поступило 27.3.1992)

ორგანული ქიმია

О. ჩიკვაძე, Б. ლომაძე, Б. თარგამაძე, შ. საგუნია, ნ. სუვროვი

2,7-დიეთოქსიკარბონილ-1Н, 6Н-პიროლო (2,3-ე) ინდოლის
აცეტილირება და პ-ნიტრობენზოილირება

რეზიუმე

შესწავლილია 2,7-დიეთოქსიკარბონილ-1Н, 6Н-პიროლო (2,3-ე) ინდოლის აცილირება ფრიდელ-კრაფტსის მიხედვით. ძირის ანჰიდრიდით აცეტილი-



რების შემთხვევაში მიიღება პიროლისა და ბენზოლის ბირთვებში მონონაცვადიანაცვლების პროდუქტები; შესწავლილია პირობები, რომლებშიც განსასტრავენ რეაქციის მიმართულებას. პ-ნიტრობენზოილქლორიდით აცილირება კი მიმდინარეობს ცალსახად, ბენზოლის ბირთვის მეხუთე მდგომარეობაში.

ORGANIC CHEMISTRY

I. CHIKVAIDZE, N. LOMADZE, N. TARGAMADZE,
Sh. SAMSONYA, N. SUVOROV

THE ACETYLATION AND p-NITROBENZOYLATION OF 2,7-DIETHOXYCARBONYL-1H, 6H-PYRROLO (2,3-e) INDOLE

Summary

The Friedel-Crafts acylation of 2,7-diethoxycarbonyl-1H, 6H-pyrrolo (2,3-e) indole has been studied. The products of pyrrol and benzene rings mono- and disubstitution were obtained in case of acetic anhydride. The conditions, determining the course of the reaction have been studied. The substitution at the 5-position of the benzene moiety occurs selectively in case of p-nitrobenzoyl chloride.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Ш. А. Самсония, Н. Л. Таргамадзе, Л. Н. Куржовская, Д. А. Кереселидзе, Н. Н. Суворов. ХГС, № 5, 1980, 639—644.
2. Н. Л. Таргамадзе, Ш. А. Самсония, Н. Н. Суворов. Сообщения АН ГССР, 96, № 1, 1979, 89—92.
3. Н. Л. Таргамадзе. Автореферат канд. дисс. Тбилиси, 1980, 62—70.

М. К. ГАДЖИЕВ, Н. М. НЕБИЕРИДЗЕ, М. В. БЛУАШВИЛИ

О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ АЛКАНТИОЛОВ С АЛЛИЛОВЫМ СПИРТОМ В ПРИСУТСТВИИ СИНТЕТИЧЕСКОГО АЛЮМОСИЛИКАТА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. О. Чивадзе 21.5.1992)

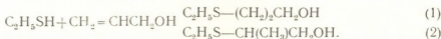
В работе японских исследователей за 1939 год приведены данные о присоединении этантиола к аллиловому спирту и показано, что реагенты взаимодействуют в присутствии $Hg(SCH_3)_2$, солнечного света и кислорода аномально — выход сульфида на свету в присутствии соли составил 93%, а в присутствии кислорода — 22%. При освещении без промоторов реакция не протекала [1].

Разработан способ получения меркаптопропанола взаимодействием алкантиолов, содержащих от двух до восьми атомов углерода, с аллиловым спиртом в присутствии азодиизобутиронитрила в качестве катализатора [2, 3].

Тиопропанола синтезированы под действием УФ-облучения на смесь тиолов и аллилового спирта в закрытом реакторе в течение 2 часов при 60°C [4].

Присоединение этантиола к аллиловому спирту осуществлено при 120°C в течение 67 часов в присутствии серы. Показано, что основным продуктом реакции является этил-2-гидроксизопропилсульфид, выход которого составил 59,0% [5].

Нами обнаружено [6], что этантиол присоединяется к аллиловому спирту уже при 20°C экзотермично на воздухе, без дополнительного использования специально приготовленных инициаторов с образованием в основном 3-гидокси(пропилтио)этана и в малом количестве 2-этилтиопропанола-1 по схеме



Согласно полученным результатам, реакция протекает по свободнорадикальному механизму. По всей вероятности, инициатором этой реакции является кислород воздуха или трудно устранимая перекись, всегда присутствующая в небольших количествах. В среде аргона тиол с аллиловым спиртом при 20°C не реагирует, добавление серы направляет указанную реакцию в сторону образования 2-этилтиопропанола-1.

В работе [7] приведены результаты термического взаимодействия этантиола с аллиловым спиртом в проточной системе, в газовой фазе, в присутствии осколков стекла. При 150°C, мольном соотношении C_2H_6S/C_3H_6O , равном 1:2, объемной скорости 0,5 час⁻¹ по смеси выход 3-гидроксипропилэтилсульфида на прореагировавший этантиол составил 97,1% мас., а от теории — до 71% мас. Интерес к синтезу 3-гидроксипропилалкилсульфидов из алкантиолов и аллилового спирта обусловлен возможностью их использования в качестве промежуточных и основных продуктов в органическом и нефтехимическом синтезе. Например, 3-гидокси(пропилтио)этил-, бутил-, амил-, гептил-, фенил- и бензилы, полученные УФ-облучением смеси соответствующих



тиолов и аллилового спирта, использованы в реакции винилирования [8].

Нами опубликованы работы по дегидратации 3-гидроксипропилалкилсульфидов в соответствующие серосодержащие симметричные и смешанные эфиры [9, 10].

В продолжение исследований по синтезу диорганилсульфидов на основе низкомолекулярных тиолов (C_2-C_5) в этой работе представлены результаты взаимодействия алкантиолов с аллиловым спиртом в присутствии синтетического алюмосиликата (СА) в проточной системе, в газовой фазе.

Благодаря наличию этиленовой и гидроксильной групп в молекуле, аллиловый спирт может взаимодействовать с алкантиолами в присутствии СА по двойной связи или по гидроксильной группе.

Проведенное исследование показало, что совместная дегидратация алкантиолов и аллилового спирта не имеет места в принятых условиях и в целом реакция протекает с количественным выходом 3-гидроксипропилтиоалкана.

Таблица 1

а) Влияние температуры опыта на реакцию этантиола с аллиловым спиртом (объемная скорость 1,0 час⁻¹, $C_2H_6S/C_3H_6O=1:1$)

Т опыта, °С	Выход катализата, % мас.	Конверсия этантиола, %, мас.	Выход продуктов реакции, % мас. на про- реагировавший этантиол от теории		
			3-гидрокси- (про- пилтио)-этан	2-(этилтио)-про- панол-1	смола
160	96,4	72,3	89,4/70,2	9,9/4,8	0,7/0,2
180	95,5	77,7	90,6/76,2	8,2/4,2	1,2/0,4
200	94,3	83,8	91,4/81,2	7,1/3,4	1,5/0,5
220	93,7	87,3	92,0/85,0	5,3/2,9	2,5/0,8
240	92,5	90,4	92,1/88,4	4,5/2,3	3,4/1,2
260	91,8	91,0	92,3/87,0	3,8/2,2	3,9/2,8
280	90,0	92,0	92,4/86,0	3,2/2,1	4,4/4,5

б) Влияние объемной скорости на реакцию этантиола с аллиловым спиртом ($t=240^\circ\text{C}$, $C_2H_6S/C_3H_6O=1:1$)

0,5	90,6	91,5	92,0/87,1	4,1/2,2	3,5/3,6
1,0	93,9	90,4	92,1/88,4	4,5/2,3	3,4/1,2
1,5	94,9	87,8	90,8/86,2	6,2/3,4	3,0/0,7
2,0	95,2	82,4	89,5/80,6	8,0/4,6	2,5/0,5

в) Влияние мольного соотношения реагентов на реакцию этантиола с аллиловым спиртом ($t=240^\circ\text{C}$, $v=1,0$ час⁻¹)

0,5 : 1	92,1	83,3	88,8/79,4	7,1/5,2	4,1/2,0
1 : 1	93,9	90,4	92,1/88,4	6,5/2,3	3,2/1,2
1,5 : 1	96,2	90,0	93,3/90,1	4,7/1,8	2,2/0,5
2 : 1	97,0	84,1	96,6/85,5	2,8/0,5	1,6/0,4

В табл. 1,а представлены результаты взаимодействия этантиола с аллиловым спиртом в интервале температуры 160—280°C, при по-

стоянной объемной скорости $1,0 \text{ час}^{-1}$ по смеси и мольном соотношении $\text{C}_2\text{H}_6\text{S}/\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$, равном 1:1. Как видно из этой таблицы, с повышением температуры опыта до 240°C наблюдается увеличение количества 3-гидрокси(пропилтио)-этана, выход которого на прореагировавший этантиол составил 92,1% мас., а от теории — 88,4% мас. Дальнейшее повышение температуры процесса понижало выход сульфида и увеличивало смолообразование.

Результаты изучения влияния объемной скорости по смеси ($0,5$ — $2,0 \text{ час}^{-1}$) при 240°C и прежнем мольном соотношении реагентов показали (табл. 1,б), что понижение или повышение скорости подачи сырья ниже и выше объемной скорости $1,0 \text{ час}^{-1}$ не способствовало повышению выхода 3-гидрокси(пропилтио)этана.

Изменение мольного соотношения реагирующих компонентов ($\text{C}_2\text{H}_6\text{S}/\text{C}_3\text{H}_6\text{O}=0,5:1$ — $2:1$) при 240°C и объемной скорости $1,0 \text{ час}^{-1}$ (табл. 1,в) повысило выход 3-гидрокси(пропилтио)этана на прореагировавший этантиол до 93,3% мас., а от теории — до 90,1% мас. при $\text{C}_2\text{H}_6\text{S}/\text{C}_3\text{H}_6\text{O}=1,5:1$.

На основании полученных результатов за оптимальные параметры взаимодействия этантиола с аллиловым спиртом с целью получения 3-гидрокси(пропилтио)этана приняты 240°C , объемная скорость $1,0 \text{ час}^{-1}$ и мольное соотношение $\text{C}_2\text{H}_6\text{S}/\text{C}_3\text{H}_6\text{O}=1,5:1$.

Таблица 2

Влияние длины углеводородного радикала алкантиола на выход 3-гидрокси (пропилтио)-алканов при $t=240^\circ\text{C}$, $v=1,0 \text{ час}^{-1}$ и $\text{C}_2\text{H}_6\text{S}/\text{C}_3\text{H}_6\text{O}=1,5:1$

Реагент	Выход катализата, % мас.	Конверсия тиола, % мас.	Выход продуктов реакции, % мас. на прореагировавший тиол от теории		
			3-гидроксипропилтиосульфида	2-алкилтиопропанол-1	смола
Этантиол	96,2	90,0	93,3/90,1	4,7/1,8	2,2/0,5
n-Пропантиол	93,5	88,4	90,2/80,4	3,9/2,0	4,9/3,5
n-Бутантиол	92,4	85,5	88,4/75,5	3,2/1,8	8,4/5,4
n-Пентантиол	90,8	83,4	85,5/69,3	2,8/1,2	11,7/6,2

При указанных оптимальных параметрах осуществлено взаимодействие 1-пропан-, бутан- и амилтиолов с аллиловым спиртом (табл. 2) с целью выяснения влияния длины углеводородного радикала алкантиола на выход 3-гидрокси(пропилтио)алканов. Табл. 2 показывает, что с увеличением длины углеводородного радикала тиола выход целевых продуктов уменьшается.

В табл. 3 приведены данные физико-химических характеристик синтезированных диорганисульфидов в сравнении с литературными данными.

Характеристика синтезированных диганосульфидов

R	T кип., °C (P, мм рт. ст.)	d_4^{20}	n_D^{20}	MR _D		Найдено, % мас.			Эмпирическая формула	Вычислено, % мас.		
				найдено	вычислено	C	H	S		C	H	S
C ₂ H ₅ -(1)	96—97 (11,5)	0,9899	1,4862	34,87	34,88	49,96	10,00	26,88	C ₂ H ₁₂ O	49,95	10,07	26,67
C ₃ H ₇ -(2)	62—63 (1)	0,9721	1,4829	39,42	39,56	53,76	10,49	23,83	C ₃ H ₁₄ O	53,69	10,51	23,89
C ₄ H ₉ -(3)	79—80 (1)	0,9559	1,4796	44,05	44,12	56,59	10,82	21,60	C ₄ H ₁₆ O	56,70	10,88	21,63
C ₆ H ₁₃ -(4)	206—208 (6)	0,9171	1,4821	48,86	48,73	59,23	11,22	19,73	C ₆ H ₁₈ O	59,20	11,18	19,76

Литературные данные: 1) [8] T кип. 96°C (12 мм), d_4^{20} —0,9901, n_D^{20} —1,4860,
 2) " T кип. 62°C (1 мм), d_4^{20} —0,9719, n_D^{20} —1,4820,
 3) " T кип. 79°C (1 мм), d_4^{20} —0,9549, n_D^{20} —1,4800,
 4) " T кип. 107°C (6 мм), d_4^{20} —0,9473, n_D^{20} —1,4820.

მ. ბაჯიევი, ნ. ნებირიძე, მ. ბლუაშვილი

ალკანთიოლების ურთიერთქმედება ალილის სპირტთან სინთეზური ალუმოსილიკატის თანაობისას

რეზიუმე

შესწავლილია C_2-C_5 რიგის ალკანთიოლების ურთიერთქმედება ალილის სპირტთან სინთეზური ალუმოსილიკატის თანაობისას გამტარ სისტემაში.

მოყვანილია სხვადასხვა პარამეტრების (ტემპერატურა, მოცულობითი სიჩქარე, მოლური შეფარდება) გავლენა სამიზნო სულფიდების გამოსავლიანობაზე.

დადგენილია მიღებული ნაერთების ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები და რეაქციის მიმდინარეობის ძირითადი მიმართულება.

ORGANIC CHEMISTRY

M. GAJIEV, N. NEBIERIDZE, M. BLUASHVILI

THE INTERACTION OF ALKANETHIOLS WITH ALLYL ALCOHOL IN THE PRESENCE OF SYNTHETIC ALUMINOSILICATE

Summary

The interaction of alkanethiols of C_2-C_5 series with allyl alcohol in the presence of synthetic aluminosilicate in the flowing system has been studied.

The influence of different parameters (temperature, volume rate, molar ratio) on the yield of the resultant sulphides is studied. The physical and chemical indices of the obtained compounds as well as the main direction of the reaction course have been established.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Е. Н. Прилежаева, М. Ф. Шостаковский. УХ, 32, 8, 1963, 897—947.
2. Пат. США 3211795, 1965. РЖХим 22Н69П, 1966.
3. Пат. Япония 46-19507, 1976. РЖХим 11Н99П, 1977.
4. Пат. Япония 4755, 1962, РЖХим 17Н85П, 1964.
5. R. C. Fuson, C. C. Price, D. M. Burness. J. Org. Chem., 1946, 11, 2, p. 475—481.
6. М. К. Гаджиев, Х. И. Арешидзе, Д. Д. Гоголадзе. ЖорХ, 16, 1980, 888.
7. М. К. Гаджиев, Х. И. Арешидзе, Д. Д. Гоголадзе. Сообщения АН ГССР, 95, № 1, 1979, 94—97.
8. М. Ф. Шостаковский, Н. В. Комаров, З. И. Михайлов, Т. И. Колосницына. ЖорХ, 6, 2, 1970, 233—237.
9. М. К. Гаджиев. Тез. докл. XVII Всесоюз. конф. по химии и химической технологии органических соединений серы. Тбилиси, 1989, 111.
10. М. К. Гаджиев. Синтез некоторых диорганисульфидов на основе алкантиолов и их превращения. Препринт. Тбилиси, 1990, 12.

ბ. აღნაზვილი, ბ. კორასოვი

ოქროს (III) ამოწვილების ტიპოლოგიური რეჟიმის მოდელირება რკინის შემცველი კაპების გადამუშავებით მიღებული მარილშავა ხსნარებიდან

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა თ. ანდრონიკაშვილმა 19.3.1992)

რკინის შემცველი კეკების მარილშავა არეში გახსნისას კეკის შემადგენელ ძირითად კომპონენტთან — რკინასთან ერთად ხსნარში გადადიან სხვა კომპონენტებიც, მათ შორის ოქრო და ვერცხლიც.

ოქროს (III) ამოწვილის მიზნით, შესწავლილ იქნა მისი ექსტრაქციული კანონზომიერებანი სისტემაში: $Ti\Phi-HCl$ ($Ti\Phi$ -ტრიიზომილფოსფატი ჩვენ მიერ რეკომენდებულია რკინის (III) ექსტრაქციისათვის).

შრომში მოცემულია ოქროს (III) ამოწვილის ტექნოლოგიური პროცესის მოდელირება, რკინის შემცველი კეკების გადამუშავებისას მიღებული მარილშავა ხსნარებიდან. მიკრორაოდენობით ოქროს (III) განაწილების კოეფიციენტი 0,1—2,5 M მარილშავა ხსნარებიდან, როდესაც რკინაც (III) მიკრორაოდენობითაა, აღემატება 4,10⁴. მაგრამ ოქროს (III) განაწილების კოეფიციენტი რკინის (III) კონცენტრაციის გაზრდისას მნიშვნელოვნად მცირდება (ცხრ. 1), რაც იწვევს სისტემის სელექტიურობის შემცირებას.

ცხრილი 1

ოქროს (III) და რკინის (III) განაწილების და დაყოფის კოეფიციენტები რკინის (III) სხვადასხვა კონცენტრაციისას (ექსტრაგენტი—100%-იანი $Ti\Phi$, მარილშავას წონასწორული კონცენტრაცია—1,5 და 2,0 M)

რკინის (III) კონცენტრაცია საწყის წყალფაზაში, გ/ლ	მარილშავას წონასწორული კონცენტრაცია წყალფაზაში 1,5 M			მარილშავას წონასწორული კონცენტრაცია წყალფაზაში 2,0 M		
	D _{Fe (III)}	D _{Au(III)}	B _{Au/Fe}	D _{Fe (III)}	D _{Au (III)}	B _{Au/Fe}
10	2,20	10500	4772	6,73	7100	1055
20	1,38	3070	2225	3,82	2480	650
30	1,12	2000	1786	2,35	1300	553
40	0,85	1100	1294	1,55	700	452
50	0,73	705	966	1,10	450	412
60	0,68	350	515	0,95	220	232
75	0,59	139	236	0,77	85	110
100	0,52	48	92	9,56	30	53
125	0,46	4,6	10	0,50	3	6

ამიტომ საჭირო გახდა ოქროს (III) ექსტრაქციის შესწავლა უშუალოდ რკინის შემცველი ხსნარებიდან $Ti\Phi$ -ით მისი გაჯერებისას. ცდის შედეგები მოყვანილია 2 ცხრილში. ოქროს (III) განაწილების კოეფიციენტი რკინით (III) $Ti\Phi$ -ის გაჯერებისას თითქმის 10-ჯერ მცირდება, მაგრამ ამ დროს მე-5 კონტაქტის შედეგადაც კი ოქროსა (III) და რკინის (III) დაყოფის კოეფიციენტი 50-ზე მეტია.

ამ ექსპერიმენტის დროს ექსტრაგენტი თადათანობით ჯერდებოდა არაქმად შემცველი კეკების გადამუშავებით მიღებული მარილმყავას ხსნარით.

ცხრილი 2

Au (III) და Fe (III) განაწილების კოეფიციენტები, 100%-იანი TiAΦ-ით მათი ექსტრაქციისას, რკინის შემცველი კეკების მარილმყავათი დაშლის შედეგად მიღებული ხსნარიდან

ორგანული ფაზის გაჯერების თანმიმდევრობითი ნომერი	ოქროს (III) განაწილება			რკინის (III) განაწილება			Au (III) და Fe (III) დაყოფის კოეფიციენტები
	წყალ-ფაზაში, გ/ლ	ორგანულ ფაზაში, გ/ლ	Au (III) განაწილების კოეფიციენტი	წყალ-ფაზაში, გ/ლ	ორგანულ ფაზაში, გ/ლ	Fe (III) განაწილების კოეფიციენტი	
საწყისი ხსნარი	4,3	—	—	95,7	—	—	—
1	0,02	4,28	244	53,5	41,3	0,77	317
2	0,08	8,50	112	82,3	47,5	0,58	142
3	0,19	12,99	68	90,7	51,1	0,56	121
4	0,44	16,99	37	92,5	52,8	0,57	65
5	0,70	20,41	29	95,1	54,0	0,56	52

ოქროს (III) და რკინის (III) განაწილების კოეფიციენტების განსაზღვრისათვის გამოყენებულ იქნა რადიოაქტიური იზოტოპები — ^{198}Au და ^{59}Fe . ორგანული ფაზიდან ლითონთა რეექსტრაქცია ძალიან ხშირად მალმიტირებელი სტადიაა. An (III) და Fe (III) ამოწვილისათვის TiAΦ-ის გამოყენებისას, რკინის (III) რეექსტრაქცია ადვილად მიიღწევა სუსტი მჟავა ან ნეიტრალური ხსნარით. ოქრო (III) ამ დროს მთლიანად რჩება ორგანულ ფაზაში და არ რეექსტრაგირდება. ოქროს (III) და რკინის (III) განაწილების კოეფიციენტებს შორის სხვაობა საშუალებას იძლევა, რომ მოვახდინოთ მათი დაყოფა რეექსტრაქციის სტადიაზე. ამის შესაძლებლად გამოყენებულ იქნა წინა ცდაში მიღებული გაჯერებული ორგანული ფაზა. ექსტრაქტის ერთი ნაწილი შეიცავდა რადიოაქტიურ იზოტოპს — ^{59}Fe , ხოლო მეორე — რადიოაქტიურ იზოტოპს — ^{198}Au . რეექსტრაქციისათვის გამოყენებულ იქნა 0,1 M HCl. ექსპერიმენტის შედეგები მოცემულია 3 ცხრილში. რკინა (III) 0,1 M HCl-თან

ცხრილი 3

Au (III) და Fe (III) განაწილების და დაყოფის კოეფიციენტები 0,1 M HCl-ით მათი რეექსტრაქციისას TiAΦ-დან (რკინის (III) კონცენტრაცია ექსტრაქტში 54 გ/ლ; $\text{Au}^{3+}=20,4$ მგ/ლ)

რეექსტრაქციის ნომერი	რკინის (III) განაწილება			ოქროს (III) განაწილება			Au (III) და Fe (III) დაყოფის კოეფიციენტები
	წყალ-ფაზაში, გ/ლ	ორგანულ ფაზაში, გ/ლ	Fe (III) განაწილების კოეფიციენტი	წყალ-ფაზაში, გ/ლ	ორგანულ ფაზაში, გ/ლ	Fu (III) განაწილების კოეფიციენტი	
1	34,6	19,4	0,56	~0,025	20,37	~ 800	~ 1429
2	14,7	4,7	0,32	~0,026	20,34	~ 785	~ 2453
3	4,4	0,2	0,05	~0,025	20,31	~ 797	~ 15940
4	0,2	0,002	0,01	~0,025	20,28	~ 806	~ 80600

ოთხი კონტაქტის შედეგად მთლიანად გადადის რეექსტრაქტში, ოქრო (III) კითიქმის სრულად რჩება ორგანულ ფაზაში (ჯამური დანაკარგი ამ დროს არ აღემატება ოქროს (III) საწყისი შემცველობის 0,6%-ს).



რეექსტრაციის საფეხურზე ოქროს (III) და რკინის (III) კომპლექსების მდგრადობის სებურებები გამოწვეულია მათი ქლორიდული კომპლექსების მდგრადობის განსხვავებით. ვინაიდან $[AuCl_4]^-$ -ის მდგრადობა უფრო დიდია, ვიდრე $FeCl_4^-$ -ის ($[AuCl_4]^-$ დომინირებს ძლიერ განხვევულ მჟავა ხსნარებში), ამიტომ ოქროს (III) ორგანული ფაზიდან წყალფაზაში გადასაცემად საჭიროა მისი შეზოქვა ისეთი კომპლექსის სახით, რომლის მდგრადობაც აღემატება $[AuCl_4]^-$ -ანიონის მდგრადობას. ეს აღვილად მიიღწევა რეექსტრაგენტად ამიაკის გამოყენებისას.

ოქროს (III) რეექსტრაციის პროცესის შესასწავლად მოვამზადეთ ორგანული ფაზა, რომელშიც ოქროს (III) შემცველობა 4,1 მლ/ლ, ხოლო HCl —0,03M.

რეექსტრაცია შევისწავლეთ 0,01—3,0 M ამიაკის ხსნარით. შედეგები მოცემულია 4 ცხრილში. როგორც ჩანს, $Au(III)$ განაწილების კოეფიციენტის შემ-

ცხრილი 4

ოქროს (III) განაწილების კოეფიციენტები $TiA\Phi$ -დან ამიაკით მისი რეექსტრაციისას

ამიაკის კონცენტრაცია, M	0,01	0,05	0,10	0,20	0,30	0,50	1,0	2,0	3,0
$Au(III)$ შემცველობა ორგანულ ფაზაში, მგ/ლ	4,09	3,81	0,99	0,87	0,77	0,71	0,65	0,59	0,63
$Au(III)$ შემცველობა წყალფაზაში, მგ/ლ	0,01	0,29	3,11	3,32	3,33	3,33	3,45	3,50	3,47
$Au(III)$ განაწილების კოეფიციენტი	620	13	0,32	0,27	0,23	0,21	0,19	0,17	0,18

ცირებას ადგილი აქვს იმ შემთხვევაში, როდესაც ორგანულ ფაზაში არსებული მარილმჟავა განეიტრალდება ამიაკით და იგი პრაქტიკულად აღარ იცვლება რეექსტრაგენტად 0,3 M-ზე მაღალი კონცენტრაციის ამიაკის გამოყენებისას. ამ დროს ოქროს (III) რეექსტრაცია მიიღწევა რამდენიმე საფეხურზე. $Au(III)$ რეექსტრაციისას უპირატესობა აქვს განხვევულ ექსტრაგენტს, რადგანაც რკინის (III) განაწილების კოეფიციენტი 80%-იანი $TiA\Phi$ -ის გამოყენებისას უფრო დაბალია, ვიდრე 100%-იანი $TiA\Phi$ -ის გამოყენებისას.

ოქრო (III) ამ დროს პრაქტიკულად არ გადადის რეექსტრატში. $Au(III)$ განაწილების კოეფიციენტი, რაფინატში და რეექსტრატში 15—20 გ/ლ რკინის შემცველობისას 2500—5000-ის ფარგლებშია. განაწილების კოეფიციენტების ასეთი მნიშვნელობა საშუალებას გვაძლევს, არა მარტო სრულად მოვახდინოთ ოქროს (III) გადაყვანა ექსტრატში, არამედ განვახორციელოთ მისი 20—30-ჯერ კონცენტრირება.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
პ. მელიქიშვილის სახ. ფიზიკური და
ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი

რუსეთის მეცნიერებათა აკადემია
ფიზიკური ქიმიის ინსტიტუტი

Г. Р. АГНИАШВИЛИ, Г. В. КОРПУСОВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА
ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА (III) ИЗ СОЛЯНОКИСЛЫХ
РАСТВОРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ
ЖЕЛЕЗИСТЫХ КЕКОВ

Резюме

Изучена экстракция золота (III) и железа (III) в системе TiAP-HCl. Для экстракции железа (III) достаточно 4—5 ступеней; золото (III) при этом экстрагируется полностью. При реэкстракции железа (III) золото (III) остается в органической фазе, что дает возможность 20—30-кратного концентрирования.

Реэкстракция золота (III) осуществляется на 4—5 ступенях 0,2—0,3 М раствором аммиака.

PHYSICAL CHEMISTRY

G. AGNIASHVILI, G. KORPUSOV

TESTS ON EXTRACTION CONDITIONS OF GOLD (III) FROM
HYDROCHLORIC ACID SOLUTIONS OBTAINED IN PROCESSING
OF FERRIC CAKES

Summary

The extraction of gold (III) and iron (III) in the system TiAP-HCl was studied. The extraction of iron (III) was found to proceed in 4—5 steps resulting in the entire extraction of gold (III). On re-extraction of iron (III), gold (III) remains in organic phase thus promoting a 20—30-fold increase in the concentration. Re-extraction of gold (III) proceeds in 4—5 steps with 0,2—0,3 M ammonia.

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Д. И. БАГДАВАДЗЕ, Г. Г. ГВЕЛЕСИАНИ (академик АН Грузии),
И. С. ОМИАДЗЕ

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ
Fe-O-C, Fe-Mn-O-C, Fe-Mn-Si-O-C

Полный термодинамический анализ (ПТА) систем Fe-O-C, Fe-Mn-O-C, Fe-Mn-Si-O-C в литературе отсутствует. Большой интерес представляет изучение ПТА указанных систем.

Расчеты проводили для следующих шихт:

1. FeO.
2. FeO—20 мас %; MnO—80 мас %.
3. FeO—50 мас %; MnO—50 мас %.
4. FeO—80 мас %; MnO—20 мас %.
5. FeO—19.20 мас %; MnO—75.80 мас %; SiO₂—5 мас %.
6. FeO—18.18 мас %; MnO—71.82 мас %; SiO₂—10 мас %.
7. FeO—17.17 мас %; MnO—67.83 мас %; SiO₂—15 мас %.

Термодинамический анализ, моделирующий равновесные состояния указанных составов (ПТА), проводили с применением метода алгоритма и программы расчетов на ЭВМ, описанных в [1]; они выполнены на ПЭВМ при общем атмосферном давлении в интервале температур 450—4000 К с шагом 50°.

Основные результаты ПТА представлены в виде диаграмм. Для всех шихт определены соотношение конденсированных фаз (расплава шлака, металлического раствора и конденсированного углерода), изменение ионного состава шлакового раствора, состав металлического раствора и газовой фазы, распределение Fe, Mn, Si между металлическим раствором, жидким шлаком и газовой фазой, извлечение Fe, Mn, Si в металлический расплав и энергозатраты процесса.

Система Fe-O-C

В числе возможных конденсированных компонентов системы учитывали: Fe₂O₃, Fe₃O₄, FeO, Fe, Fe₃C, C; газообразных: Ag, O, O₂, O₃, C₂, C₃, C₄, C₅, CO, CO₂, C₂O, C₃O₂, Fe, FeO, FeO₂.

Результаты полного термодинамического анализа углестермического восстановления FeO в интервале температур 450—1800 К представлены на рис. 1. При взаимодействии компонентов в системе уже при 450 К наблюдается наличие значительного количества железа, содержание которого с повышением температуры до 750 К плавню уменьшается. Более высокие температуры (до 1500 К) приводят к увеличению его количества. Наряду с железом, при 450 К в системе присутствует также карбид железа. До 800 К происходит незначительный рост, а при более высоких температурах — резкое повышение его содержания; начиная с 950 К Fe₃C уменьшается. Количество FeO в

системе значительно растет до 800 К, а далее резко снижается. В температурном интервале 450—900 К наблюдается непрерывное уменьшение содержания Fe_3O_4 .

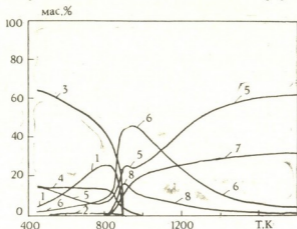


Рис. 1. Зависимость содержания компонентов от температуры: 1— FeO ; 2— Fe_2O_3 ; 3— Fe_3O_4 ; 4—C; 5—Fe; 6— Fe_3C ; 7—CO; 8— CO_2 .

ние содержания Fe_3O_4 . В пределах этих температур наличие Fe_2O_3 незначительно. Все оксиды железа при 900 К полностью исчезают.

Система Fe-Mn-O-C

В числе возможных конденсированных компонентов системы учитывали: Fe, Mn, Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , FeO, MnO_2 , Mn_3O_4 , MnO, C, Mn_3C , Mn_7C_3 , Mn_{23}C_6 ; газообразных: Ar, O, O_2 , O_3 , C, C_2 , C_3 , C_4 , C_5 , CO, CO_2 , C_2O , C_3O_2 , Mn, Fe, FeO, MnO, FeO_2 .

На рис. 2 показаны соотношения конденсированных фаз (расплав шлака, металлического раствора и конденсированного углерода) для

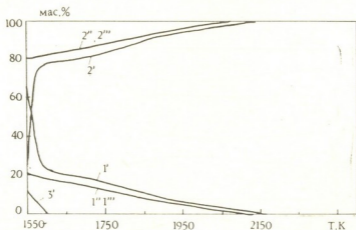


Рис. 2. Соотношение конденсированных фаз (шлак—1', 1'', 1''', металлический раствор—2', 2'', 2''', конденсированный углерод—3', 3'', 3''', для составов 2, 3, 4

составов 2, 3, 4 в температурном интервале 1550—2400 К; во всех случаях рост температуры способствует уменьшению количества шлака

и при ~ 2150 К шлак в системе полностью отсутствует. Противоположная картина наблюдается для металлического раствора — с повышением температуры происходит увеличение его содержания. Конденсированный углерод наблюдается лишь в составе 2, и при 1600 К он исчезает.

Согласно рис. 3, для всех составов шихт содержание марганца в сплаве с ростом температуры растет. Эффект наиболее нагляден для

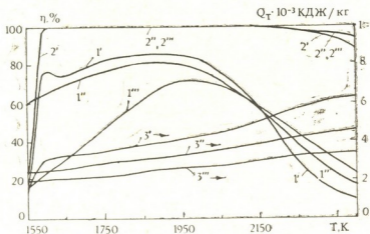


Рис. 3. Состав металлического раствора (1', 1'', 1''' — [Mn], [Fe], [C]) для составов 2, 3, 4

шихты 2 до 1600 К. В области температур ~ 1600 — 2000 К состав сплава по марганцу увеличивается незначительно. При более высоких температурах наблюдается его снижение, что связано с испарением Mn. В температурном интервале 1600— 2000 К железо в сплаве изменяется незначительно, а с повышением температуры его концентрация увеличивается в связи с испарением марганца. До 1600 К только

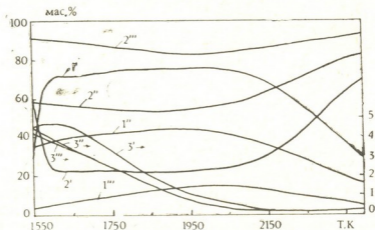


Рис. 4. Извлечение Mn (1', 1'', 1'''), Fe (2', 2'', 2''') в металлический раствор и энергозатраты (3', 3'', 3''') для составов 2, 3, 4

для состава 2 из-за наличия значительного количества марганца имеет место увеличение концентрации углерода (4,70 мас. %) в сплаве.

Рост температуры для всех составов приводит к уменьшению его содержания, и при ~ 2150 К оно достигает 0,2 мас. %.

Результаты расчетов газовой фазы показывают, что для всех составов наблюдаются высокие значения давления пара CO (порядка $\sim 10^{-1}$ МПа) и эта величина остается практически постоянной во всем температурном интервале. В отличие от сказанного, с ростом температуры давление пара марганца, железа и MnO увеличивается непрерывно. Выше 2250 К газовая фаза над рассматриваемой системой, наряду с CO, Mn, Fe и MnO, содержит и FeO.

Максимальное извлечение марганца для составов 2, 3, 4 наблюдается соответственно при 1850 К (85 мас. %), 1850 К (82 мас. %), 1950 К (72 мас. %). Для железа максимальное извлечение достигается для состава 2 при 1600 К (100 мас. %), а для составов 3 и 4 — ниже 1550 К. Энергозатраты Q_T во всем температурном интервале увеличиваются и при 2400 К соответствуют 3500—6500 кДж/кг (рис. 4).

Система Fe-Mn-Si-O-C

В числе возможных конденсированных компонентов системы учитывали: Fe, Mn, Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , FeO, MnO_2 , Mn_3O_4 , MnO, C, SiO_2 , $MnSiO_3$, Mn_2SiO_4 , Fe_2SiO_4 , SiC, Si, Fe_3C , MnSi, Mn_3Si_3 , Mn_3Si , $MnSi_2$, Mn_3C , Mn_7C_3 , $Mn_{23}C_6$, FeSi, $FeSi_2$, Fe_2Si_5 , Fe_3Si , Fe_5Si_3 ; газообразных: Ar, O, O_2 , O_3 , C, C_2 , C_3 , C_4 , C_5 , CO, CO_2 , C_2O , C_3O_2 , Si, Si_2 , Si_3 , SiO, SiO_2 , SiC, SiC_2 , Si_2C_2 , Si_3C , Mn, Fe, FeO, FeO_2 , MnO.

Из-за большого обилия диаграмм и их сходства для разных шихт (5, 6, 7) полученные результаты графически представлены на примере состава 5.

На рис. 5 показаны соотношения конденсированных фаз (расплава шлага, металлического раствора и конденсированного углерода) в

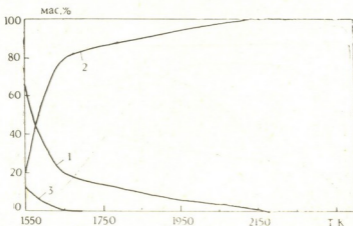


Рис. 5. Соотношение конденсированных фаз (шлак—1, металлический раствор—2, конденсированный углерод—3) для состава 5

температурном интервале 1550—2400 К. Для всех составов высокие температуры способствует уменьшению количества шлага. Наиболее наглядно данная зависимость проявляется до ~ 1700 К; при 2100 К шлак в системе отсутствует. С повышением температуры происходит

увеличение количества металлического раствора и для составов 5, 6, 7 при ~ 2100 К оно соответственно равно 80, 87 и 92 мас.%. С ростом температуры содержание конденсированного углерода снижается, и при 1700 К углерод в системе исчезает.

Для всех составов шихт по мере увеличения температур концентрация марганца в сплаве растет (см., например, рис. 6) и при

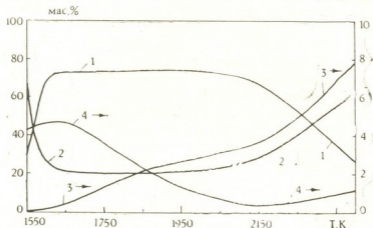


Рис. 6. Состав металлического раствора (1—4—[Mn], [Fe], [Si], [C]) для состава 5

~ 1700 К достигает 72 мас.%; в пределах 1700—2100 К состав сплава по марганцу изменяется незначительно; более высокие температуры приводят к резкому его снижению. В отличие от марганца, с увеличением температуры, особенно до ~ 1700 К, содержание железа в сплаве уменьшается. Кремний в сплаве для всех составов шихт обнаруживается при ~ 1650 К, и с ростом температуры его содержание увеличивается. Что касается углерода, то до 1650 К его количество изменяется незначительно; при более высоких температурах его концентрация в сплаве резко снижается (при 2050—2100 К 0,5 мас.%).

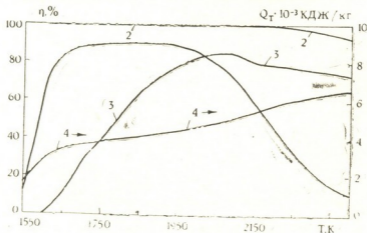


Рис. 7. Извлечение Mn(1), Fe(2), Si(3) в металлический раствор и энергозатраты (4) для состава 5

Результаты расчетов газовой фазы для составов 5, 6, 7 показывают, что давление пара CO с изменением температуры остается практически постоянным. В отличие от сказанного, давление пара остальных компонентов с ростом температуры увеличивается.



Максимальное извлечение марганца для составов 5 (рис. 7) наблюдается при 1800 К — соответственно 89 и 92 мас.%, для составов 7 — при 1750 К — 94 мас.%. 100%-ное извлечение железа достигается до 1550 К; для кремния максимальное извлечение происходит соответственно при 2050 К (85 мас.%), 2000 К (90 мас.%), 1950 К (93 мас.%). Энергозатраты Q_T резко увеличиваются до ~1750 К и достигают 4000—4500 кДж/кг.

Академия наук Грузии
Институт металлургии
им. Ф. Н. Тавадзе

(Поступило 11.5.1992)

ფიზიკური ქიმია

ჯ. ბაღდავაძე, გ. გველსიანი (საქ. მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), ი. ომიადე

Fe-O-C, Fe-Mn-O-C, Fe-Mn-Si-O-C სისტემების თერმოდინამიკური მოდელირება

რეზიუმე

ელექტროგამომთვლელი მანქანის გამოყენებით შესრულებულია Fe-O-C, Fe-Mn-O-C, Fe-Mn-Si-O-C სისტემების სრული თერმოდინამიკური ანალიზი 450—4000 K ტემპერატურულ ინტერვალში. განსაზღვრულია ლითონური და წილური ხსნარების და აირადი ფაზის შედგენილობა, Fe, Mn და Si გამოსავალი, პროცესის ენერგეტიკული დანახარჯი.

PHYSICAL CHEMISTRY

J. BAGDAVADZE, G. GVELESIANI, I. OMIADZE

THERMODYNAMIC MODELLING OF THE SYSTEMS Fe-O-C, Fe-Mn-O-C, Fe-Mn-Si-O-C

Summary

Complete thermodynamic analysis of the systems Fe-O-C, Fe-Mn-O-C, Fe-Mn-Si-O-C has been conducted using electronic computer (EC) in the temperature range 450—4000 K. Constitutions of metallic and slag solutions, gas phase, Fe, Mn and Si extraction and energy consumption of processes have been determined.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Г. Б. Сияряев, Н. А. Ватолин, Б. Г. Трусов, Г. К. Моисеев. Применение ЭВМ для термодинамических расчетов металлургических процессов. М., 1982.

Д. Г. ТАТИШВИЛИ, Д. Ш. ЦАГАРЕИШВИЛИ, И. Б. БАРАТАШВИЛИ,
Г. В. ЦАГАРЕИШВИЛИ (член-корреспондент АН Грузии), Т. Д. АБАШИДЗЕ

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ В СИСТЕМЕ Y-Ba-Sr-Cu-O

Высокотемпературная сверхпроводимость в системе Y-Ba-Sr-Cu-O исследовалась в работах [1, 2]. В [1] изучена синтезированная керамическим методом (прокаливание шихты на воздухе при 920—1000°C в течение 5 часов) композиция $YBa_{2-x}Sr_xCu_3O_y$. При исследовании зависимости электрического сопротивления (R) от температуры T для образца с $x=1$ при 340 К зафиксировано резкое уменьшение величины R до 10^{-8} Омсм, на основании которого авторы работы [1] пришли к заключению о наличии в системе Y-Ba-Sr-Cu-O сверхпроводимости выше комнатных температур. В [2] установлено, что критическая температура T_c образцов с химическим составом $Y(Ba_{1-x}Sr_x)_2Cu_3O_y$ уменьшается от ~ 92 К (при $x=0$) до ~ 75 К (при $x=0,7$) и для состава $x=0,5$ (т. е. для образца, изученного в работе [1]) она составляет ~ 82 К. Разноречивость результатов работ [1, 2] обуславливает интерес к проведению дополнительных исследований высокотемпературной сверхпроводимости в системе Y-Ba-Sr-Cu-O.

В отличие от работ [1, 2], в которых изучено влияние частичного замещения бария стронцием в известном соединении $YBa_2Cu_3O_y$ (т. н. фаза «1:2:3») на величину его критической температуры, в настоящей работе мы задались целью исследовать высокотемпературную сверхпроводимость в системе Y-Ba-Sr-Cu-O на образцах с иной стехиометрией: $Y_2Ba_3Sr_2Cu_7O_y$ (образец 1), $YBa_2SrCu_4O_y$ (образец 2) и $Y_2Ba_5Sr_2Cu_9O_y$ (образец 3).

Образцы были приготовлены с использованием стандартной керамической технологии. Исходные порошки Y_2O_3 , $BaCO_3$, $SrCO_3$ и CuO , взятые в молярных соотношениях 1:3:2:7 (образец 1), 1:4:2:8 (образец 2) и 1:5:2:9 (образец 3), тщательно перемешивали в агатовой ступке и брикетировали. Полученные таблетки диаметром ~ 18 мм и толщиной ~ 2 мм помещали в корундовый тигель. Шихту прокаливали на воздухе при 1000°C в течение 25 часов. Полученную керамику далее тщательно измельчали, перемешивали и брикетировали. Таблетки вновь прокаливали на воздухе при 1000°C в течение 25 часов и медленно охлаждали вместе с печью, вследствие чего были получены плотные образцы черного цвета, характеризующиеся высокой твердостью.

Наличие сверхпроводящего перехода в полученных нами образцах 2 и 3 определяли путем измерений температурной зависимости их электрического сопротивления $R(T)$, а в образце 1 — по измерению высокочастотной магнитной восприимчивости $\chi(T)$. При этом электри-

ческое сопротивление измеряли четырехконтактным методом с помощью потенциометрической схемы постоянного тока. Измерительный ток не превышал 1 мА. Измерение магнитной восприимчивости проводили бесконтактным индуктивным методом [3] по изменению самоиндукции исследуемого образца в зависимости от температуры. Измерения величины $R(T)$ были выполнены в интервале 60 — 275 К, а функции $\chi(T)$ — в области 10 — 160 К.

На рис. 1 и 2 представлены кривые $R=f(T)$ для образцов 2 и 3, а на рис. 3 приведена кривая $\chi=f(T)$ для образца 1. Из рис. 1 видно,

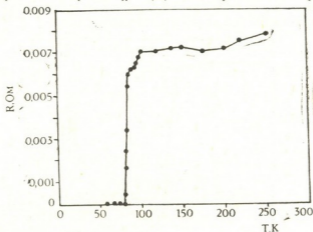


Рис. 1. Зависимость электрического сопротивления сверхпроводника $YBa_2SrCu_4O_y$ от температуры

что на кривой $R(T)$ образца 2 имеют место различные значения производной dR/dT , что свидетельствует о наличии в образце состава $YBa_2SrCu_4O_y$, по-видимому, двух сверхпроводящих фаз с различными

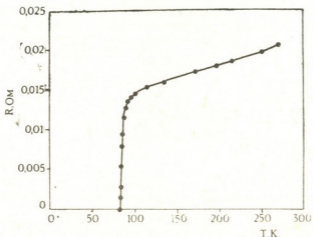


Рис. 2. Зависимость электрического сопротивления сверхпроводника $Y_2Ba_5Sr_2Cu_5O_y$ от температуры

температурами начала фазового превращения (100 и 85 К). Нулевое сопротивление достигается при 78 К. Для образца 3 (рис. 2) на кривой $R(T)$ не наблюдаются какие-либо аномалии и функция $R=f(T)$



имеет вид, характерный для кривой $R(T)$ фазы «1:2:3». При этом у образца 3 (состав $Y_2Ba_5Sr_2Cu_9O_y$) сверхпроводящий переход начинается вблизи 98 К и полностью заканчивается при 82 К.

На рис. 3 изображена кривая $\chi(T)$ для образца 1 ($Y_2Ba_3Sr_2Cu_7O_y$). Из рис. 3 видно, что у этого образца сверхпроводящий переход начинается при 110 К (начало диамагнитного отклика) и заканчивается вблизи 81 К, т. е. сверхпроводящий диамагнитный переход растянут и ширина его составляет ~ 30 К, что свидетельствует о наличии в образце 1 разных сверхпроводящих фаз с различными критическими температурами. Заметим, что состав образца 1 следует рассматривать как частичное замещение бария стронцием в образце $Y_2Ba_5Cu_7O_y$, критическая температура которого равна 95 К [4].

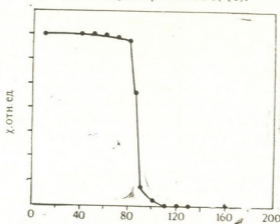


Рис. 3. Зависимость магнитной восприимчивости сверхпроводника $Y_2Ba_3Sr_2Cu_7O_y$ от температуры

В заключение заметим, что в настоящей работе впервые в системе Y-Ba-Sr-Cu-O синтезированы образцы с разными высокотемпературными сверхпроводящими фазами, характеризующимися различными критическими температурами. Данное обстоятельство, а также результаты работы [1] дают основание считать целесообразным продолжение поиска новых высокотемпературных сверхпроводящих фаз в системе Y-Ba-Sr-Cu-O.

Академия наук Грузии
Институт металлургии
им. Ф. Н. Тавадзе

(Поступило 18.5.1992)

“ფიზიკური ძიება”

დ. ტატიშვილი, დ. ცაგარეიშვილი, ი. ბარათაშვილი, ზ. ცაგარეიშვილი (საქ. მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი) თ. აბაშიძე

მაღალტემპერატურული ფეზამტარობა Y—Ba—Sr—Cu—O სისტემაში

რეზიუმე

კერამიკული ტექნოლოგიით სისტემაში Y—Ba—Sr—Cu—O სინთეზირებულია სამი ახალი კომპოზიცია, რომელთა ქიმიური შემადგენლობაა $Y_2Ba_3Sr_2Cu_7O_y$

(ნიმუში 1), $YBa_2SrCu_4O_y$ (ნიმუში 2) და $Y_2Ba_3Sr_2Cu_9O_y$ (ნიმუში 3). ლეულია 1 და მე-2 ნიმუშების ელექტრული წინაღობის და მე-3 ნიმუშის მაღალ-სიხშირული მაგნიტური ამთვისებლობის ტემპერატურისაგან დამოკიდებულება შესაბამისად 60—275 K და 10—160 K ტემპერატურულ ზღვრებში. პირველი და მეორე ნიმუში შეიცავს რამდენიმე ზეგამტარ ფაზას სხვადასხვა კრიტიკული ტემპერატურებით 100—78 K ტემპერატურულ ინტერვალში. მესამე ნიმუში განიცდის ზეგამტარულ ფაზურ გარდაქმნას 110—81 K ტემპერატურულ ზღვრებში.

PHYSICAL CHEMISTRY

D. TATISHVILI, D. TSAGAREISHVILI, I. BARATASHVILI,
G. TSAGAREISHVILI, T. ABASHIDZE

HIGH-TEMPERATURE SUPERCONDUCTIVITY
IN THE SYSTEM Y-Ba-Sr-Cu-O

Summary

The 3 new compositions in the system Y-Ba-Sr-Cu-o with chemical formulas $Y_2Ba_3Sr_2Cu_9O_y$ (sample 1), $YBa_2SrCu_4O_y$ (sample 2) and $Y_2Ba_3Sr_2Cu_9O_y$ (sample 3) have been synthesized, using the ceramic technology. Dependence of the elastic resistivity of samples 1 and 2 and the high frequency magnetic susceptibility of sample 3 on temperature were studied in the temperature ranges 60—275 K and 10—160 K respectively. Samples 1 and 2 contain several phases with various values of critical temperature in the temperature interval 100—78 K. Sample 3 suffers superconducting phase transition in the temperature range 110—81 K.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. H. Ihara, *et al.* Jap. J. Appl. Phys., 26, 8, 1987, p. L 1413—L 1415.
2. K. Fueki, *et al.* Chemistry of High-Temperature Superconductors, ACS symposium series, Amer. Chem. Soc., Washington, DC 1987, p. 38—48.
3. В. И. Чечерников. Магнитные измерения. М., 1969.
4. Д. Ш. Цагарейшвили, Д. Г. Татишвили, Г. Г. Гвелესიანი, И. Б. Бараташвили, Г. В. Цагарейшвили, Т. Д. Абашидзе, К. Р. Джаошвили. Сообщения АН ГССР, 135, 2, 1989, 397—399.

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

К. З. УКЛЕБА, Г. Г. ГВЕЛЕСИАНИ (академик АН Грузии),
 Д. Ш. ЦАГАРЕИШВИЛИ, И. С. ОМИАДЗЕ, А. А. НАДИРАДЗЕ

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ЭНТАЛЬПИЯ И ТЕПЛОЕМКОСТЬ
 ХРОМИТОВ САМАРИЯ И ЕВРОПИЯ

Ранее [1, 2] сообщалось о данных экспериментального исследования термодинамических характеристик хромитов некоторых редкоземельных элементов.

Ниже изложены результаты измерения высокотемпературной энтальпии и теплоемкости хромитов самария и европия в массивном калориметре с изотермической оболочкой (298,15 ± 0,01 К).

SmCrO₃ и EuCrO₃ синтезированы путем твердофазной прокалки таблеток, спрессованных из стехиометрических смесей порошков оксидов самария, европия и хрома высокой степени чистоты по методике, описанной в [3]. Получение монохромитов самария и европия подтверждено химическими и рентгенографическими анализами.

При опытах масса навесок монохромитов самария и европия составляла соответственно 9,6926 и 9,7526 г.

Конструкция калориметра и методика проведения экспериментов описаны в [3]. Измеренные значения энтальпии исследуемых хромитов даны в табл. 1, в которой приводятся также рассчитанные из соотношения

$$\bar{C}_p = (H_T - H_{298,15}) / (T - 298,15) \quad (1)$$

величины их средних теплоемкостей — \bar{C}_p .

Таблица 1

Экспериментальные значения энтальпии и средней теплоемкости хромитов самария и европия

TK	H _T —H _{298,15} кал/моль	\bar{C}_p кал/моль·К	TK	H _T —H _{298,15} кал/моль	\bar{C}_p кал/моль·К
SmCrO ₃					
362,0	1680	26,25	963,4	20170	30,31
472,4	4810	27,62	1084,1	24080	30,64
582,2	8080	28,43	1160,4	26350	30,56
678,9	11060	29,04	1265,7	29540	30,53
775,5	14160	29,66	1366,7	33290	31,15
884,7	17820	30,38			
EuCrO ₃					
383,0	2360	27,79	969,9	20780	30,93
462,4	4540	27,65	1069,9	23900	30,97
582,3	8250	29,01	1175,1	27580	31,45
679,6	11430	29,96	1272,8	30960	31,76
791,0	14830	30,09	1375,5	34340	31,88
872,5	17570	30,58			

На основании данных работы [3], в которой для интервала 298,15—1600 К доказана равнозначность функции \bar{C}_p методом наименьших

квадратов обработаны значения средних теплоемкостей, рассчитанные из соотношения (1), и определены коэффициенты в уравнении Майера—Келли [4, 5] температурного изменения энтальпии, средней и истинной теплоемкостей хромитов самария и европия.

Для SmCrO_3 в интервале 298,15—1400 К

$$H_T - H_{298,15} = 32,48 \cdot T + 0,13 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 + 6,92 \cdot 10^5 \cdot T^{-1} - 12020, \quad (2)$$

$$\bar{C}_p = 32,52 + 0,13 \cdot 10^{-3} \cdot T - 2,32 \cdot 10^3 \cdot T^{-1}, \quad (3)$$

$$C_p = 32,48 + 0,26 \cdot 10^{-3} \cdot T - 6,92 \cdot 10^5 \cdot T^{-2}. \quad (4)$$

Для EuCrO_3 в интервале 298,15—1400 К

$$H_T - H_{298,15} = 30,12 \cdot T + 1,75 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 + 4,43 \cdot 10^5 \cdot T^{-1} - 10620, \quad (5)$$

$$\bar{C}_p = 30,64 + 1,75 \cdot 10^{-3} \cdot T - 1,45 \cdot 10^3 \cdot T^{-1}, \quad (6)$$

$$C_p = 30,12 + 3,50 \cdot 10^{-3} \cdot T - 4,43 \cdot 10^5 \cdot T^{-2}. \quad (7)$$

Ниже (табл. 2) приводятся сглаженные значения $H_T - H_{298,15}$, \bar{C}_p и C_p хромитов самария и европия, рассчитанные по уравнениям (2)—(7) с шагом 100° ; в ней же даны соответствующие величины достоверного интервала исследуемых функций.

Таблица 2

TK	\bar{C}_p	$\overline{S(C_p)}$	$H_T - H_{298}$	S(H)	C_p	$S(C_p)$
	кал/моль·К		кал/моль		кал/моль·К	
SmCrO_3						
298,15	24,78	0,48	0	0	24,78	0,48
400	26,77	0,22	2730	20	28,26	0,16
500	27,95	0,15	5640	30	29,84	0,23
600	28,73	0,15	8670	50	30,72	0,23
700	29,30	0,15	11770	60	31,25	0,19
800	29,73	0,14	14920	70	31,61	0,17
900	30,06	0,13	18090	80	31,86	0,23
1000	30,33	0,12	21290	80	32,05	0,34
1100	30,56	0,12	24500	100	32,20	0,47
1200	30,75	0,14	27730	130	32,32	0,61
1300	30,91	0,18	30960	190	32,41	0,76
1400	31,05	0,24	34210	260	32,50	0,92
EuCrO_3						
298,15	26,18	0,72	0	0	26,18	0,72
400	27,63	0,33	2810	30	28,75	0,22
500	28,54	0,20	5760	40	30,10	0,32
600	29,21	0,20	8820	60	30,99	0,33
700	29,74	0,20	11950	80	31,67	0,27
800	30,18	0,19	15150	100	32,23	0,24
900	30,57	0,18	18400	110	32,72	0,30
1000	30,91	0,16	21690	110	33,18	0,44
1100	31,22	0,16	25030	130	33,61	0,63
1200	31,50	0,19	28410	170	34,01	0,83
1300	31,77	0,24	31830	240	34,41	1,04
1400	32,03	0,31	35290	340	34,80	1,26



მ. შკლუბა, ზ. ზველესიანი (საქართველოს მეცნ. აკად. აკადემიკოსი),
დ. ცაგარეიშვილი, ე. ომიადე, ა. ნადირაძე

სამარიუმის და ევროპიუმის ქრომიტების მაღალტემპერატურული ენთალპია და სითბოტევადობა

რეზიუმე

იზოთერმული გარსაცმის მქონე მასიურ კალორიმეტრში შერევის მეთოდით გაზომილია სამარიუმისა და ევროპიუმის ქრომიტების მაღალტემპერატურული ენთალპია $H_T-H_{298,15}$, საშუალო \bar{C}_p და ჭეშმარიტი C_p სითბოტევადობები. ამ ფუნქციებისათვის მიღებულია მათი ტემპერატურისაგან დამოკიდებულების ინტერპოლაციური განტოლებები.

PHYSICAL CHEMISTRY

K. UKLEBA, G. GVELESIANI, D. TSAGAREISHVILI, I. OMIADZE, A. NADIRADZE

HIGH-TEMPERATURE ENTHALPY AND HEAT CAPACITY OF SAMARIUM AND EUROPIUM CHROMITES

Summary

High-temperature enthalpy ($H_T-H_{298,15}$), average (\bar{C}_p) and true (C_p) heat capacity of Samarium and Europium Chromites have been determined in a massive isothermal calorimeter by the mixing method. Interpolation equations for these functions are presented.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. კ. რ. ჯაოშვილი, ი. ბ. ბარათაშვილი, ი. ს. ომიადე, ს. გ. პოპოვ, ა. ა. ნადირაძე. ЖПХ, т. 62, 2, 1989, 254.
2. კ. რ. ჯაოშვილი, ი. ა. სკოლი, მ. ლ. კობა, ა. ა. ნადირაძე. ЖФХ, т. 65, 2, 1991, 560.
3. გ. გ. გველესიანი, დ. შ. ცაგარეიშვილი, ა. ა. ნადირაძე. Термодинамика кислородных соединений редкоземельных металлов при высоких температурах. Тбилиси, 1983.
4. G. Maier, K. K. Kelley, J. Amer. Chem. Soc., 52, 1932, 3242.
5. K. K. Kelley. U. S. Bur. Mines. Bull., 584, 1960.

Ф. Г. МЕЛАДЗЕ

ЗАЩИТА МОРСКИХ БЕРЕГОВ ПРИ ОЖИДАЕМОМ ПОДЪЕМЕ
 УРОВНЯ МОРЯ

(Представлено членом-корреспондентом Академии В. Ш. Джаошвили 15.5.1992)

В соответствии с данными ряда ученых удвоение концентрации в атмосфере CO_2 и других парниковых газов к 2100 году вызовет повышение температуры окружающей среды в пределах 1,5—4,5°C [1—3]. Вследствие потепления климата начнется таяние ледников, что повлечет за собой повышение уровня Мирового океана на 1,5—3,5 м. Оценки ожидаемого к 2100 году подъема уровня Мирового океана, по данным разных авторов, меняются от десятков см до 3,5 м (рис. 1). С учетом указанных данных установлена зависимость прогнозируемого подъема уровня моря от времени:

$$\Delta H = at^2 + bt,$$

где ΔH — подъем уровня моря в м; t — время в годах.

Для кривой 1 $a=0,04 \cdot 10^{-3}$, $b=6 \cdot 10^{-3}$, для кривой 2 $a=0,16 \cdot 10^{-3}$, $b=9 \cdot 10^{-3}$ и для кривой 3 $a=0,21 \cdot 10^{-3}$, $b=14 \cdot 10^{-3}$.

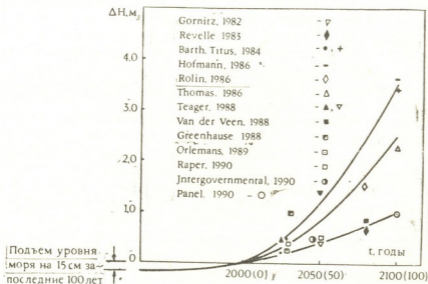


Рис. 1. Различные сценарии прогнозируемого подъема уровня Мирового океана

Береговую зону Черного моря в пределах Грузии (в случае быстрого подъема его уровня) по характеру развития морфодинамических процессов можно разделить на пять районов: 1) устье р. Псоу — северный участок Мюссерских холмов; 2) Мюссерские холмы — устье р. Келасури; 3) устье р. Келасури — устье р. Ингури; 4) устье р. Ингури — устье р. Натанеби; 5) устье р. Натанеби — с. Серпи.

В зависимости от местных геолого-геоморфологических, топографических и других условий береговой зоны, а также протекающих в пределах последней сложных взаимосвязанных гидро- и морфодинамических процессов на фоне усиления темпов трансгрессии моря размывы и отступление берегов в вышеуказанных районах будут происходить с разной интенсивностью.

Для определения реакции морского берега на подъем уровня моря произведен анализ разнообразных условий формирования береговой зоны (уклоны верхней части подводного склона, конфигурация берегов, различные сочетания геоморфологических процессов, топография надводной части береговой зоны, баланс наносов). На основе полученных результатов составлена приведенная ниже таблица, в которой даны величины предполагаемых морфологических изменений вдольбереговой суши и верхней части подводного склона по отдельным районам и характерным участкам Черноморского побережья Грузии. Приведенные в таблице аналитические расчеты свидетельствуют о том, что в случае подъема уровня моря на 0,5, 1,0, 1,5, 2,5 и 3,5 м по всему Черноморскому побережью Грузии произойдет отступление берега соответственно до 5—50, 10—100, 15—150, 25—250 и 35—350 м относительно современного положения урезовой линии.

В результате подъема уровня моря на 0,5, 1,0, 1,5, 2,5 и 3,5 м будут затоплены соответственно 937,4, 1874,8, 2812,2, 4687,0 и 6561,8 га прибрежной суши. Для восстановления указанных площадей необходима подпитка пляжевой полосы инертными материалами в объемах 197,8, 395,6, 593,4, 989,0 и 1384,6 млн м³ (см. таблицу).

Рассматривая вопрос о потенциальной возможности восполнения указанных объемов пляжеобразующих наносов, необходимо учесть среднесуточное естественное поступление речных отложений в береговую зону. Стационарными наблюдениями установлено, что реки Западной Грузии выносят в море примерно 11,7 млн. м³ обломочного материала [4], из которых около 4,7 млн. м³ пляжеобразующих наносов. Во вдольбереговые процессы вовлекаются 1800 тыс. м³ материала, что недостаточно для покрытия большого дефицита наносов и поддержания морских берегов в связи с ожидаемым подъемом уровня моря (см. таблицу).

Необходимо также иметь в виду уменьшение объемов стока рек в глобальном масштабе в результате негативных последствий антропогенного воздействия на водосборные бассейны рек. По всей вероятности, эти негативные последствия в будущем еще более усугубятся в результате уменьшения объемов выносов. Следовательно, существующий ныне дефицит наносов в береговой зоне Черноморского побережья Грузии в ближайшем будущем еще более возрастет.

Таким образом, для поддержания современного планового очертания морского берега только подпитка пляжеобразующими наносами окажется недостаточной. Кроме того, при подъеме уровня моря существующие берегозащитные бетонные сооружения будут затоплены, вследствие чего они полностью или большей частью потеряют свои функции. Поэтому с учетом подъема уровня необходимо предусмотреть возможность надстройки и реконструкции существующих и возведения новых сооружений в виде ограждающих дамб и др.

Для всестороннего изучения и готовности к прогнозируемому поднятению уровня моря необходимо составление более детальных и наглядных карт по зонам затопления и переработки берегов. Эти карты



могут быть использованы для общей оценки ущерба народному хозяйству, планирования развития прибрежных территорий, строительства сельскохозяйственных и промышленных объектов, обустройства рекреационных регионов, уточнения экологического состояния районов и областей. На картах должны быть выделены участки, не подвергающиеся или незначительно подвергающиеся затоплению (берега с высокими откосами), районы среднего затопления и зоны катастрофического затопления, разрушения и переработки берегов (или зоны риска). Необходимы также типизация берегов по степени влияния

Изменение береговой линии Черноморского побережья Грузии в результате подъема уровня моря

Район затопления	Подъем уровня моря, м	Уклоны дна	Перемены береговой линии, м	Площадь затопления, га	Усредненные объемы наносов для восстановления	
					1 га прибрежной суши, тыс. м ³	современной береговой линии, млн. м ³
Устье р. Псоу—Мюссерские холмы, 47 км	0,5	0,04	12,0	56,4	140,0	7,9
	1,0		24,0	112,8		15,8
	1,5		36,0	169,2		23,7
	2,5		60,0	282,0		39,5
	3,5		84,0	394,8		55,3
Мюссерские холмы—устье р. Келасури, 68 км	0,5	0,02	25,0	170,0	150,0	25,5
	1,0		50,0	340,0		51,0
	1,5		75,0	510,0		76,5
	2,5		125,0	850,0		127,5
	3,5		175,0	1190,0		178,5
Устье р. Келасури—устье р. Ингури, 86 км	0,5	0,01	50,0	436,0	130,0	55,9
	1,0		100,0	860,0		111,8
	1,5		150,0	1290,0		167,7
	2,5		250,0	2150,0		279,5
	3,5		350,0	3010,0		391,3
Устье р. Ингури—устье р. Натанеби, 61 км	0,5	0,015	33,0	201,0	480,0	96,5
	1,0		66,0	402,0		193,0
	1,5		99,0	603,0		289,5
	2,5		165,0	1005,0		482,5
	3,5		231,0	1407,0		675,5
Устье р. Натанеби—с Сарпи, 50 км	0,5	0,03	16,0	80,0	150,0	12,0
	1,0		32,0	160,0		24,0
	1,5		48,0	240,0		36,0
	2,5		80,0	400,0		60,0
	3,5		112,0	560,0		84,0
Всего	0,5			937,4		197,8
	1,0			1874,8		395,6
	1,5			2812,2		593,4
	2,5			4687,0		989,0
	3,5			6561,8		1384,6

на них повышения уровня моря, составление обзорных прогнозных карт с разными сценариями поднятия уровня моря и нанесением территорий затопления и зон переработки берегов на типичных и ключевых участках побережий.

Научно-производственное объединение
«Грузберегозащита»

(Поступило 18.5.1992)



თ. მელადე

სანაპირო ზოლის დაცვა ზღვის დონის აწევის შემთხვევაში

რეზიუმე

არსებული მეცნიერული დაკვირვებების საფუძველზე 2100 წლისათვის მოსალოდნელია ზღვის დონის აწევა 1,5—3,5 მ., რაც გამოიწვევს ზღვის სანაპირო ზოლის მკვეთრ ცვლილებებს. ჩამოყალიბებულია საქართველოს შავი ზღვის სანაპირო ზოლის დატბორვის და გარეცხვის პროგნოზი ზღვის დონის მკვეთრი აწევის შემთხვევაში.

PHYSICAL GEOGRAPHY

Th. MELADZE

 THE SHORE AND BEACH PROTECTION IN CASE OF
 THE SEA LEVEL RISE

Summary

The sea level rise of 1,5—3,5 m, changing the sea coast zone sharply, is expected by the year 2100. Some prognosis of submergence and erosion of the Georgian Black Sea Coast in course of the sea level rise is carried out.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Сб. «Океан наступает? Парниковый эффект и поднятие уровня моря». М., 1989.
2. Г. С. Голицын. Изв. АН СССР, Физика атмосферы и океана, № 12, 1985.
3. М. И. Будыко, А. Б. Ронов, А. Л. Яншин. История атмосферы. Л., 1985.
4. Ш. В. Джаошвили. Речные наносы и пляжеобразование на Черноморском побережье Грузии. Тбилиси, 1986.



А. В. ОКРОСЦВАРИДЗЕ

РТ РЕЖИМ ОБРАЗОВАНИЯ ПЛАГИОГРАНИТОГНЕЙСОВ БЕШТЫ И КАМЕНИСТОЙ (АБХАЗИЯ)

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. М. Заридзе 24.3.1992)

В предыдущих публикациях [1, 2] сообщалось, что в Абхазии вдоль главного надвига среди нижнеюрских отложений обнажаются два аккреционных выступа кристалликума Большого Кавказа. В верховьях р. Лашинсе-Каменистая и верховьях р. Бешта-Бештинский. Детальное геологическое исследование показало, что эти совершенно идентичные выступы являются фрагментами энзиматической коры и в основном сложены хлоритизированными и эпидотизированными плагиогранитогнейсами. Подчиненную роль играют связанные с ними постепенными переходами кварцевые диоритогнейсы и габбродиоритогнейсы. Выяснилось, что эти гранитоиды формировались в раннегеосинклинальной стадии развития орогена и образовались путем частичного плавления океанической коры.

Благоприятный РТ режим для формирования этих гранитоидов достигается в зонах субдукции [3, 4], где имеется высокобарический тип метаморфизма. Как известно, на Большом Кавказе не раскрыт пояс регионального метаморфизма высоких давлений (может быть, это вызвано недостаточной обнаженностью). Некоторые исследователи полагают, что минеральные парагенезисы лаштракского метаморфического комплекса характерны для метаморфитов не только умеренных, но и повышенных давлений [5, 6]. В последние годы к квантит-силлиманитовому типу метаморфизма отнесена также часть метаморфитов Чугушского поднятия, Джентинского, Ацгарского и Шаукольского тектонических покровов [7].

Исследуемые плагиогнейсы и их вмещающие амфиболиты непосредственно соприкасаются тектонически с лаштракским метаморфическим комплексом. Мы допускаем, что регион в целом представляет собой образующие в одной геодинамической обстановке на разном уровне обнаженные тектонические чешуйки. По этому и по целому ряду других причин определения РТ режима образования этих гранитоидов вызывает большой интерес.

Раньше нам не удавалось решить эти проблемы. Однако достижения микронзондового анализа и минеральной геотермобарометрии последних лет позволяют сделать попытку использовать особенности химического состава амфибола для определения РТ параметров. Впервые Т. Холанд и Ст. Ричардсон предложили амфиболовый геобарометр на основе их минерального состава. Эти [8] и другие исследования показали, что с возрастанием степени метаморфизма в роговой обманке увеличивается содержание Ti, Na, Al. Содержание Al^{IV} увеличивается с возрастанием температуры, а Al^{IV} — с возрастанием давления. С увеличением давления содержание Ca уменьшается, а с увеличением температуры растет.

С учетом вышеуказанных зависимостей М. А. Мишкиным был предложен геотермобарометр по содержанию в нем Al^{IV} (ф. е.) и Ca (ф. е.) [9]. Применение этого принципа для определения РТ

режима образования плагиогранитогнейсов Бешты и Каменистой да-
ло достоверные результаты.

საქართველოს
საბუნებისმეტყველო
მეცნიერებათა აკადემია

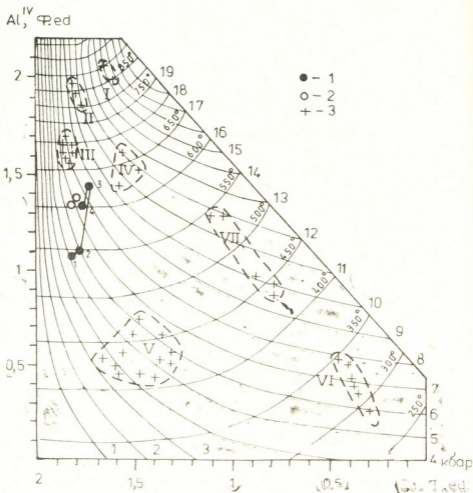


Рис. 1. Амфиболовый геотермобарометр для метабазитов: 1—составы амфиболов из амфиболитового рестила кристаллического выступа Каменистой, 2—из амфиболового плагиогнейса кристаллического выступа Каменистой, 3—из метабазитов различных метаморфических фаций. Поля составов: I—парагаситы из эклогитов Западной Норвегии ($T=850-910^{\circ}\text{C}$, $P=15-16$ кбар) [9]; II—парагаситы из метагабридов гранулитового комплекса Чогарской глыбы, Становой области ($T=800-880^{\circ}\text{C}$, $P=10-11$ кбар) [8]; III—феропарагаситовые роговые обманки из амфиболитов гнейсового комплекса Адирондака, сформировавшегося в условиях переходных от амфиболитовой к гранулитовой фации ($T=665-720^{\circ}\text{C}$, $P=7-8$ кбар) [8]; IV—амфиболы амфиболитовой фации из Удско-Майского комплекса Становой области ($625-680^{\circ}\text{C}$, $P=10,3-12,3$ кбар) [8]; V—амфиболы зеленосланцевого комплекса Западной Отго, Зеландии ($T=400-480^{\circ}\text{C}$, $P=3-6,2$ кбар) [10]; VI и VII—поля составов амфиболов из метаморфического комплекса Периферал Шиферхалл (Австрийские Альпы). Амфиболы в ядрах зерен сложены глаукофаном, поле VI ($T=280-350^{\circ}\text{C}$, $P=5,5-7,8$ кбар). Края зерен сложены магнезио-катафаритом, поле VII ($T=430-545^{\circ}$, $P=0,5-12$ кбар)

Исследуемые плагиогранитогнейсы с вмещающими породами и многочисленными рестилами составляют единую серию, связанную

пространственно и генетически [1, 2]. Микронзондовые исследования проводили по принципу субстрат (или рестит)-гранитоид. Мы исследовали 6 пар амфиболов, которые дали почти одинаковые результаты и поэтому здесь рассмотрим только одну пару: № 1399 (субстрат) — № 1401 (плагногайс). Образец № 1399 темно-серого цвета, гнейсовидный, мелкозернистый структура гранобластовая, испытывает наложенную окварцованность. Состав $P. o. + Авг + Пл_{50-70} + P. o. + Кв$. Образец № 1401, серого цвета среднезернистый, с хорошо выраженной гнейсовидностью, структура гранолепидобластовая, испытывает дробление и сильное окварцевание, состав $Пл_{0-40} + Кв + P. o.$

Микронзондовые исследования изучаемых гранитоидов показали, что амфибол как в субстрате, так и в гранитоидах представлен магнезиальной роговой обманкой и в плагногранитогайсах является реститовым минералом. Однако они являются не просто реликтами ранее существовавших твердых фаз, часто в них при выплавке лейкократового материала происходит твердая гомогенизация. Доказательством этого служит рассматриваемый нами образец. В амфиболе субстрата от центра (точка 1) к периферии (точка 4) растет давление и температура и мы имеем почти идеальную кодированную картину прогрессивного регионального метаморфизма (таблица). А в

Химические составы, кристаллохимические параметры и РТ режим образования амфиболов из кристаллического выстула Кеменистой

№ обр.	Точ.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Сумма	Парагенезис	
1399	1	46,36	0,38	8,66	14,33	11,52	0,43	10,85	0,43	0,81	93,48	P. o. + Авг + Пл ₄₀₋₇₀ + Кв	
	2	46,15	0,31	8,53	14,59	13,14	0,42	10,81	1,03	0,71	95,85		
	3	46,76	0,35	9,78	15,31	12,44	0,50	10,88	1,30	0,93	95,29		
	4	46,35	0	9,38	8,53	14,49	0,42	10,97	1,20	0,71	95,83		
1401	1	43,00	0,42	10,62	16,61	10,90	0,50	10,54	1,54	1,12	95,28	Пл ₀₋₄₀ + Кв + P. o.	
	2	43,94	0,42	10,54	16,70	10,18	0,50	10,53	1,63	1,12	95,85		
№	Точ.	Si	Al ^{IV}	Al ^{VI}	Ti	Fe ²⁺³	Mn	Md	Co	Na	K	P _{кбар}	T°C
1399	1	6,93	1,07	6,51	0,04	1,86	0,05	2,67	1,86	0,33	0,16	5,3	540
	2	6,92	1,08	6,44	0,03	1,87	0,06	2,99	1,77	0,30	0,12	6,0	550
	3	6,55	1,45	6,36	0,03	2,00	0,06	2,89	1,83	0,39	0,68	8,7	630
	4	6,68	1,32	6,15	0,04	1,78	0,05	2,23	1,73	0,33	0,12	7,5	600
1401	1	1,38	1,38	0,54	0,04	2,13	0,06	1,73	1,73	0,44	0,22	7,0	610
	2	1,34	1,34	0,57	0,04	2,16	0,05	1,79	1,79	0,48	0,22	7,5	620

выплавленной массе такая четкая зональность этого минерала не отмечается. Судя по нашим расчетам, амфибол субстрата начал образовываться при температуре 540°C и давлении 5,3 кбар. Максимум прогрессивного метаморфизма достигается при T=630°C и P=8,7 кбар. Точка IV соответствует самой окраине минерала и, по всей видимости, отражает регрессивную стадию метаморфизма (P=7,5 кбар, T=600°C). Интересно, что амфиболы выплавленного материала дают приблизительно такие же параметры (центр. точка 1 P=7,0 кбар, T=610°C, периферия, точка 2. P=7,5 кбар, T=610°C). Полученные данные позволяют полагать, что выплавка плагногранитного материала происходила на регрессивной стадии метаморфизма, приблизительно при температуре 600—620°C и давлении 7—7,5 кбар. По теораль-

ной петрологии в субдукционном блоке при средних геотермических градиентах такой P-T режим достигается на глубине 35—40 км. Полученные данные не позволяют допустить, что это именно зона проявления высокобарического метаморфизма. Минеральные парагенезисы района указывают, что скорость субдукции небольшая и поэтому геотермический градиент должен быть средний. Известно, что в таких условиях развивается среднебарический тип метаморфизма.

В заключение следует отметить один петрологический результат этой работы. Как было отмечено выше, в субстрате изучаемых пород содержание K_2O достигает ~2%, а выплавленный материал обеднен этим элементом (~1%) и обогащен Na_2O (3,5%). Эти данные еще раз указывают, что при селективном выплавлении выше 4 кбар образуются преимущественно обогащенный Na_2O материал, а ниже 4 кбар — обогащенный K_2O материал.

Подытоживая полученные данные, полагаем, что плагиогранито-гнейсы толеитового ряда Бешты и Каменистой образовались в зоне субдукции при селективном выплавлении верхней части погружающегося океанического блока. Температура выплавки составляло 600—620°C, а общее давление достигало 7,5—8 кбар.

Академия наук Грузии
Геологический институт
им. А. И. Джанелидзе

(Поступило 27.3.1992)

კატეგორია

ა. ოკროსვარიძე

ბეშტას და კამენისტის კლაზიოგნეისების წარმოშობის P-T რეჟიმი

რეზიუმე

სტატიაში რქატყუარების მიკროზონდური კვლევის საფუძველზე შესწავლილია ბეშტას და კამენისტის პლაგიოგნეისების წარმოშობის P-T რეჟიმი. ნაჩვენებია, რომ რქატყუარაში AL და Ca გადანაწილების კანონზომიერება წარმოადგენს საიმედო გეოთერმობარომეტრს. ამ პრინციპზე დაყრდნობით ნაჩვენებია, რომ აღნიშნული პლაგიოგრანიტები ჩამოყალიბდნენ 600—620°C ტემპერატურის და 7,5—8 კბ. წნევის პირობებში.

PETROLOGY

A. OKROSTSVARIDZE

P-T CONDITIONS OF BESHTAS AND CAMENISTAIAS PLAGIOGNEISSES ORIGIN

Summary

On the basis of microprobe analysis of hornblenders, P-T conditions of Beshtas and Camenistaias plagiogneisses origin has been studied in the article. It is shown that Al^{IV} and Ca distribution regularity in hornblenders is a reliable geothermal barometer. On these grounds, it is assumed that plagiogranites, mentioned above, have been developed under the temperature condition of 600—620°C and the pressure condition of 7,5—8 bk.



26.03.2024
20:27:10

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

Сообщения

1. Д. М. Шенгелиа, Г. Л. Чичинадзе, А. В. Окросцваридзе. Сообщения АН ГССР, 135, № 2, 1989, 393—396.
2. А. В. Окросцваридзе. ДАН СССР, т. 319, № 1, 1990, 233—236.
3. Г. М. Заридзе. Эндогенные формации орогенных областей. М., 1970.
4. Г. М. Заридзе. Глобальные эндогенные формации континентов и океанов и связанное с ними оруденение. М., 1984.
5. Т. Г. Чхотуа. Сообщения АН ГССР, 87, № 1, 1977, 102—105.
6. Д. М. Шенгелиа, Д. Н. Кецховели. Труды ГИН АН ГССР, вып. 78, 1982.
7. Д. М. Шенгелиа, С. П. Кориковский, Г. Л. Чичинадзе и др. Петрология метаморфических комплексов Большого Кавказа. М., 1991.
8. T. J. V. Hollad, S. W. Richardson. *Contribs. Mineral. and Petrol.*, vol. 70, 1979, p. 143—148.
9. М. А. Мишкин. ДАН СССР, т. 312, № 4, 1990, 944—946.
10. B. Jamtveit. *Contribs. Mineral. and Petrol.*, vol. 95, p. 1986, p. 82—99.
11. E. H. Brown. *J. Petrol.*, vol. 18, 1977, p. 53—72.

მ. მახარაძე, ვ. მაღლაკელიძე

გვირაბების თაღოვანი ლითონის სამაგრის ზილვის უნარიანობის ამალღების საკითხისათვის

(წარმოდგინა აკადემიკოსმა მ. ზვინგამ 30.3.1992)

რთულ გეომექანიკურ პირობებში, უმეტეს შემთხვევებში, ლითონის თაღოვანი სამაგრი ამოგყვავს გვირაბის სანგრევის წინ წაწევისთან ერთად და ასრულებს დროებით სამაგრის ფუნქციას, ამასთანავე, არის ხისტი არმატურა რკინაბეტონის სამაგრისათვის, რომელიც ბეტონით შეივსება სანგრევიდან გარკვეული მანძილის დაშორებით.

ზვირად, ინტენსიური რეოლოგიური პროცესების შედეგად ლითონის სამაგრი დაბეტონებამდე მთლიანად ან ნაწილობრივ დეფორმირდება, რაც ადიდებს ლითონის დანაკარგებს და ართულებს გვირაბის მშენებლობის ტექნოლოგიას. მაგალითად, ჟინვალჰესის წყალსარინი გვირაბის მშენებლობისას, აღნიშნული მიზეზის გამო, ლითონის ორტესებური პროფილის დანაკარგები გვირაბის ყოველ მეტრზე აღწევდა 0,6 ტონას, ხოლო მისი გაყვანის ტემპები შემცირდა 15 მეტრამდე თვეში. დაკვირვებებმა და ლითონის სამაგრის მუშაობის გამოკვლევამ დაგვანახვა, რომ ორტესებური პროფილი დეფორმირდება მთელი ტანის გადაგრებით, ირიბად მიმართული დატვირთვის ინტენსიური ზემოქმედების გამო, რომელიც წარმოიშობა გვირაბით გაშიშვლებული ქანების მოძრაობა-გადაადგილების შედეგად (სურ. 1). მუშაობს რა ირიბ ღუნვაზე, ძელის



სურ. 1

უდიდესი სიხისტის სიბრტყიდან დატვირთვის ქმედების სიბრტყის უმნიშვნელო გადახრაც კი იწვევს ორტესებური ძელის ღუნვის სიბრტყის მეტად საგუნლისხმო გადანაცვლებას, რის შედეგადაც ჩაღუნვები უმცირესი სიხისტის სიბრტყის მიმართულებით სცილდება მასალის დრეკადობის ფარგლებს და პროფილი ადვილად დეფორმირდება.

ამ მოვლენის შეფასებისათვის განვიხილოთ ორტესებური ძელი № 26-ის ომეტრიული მახასიათებლებით: $I_x=4020 \text{ სმ}^4$, $I_y=246 \text{ სმ}^4$, $W_x=312 \text{ სმ}^3$, $W_y=40,9 \text{ სმ}^3$.

ძალის ქმედების სიბრტყის დახრა Y ღერძთან (სურ.). მივიღოთ $\varphi=5^\circ$ და გამოვთვალოთ ნეიტრალური ღერძის დახრის კუთხე X ღერძთან ფორმულით:

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \varphi \frac{I_x}{I_y} = \operatorname{tg} 5^\circ \frac{4020}{246} = 1,4; \quad \alpha = 55^\circ$$

პროპორციიდან $\frac{f_x}{\sin \alpha} = \frac{f_y}{\cos \alpha}$ ვადგენთ ჩალუნვის სიღიდეს X-ღერძის მიმართულებით: $f_x = f_y \operatorname{tg} \alpha = 1,4 f_y$, რომელიც 40%-ით მეტი გამოდის ჩალუნვაზე y ღერძის მიმართულებით დატვირთვის სიბრტყის დახრა ღერძთან თუ არის $\varphi=30^\circ$, მაშინ ნეიტრალური ღერძის გადახრა X ღერძიდან $\alpha = 84^\circ$ და $f_x = 10 f_y$. საიდანაც გამომდინარეობს, რომ ნეიტრალური ღერძი თითქმის უთავსდება y ღერძს, ანუ ძელის უდიდესი სიხისტის სიბრტყეს და ლუნვის სიბრტყე; ანუ ჩალუნვის მიმართულება ემთხვევა X-ღერძის მიმართულებას; პრაქტიკულად ეს იმას ნიშნავს, რომ ორტესებური ძელი მუშაობს უმცირესი სიხისტის სიბრტყით და მინიმალურ წინააღმდეგობას უწევს გარეგან დატვირთვებს.

№ 26 ორტესებური ძელის ზიდვის უნარიანობის შეფასებისათვის, ვსარგებლობთ ირიბ ლუნვაზე სიმტკიცის ცნობილი პირობით:

$$\frac{M_{\text{მ.ე.}}}{W_x} \left(\cos \varphi + \frac{W_x}{W_y} \sin \varphi \right) \leq \sigma_e, \quad (1)$$

სადაც $\sigma_e = 3000 \text{ კგ/სმ}^2$ არის ფოლადის დენადობის ზღვარი, $W_x = 312 \text{ სმ}^3$ — ორტესებური ძელის წინააღობის მომენტი X ღერძის მიმართ, $W_y = 40,9 \text{ სმ}^3$ — წინააღობის მომენტი y ღერძის მიმართ, φ — დატვირთვის სიბრტყის დახრის კუთხე y ღერძთან.

მნიშვნელობათა (1) ფორმულაში ჩასმით და $\varphi=5^\circ$ გათვალისწინებით. გამოვთვლით ირიბი ლუნვის მომენტის ზღვრულ სიღიდეს; $M_{\text{მ.ე.}} = 5,7 \text{ ტ. მ.}$ და მლუნავ მომენტს X ღერძის მიმართ $M_x = \sigma_e W_x = 9,4 \text{ ტ. მ.}$ ამ სიღიდეების შედარებით ნათლად ჩანს, რომ დატვირთვის უმნიშვნელო გადახრა ($\varphi=5^\circ$) იწვევს ორტესებური ძელის ზიდვის უნარის 36%-ით შემცირებას.

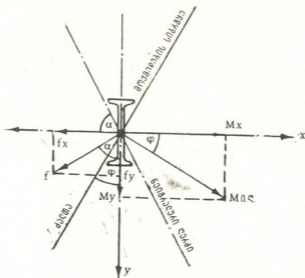
დატვირთვის სიბრტყის საგულისხმო გადახრის ($\varphi=30^\circ$) დროს y ღერძიდან ძელის ირიბი ლუნვის მომენტის სიღიდე არ აღემატება $M_{\text{მ.ე.}} = 2 \text{ ტ. მ.}$ -ს და პროფილის ზიდვის უნარი მცირდება 80%-ით, ხოლო როცა $\varphi=35^\circ$ ირიბი ლუნვის მომენტის ზღვრული მნიშვნელობა უტოლდება ძელის სიმტკიცეს y ღერძის მიმართ, ანუ ძელის უმცირესი წინააღობის მომენტის შესაბამისი კვეთის სიმტკიცეს, ე. ი.

$$M_y = \sigma_e \cdot W_y = 3000 \cdot 40,9 = 1,23 \text{ ტ. მ.-ს.}$$

საინტერესოა ის ფაქტიც, რომ ლითონის სამაგრის დეფორმირებულ ებნებზე (სურ. 1) ხშირად გვხვდება დაუზიანებელი ამოხიმვა, რომელთა ზღვრული სიმტკიცე ლუნვაზე (5—6 სმ სისქის ფიცრებისათვის) ცვალებადობს 1,5—2 ტმ ფარგლებში; ეს მაჩვენებელი კი აღემატება ორტესებური ძელის სიმტკიცეს უმცირესი სიხისტის სიბრტყის მიმართულებით. მაშასადამე, ირიბი ლუნვის შემოქმედებით ძელი მუშაობს, როგორც გადაბრუნებული პროფილი წინააღობის მინიმალური მომენტით და იგრძნობს ამოხიმვის დაზიანებამდე.



ამგვარად, ორტესებური პროფილი არახელსაყრელად მუშაობს ღუნვაზე და არ შეიძლება იყოს რაციონალური მასალა მიწისქვეშა მსგეუსისა და ლითონის სამაგრი კონსტრუქციების დასამზადებლად. ამის მიზეზია გვირაბებში ქანების მოძრაობა-გადაადგილებით გამოწვეული არასიმეტრიული დატვირთვები და ძელის მთავარი წინაღობის მომენტების, ანუ ინერციის მომენტების ერთმანეთისაგან მრავალჯერადი განსხვავება, რაც იწვევს α და φ კუთხეების უტოლობას (სურ. 2) და ნეიტრალური და ძელის ქმედების სიბრტყეების ურთიერთ არაპერპენდიკულარობას.



სურ. 2

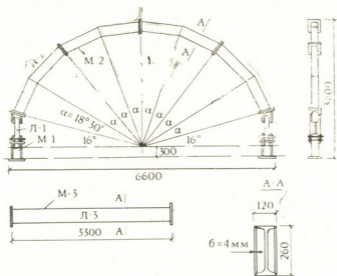
ცნობილია, რომ კვადრატული და წრიული კვეთებისათვის ირიბი ღუნვა არ არსებობს, რადგანაც მათი მთავარი წინაღობის ან ინერციის მომენტები თანაბარია და უზრუნველყოფილია ნეიტრალური და ძელის ქმედების სიბრტყეების ურთიერთპერპენდიკულარობის ($\alpha = \varphi$) პირობა. მაშასადამე, ის კვეთები იქნება რაციონალური, რომელთა პარამეტრები ახლოს არის ამ ფიგურებთან. ამ მიზნით № 26 ორტესებურ პროფილს მივადღუღეთ 4 მმ სისქის ფურცლოვანი ფოლადი და მივეციტ ძელს კოლოფისებური ფორმა. გამოვიტვალეთ ამ კოლოფისებური პროფილის (სურ. 3) წინაღობის მომენტები და შესაბამისი მღუნავი მომენტები: $W_x = 400 \text{ სმ}^3$, $W_y = 200 \text{ სმ}^3$, $M_x = 12 \text{ ტ. მ.}$, $M_y = 6 \text{ ტ. მ.}$, $M_{a.ღ.} = 11,2 \text{ ტ. მ.}$, როცა $\varphi = 5^\circ$, $M_{a.ღ.} = 6,5 \text{ ტ. მ.}$, როცა $\varphi = 30^\circ$.

მიღებული შედეგების № 26 ორტესებური ძელის შესაბამის მონაცემებთან შედარება გვიჩვენებს, რომ პროფილის ზიდვის უნარიანობამ სუფთა ღუნვის დროს მოიმატა 30%-ით, ხოლო ირიბი ღუნვისას — 50%-ით.

პრაქტიკულად, ეს იმას ნიშნავს, რომ კოლოფისებური პროფილის კონსტრუქციაში ხარისხიანი გაბრუნვა გამორიცხავს მის მუშაობას ირიბ ღუნვაზე.

სამაგრის ზიდვის უნარის ამაღლების კიდევ ერთი ღონისძიება იმაში მდგომარეობს, რომ ჩაირთოს მის კონსტრუქციაში 300—400 მმ სიდიდის დათმობის კვანძები, რაც აუცილებელია გვირაბის გაშიშვლებული ქანების ინტენსიური მოძრაობის ჩაქრობისათვის, ანუ სამგრზე მოქმედი დატვირთვების შემცირებისათვის.

ზემოხსენებული ოპტიმალური პარამეტრების საფუძველზე ჩვენ შევქმენით შემუშავებულია კოლოფისებური პროფილის ლითონის დამთმობი თაღოვანი სამაგრი, რომელიც შედგება ოთხი ერთი ტიპის სეგმენტისაგან (M—2), ორი დამთმობი კვანძი — სადგამისაგან (M—1) და ორი ფეხისაგან (M—3). სამაგრის ელემენტები დამზადებულია № 26 ორტესებური პროფილისაგან, რომელთა გვერდებზე მიდღელებულია 4 მმ სისქის ფურცლოვანი ფოლადი (Л—1, Л—2, Л—3) ელემენტები ერთმანეთთან დაკავშირებულია ჭანჭიკებით (სურ. 3).



სურ. 3.

თაღებს შორის მანძილი 0,6 მეტრია, მათი ურთიერთშორის კავშირი ხორციელდება № 12 შევლერის გამბრჭენებით; ლითონის ხარჯი გვირაბის გრძივ მეტრზე 1,8 ტონაა.

უნივერსალის წყალსარიანი გვირაბის მშენებლობაზე ამ სამაგრის გამოყენებით გრძივ მეტრზე დაიზოგა 0,6 ტონა დეფიციტური ლითონი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

(შემოვიდა 7.4.1992)

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

М. И. МАХАРАДЗЕ, П. О. МАГЛАКЕЛИДЗЕ

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ АРОЧНОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КРЕПИ ТОННЕЛЕЙ

Резюме

Исследования работы арочных металлических крепей показывают, что двутавровый профиль подвергается сложному деформированию с закручиванием тела балки при воздействии несимметричной косонаправленной нагрузки, которая развивается в результате интенсивного смещения обнаженных пород. Причиной этого является многократное различие главных моментов сопротивления профиля, что определяет неспособность его работы при косом изгибе.



С целью повышения несущей способности конструкции, к бокам двутавра привариваются листовые стали толщиной 4 мм и ей придается коробчатое сечение. Это мероприятие повышает несущую способность при чистом изгибе на 30%, а при косом изгибе на 50%; следовательно, при качественной распорке коробчатого профиля в конструкции исключается ее работа на косой изгиб. Последующим мероприятием повышения несущей способности крепи является включение в ее конструкции узлов податливости, что способствует стабилизации смещения контура обнажения и уменьшения нагрузки на крепь.

На основании исследованных оптимальных параметров, разработана арочная податливая металлическая крепь из коробчатого профиля, с применением которой сэкономлено 0,6 т дефицитного двутавра на каждый метр тоннеля.

STRUCTURAL MECHANICS

M. MAKHARADZE, P. MAGLAKELIDZE

ON THE PROBLEM OF THE INCREASE OF BEARING CAPACITY OF ARCH METAL SUPPORTS FOR TUNNELS

Summary

The investigations of the behaviour of arch metal supports prove that I-beam profile undergoes complex deformation with girder body twisting.

In order to increase the bearing capacity of the structure 4 mm sheet steels are welded to I-beam sides and the structure obtains boxlike cross-section. This increases the bearing capacity for 30% under pure bending and for 50% under asymmetrical bending. Thus, at qualitative strutting of box profile in structure, asymmetrical bending strain is eliminated.

On the basis of the investigated optimum parameters, an arch yielding metal support of box profile is worked out, its use giving the economy of 0,6 t of scarce I-beam per metre of tunnel.

М. Г. КЕКУА, Г. Ш. ДАРСАВЕЛИДZE, М. О. ПАГАВА, Н. К. БИГВАВА

О КОРРЕЛЯЦИИ НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ ГЕРМАНИЙ-КРЕМНИЙ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. В. Цагарейшвили 10.6.1992)

Для научного предвидения свойств материалов и более детальных прогнозов необходимо устанавливать корреляции между различными параметрами материалов. Корреляционные зависимости имеют не только практическое значение, но позволяют глубже вникать в природу вещества и делать важные теоретические выводы.

В полупроводниковой технике в особенности интересными эти корреляции оказываются в тех случаях, когда они связывают сравнительно легкоопределимые свойства материала с такими свойствами, которые имеют основное значение при выборе полупроводниковых материалов для применения в приборостроении.

Объектами исследования нами взяты полупроводниковые вещества германий и твердые растворы системы Ge-Si. Германий — вещество, относящееся к классу химических индивидов, характеризующееся определенной совокупностью физических и химических свойств. Твердые растворы же — вещества переменного состава и переменных свойств, не укладывающиеся в рамки законов постоянных и кратных отношений, характерных для химических индивидов.

Однако с учетом того, что в группе алмазоподобных материалов существует общность химических и физических свойств, основанная на общности основного типа химической связи [1], нами проведено комплексное исследование свойств названных веществ. Изучены ширина запрещенной зоны, микротвердость, коэффициент термического расширения, плотность, температура плавления, плотность дислокации и электрические свойства.

Так как изменение состава кристалла, степени и вида его деформации, а также изменение внешних условий регистрируются соответствующим изменением спектра механической релаксации [2], для анализа корреляции свойств твердых растворов германий-кремний изучены изменения интенсивности фона внутреннего трения при комнатной температуре взятых экспериментальных образцов.

Экспериментальные монокристаллы получены методом вытягивания из большого объема расплава [3] под давлением гелия 0,5 атмосфер, со скоростью роста 0,25 мм/мин и вращением затравки и тигля 45 и 10 об/мин соответственно.

Ширина запрещенной зоны изучена методом измерения электропроводности в зависимости от температуры в пределах от 20 до 700°C.

Исследования температуры плавления проведены на дериватографе.

Измерения микротвердости проведены на приборе ПМТ-3 при нагрузке 50 г. Полученные значения — результат 50 измерений по длине и сечению шлифа. Плотность экспериментальных образцов определена двумя методами: гидростатическим взвешиванием и измерением параметра решетки. Измерение коэффициента термического расширения проведено на вакуумном кварцевом dilatометре. Внутреннее трение исследовано методом полуавтоматической регистрации логарифмического декремента свободных крутильных колебаний на частоте порядка 1 Герц.

Полученные нами результаты исследования приведены в таблице. Из таблицы видно, что по мере входа атомов кремния в решетку германия происходит изменение физических, физико-механических и физико-химических свойств. Выявлена определенная закономерность изменения свойств в зависимости от исходного состава. Микротвердость материала, характеризующая силы сцепления, растет с повышением содержания кремния в германии, увеличиваются температура плавления, ширина запрещенной зоны, соответственно падают плотность, коэффициент термического расширения, уменьшается интенсивность фо-

Характеристика экспериментальных образцов

Материал	Ширина запр. зоны, эв (при 300°C)	Микротвердость, кг/мм ²	Кэфф. термического расширения, град ⁻¹ (при 300°C)	Конц. носителей тока, см ⁻³	Подвижность, см ² /В·с	Плотность дислокации, см ⁻²	Внутреннее трение $Q^{-1} \cdot 10^4$	Удельный вес, г/см ³	Температура плавления, °C
Ge	0,72	822	$7,5 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{14}$	3000	$3,0 \cdot 10^3$	8	5,33	941
Ge _{0,99} -Si _{0,01}	0,75	840	$6,6 \cdot 10^{-6}$	$8,0 \cdot 10^{13}$	2810	$6,0 \cdot 10^3$	7	5,30	943
Ge _{0,98} -Si _{0,02}	0,76	900	$6,5 \cdot 10^{-6}$	$7,0 \cdot 10^{13}$	2320	$3,5 \cdot 10^4$	5	5,28	944
Ge _{0,97} -Si _{0,03}	0,77	935	$6,2 \cdot 10^{-6}$	$3,1 \cdot 10^{13}$	2260	$4,0 \cdot 10^4$	2	5,25	946

Образцы были *p*-типа проводимости

на внутреннего трения. Следовательно, установлены прямая корреляция между изменением микротвердости, температуры плавления и шириной запрещенной зоны, а также обратная корреляция плотности, коэффициента расширения и интенсивности фона внутреннего трения.

Изменение приведенных отдельных свойств в зависимости от исходного состава твердых растворов указывает на то, что введение атомов кремния с ковалентным радиусом 1,17 Å в решетку германия, радиус которого составляет 1,22 Å, уменьшает межатомное расстояние, следовательно, повышает силу межатомной связи в кристаллах твердых растворов германий-кремний.

Полученная нами корреляция в части взаимосвязи твердости, запрещенной зоны и точки плавления хорошо согласуется с результа-

тами Вольфа и др. [4], которые эти параметры изучали на алмазоподобных материалах как функцию межатомного расстояния, и с результатами татами, полученными в [5] для элементов четвертой группы системы Менделеева.

Академия наук Грузии
Институт металлургии
им. Ф. Н. Тавадзе

(Поступило 15.6.1992)

მიჯალურგია

მ. კეკუა, ზ. დარსაველიძე, მ. ფაღავა, ნ. ბიგვავა

ნახევარგამტარული გერმანიუმ-სილიციუმის მყარი ხსნარების
ფიზიკური თვისებების კორელაციის შესახებ

რეზიუმე

ჩატარებულია გერმანიუმისა და განზავებული Ge—Si მყარი ხსნარების თვისებების კომპლექსური კვლევა. შესწავლილია აკრძალული ზონის სიგანე, მიკროსისალე, თერმული გაფართოების კოეფიციენტი, სიმკვრივე, დნობის ტემპერატურა, დისლოკაციათა სიმკვრივე, ელექტრული თვისებები და შინაგანი ხახუნის ტემპერატურული სპექტრი. დადგენილია პირდაპირი კორელაცია მიკროსისალის, დნობის ტემპერატურის, აკრძალული ზონის სიგანის ცვლილებათა შორის და უკუკორელაცია სიმკვრივის, გაფართოების კოეფიციენტი-სა და შინაგანი ხახუნის ტემპერატურული ფონის ინტენსივობის ცვლილებათა შორის.

METALLURGY

M. KEKUA, G. DARSAVELIDZE, M. PAGAVA, N. BIGVAVA

CORRELATIONS BETWEEN SOME PHYSICAL PROPERTIES OF
GERMANIUM-SILICON SOLID SOLUTION SEMICONDUCTORS

Summary

The following complex of physical properties of germanium and germanium-silicon dilute solid solutions were investigated: the microhardness, the thermal expansion coefficient, the density, the melting temperature, the dislocation density, the temperature dependence of internal friction, the electrical properties, the band gap width. Direct correlations were found between the changes in such properties as the microhardness, the melting temperature and the band gap width, while such properties as the density, the thermal expansion coefficient and the temperature dependence of the internal friction background correlated inversely.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Н. А. Горюнова. Сложные алмазоподобные полупроводники. М., 1968.
2. В. Е. Постников. Внутреннее трение в металлах. М., 1974, 370.
3. М. Г. Кекуа, Э. В. Хуцишვიли. Твердые растворы полупроводниковой системы германий-кремний. Тбилиси, 1985.
4. G. A. Wolf, L. Toman, N. Field. Halbleiter and Phosphore, Braunschweig, 1958.
5. Н. Н. Сирота. Сб. «Химическая связь в полупроводниках и термодинамика». Минск, 1966.

А. И. БЕТАНЕЛИ, Д. Г. МЕТРЕВЕЛИ, Н. В. ПХАЛАДЗЕ

КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ АВАРИЙНОГО СПАСЕНИЯ ЭКИПАЖЕЙ ГИПЕРЗВУКОВЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

(Представлено академиком М. В. Хвингия 5.5.1992)

Одной из основных проблем при создании пилотируемых гиперзвуковых летательных аппаратов (ГЛА) различного назначения является обеспечение безопасности экипажей на всех участках полета при всех возможных аварийных ситуациях.

Для успешного решения данной проблемы необходимо исходя из конструктивных и эксплуатационных особенностей ГЛА определить оптимальный состав системы аварийного спасения, обладающей минимальной массой и максимально возможной при этом эффективностью.

В отличие от всех других летательных аппаратов, ГЛА на протяжении всего участка крейсерского режима полета испытывает большие аэродинамические нагрузки, которые примерно в 2 раза больше, чем значения максимального скоростного напора для многоразовой ракетно-космической системы на участке выведения на орбиту и в 6—7 раз больше, чем для дозвуковых пассажирских самолетов [1].

В связи с этим для ГЛА неприемлемы известные на сегодняшний день и используемые в авиации средства аварийного спасения, например такие, как катапультируемые кресла. Более того, для летательных аппаратов данного типа средства спасения «открытого» типа вообще неприемлемы. Здесь дополнительная проблема связана еще и с присутствием на борту многочисленного экипажа.

Исходя из этого единственно пригодной для ГЛА может являться система аварийного спасения, выполненная в виде отделяемой довольно крупной части летательного аппарата, включающей в себя все обитаемые отсеки.

На участке крейсерского режима полета в условиях больших скоростных напоров наиболее сложными проблемами являются отделение спасаемой части в случае необходимости от аварийного ГЛА, обеспечение ее автономного управляемого стабилизированного полета с безусловным выдерживанием в допустимых для человека пределах значений действующих перегрузок и обеспечение ее заданного теплового режима на протяжении всего процесса аварийного спасения [2].

В случае возникновения на участке крейсерского режима полета таких скоротечных, наиболее критических аварийных ситуаций, как пожар на борту или взрыв запасов топлива, будет необходимо обеспечить экстренный увод на безопасное расстояние от аварийного ГЛА за располагаемый при этом короткий отрезок времени его спасаемой части с экипажем на борту. При этом требуется наибольшее значение (по сравнению с другими участками полета) тяговооруженности аварийной двигательной установки для преодоления большого аэродинамического сопротивления в момент разделения. Однако это, со своей стороны, будет связано с нежелательным для человека возрастанием значений, возникающих при этом перегрузок и с увеличением массы и габаритов аварийной двигательной установки [3].

Состав средств системы аварийного спасения и предъявленные к ней требования должны определяться с учетом выбранных на основании анализа возможных аварийных ситуаций «расчетных аварий». Здесь необходимо учитывать тот фактор, что на выбор «расчетных аварий» существенное влияние будет оказывать и облик ГЛА.

Для ГЛА наиболее критическими участками полета исходя из возможных аварийных ситуаций следует считать: участок разгона, на котором будет выполняться перевод интегральной многорежимной силовой установки с режима ТРД на режим ПВРД и с режима ПВРД на режим ЖРД, участок крейсерского режима полета в атмосфере для случая, когда не предусмотрен выход ГЛА на орбиту, участок схода с орбиты с дальнейшим аэродинамическим торможением и запуском силовой установки и заключительный участок спуска, на котором при малой скорости выполняется маневр подхода к аэродрому посадки.

На всех этих участках полета, кроме последнего, будет возникать проблема обеспечения заданного теплового режима спасаемой части ГЛА в процессе аварийного спасения после ее отделения от аварийного летательного аппарата. Это будет связано с тем, что, в отличие от многоразовых ракетно-космических систем, заданный тепловой режим которых при полете в атмосфере обеспечивается наличием на всей поверхности аппарата пассивного теплозащитного покрытия, заданный тепловой режим ГЛА будет обеспечиваться принципиально другим способом — активным охлаждением особо теплонагруженных зон конструкции с помощью прокачки криогенного компонента топлива или жидкометаллического теплоносителя через специальные каналы в конструкции планера и силовой установки. Но такая система обеспечения заданного теплового режима может работать только при наличии целостности ГЛА. При отсутствии же силовой установки обеспечить охлаждение конструкции таким способом будет невозможно.

В таком случае заданный тепловой режим спасаемой части ГЛА на протяжении всего ее автономного полета в процессе аварийного спасения предлагается обеспечить принципиально новым конструктивным решением системы теплозащиты. В частности, особо теплонагруженные элементы конструкции спасаемой части ГЛА будут изготавливаться из абляционного материала. Конструктивно же они будут аналогичны остальным охлаждаемым элементам, т. е. будут иметь внутренние каналы для прокачки через них охладителя [4]. В случае возникновения таких аварийных ситуаций, которые потребуют отделения от ГЛА его спасаемой части, т. е. потребуют нарушения целостности летательного аппарата, ее заданный тепловой режим будет обеспечиваться путем абляционного охлаждения.

В качестве материала для наружных поверхностей спасаемой части ГЛА предлагается использовать материал «усовершенствованный углерод-углерод» с внутренними каналами для прокачки жидкометаллического или других охладителей. При штатных режимах полета такая конструкция будет работать как активно охлаждаемая, а в ходе автономного полета спасаемой части в процессе аварийного спасения после отделения от ГЛА и прекращения тем самым прокачки охладителя — как абляционная теплозащита.

Совмещение в конструкции одновременно свойств активной и абляционной теплозащиты позволит создать принципиально новую, оптимальную с точки зрения термостойкости как во время штатного, так и во время аварийного режимов полета конструкцию для спасаемой

части ГЛА, обладающую при этом минимально возможной массой. Этим самым проблема обеспечения теплового режима спасаемой части ГЛА в процессе аварийного спасения будет решена.

Вопрос же обеспечения автономного стабилизированного управляемого полета спасаемой части ГЛА в процессе аварийного спасения при безусловном ограничении максимальных значений возникающих при этом перегрузок будет решаться аналогично тому, как это предлагается осуществить применительно к спасаемой носовой части много-разовой ракетно-космической системы. В частности, спасаемая часть ГЛА будет снабжена дополнительными аэродинамическими поверхностями в виде щитков, обеспечивающими ее заданную центровку, наиболее выгодную с точки зрения оптимального использования располагаемого аэродинамического качества. На рис. 1 показаны основ-

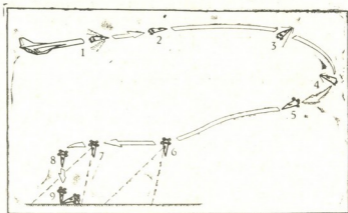


Рис. 1. Основные этапы аварийного спасения экипажа с помощью отделяемой спасаемой части ГЛА: 1 — отделение спасаемой части от аварийного ГЛА с помощью РДТТ системы аварийного спасения; 2 — конец работы РДТТ; 3 — начало аэродинамического торможения; 4 — выполнение бокового маневра в процессе торможения; 5 — ввод в действие турбовентиляторных агрегатов системы приземления и дальнейшее гашение скорости с их помощью; 6 — выполнение маневра в горизонтальной плоскости с целью выбора предпочтительного места посадки; 7 — зависание для осмотра выбранного места посадки; 8 — окончательный участок спуска; 9 — касание земной поверхности и перевод спасаемой части в горизонтальное положение.

ные этапы аварийного спасения экипажа с помощью отделяемой части ГЛА.

В целом же подход к проблеме обеспечения безопасности экипажей ГЛА должен быть комплексным, т. е. безопасность должна обеспечиваться, с одной стороны, путем повышения надежности ГЛА, а с другой — за счет безусловного наличия на борту такой системы аварийного спасения, которая обеспечит безопасность при возникновении самых критических аварийных ситуаций.

ა. ბეთანელი, დ. მებრეველი, ნ. ჭხალაძე

ჰიპერბზბერიტი სავრენი ავარაბაბის ეკიპაჟის ავარიული
გადარჩენის სისტემის კონცეფცია

რეზიუმე

ჰიპერბგერითი საფრენი ავარატების კონსტრუქციული და საექსპლუატაციო თავისებურებების ანალიზის საფუძველზე შემოთავაზებულია მათი ეკიპაჟების ავარიული გადარჩენის სისტემის კონცეფცია და გადასარჩენი ნაწილის თბური დაცვის სისტემის პრინციპულად ახალი კონსტრუქციული გადაწყვეტა.

MACHINE BUILDING SCIENCE

A. BETANELI, D. METREVELI, N. PKHALADZE

A CONCEPTION CREWS EMERGENCY RESCUE
SYSTEM OF HYPERSONIC VEHICLES

Summary

Basing on the analysis of structural and operational distinctions of the hypersonic vehicles, essentially new constructional solutions are proposed for crew emergency rescue system and rescue heat protection system.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Aerospace America, No. 8, 1987, 32—34.
2. Д. Г. Метревели, В. К. Безвербый. Спасение экипажа многоразовой ракетно-космической системы в отделяемой носовой части орбитального корабля при авариях на участке полета по ОИСЗ с использованием для схода с орбиты РДТТ системы аварийного спасения. МАИ, 1991. Депонир. в ГосНИИ ГА статья № 841—ГА91.
3. Д. Г. Метревели. Аварийное спасение экипажа многоразовой ракетно-космической системы при взрыве ракеты-носителя и определение основных проектных параметров аварийной двигательной установки. МАИ, 1991. Депонир. в ГосНИИ ГА статья № 864—ГА91.
4. А. И. Бетанели, Т. Р. Агладзе, И. Г. Шавошвили, Н. В. Пхаладзе. Сообщения АН СССР, 130, № 1, 1988.

თ. ხუზენი

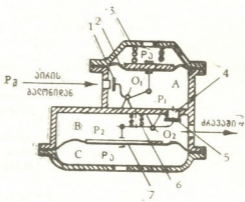
აირის ორსაფეხურიანი რედუქტორის მათემატიკური მოდელი

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ი. ჯეზაშვილმა 5.5.1992)

აირბალონიანი ავტომობილის ძრავას კვების სისტემის ერთ-ერთი ძირითადი კვანძია აირის რედუქტორი. იგი წარმოადგენს ორ ან სამსაფეხურიან წნევის ავტომატურ რეგულატორს, რომლის დანიშნულებაც ბალონიდან შემომავალი აირის წნევის დაქვეითება საჭირო სიდიდემდე. ამ მოწყობილობის გაზო-დინამიკური და სახარჯო მახასიათებლების დადგენის ანალიზური მეთოდი გარდამავალი რეჟიმების გათვალისწინებით ნაკლებად დაამუშავებული. ამის გამო მიზანშეწონილია ხსენებული რედუქტორის მათემატიკური მოდელის შე-დგენა.

განვიხილოთ ეს საკითხი ორსაფეხურიანი აირის რედუქტორის მთავარი მდოლირებული სისტემის მაგალითისათვის.

რედუქტორის პრინციპული სქემა მოყვანილია 1 სურათზე.



სურ. 1

აირის ბალონიდან სარქველის 1 გავლით აირი შედის პირველი საფეხურის A ღრუში. როდესაც წნევა მიაღწევს დადგენილ მნიშვნელობას მემბრანის 2 განვითარებული ძალა დასძლევს ზამბარის 3 ძალას და სარქველი 1 ჩაქცავს აირის შემშვებ ხერხს. პირველი საფეხურის A ღრუ ხერხლით 4 შეერთებულია მეორე საფეხურის B ღრუსთან. ხერხლი 4 ჩაქცეილია სარქველით 5, რომლის ბერკეტს აწეობს ზამბარა 6. სარქველის 5 ბერკეტი კინემატიკურად დაკავშირებულია მემბრანასთან 7.

გაჩერებულ ძრავას შემთხვევაში B ღრუში წნევა ატმოსფერულს უდრის, ისევე როგორც C ღრუში და ზამბარის 6 ძალა ექცავს 5 სარქველს. როდესაც ძრავა ამუშავდება მის შემშვებ კოლექტორში შექმნილი გაუნზოება გადა-ეცემა B ღრუს, წნევათა სხვაობის გამო მემბრანა 7 დასძლევს ზამბარის 6 ძალ-ვას და გახსნის სარქველს 5. აირი A ღრუდან ხერხლის 4 გავლით მიეწოდება

ძრავს. წნევა A ღრუში იწყებს შემცირებას, მემბრანა 2 და ზამბარა 3 ბერკეტული სისტემის მეშვეობით გააღებენ სარქველს 1 და აირ ბალონიდან მიეწოდება A ღრუს. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ბერკეტების მობრუნების კუთხე არ აღემატება 60° , როდესაც $\cos \Psi \approx 1$, პირველი საფეხურის ბერკეტის სარქველითურთ მოძრაობის განტოლება გამოისახება შემდეგნაირად:

$$J_{01}\ddot{\Psi}_1 = (p_2 - p_1) S_{s_1} \cdot 1_1' + [F_{\Phi_1} - (p_1 - p_0) S_{a_1} | 1_1'' - M_{\Phi_1} \quad (1)$$

სადაც: I_{01} — პირველი საფეხურის მოძრავი ნაწილების ინერციის მომენტი, დაყვანილი O_1 სახსარის ღერძთან; Ψ_1 — ბერკეტის შემობრუნების კუთხე; p_2 — რედუქტორში შემავალი აირის აბსოლუტური წნევა; p_1 — აირის აბსოლუტური წნევა პირველ საფეხურში; S_{s_1} — პირველი საფეხურის სარქველის ფართი; F_{Φ_1} — პირველი საფეხურის ზამბარის დრეკადი ძალა; p_0 — ატმოსფერული წნევა; S_{a_1} — პირველი საფეხურის მემბრანის ეფექტური ფართობი; $1_1'$ და $1_1''$ ბერკეტის სათანადო მხრებია; M_{Φ_1} — ხახუნის მომენტი.

ანალოგიურად მეორე საფეხურის ნაწილებისათვის:

$$J_{02}\ddot{\Psi}_2 = (p_1 - p_2) S_{s_2} \cdot 1_2' + (p_0 - p_2) S_{a_2} 1_2'' - F_{\Phi_2} 1_2''' - M_{\Phi_2} \quad (2)$$

p_1 წნევის ცვალებადობა განისაზღვრება იდეალური აირების მდგომარეობის განტოლებით:

$$p_1 V_1 = MRT_1 / \mu_a \quad (3)$$

სადაც: V_1 — პირველი საფეხურის კამერის გეომეტრიული მოცულობა; M — აირის მასა კამერაში; R — აირის უნივერსალური მუდმივა; T_1 — აბსოლუტური ტემპერატურა; μ_a — აირის მოლეკულური წონა.

დიფერენცირების შემდეგ მივიღებთ:

$$\frac{dp_1}{dt} = \frac{R}{\mu_a V_1} \left(T_1 \frac{dM}{dt} + M \frac{dT_1}{dt} \right) \quad (4)$$

განსახილველ შემთხვევისთვის პრაქტიკულად დასაშვებია T_1 ტემპერატურის მუდმივობა.

$$M = M_0 + (M_1 - M_2) \quad (5)$$

სადაც: M_0 — აირის საწყისი მასა; M_1 — აირის ბალონიდან პირველ საფეხურის კამერაში მიწოდებული აირის მასა; M_2 — ამავე კამერიდან გასული აირის მასა;

აქედან:

$$\frac{dM}{dt} = \frac{dM_1}{dt} - \frac{dM_2}{dt} = Q_1 - Q_2 \quad (6)$$

ამის გათვალისწინებით განტოლება (4) მიიღებს სახეს:

$$\dot{p}_1 = RT_1(Q_1 - Q_2) / \mu_a V_1 \quad (7)$$

Q_1 და Q_2 ხარჯების დასადგენად გამოიყენება გავზოდიწამიკიდან ცნობილი ფორმულები. აქ უნდა იყოს გათვალისწინებული ზეკრიზისულ თუ ქვეკრიზისულ ხარჯთან გვაქვს საქმე.

ცნობილია ([1], გვ. 32), რომ წნევების კრიზისული ფარდობა σ_* უდრის:

$$\sigma_* = \frac{p_0}{p_a} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{k/(k-1)} \quad (8)$$

სადაც: p_8 — წნევა გარემოში, სადაც მიეწოდება აირი; p_8 — წნევა გარემოში, საიდანაც ხდება აირის გამოდინება; k — ადიაბატის მაჩვენებელი

თუ $\sigma < \sigma_*$ ადგილი აქვს ზეკრიზისულ ხარჯს;

თუ $\sigma > \sigma_*$ ადგილი აქვს ქვეკრიზისულ ხარჯს.

სათანადოდ, პირველი შემთხვევისთვის ვისარგებლოთ ზეკრიზისული ხარჯის ფორმულით ([1], გვ. 32), რომელიც ფიზიკური სიდიდეების SI ერთეულების სისტემის გათვალისწინებით იღებს შემდეგ სახეს:

$$Q^* = \gamma f \left(\frac{2}{k+1} \right)^{1/(k-1)} p \sqrt{\frac{2k}{k+1} \cdot \frac{1}{BT}}, \quad \text{კვ/წმ} \quad (9)$$

ანალოგიურად, ქვეკრიზისული ხარჯისთვის იგივე წყაროდან ([1], გვ. 32])

$$Q = \gamma f p \sqrt{\frac{2k}{k-1} \cdot \frac{1}{BT} (\sigma^{2/k} - \sigma^{(k+1)/k})}, \quad \text{კვ/წმ} \quad (10)$$

ამ ფორმულებში:

γ — ხარჯის კოეფიციენტი; f — სარქველის გამავალი კვეთის ფართობი მ^2 ; p — წნევა ღრუში, საიდანაც გამოდინება აირი, პა; B — აირის კუთრი მუდმივა და $B = R/\mu$ — აირის ერთი კ. მოლის მასა); T — აირის აბსოლუტური ტემპერატურა.

პირველი და მეორე საფეხურების სარქველების γ_1 და γ_2 ხარჯის კოეფიციენტები დამოკიდებულია სარქველების აწევის h_1 და h_2 სიდიდეებზე, რომლებიც გამოიანგარიშება ფორმულებიდან:

$$h_1 = l_1' \sin \psi_1 \approx l_1' \psi_1 \quad (11)$$

$$h_2 = l_2' \sin \psi_2 \approx l_2' \psi_2 \quad (12)$$

თუ ვისარგებლებთ გრაფიკით $\gamma = \gamma(h)$, რომელიც მოყვანილია ([2], გვ. 125) და მოვახდენთ მის აპროქსიმაციას, მივიღებთ ფორმულას:

$$\gamma = 11,98 h^{0,46} \quad (13)$$

სადაც h გამოსახულია მეტრებში.

(11) და (12) გამოსახულებათა ჩასმით (13) ფორმულაში და შემდეგ (9) და (10) ფორმულებში მივიღებთ:

$$Q_1^* = A_1 \left(\frac{2}{k+1} \right)^{1/(k-1)} \sqrt{\frac{2k}{k+1} \cdot \frac{1}{BT_1}} \quad \text{კვ/წმ} \quad (14)$$

$$Q_1 = A_1 \sqrt{\frac{2k}{k-1} \cdot \frac{1}{BT_1} (\sigma^{2/k} - \sigma^{(k+1)/k})} \quad \text{კვ/წმ} \quad (15)$$

$$A_1 = 11,98 (l_1' \psi_1)^{0,46} f_1 p_1 \quad (16)$$

$$Q_2^* = A_2 \left(\frac{2}{k+1} \right)^{1/(k-1)} \sqrt{\frac{2k}{k+1} \cdot \frac{1}{BT_2}} \quad \text{კვ/წმ} \quad (17)$$

$$Q_2 = A_2 \sqrt{\frac{2k}{k-1} \cdot \frac{1}{BT_2} (\sigma^{2/k} - \sigma^{(k+1)/k})} \quad \text{კვ/წმ} \quad (18)$$

$$A_2 = 11,98 (l_2' \psi_2)^{0,46} \cdot f_2 p_1 \quad (19)$$

ზამბარების დრეკადი ძალები გამოითვლება ფორმულებით:

$$F_{z_1} = F^0_{z_1} - \psi_1 I_1' z_1, \quad \text{ნ} \quad (20)$$

$$F_{z_2} = F^0_{z_2} + \psi_2 I_2'' z_2, \quad \text{ნ} \quad (21)$$

სადაც $F^0_{z_1}$ და $F^0_{z_2}$ ზამბარების დრეკადი ძალებია მთლიანად დახტულ სარქველების შემთხვევაში; z_1 და z_2 — ზამბარების სიხისტეებია ნ/მ.

პირველი საფეხურის ანალოგიურად

$$p_2 = RT_2 (Q_2 - Q_3) / \mu_2 V_2, \quad (22)$$

სადაც Q_3 — რედუქტორიდან ძრავაში აირის ხარჯია; V_2 — მეორე საფეხურის კამერის გეომეტრიული მოცულობაა.

$$Q_3 = \gamma_3 \dot{V}_3 \sqrt{2 \Delta p_{\text{ფ}} \rho}, \quad \text{კგ/წმ}, \quad (23)$$

სადაც γ_3 — ხარჯის კოეფიციენტი; \dot{V}_3 — რედუქტორის გამომავალი ნახვრეტის კვეთის ფართობი; $\Delta p_{\text{ფ}}$ — გაუხშობაა დიფუზორში, რომელიც გამოითვლება ძრავას თეორიიდან ცნობილი ფორმულით.

ინერციის და ხახუნის დაყვანილი მომენტები დგინდება გამომანგარიშებით ანდა (რაც უფრო სასურველია) — ექსპერიმენტულად.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტი

(შემოვიდა 11.5.1992)

МАШИНОВЕДЕНИЕ

Т. В. ХУХУНИ

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ГАЗОВОГО РЕДУКТОРА

Резюме

Представлена математическая модель главной дозирующей системы редуктора, составленная с учетом переходных режимов работы двигателя газобаллонного автомобиля.

MACHINE BUILDING SCIENCE

T. KHUKHUNI

A MATHEMATICAL MODEL OF THE DOUBLE-REDUCTION GAS REDUCER

Summary

A mathematical model of the main dosage reducer system with regard to transitional power settings of automobile gaseous exchange is presented.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Е. В. Герц, Г. В. Крейнин. Расчет гидроприводов. М., 1975.
2. Е. Г. Григорьев и др. Газобаллонные автомобили. М., 1989.

В. В. САКВАРЕЛИДЗЕ, Ф. Г. МЕЛАДЗЕ

ПЕРЕФОРМИРОВАНИЕ ПРОФИЛЯ ПЛЯЖА ПРИ ПОДЪЕМЕ УРОВНЯ МОРЯ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. Г. Сванидзе 20.5.1992)

Установлено, что наблюдаемые на многих берегах размывы обусловлены подъемом уровня моря. Отступление же суши или ее урезовой полосы происходит как в результате размыва берегового склона, так и вследствие затопления. Определение размеров ожидаемых переформирований, обусловленных поднятием уровня моря с учетом парникового эффекта, имеет важное практическое значение, чему и посвящается настоящая работа.

В двумерной постановке задачи переформирования берегового склона при подъеме уровня моря, согласно правилу П. Брууна, размывтый рыхлый материал отлагается в нижней части берегового склона, а также (при соответствующих условиях) в верхней части шельфа [1, 2]. Очевидно, размывы, обусловленные волнениями, наблюдаются с той глубины, на которой орбитальные скорости движения воды при расчетных волнах способны транспортировать наносы данной фракции, слагающие береговой склон.

Согласно общепринятой гипотезе, при длительном процессе подъема уровня моря на ΔH метров ежегодный спектр волнения обеспечивает переработку прибрежной зоны, в связи с чем каждый новый усредненный профиль пляжа соответствует профилю динамического равновесия. Гипотеза, в частности, подтверждается натурными наблюдениями за искусственными пляжами Черноморского побережья Грузии, создаваемыми с помощью отсыпок материала требуемого фракционного состава как на подводном склоне в виде вдольбереговых валов, так и в надводной части в виде бун или берм [3].

Причем в соответствии с [4], профиль динамического равновесия пляжа мористее створа разрушения волн определяется зависимостью

$$\sin \varphi = 2,5 \sqrt{d/H}, \quad (1)$$

где d — средний диаметр наносов на глубине моря H ; значение постоянного численного коэффициента откорректировано на основе эмпирических данных.

Для определения угла наклона нового профиля динамического равновесия, устанавливаемого после поднятия уровня моря, с помощью (1) имеем выражение

$$\sin \varphi_x = \frac{\sin \varphi}{\sqrt{1 + \Delta H/H}} \sqrt{d_x/d}, \quad (2)$$

где величина с индексом x относится к новому профилю и берется для одного и того же сечения (обычно принимаем, что $\sqrt{d_x/d} \approx 1$).

Согласно (2), подъем уровня моря способствует выполаживанию профиля. На первоначальном же более крутом профиле условие динамического равновесия нарушается, в связи с чем происходит перемещение наносов в сторону моря.

При малых углах φ формула (1) приводит к закону П. Брууна о профиле переработки песчаных берегов [1, 2]:

$$H^{3/2} = (2,5 \sqrt{d}) l, \quad (3)$$

где l — расстояние от сечения глубиной H до уреза; при наличии мелкозернистых песков $d \approx 0,00025$ м коэффициент пропорциональности в скобках равен 0,04, что совпадает со значением эмпирического постоянного коэффициента П. Брууна.

Если зависимости (1) и (2) считать справедливыми до пересечения старого профиля и существовавшего ранее уровня моря, отступление береговой зоны в горизонтальной плоскости на указанном уровне определяется приближенным выражением, аналогичным формуле Хендса [1]):

$$B_1 \approx H \left(\frac{1}{\sin \varphi_x} - \frac{1}{\sin \varphi} \right) \approx \frac{\Delta H}{\sin \varphi}, \quad (4)$$

где использована зависимость (2), в которой знаменатель представлен с помощью разложения в ряд, а численное значение коэффициента Хендса в силу условия отсутствия непляжеобразующих наносов принято равным единице.

Согласно [3], в прибойной зоне уклон профиля динамического равновесия к горизонту определяется формулой

$$\sin \alpha = A \frac{H_p}{h_p \lambda_p}, \quad (5)$$

где A — численный коэффициент пропорциональности, h и λ — высота и длина волны.

Если использовать эмпирические зависимости, заимствованные из [5] и [6]:

$$\left(\frac{H_p}{\lambda_p} \right)^2 = \frac{1}{(2,3)^2} \frac{h_0}{\lambda_0} \quad \text{и} \quad \frac{h_p}{\lambda_p} = \text{tg} \varphi_1^{0,25} \left(\frac{h_0}{\lambda_0} \right)^{0,25} \quad (6)$$

где, как и выше, величины с индексом P относятся к створу разрушения волн, а с индексом O — к глубокой воде, из зависимости (5) будем иметь

$$\sin \alpha_x = \sin \alpha (\text{tg} \varphi / \text{tg} \varphi_x)^{0,2} (\lambda_p / \lambda_x), \quad (7)$$

где в силу малых величин углов наклона профиля пляжа к горизонту вместо $\text{tg} \varphi$ можно использовать $\sin \varphi$, которые определяются по формулам (1) и (2), и можно считать, что в результате отступления берега степень трансформации волн меняется незначительно, в связи с чем $\lambda_{xp} / \lambda_p \approx 1$.

Согласно (7), новый профиль динамического равновесия в прибойной зоне практически не меняется.

Суммарное отступление урезовой линии определяется выражением

$$B = (B_1 + B_2) = \frac{\Delta H}{\sin \varphi} \left(1 + \frac{\sin \varphi}{\sin \alpha} \right), \quad (8)$$

где первый член в скобках обусловлен размывом подводного склона, а второй — подтоплением суши.

Обычно $\sin \varphi < \sin \alpha$, хотя не исключены случаи обратного неравенства, когда отступление берега в основном обусловлено затоплением.

По приведенным формулам впервые выполнены количественные расчеты величин отступления урезовой линии Колхидской низменности при подъеме уровня моря с учетом парникового эффекта, что имеет



важное практическое значение для планирования развития прибрежной зоны.

В частности, установлено, что на транзитных участках берега ширина размыва суши при $\Delta H=1$ м составит более 100 м. С учетом тектонического погружения и интенсивного парникового эффекта ΔH за 50 лет может составить 2 м, а B — более 200 м. Поэтому проектировать и строить сооружения высокого класса капитальности ближе 350 м от современной урезовой полосы не рекомендуется.

Научно-производственное объединение
 «Грузберегозащита»

(Поступило 20.5.1992)

ჰიდროტექნიკა

3. საჰვარელიძე, თ. მელაძე

კლავის პროფილის ფორმირება ზღვის დონის აწევისას

რეზიუმე

ნაშრომში მოცემულია დინამიური წონასწორობის მქონე პლაჟის პროფილის საანგარიშო გამოსახულებანი, რომლებიც საშუალებას იძლევა ზღვის დონის აწევისას განესაზღვროთ როგორც წარეცხვის შედეგად გამოწვეული, ასევე დატბორვით განპირობებული ნაპირის უკან დახევის სიდიდეები.

HYDRAULIC ENGINEERING

V. SAKVARELIDZE T. MELADZE,

BEACH PROFILE FORMING WITH SEA LEVEL RISING

Summary

The calculation dependencies for dynamic balance of the beach profile are given in the article. This gives a possibility to determine the size of a sea shore recession occurring as a result of erosion and a submergence at rising of the sea level.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Сб. «Океан наступает? Парниковый эффект и поднятие уровня моря». М., 1989.
2. Г. А. Сафьянов. Инженерно-геоморфологические исследования на берегах морей. М., 1987.
3. А. Г. Кикнадзе, Ф. Г. Меладзе, В. В. Сакварелидзе. Защита Черноморского побережья Грузии от размыва морем. Обзорная информация. Тбилиси, 1984.
4. А. Г. Зедгинидзе, С. С. Пирумов, В. В. Сакварелидзе. Искусственные непрерывные пляжи и их надежность как берегозащитных сооружений. Обзорная информация. Тбилиси, 1989.
5. Design and construction of founds for breakwaters and coastal protection. Edited by Per Bruun. Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo, 1985.
6. T. Sunamura. Bull. of Geological Society of America. 1981, vol. 95, 2, p. p. 242-244.

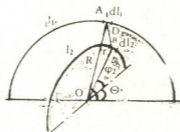
ავტომატური მართვა და ზამთოვლითი ტექნიკა

ო. ლაბაძე, მ. ცირცვაძე

ურთიერთინდუქციურობა სიმეტრიის ღერძის მიმართ მობრუნებულ ნახევარწრფიურულ რკალებს შორის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა მ. სალუქვაძემ 1.5.1992)

სიმეტრიის ღერძის მიმართ მობრუნებულ ნახევარწრფიურულ რკალებს შორის (სურ. 1) ურთიერთინდუქციურობის კოეფიციენტის განსაზღვრა ერთ-ერთი რგოლია ურთიერთინდუქციური ტიპის ორკოორდინატული პირველადი გარდამქმნელის პროექტირებისა. მაგნიტური გამტარის გარეშე დამზადებული აღნიშნული გარდამქმნელები არა მარტო გამორიცხავენ საინფორმაციო სიგნალის ფორმირებაზე მაგნიტური პისტერეზისისა და სიბლანტის გავლენას, არამედ უზრუნველყოფენ კიდევ სივრცეში მოძრავი საკონტროლო ობიექტის კუთხური მდებარეობის კვაზიუწყვეტ კონტროლს. მათი აგების პრინციპი ეფუძნება ნახევარსფერულ ზედაპირზე ორთოგონალურად განლაგებული ისეთი ჩარჩოსებრი კონტურების (გამზომი გრაგნილების) ურთიერთგავლენის კომპენსაციას, რომლებიც არ ღებულობენ მონაწილეობას სასარგებლო სიგნალის ფორმირებაში. აღვზნების გრაგნილი მოთავსებულია შიგა ნახევარსფეროზე და შედგება ერთი ჩარჩოსებრი კონტურისაგან, რომელიც ისევეა დახვეული, როგორც



სურ. 1. სიმეტრიის ღერძის მიმართ მობრუნებული ნახევარწრფიურული რკალები

ერთ-ერთი გამზომი გრაგნილი. შიდა ნახევარსფეროს მიმართ გარე ნახევარსფერული ზედაპირის კუთხური წანაცვლებისას იცვლება ურთიერთინდუქციურობის სიდიდე აღმზნებ გრაგნილსა და გამზომ გრაგნილებს შორის, რის შედეგადაც თითოეულ საინფორმაციო არხში აღიძვრება გრაგნილთა კუთხური წანაცვლების პროპორციული ინდუქციის ე.მ.ძ.-ები. ამავე დროს ერთდროულად ფიქსირდება ორი კოორდინატი.

საძიებელი M კოეფიციენტის განსაზღვრისათვის უნდა ვიპოვოთ dl_1 , და dl_2 ელემენტებს შორის მანძილი D და მათ შორის კუთხე β .

$$D = \sqrt{R \cos \varphi_1)^2 + (r \cos \varphi_2)^2 - 2 R r \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos \psi + (R \sin \varphi_1 - r \sin \varphi_2)^2}$$

რკალების სიბრტყეებს შორის $\psi = 0^\circ$ კუთხის დროს $\beta = \varphi_1 - \varphi_2$ [1], ხოლო იმავე მხებებს შორის კუთხე $\psi \neq 0^\circ$ -ის დროს იგი ასე ჩაიწერება $\beta = \varphi_1 - \varphi_2 + \psi$

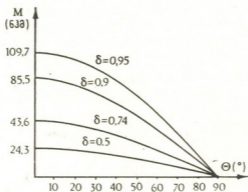
თუ გავითვალისწინებთ აგრეთვე იმას, რომ $dl_1 = R d\varphi_1$ და $dl_2 = r d\varphi_2$, რკალებს შორის ურთიერთინდუქციურობის კოეფიციენტის გამოთვლის ფორმულას გამოყენებით M ტოლი აღმოჩნდება:

$$M = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{\varphi_1=0}^{\pi} \int_{\varphi_2=0}^{\pi} \frac{R d\varphi_1 r d\varphi_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2 + \theta)}{\sqrt{R^2 + r^2 - 2Rr(\cos\varphi_1 \cos\varphi_2 \cos\theta + \sin\varphi_1 \sin\varphi_2)}} =$$

$$= \frac{\mu_0 \delta R^2}{4\pi} \int_{\varphi_1=0}^{\pi} \int_{\varphi_2=0}^{\pi} \frac{\cos(\varphi_1 - \varphi_2 + \theta) d\varphi_1 d\varphi_2}{\sqrt{1 + \delta^2 - 2\delta(\cos\varphi_1 \cos\varphi_2 \cos\theta + \sin\varphi_1 \sin\varphi_2)}}$$

სადაც $\delta = \frac{r}{R}$.

2 სურ.-ზე მოცემულია ორკოორდინატული პირველადი გარდამქმნელის ერთ-ერთი საინფორმაციო არხის გამომავალი მახასიათებლები, ანუ $M = (\theta)$ დამოკიდებულების მრუდები სხვადასხვა δ -სათვის, რომლებიც აგებულია ეგმ-ის დახმარებით θ -ს ცვლილებისას 0 -დან 90° -მდე.

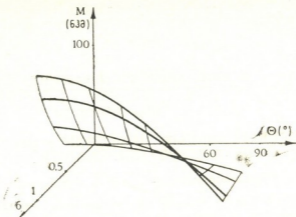


სურ. 2. ორკოორდინატული გარდამქმნელის ერთ-ერთი არხის გამომავალი მახასიათებლები;

მახასიათებელთა ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ისინი არაწრფეია. M -ის მნიშვნელობები იზრდება δ -ს გაზრდით, δ -ს გაზრდით იზრდება, აგრეთვე, მრუდების დახრილობა, ანუ არხის დიფერენციალური მგრძნობიარობა — $\frac{\Delta M}{\Delta \theta}$. ყველა მრუდი კვეთს აბსცისთა ღერძს $\theta = 90^\circ$ წერტილში. ცხადია, რკალების ურთიერთგანლაგების სიმეტრიის გამო M -ის მნიშვნელობები θ -ს ცვლილებისას 90° -დან 180° -მდე მოდულით ტოლი და ნიშნით საპირისპირონი იქნებიან კოეფიციენტის მიღებული მნიშვნელობებისა θ -ს ცვლილებისას 0 -დან 90° -მდე. $M(\theta)$ ფუნქციის პერიოდი 36° -ია.

3 სურ.-ზე ნაჩვენებია ურთიერთინდუქციურობის სივრცული ცვლილება სიმეტრიის ღერძის მიმართ შემობრუნებისა და რადიუსებს შორის არსებული თანაფარდობის მიხედვით.

ჩატარებული ანალიზი ცხადყოფს, რომ აღნიშნულ პრინციპზე შესაძლებელია აიგოს კუთხური გადაადგილების დამოუკიდებელი გარდამქმნელი ან ისე-



სურ. 3. M კოეფიციენტის სივრცული ცვლილება θ -სა და β -ს მიხედვით

თი გარდამქმნელი, რომლის ერთ-ერთი საინფორმაციო არხიც ზემოაღწერილის მიხედვით ფუნქციონირებს.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
მართვის სისტემების ინსტიტუტი

(შემოვიღა 7.05.1992)

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ВЫЧИСЛИТ. ТЕХНИКА

О. С. ЛАБАДЗЕ, М. З. ЦЕРЦВАДЗЕ

ВЗАИМОИНДУКТИВНОСТЬ МЕЖДУ ПОЛУОКРУЖНОСТНЫМИ
ДУГАМИ ПРИ ВРАЩЕНИИ ОТНОСИТЕЛЬНО ОСИ СИММЕТРИИ

Резюме

Рассмотрена задача построения взаимоиндуктивного двухкоординатного датчика углового перемещения.

Приведены выходные характеристики для определения изменения взаимоиндуктивности, зависящей от изменения углового смещения и соотношения геометрических размеров индуктивных обмоток.

AUTOMATIC CONTROL AND COMPUTER ENGINEERING

O. LABADZE, M. TSERTSVADZE

MUTUAL INDUCTANCE BETWEEN TWO SEMI-CIRCUMFERENCE
ARCS WHILE REVOLVING ON SYMMETRY AXIS

Summary

The problem of construction of the interinductive double-coordinate converter of the angular transposition has been considered.

The definition of the mutual inductance depends on the angular transposition and geometrical measurement of the inductive windings. The output curves, necessary for this definition, are shown.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. მ. ზ. ცერცვაძე, სტუ-ის შრომები.

2. П. Л. Калантаров, Л. А. Цейтлин. Расчет индуктивностей, Л., 1970.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ВЫЧИСЛИТ. ТЕХНИКА

И. О. ХОМЕРИКИ

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ЦИФРОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

(Представлено академиком И. В. Прагишвили 29.4.1992)

Информация о количестве затраченной потребителем электрической энергии является одним из важнейших показателей, позволяющим судить о правильности технологических и энергетических режимов, качественных характеристиках протекающих процессов и ряде других параметров широкого спектра технических устройств — от полупроводниковых микросхем до мощных электрометаллургических агрегатов. Развитие техники, с одной стороны, повышает комплекс требований, которым должны удовлетворять современные измерительные преобразователи электрической энергии, а с другой — предлагает более совершенные возможности для успешного удовлетворения этих требований. Одной из особенностей создания современных измерительных преобразователей электрической энергии, позволяющей расширить функциональные возможности, точность преобразования, снижение габаритов и стоимости, состоит в использовании программируемых средств вычислительной техники, преимущественно в виде микропроцессорных устройств или микро-ЭВМ. Ниже дано описание измерительного преобразователя электрической энергии, предназначенного для работы в цепях с несинусоидальными токами и напряжениями, в основе которого лежит использование серийной микро-ЭВМ. В качестве микро-ЭВМ использована однокристальная микросхема типа КМ 1813 ВЕ1, в которой обработка сигналов происходит циклически по линейному алгоритму, по местной не разветвляющейся программе [1]. Так как частота дискретизации входных сигналов постоянная, то появляется возможность расширить функциональные возможности микро-ЭВМ, используя ее в качестве интегратора по времени вычисленных функций входных сигналов.

Измерительное преобразование электрической энергии может осуществляться в цепях постоянного тока, а также в однофазных и трехфазных цепях переменного тока с несинусоидальными формами кривых тока и напряжения. Диапазон определения расхода электроэнергии — от 0,5 секунды без ограничения верхнего предела. Структурная схема лабораторного универсального цифрового преобразователя расхода электроэнергии приведена на рис. 1. Входные сигналы (токи напряжения), приведенные к нормированному номинальному значению, подаются на четыре входа микро-ЭВМ — A_1 , A_2 , V_1 , V_2 .

Функционирование микро-ЭВМ обеспечивается наличием стабилизированного источника опорного напряжения ИОН, значение которого, с целью снижения погрешности от квантования по уровню, может быть изменено в соответствии со значением амплитуды входного сигнала. В зависимости от характера измерительного преобразования в микро-ЭВМ записывается необходимая программа. В результате количество импульсов на выходе микро-ЭВМ оказывается пропорциональным количеству измеряемой электроэнергии. Эти импульсы поступают на вход многофункционального счетчика МФС, выполненного в виде микросхемы типа КР558ХЛ1. Назначение МФС — счет числа

импульсов с сохранением информации при снятии напряжения питания. Блок управления БУ позволяет осуществлять операцию записи информации МФС в ПЗУ, (кнопка «авт») и блокировать автоматическую перезапись информации из МФС в ПЗУ (кнопка «авт»).

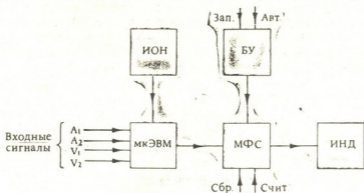


Рис. 1

Значение единицы расхода электроэнергии, высвечиваемое на люминесцентном индикаторе ИНД, определяется записанной в микро-ЭВМ программой и масштабированием входных сигналов первичных преобразователей.

Внешний вид измерительного преобразователя приведен на рис. 2. При нажатии на кнопку «сбр» происходит стирание информации, записанной в счетчике, а при нажатии на кнопку «счет» осуществляются перенос информации, записанной в ПЗУ, в счетчик и выдача этой информации на индикаторы.

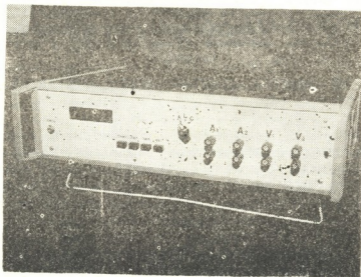


Рис. 2

Погрешность преобразователя при измерении активной электроэнергии в синусоидальных цепях с частотой 50 г и изменении угла сдвига фаз от 0 до 45° в диапазоне нагрузок $0,2 \div 1,2$ в однофазных цепях не превосходит 1%, а трехфазных — 1,5%. При измерении реактивной энергии погрешность возрастает соответственно до 1,3 и 2,0%. Температурный диапазон работы преобразователя от -20 до $+60^\circ\text{C}$.



Особенностями преобразователей, которые могут быть использованы при разработке проблемно-ориентированных измерительных преобразователей на базе описанной выше структурой схемы, являются: малое собственное потребление, малая масса и габариты, возможность использования одного и того же преобразователя в различных целях путем перезаписи программы в микро-ЭВМ. Снижение погрешности, обусловленной цифровой обработкой входных сигналов и неодновременностью взятия их отсчетов, достигается программными методами [2].

Грузинский технический университет

(Поступило 7.5.1992)

ავტომატური მართვა და გამომთვლითი ტექნიკა

ი. ხომერიკი

უნივერსალური ციფრული ელექტრონეკონვერტირების გამომომი გარდამქმნელი

რეზიუმე

მოცემულია სერიული ზედიდი ინტეგრალური მიკროსქემის გამოყენებით აგებული, მუდმივი და სინუსოიდური დენების წრედებისათვის განკუთვნილი ელექტრონეკონვერტირების გამომომი გარდამქმნელის მუშაობის პრინციპის აღწერა. გარდამქმნელის თავისებურებებია — მცირე გაბარიტები და მასა, ელემენტთა სტანდარტული ბაზა, მედეგობა ვიბრაციებისა და რყევების მიმართ, ელექტრონეკონვერტირების მცირე საკუთარი მოხმარება, შედარებით დაბალი ცდომილება, რომლის კორექტირებაც წარმოებს პროგრამული მეთოდებით.

AUTOMATIC CONTROL AND COMPUTER ENGINEERING

I. KHOMERIKI

THE UNIVERSAL ELECTRIC DIGITAL CONVERTER

Summary

Description of the principle of action of the electric power digital converter for direct and sinusoidal current on the basis of serial supersized integral microschemas has been given. Peculiarities of the converter are: small size, little mass, standart element base, immunity to shakes and vibration, low energy consumption, relatively low procedural errors, which can be corrected by programmed methods.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Цифровой процессор обработки сигналов КМ 1813 ВЕ1 и его применение. Под ред. А. А. Ланэ и Г. Ф. Страутманиса. М., 1987.
2. И. О. Хомерики. Сообщения АН СССР, 138, № 2, 1990.



დ. კირვალიძე

ლიპიდების შემცველობა ცენტრალური კავკასიონის მაღალმთიანეთის ნიადაგებში

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა თ. ურუშაძემ 15.6.1992)

საქართველოს მაღალმთიანეთის ზონის ნიადაგების ჰუმუსის შესახებ ლიტერატურაში მონაცემები ძალზედ ცოტაა. რაც შეეხება არასპეციფიკურ ჰუმუსოვან შენაერთებს და, კერძოდ, ლიპიდების ფრაქციას, ინფორმაცია მათზე თითქმის არ არსებობს, მიუხედავად იმისა, რომ ეს უკანასკნელი მეტად მნიშვნელოვანი მაჩვენებელია ნიადაგის ჰუმუსოვანი მდგომარეობის დახასიათებისას, წარმოადგენს ნიადაგში ბიოქიმიური გარდაქმნების აქტივობის ინდიკატორს, უკუპროპორციულ დამოკიდებულებაშია ჰუმოფიკაციის ხარისხთან და ჰუმანის შედეგების შემცველობასთან [1]. ლიპიდებს, ამასთანავე, წარმოადგენს ენერგეტიკულ წყაროს ჰუმოფიკაციის პროცესში მონაწილე მიკროორგანიზმებისათვის [2]. ლიპიდების განსაზღვრისათვის დამზადებულ სპირტ-ბენზოლიან გამონაწურში, ქლოროფილის პიგმენტის იდენტიფიკაცია ელექტრონული სპექტრებით ($\lambda = 666\text{nm}$) აგრეთვე, მიუთითებს ნიადაგის ბიოლოგიური აქტივობის პერიოდის ხანმოკლეობაზე.

შევისწავლეთ ცენტრალური კავკასიონის მაღალმთიანეთის ნიადაგებში ლიპიდების შემცველობა (ე. ფრიდლანდის მეთოდით) [1]. ამ ნიადაგების ზედა ჰორიზონტებში ლიპიდების აბსოლუტური შემცველობა მერყეობს 0,36—1,17 ($C_{\text{lip}}\%$ -ში ნიადაგთან) ფარგლებში, ხოლო მისი ფარდობითი შემცველობა ($C_{\text{lip}}\%$ -ში C საერთოდან) — 5,5—16,7 ფარგლებში (იხ. ცხრილი). ასეთი რაოდენობით ლიპიდების არსებობა შედეგია იმისა, რომ მაღალმთიანეთის ზონის ნიადაგები ხასიათდება ხანმოკლე ბიოლოგიური აქტივობის პერიოდით, რომელიც მოიცავს წელიწადის იმ მონაკვეთს, რომლის განმავლობაშიც შექმნილია ხელსაყრელი პირობები მცენარის ნორმალური ვეგეტაციისათვის და მიკრობიოლოგიური პროცესების აქტივობისათვის. ამ პერიოდის ხანგრძლივობა, საერთოდ, განისაზღვრება იმ დღეთა რიცხვით, როდესაც ჰაერის ტემპერატურა აღემატება $+10^{\circ}\text{C}$ -ს, ხოლო პროდუქტიული ტენის მარაგი ნიადაგში 1—2%-ს [3]. მაღალმთიანეთის ზონაში ნიადაგის ბიოლოგიური აქტივობის პერიოდის ხანმოკლეობა ძირითადად გამოწვეულია $+10^{\circ}\text{C}$ -ზე მაღალი ტემპერატურის მქონე დღეთა სიმცირით. ამავე ფაქტორითაა გამოწვეული შესწავლილ ნიადაგებში $C_{\text{lip}}/C_{\text{org}}$ შეფარდების დაბალი მაჩვენებელი, რომელიც, როგორც წესი, ნაკლებია ერთზე და მაუწყებელია იმისა, რომ ცენტრალური კავკასიონის მაღალმთიანეთის ნიადაგების ჰუმუსი ჰუმატურ-ფულვატური, უმეტეს შემთხვევაში კი, ფულვატური ბუნებისაა. ჰუმუსის ასეთი ბუნება, ისევე როგორც ჰუმუსის შედგენილობაში ლიპიდების არსებობა, შედეგია იმისა, რომ ჰუმოფიკაციის პროცესი ამ ზონაში საკმაო შეფერხებით მიდის. ის ფაქტი, რომ ლიპიდების ფარდობითი შემცველობა იქ უფრო მაღალია, სადაც შეფარდება $C_{\text{lip}}/C_{\text{org}}$ კლებულობს, მიგვიითითებს იმაზე, რომ მართალია ლიპიდები არ ეკუთვნის ნიადაგის სპეციფიკურ ჰუმუსოვან ნივთიერებებს, მაგრამ

მათ გარდაქმნაზე გავლენას ახდენს იგივე ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენს მათზე. მათგან უმთავრესია — და ფულვომეცავებზე, ე. ი. სპეციფიკური და არასპეციფიკური ჰუმუსოვანი შენაერთები ნიადაგში ტრანსფორმირდებიან ერთი და იმავე ფაქტორების ზემოქმედებით.

ცხრილი

ლიპიდების შემცველობა ცენტრალური კავკასიონის მაღალმთიანეთის ნიადაგებში

პრილის №№, ნიადაგი	სიღრმე სმ	ჰუმუსი %	C საერთო %	Cლ % ნიადაგთან	Cლ % C საერთ- ოსთან	ქლოროფილი	C _პ C _ფ
2 მთა-მდელოს ჰუმუს- ილუვიური	0—15	14,03	8,14	0,67	8,2	არის	0,5
	15—32	8,88	5,15	0,29	5,6	არ არის	0,4
	32—41	6,25	3,63	0,29	8,0	"	0,4
	41—54	5,84	3,39	0,29	8,6	"	0,6
4 მთა-მდელოსჰუმუს- ილუვიური	0—18	14,32	8,18	1,01	12,5	არის	არ განს.
	18—42	7,26	4,28	0,43	10,2	არ არის	"
	42—60	5,99	3,47	0,40	11,2	"	"
5 მთა-მდელოს კორდიანი	0—15	16,73	9,70	0,81	8,4	არ განს.	0,3
6 მთა-მდელოს კორდიანი	0—14	14,50	8,42	0,81	9,6	არ განს.	0,3
7 თა-მდელოს კორდიანი	0—5	18,75	10,88	1,04	9,6	არ განს.	0,4
	5—10	14,06	8,16	0,83	10,2	"	0,2
	10—27	9,87	5,73	0,63	11,0	"	0,3
9 მიორადი მთა-მდელო	0—9	5,79	3,36	0,36	10,7	არის	არ განს.
	9—20	2,74	1,59	0,40	25,2	არ არის	"
10 მიორადი მთა-მდელო	0—11	5,32	3,09	0,45	14,6	არის	0,3

ლიპიდების აბსოლუტური რაოდენობის პროფილში განაწილებას კანონზომიერი ხასიათი აქვს — სიღრმით მკვეთრად კლებულობს, რაც სავარაუდოა, რომ დაკავშირებულია საერთო ნახშირბადის რაოდენობის სიღრმით შემცირებასთან (იხ. ცხრილი). ლიპიდების ფარდობითი შემცველობა კი — პროფილში სიღრმით მატულობს — ზოგან მცირედ, მაგალითად მე-2 ჰრილში — 8,2-დან — 8,6%-მდე, ზოგან კი მნიშვნელოვნად — მე-9 ჰრილში — 10,7-დან — 25,2%-მდე. სიღრმით ლიპიდების ფარდობითი რაოდენობის გაზრდას მკვლევარები (3), [4] უკავშირებენ ლიპიდებზე მიკრობთა ზემოქმედების შესუსტებას, რაც იწვევს მათ შემდგომ კონსერვაციას.

ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ ნიადაგში ხშირად გვხვდება სხვადასხვა პიგმენტი, მათ შორის — ქლოროფილი, რომელთა არსებობის შესახებაც მსჯელობა შესაძლებელია, ნიადაგში ლიპიდების განსაზღვრისათვის დამზადებულ, სპირტ-ბენზოლიან გამონაწურში ელექტრონული სპექტრების გადაღების შემდეგ — ხილულ უბანში ($\lambda = 400-750$ ნმ) [3] [1], [4]. სპექტრების გადაღებამ გვიჩვენა, რომ ქლოროფილი გვხვდება მხოლოდ ზედა ჰორიზონტებში, რაზეც მეტყველებს პიკის არსებობა $\lambda = 666$ ნმ-ზე. ნიადაგში ქლოროფილისა და მისი

წარმოებულების შემცველობა შეიძლება, გამოყენებულ იქნეს ნიადაგში მინერალური ბიოქიმიური პროცესების ინტენსივობის შეფასებისა და დიაგნოსტიკისათვის [3]. იგი გვხვდება მხოლოდ იქ, სადაც დაბალია ნიადაგის ბიოლოგიური აქტივობა და შეფერხებულია ჰუმუფიკაციის პროცესი.

კვლევის შედეგად მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ ცენტრალური კავკასიონის მაღალმთიანეთის ნიადაგებში ჰუმუსწარმოქმნის პროცესი მიმდინარეობს ექსტრემალური პირობების ზეგავლენით, რაც ასუსტებს ნიადაგის ბიოაქტივობას, ფერხდება ჰუმუფიკაციის პროცესი და ამის შედეგად ყალიბდება მაღალმთიანეთის ზონისათვის დამახასიათებელი სპეციფიკური ჰუმუსიფულვატური, იშვიათად — ჰუმატურ-ფულვატური, ბუნებით, არასპეციფიკური ჰუმუსოვანი ნივთიერებების (ლიბიდების) მაღალი შემცველობით და, ამასთანავე, აღინიშნება პიგმენტ ქლოროფილის დაგროვება პროფილის ზედა — ჰუმუსოვან ჰორიზონტებში.

საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი

(შემოვიდა 15.6.1992)

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

Д. Р. КИРВАЛИДЗЕ

СОДЕРЖАНИЕ ЛИПИДОВ В ВЫСОКОГОРНЫХ ПОЧВАХ
 ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

Резюме

Изучено содержание липидной (спирто-бензольной) фракции и пигмента хлорофилла в гумусе, а также групповой состав гумуса. Установлено, что в высокогорных почвах Центрального Кавказа формируется специфический гумусовый профиль (с фульватным или гуматно-фульватным типом гумуса, с довольно высоким содержанием липидов и наличием хлорофилла в верхних горизонтах), что является результатом низкой продолжительности периода почвенной биологической активности.

SOIL SCIENCE

D. KIRVALIDZE

THE LIPID FRACTION CONTENT IN HIGH-MOUNTAIN SOILS OF
 THE CENTRAL CAUCASUS

Summary

The paper studies the content of the lipid fraction and chlorophyll derivatives in humus, and also the humus composition. It was ascertained the specific humus is forming, that in high-mountain soils of the Central Caucasus with fulvic or humic fulvic type, with presence of chlorophyll and high content of the lipid fraction, which is the result of the low biological activity of soils.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Д. С. Орлов, Л. А. Гришина. Практикум по химии гумуса. М., 1981.
2. С. А. Ваксман. Гумус, происхождение, химический состав и значение его в природе. М., 1937.
3. Д. С. Орлов. Химия почв. М., 1985.
4. Е. В. Фридланд. Почвоведение, № 10, 1976, 53—61.
5. საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის გამომცემლობა, თბილისი, 1965.

И. Г. БИЛАНИШВИЛИ, З. И. НАНОБАШВИЛИ

ПУТИ И ВОЗМОЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ СИНЕГО ПЯТНА НА РАЗНЫЕ ТАЛАМО-КОРТИКАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

(Представлено членом-корреспондентом Академии С. П. Нарикашвили 30.4.1992)

Общезвестно, что передача афферентных импульсов через таламо-кортикальную систему модулируется не только разными стволовыми образованиями [1—3], но и ретикулярным ядром таламуса (РЯТ). Показано, что данное ядро оказывает тормозное влияние на активность релейных нейронов передаточных ядер таламуса [4—8]. При этом стимуляция задне-вентральных областей РЯТ блокирует проведение зрительных и слуховых импульсов, а активирование передней части оказывает тормозное действие на проведение соматосенсорной информации [4—6]. Предполагают, что влияние РЯТ на активность специфических ядер осуществляется изменением возбудимости тормозных интернейронов на уровне передаточных ядер таламуса [5]. Вместе с тем, убедительно показано [6, 9], что раздражение синего пятна (СП) блокирует спонтанную и вызванную активность нейронов задне-дорсальной части РЯТ, активируя при этом нейроны наружно го коленчатого тела (НКТ).

Данная работа была проведена с целью исследования взаимоотношений СП и РЯТ и определения характера влияния СП на активность разных таламо-кортикальных систем.

Опыты проводили на взрослых ненаркотизированных кошках. Вскрытие черепа и вживление константановых биполярных электродов, ориентированных по атласам Рейносо-Суареса [10] и Сентаготая [11], производили под эфирным наркозом. Учитывая данные некоторых исследователей [12] о том, что ионофоретическое введение ацетилхолина блокирует активность большинства нейронов РЯТ, в одной из серий опытов с целью функционального выключения задне-дорсальной части РЯТ использовали микроинъекцию ацетилхолина (2 мкл). В другой серии опытов регистрацию активности одиночных нейронов передней части РЯТ производили микроэлектродами, ориентированными стереотаксически. После введения и фиксации электродов подачу эфира прекращали, животных обездвигивали внутривенным введением Д-тубокурарина и переводили на искусственное дыхание. Болевые точки обрабатывали 2%-ным раствором новокаина.

На рис. 1, А, Б, В представлены вызванные потенциалы, возникающие в зрительной области неокортекса и НКТ в ответ на изолированное световое раздражение. На осциллограммах Г, Д, Е видно, что предшествующее раздражение СП вызывает облегчение вызванных потенциалов как на неокортикальном, так и на таламическом уровнях. Из рисунка видно также, что после введения ацетилхолина в задне-дорсальную часть РЯТ (т. е. после блокирования большинства

нейронов данного ядра) облегчающее влияние предшествующей стимуляции СП на вызванные потенциалы зрительной зоны новой коры и НКТ проявляется намного сильнее (рис. 1, К, Л, М).

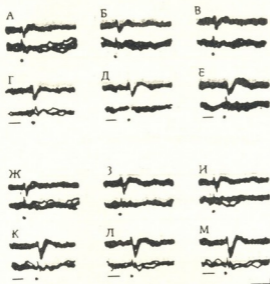


Рис. 1. Влияние электрического раздражения СП на вызванные потенциалы зрительной области неокортекса и НКТ кошки до (Г—Е) и после (К—М) введения ацетилхолина в РЯТ: А, Б, В, Ж, З, И — вызванные потенциалы, возникающие в неокортексе (верхняя кривая) и в НКТ (нижняя кривая) при световой вспышке (точки под кривыми) до (А, Б, В) и после (Ж, З, И) функционального выключения РЯТ; Г, Д, Е, К, Л, М — влияние предшествующего раздражения СП (3 В, 0,3 мс, 100 в с, 10 имп.) (черточки под кривыми) на вызванные потенциалы. Калибровка — 300 мкВ, 60 мс

Опыты, в которых изучали влияние стимуляции СП на активность одиночных нейронов передней части РЯТ, показали, что высокочастотное раздражение СП оказывало активирующее влияние на активность регистрируемых нейронов РЯТ (рис. 2, Б, 1, 2). Следует отметить, что в это время вызванные потенциалы, возникающие в соматосенсорной области неокортекса в ответ на одиночное раздражение кожи контралатеральной передней лапы (рис. 2,Б,3), значительно подавлялись.

Приведенные данные позволяют заключить, что в облегчении передачи зрительных импульсов под влиянием раздражения СП определенную роль играет изменение активности нейронов зрительной части РЯТ, так как после функционального выключения данной области РЯТ облегчающее действие СП проявляется сильнее, очевидно, из-за устранения тормозящего влияния нейронов РЯТ на активность релейных клеток НКТ.

Вместе с тем, показано, что как стимуляция, так и ионофоретическая аппликация норадреналина вызывают блокирование активности нейронов вентролатеральных ядер таламуса [13, 14] и, тем самым, происходит угнетение вызванных потенциалов сенсорной области неокортекса. Однако учитывая наши данные о том, что стимуляция СП оказывает облегчающее влияние на спонтанную и вызванную



активность передней части РЯТ, можно полагать, что в торможении вызванной активности сенсомоторной коры под влиянием стимуляции СП определенную роль играет и РЯТ. А именно, облегчением активно-

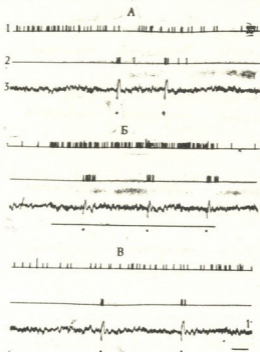


Рис. 2. Влияние СП на вызванные ответы неокортекса (3) и на активность нейронов РЯТ (1,2): точки — моменты стимуляции (6 В, 0,3 мс) кожи передней лапы; линия — стимуляция (2 В, 0,3 мс, 100 в с) СП. Калибровка — 250 мкВ, 1 с

сти нейронов передней части РЯТ усиливается его тормозящее действие на активность релейных нейронов вентральных ядер таламуса и, тем самым, происходит угнетение вызванных потенциалов неокортекса.

Академия наук Грузии
Институт физиологии
им. И. С. Бериташвили

(Поступило 7.5.1992)

აღმავანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

ი. ბილანიშვილი, ზ. ნანობაშვილი

სხვადასხვა თალამო-კორტიკალური სისტემის აპტივობაზე ლურჯი ლაქის გავლენის გზები და შესაძლო მექანიზმები

რეზიუმე

დაუნარკოზებელ კურარისებულ ზრდასრულ კატებზე მწვავე ცდის პირობებში ნაჩვენებია, რომ მხედველობით იმპულსთა გატარების გაადვილება ლურჯი ლაქის გალიზიანების გავლენით, განპირობებულია თალამუსის რეტიკულური ბირთვის უკანა — დორსალური ნაწილის ნეირონთა აქტივობის ცვლილებით. თალამუსის რეტეკულური ბირთვის აღნიშნული უბნის ფუნქ-

ციონალური გამორთვის შემდეგ ლურჯი ლაქის გამაადვილებელი უფრო ძლიერადაა გამოხატული.

გამომდინარე იქიდან, რომ თალამუსის რეტვიკულური ბირთვის წინა ნაწილის ნეირონთა სპონტანურ და გამოწვეულ აქტივობაზე ლურჯი ლაქის ვალიზიანება გამაადვილებლად მოქმედებს, შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ახალი ქერქის სენსომოტორული უბნის გამოწვეული აქტივობის შეკავება ლურჯი ლაქის სტიმულაციის გავლენით, გარკვეულწილად თალამუსის რეტვიკულური ბირთვის მონაწილეობით უნდა ხორციელდებოდეს.

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

I. BILANISHVILI, Z. NANOBASHVILI

THE PATHWAYS AND POSSIBLE MECHANISMS OF THE INFLUENCE OF LOCUS COERULEUS (LC) ON THE ACTIVITY OF VARIOUS THALAMO-CORTICAL SYSTEMS

Summary

In acute experiments on unanaesthetized curarized adult cats facilitation of the visual impulses under the influence of LC stimulation was shown to be due to the change of activity of neurons in the dorso-lateral part of thalamic reticular nuclei. Following functional inactivation of this part, the facilitatory influence of LC appeared to be more pronounced.

Proceeding from the fact that the stimulation of LC exerts facilitation influence on the spontaneous and evoked potentials in the anterior part of thalamic reticular nuclei, the latter is supposed to have a definite role in the inhibition of evoked activity in the sensorimotor part of the neocortex under the influence of LC stimulatoin.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. G. Moruzzi, N. W. Magoun. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* 1, № 3, 1949, 455—473.
2. Дж. Ф. Росси, А. Цанкетти. Ретикулярная формация ствола мозга. М., 1960.
3. M. Steriade, D. Morin. *Brain Res.* 205, № 1, 1981, 67—80.
4. Ch. D. Yingling, I. S. Skinner. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* 41, № 5, 1976, 476—482.
5. М. Я. Волошин, В. Ф. Прокопенко. *Нейрофизиология*, 9, № 5, 1977, 477—485.
6. З. И. Нанобашвили, С. П. Нарикашвили. *Нейрофизиология*, 13, № 1, 1981, 24—31.
7. A. Shosaku, I. Sumitomo. *Exp. Brain Res.* 49, № 3, 1983, 432—442.
8. I. Sumitomo et al. *Brain Res.* 446, № 2, 1988, 354—362.
9. С. П. Нарикашвили и др. *Изв. АН ГССР, сер. биол.*, 11, № 1, 1985, 52—54.
10. F. Reinosch-Suarez. *Topographischer Hirnatlas der Katze.* Darmstadt, 1961.
11. J. A. Szentagothai. *Stereotaxic eleven alapulo miszarek es akalmazuk.* Budapest, 1958.
12. Y. Ben-Ari, R. Dingledine, K. Kanazawa, I. S. Kelly. *J. Physiol.* 261, № 3, 1976, 647—671.
13. J. W. Phillis, G. K. Kostopoulos. *Gen. Pharmacol.* 8, № 3, 1977, 145—160.
14. M. Rivner, J. Sutin. *Experimental Neurology.* 73, № 3, 1981, 651—673.



ბ. სხენიაშვილი

მაგნიტური ველის გავლენა ქოლინორეცეპტორების აქტივობაზე

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ა. ასათიანმა 4.06.1992)

ქოლინორეცეპტორები წარმოადგენენ კომპლექსურ მოლეკულურ სტრუქტურებს, რომლებიც ძირითადად შედგებიან გლიკოპროტეიდებისაგან. ცნობილია, რომ აცეტილქოლინის მოქმედება M-ქოლინორეცეპტორებზე იწვევს მათ დეპოლარიზაციას. გამომდინარე იქიდან, რომ მაგნიტურ ველს გააჩნია პოლარიზაციის შეცვლის უნარი, ვინაიდან აქვს საკუთარი ელექტრული მდგენელი, მიზნად დავისახეთ შეგვესწავლა სუსტი ინტენსივობის სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველის გავლენა რეცეპტორულ სისტემებზე, მივიღეთ რამხედველობაში, რომ ასეთი სახის ველები ფართოდ არის გავრცელებული ინდუსტრიულ ცენტრებში.

დაკვირვება ტარდებოდა თეთრი თაგვის კუჭის ფუნდალურ ნაწილზე. რეცეპტორთა მდგომარეობის შესწავლას ვახდენდით ცნობილი მეთოდიკით [1], რისთვისაც ფუნდალური ნაწილის ზოლს ვათავსებდით თიროდეს ხსნარში 37°C ტემპერატურაზე. გლუვი კუნთის შეკუმშვის ჩაწერას ვაწარმოებდით იზოტონურ რეჟიმში.

ცხრილი 1

ტესტ-ობიექტის შეკუმშვის სიმაღლე (ამპლიტუდა) აცეტილქოლინის მიმართ პაუზამდე	პაუზა	ტესტ-ობიექტის შეკუმშვის სიმაღლე აცეტილქოლინის მიმართ პაუზის შემდეგ მე-20 და 30-ე წთ.	
(მმ)	(წთ)	(მმ)	
48.6 ± 1,56	20	20	30
		47,8 ± 2,31	46,6 ± 4,09

მთელი სისტემა დამზადებული იყო დიამაგნიტური მასალისაგან და მოთავსებული იყო სოლენოიდში, ეს უკანასკნელი დაკავშირებული იყო გენერატორთან, რომელიც საშუალებას იძლეოდა სოლენოიდში მიგველო სუსტი ინტენსივობის (0,1; 1,0 მტ), 50 ჰც სიხშირის ჰომოგენური ველი. 60-წუთიანი მოსამზადებელი პერიოდის შემდეგ ვახდენდით ზემოქმედებას მაგნიტური ველით და აცეტილქოლინის ხნარით. სტანდარტულ ანტაგონისტად ვიყენებდით აცეტილქოლინის 10⁻¹¹ გ/კ კონცენტრაციის ხსნარს

გამოკვლევათა პირველ სერიაში ვაკვირდებოდით დროის ფაქტორს აცეტილქოლინის ზემოქმედების შემდეგ გლუვი კუნთის შეკუმშვის ამპლიტუდაზე.



როგორც 1 ცხრილიდან ჩანს, ტესტობიექტის შეკუმშვაზე დროის არავითარ გავლენას არ ახდენს.

დაკვირვებათა მე-2 სერიაში აცეტილქოლინის მოქმედების ფონის დადგენის შემდეგ, ვახდენდით მაგნიტური ველით ზემოქმედებას 30 წუთის განმავლობაში. როგორც მეორე ცხრილიდან ჩანს, მაგნიტური ველის მოქმედებისას

ცხრილი 2

ტესტ-ობიექტის შეკუმშვის სიმაღლე (ამპლიტუდა) აცეტილქოლინის მიმართ მაგნიტური ველის ჩართვამდე	მაგნ. ველი	ტესტ-ობიექტის შეკუმშვის სიმაღლე აცეტილქოლინის მიმართ მაგნიტური ველის ჩართვის შემდეგ მე-2 და 30-ე წთ.	
		(მმ)	
		20	30
49,48 ± 1,65	B=1 მტ f=50 ჰც	59,0 ± 3,33 P < 0,05	61,11 ± 3,18 P < 0,001
49,33 ± 8,67	B=0,1 მტ f=50 ჰც	53,25 ± 6,35 P > 0,1	51,75 ± 6,04 P > 0,1

აღინიშნება შეკუმშვის ამპლიტუდის გაზრდა კონტროლთან შედარებით, რაც განპირობებული უნდა იყოს ქოლინორეცეპტორების აქტივობის ზრდით ცვლადი მაგნიტური ველის გარემოში.

შესაძლოა, ეს ცვლილებები გამოწვეულია მემბრანული სისტემების პოლარიზაციის შეცვლით.

ამგვარად, სამრეწველო სიხშირის სუსტი მაგნიტური ველი იწვევს ქოლინორეცეპტორების აქტივობის სარწმუნო შეცვლას.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

(შემოვიდა 8.6.1992)

БИОФИЗИКА

Г. Н. СЕХНИАШВИЛИ

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА АКТИВНОСТЬ ХОЛИНОРЕЦЕПТОРОВ

Резюме

Исследовано влияние магнитного поля (50 Гц; 0,1; 1 мТ) на активность холинорецепторов. Показано, что магнитное поле изменяет активность холинорецепторов.

G. SEKHNIASHVILI

MAGNETIC FIELD INFLUENCE ON THE ACTIVITY OF MEMBRAN
RECEPTORS

Summary

Influence of magnetic field (50 Hz; 0,1; 1 mT) on the activity of receptors has been investigated.

It is shown that this field changes the activity of membran receptors.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. J. R. Vane, Brit. J. Pharmacol., 14, 1959, 87—90.



БИОХИМИЯ

Э. Г. ЧИТАНАВА, Н. Н. НУЦУБИДЗЕ (член-корреспондент АН Грузии)

ЗАВИСИМОСТЬ АЗОТФИКСАЦИИ СВОБОДНЫХ И ИММОБИЛИЗОВАННЫХ КЛЕТОК AZOTOBACTER VINELANDII ОТ ИНТЕНСИВНОСТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА

Сегодня уже нет сомнений, что во многих биологических процессах промышленного масштаба большее преимущество имеет применение иммобилизованных клеток, нежели иммобилизованных ферментов и свободных клеток. Это и заставляет ученых, работающих в этой области, все больше и больше совершенствовать методы иммобилизации и условия для успешной работы иммобилизованных клеток.

При иммобилизации живых клеток, особенно аэробных, большое значение для выявления каталитической активности имеет снабжение включенных клеток кислородом, так как носители могут быть барьером на пути газоснабжения.

В литературе по иммобилизации живых клеток этому вопросу уделяется большое внимание [1]. Делюцио и Кирван показали, что кислород является лимитирующим фактором роста биомассы и уровня азотфиксации у клеток азотобактера в иммобилизованном состоянии и в суспензионных культурах.

Принимая во внимание эти и другие сведения, интересно было исследовать взаимосвязь между интенсивностью потребления кислорода и активностью фиксации азота.

Объектом исследования служили свободноживущие аэробные азотфиксаторы *Azotobacter vinelandii*.

Методика выращивания культур описана в опубликованной ранее статье [2].

Иммобилизация в Са-альгинатном геле проводили по методике, описанной нами ранее [3].

Активность нитрогеназы по восстановлению C_2H_2 до C_2H_4 определяли с использованием газового хроматографа типа ЛХМ-8МД [4—6].

Определение интенсивности потребления кислорода проводили в полярографической ячейке открытого типа с применением кислородного электрода на биоэнергометре «Лиахви» (разработка СКБ АН Грузии).

Анализируя данные, определяли среднюю статистическую и квадратичную ошибки и вариабельность. Достоверность разности усредняли по таблице критериев Стюдента [7].

Изучая интенсивность потребления кислорода иммобилизованными и свободными клетками азотобактера при разных скоростях пере-



мешивания, мы получили результаты, которые представлены в табл. 1 и 2.

С увеличением интенсивности перемешивания от 0 до 1000 об/мин нитрогеназная активность существенно изменялась. Оптимальной величиной перемешивания было 200 об/мин, при этом активность фермента нитрогеназы достигала максимума. При интенсивностях перемешивания от 200 до 300 об/мин и более прослеживалось резкое падение нитрогеназной активности. При дальнейшем повышении оборотов до 1000 об/мин активность фермента резко уменьшалась. Очевидно, при скоростях перемешивания от 200 до 300 об/мин клетка обеспечивалась тем необходимым количеством кислорода, которое требуется для успешной фиксации азота (табл. 1).

Таблица 1

Интенсивность азотфиксации и дыхания свободными клетками *Azotobacter vinelandii* при различной аэрации

Интенсивность перемешивания инкубационной среды, об/мин	Интенсивность потребления кислорода, 10^{-9} $\text{MO}_2/\text{с}$	Количество потребляемой сахарозы, мг/мл·с	Разница потребления O_2 при различных скоростях, %	Нитрогеназная активность, н·моль $\text{C}_2\text{H}_4/\text{ч} \cdot 10^{-8}$ клеток
0	4,3	0,0162	—	250
100	5,1	0,0157	18,65	580
200	10,2	0,0164	137,21	750
1000	2,6	0,0166	33,53	325

В разных условиях аэрации интенсивность потребления кислорода варьировала. Культура азотобактера потребляла кислород наиболее интенсивно в режиме аэрации при скорости перемешивания 200 об/мин, при 1000 об/мин интенсивность потребления кислорода снижалась более чем в 4 раза (табл.1).

Таблица 2

Интенсивность азотфиксации и дыхания клетками *Azotobacter vinelandii*, иммобилизованными в Са-альгинатном геле

Интенсивность перемешивания инкубационной среды, об/мин	Интенсивность потребления кислорода, 10^{-9} $\text{M O}_2/\text{с}$	Количество потребляемой сахарозы, мг/мл·с	Разница потребления O_2 при различных скоростях, %	Нитрогеназная активность, н·моль $\text{C}_2\text{H}_4/\text{ч} \cdot 10^{-8}$ клеток
0	17,0	0,0152	—	160
100	18,7	0,0157	10	240
200	19,6	0,0150	15,3	450
100	16,2	0,0147	4,7	97

Наиболее логичным объяснением мы считаем частичное повреждение клеток в условиях интенсивного перемешивания, приводящее к снижению интенсивности дыхания. Данные табл. 1 коррелируют с результатами, приведенными в табл. 2, указывающими на влияние интенсивности перемешивания на активность нитрогеназы и потребление

кислорода и сахарозы иммобилизованными клетками. Исходя из приведенных в этой таблице данных очевидно, что иммобилизованная культура при всех уровнях аэрации потребляла кислород и сахарозу приблизительно с одинаковой интенсивностью.

В процессе перемешивания десорбция активной биомассы ни в одном случае не превышала 10%, в дальнейшем мы пренебрегали десорбционной частью клеток. Вместе с тем, большая разница отмечалась в уровнях активности фермента; иммобилизованная культура с наиболее высокой нитрогеназной активностью была получена в условиях аэрации, соответствующих интенсивности перемешивания 200 об/мин. Объясняется это, видимо, тем, что в этих условиях умеренное перемешивание позволяло равномерно распределять кислород в толще гелевого шарика и в связи с этим обуславливало максимальное снабжение кислородом всех включенных геле-клеток. При повышении интенсивности перемешивания до 300 об/мин существенной разницы в уровнях активности нитрогеназы не отмечалось. Последующее усиление перемешивания вызывало резкое падение нитрогеназной активности, при интенсивности перемешивания, равной 1000 об/мин, нитрогеназная активность падает более чем в 4 раза. На наш взгляд, причина понижения активности заключается в следующем: при высоких уровнях аэрации, особенно в условиях 1000 об/мин, несомненно, происходит частичное повреждение клеток, что увеличивает вероятность проникновения кислорода в клетку, вызывая тем самым падение активности фермента, причем, чем выше интенсивность аэрации, тем отчетливее проявляется падение активности нитрогеназы; или же это можно объяснить так: при высоких скоростях перемешивания происходит недостаточное снабжение внутренних слоев геля кислородом и в связи с этим недостаточное снабжение клеток, находящихся во внутренней области шарика, что приводит к снижению нитрогеназной активности в связи с недостатком высокоэнергетического соединения — АТФ, поскольку фиксация одного моля азота требует расхода энергии, эквивалентной 30—40 молям АТФ.

Академия наук Грузии
Институт биохимии растений

(Поступило 8.4.1992)

ბიოქიმია

ბ. ჰითანავა, ბ. ნუცუბიძე (საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი)

თავისუფალი და იმობილიზებული AZOTOBACTER VINELANDII უჯრედების აზოტფიქსაციის უნარის დამოკიდებულება ჟანგბადის მოხმარებასთან დაკავშირებით

რეზიუმე

ნაშრომში ნაჩვენებია ჟანგბადის მოხმარების ინტენსივობის გავლენა აზოტფიქსაციის პროცესზე. ჟანგბადის მოხმარების გაზრდა იწვევს აზოტ-



ფიქსაციის დათრგუნვას. ოპტიმალური აზოტფიქსაცია მიიღწევა $10,2 \cdot 10^{-9}$ M ტოლია, რაც შეესაბამება 200 ბრ/წთ სიჩქარით საინკუბაციო არის მორევას.

BIOCHEMISTRY

E. CHITANAVA, N. NUTSUBIDZE

THE DEPENDENCE OF FREE AND IMMOBILIZED AZOTOBACTER VINELANDII CELL ABILITY OF NITROGEN FIXATION OF CONNECTION WITH NITROGEN USAGE

Summary

The influence of intensivity of nitrogen usage on nitrogen fixation process is shown in this article. The increase of nitrogen exerts nitrogen fixation inhibition. The optimal nitrogen fixation is achieved when nitrogen usage in $10,2 \cdot 10^{-9}$ MO₂/c equals to 200 turn/min of incubation medium mixing.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. R. G. Diluccio, D. L. Kirwan. *Biotechn., Bioeng.*, v. 26, № 1, 1984, 81—87.
2. Э. Г. Читанавა, Н. Н. Нуцубидзе. *Сообщения АН ГССР*, 117, № 2, 1985, 405—407.
3. Э. Г. Читанавა, О. В. Абашидзе, Н. Н. Нуцубидзе. *Сообщения АН ГССР*, 124, № 3, 1986, 601—604.
4. Г. Л. Шапошников. В кн.: «Биохимические методы». М., 1980, 207—210.
5. R. H. Burris. *Methods in Enzymology et. A. San. Pietro.—London: Academic Press*, 24 B, 1972, 415—431.
6. R. V. F. Hardy, R. C. Burns, R. D. Holsten. *Soil. Biol. and Biochem.*, v. 5, № 1, 1973, 47—51.
7. И. А. Черновина, М. Г. Потанов, Л. Г. Косулина, Т. Е. Кренделева. *Большой практикум по физиологии растений*. М., 1978, 184—201.

ა. სოფროვაძე, დ. გულბანი, ო. ხაჩიძე

ფენოლურ ნაერთთა შემცველობა ვაზში სხვადასხვა წიხით
ჩატარებულ „მწვანე ოპერაციებისა“ და დაბალი ტემპერატურის
მოქმედების ფონზე

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ნ. ნუცუბიძემ 14.04.1992)

ვაზის ყინვაგამძლეობის ბიოქიმიური საფუძვლების შესწავლას, მეცნიერულ ღირებულებასთან ერთად, გარკვეული პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. უპირველეს როლს აქ ნახშირწყლების და სხვა ნაერთების მეტაბოლიზმს ანიჭებენ [1—3]. ისეთი მეორეული ნივთიერებები კი, როგორცაა ფენოლური ნაერთები, რომელთაც მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავთ ვაზის ნივთიერებათა ცვლაში, მკვლევართა მიღმაა დარჩენილი; თუმცა, აღნიშნულ ნაერთთა დაცვით ფუნქცია და დაბალ ტემპერატურაზე ბიოსინთეზის ინტენსივობის გაძლიერების უნარი დიდი ხნიდანაა ცნობილი [4—6].

წინამდებარე შრომა წარმოადგენს ვაზში ფენოლურ ნაერთთა შემცველობასა და ყინვაგამძლეობას შორის შესაძლო კორელაციის ძიების ცდას.

შესწავლილ იქნა ფენოლური ნაერთების, კერძოდ, ფენოლკარბონმჟავებისა და პროანთოციანიდინების თვისებრივი და რაოდენობრივი შედგენილობა საქართველოს ერთ-ერთი წამყვანი სამრეწველო ჯიშის ვაზის „რქაწითელის“ (*Vitis vinifera* L.) ფოთლებსა და ღეროში ყინვაგამძლეობის გაზრდის მიზნით ჩატარებული „მწვანე ოპერაციების“ ფონზე.

„მწვანე ოპერაციების“ სხვადასხვა წესით ჩატარება ცვლის ვაზის ფოტოსინთეზური პოტენციის უნარს და ამ გზით გავლენას უნდა ახდენდეს როგორც პირველადი მეტაბოლიტების, ასევე მეორეული ნაერთების ბიოსინთეზზეც. ეს გარემოება კი უნდა ცვლიდეს ვაზის დაბალი ტემპერატურისადმი რეზისტენტობას.

ცდები ჩატარებულ იქნა საქართველოს მებაღეობის, მევენახეობისა და მეღვინეობის ინსტიტუტის ვაზისუბნის ექსპერიმენტული ბაზის ნაკვეთში. ჩატარდა შემდეგი სახის „მწვანე ოპერაციები“:

1. ყლორტის წვერის წაწყვეტა ზედა ორი ნამხრის დატოვებით.

2. იგივე ოპერაცია, მხოლოდ 2—3 ფოთლიანი ნამხარი იქნა დატოვებული;

3. მხოლოდ ყლორტის წვერი იქნა მოცილებული*.

ცდის პირველ ეტაპზე საანალიზო მასალა, თითოეული ვარიანტის შემთხვევაში, ფენოლკარბონმჟავებისა და პროანთოციანიდინების შესასწავლად, ავიღეთ სამ სხვადასხვა ვადაში „მწვანე ოპერაციების“ ჩატარებიდან 10—10 დღის ინტერვალის შემდეგ. პარალელურად გავანალიზეთ საკონტროლო ნიმუშებიც. ვეგეტაციის დასასრულს საცდელი ვაზებიდან ავჭერით რქები (კალმები), გავყავით ორ ნაწილად, რომელთაგანც ერთი ნაწილი 4 სთ-ის განმავლობა-

* ცხრილებში სიმარტივისათვის 1, 2, 3 ვარიანტები შესაბამისი ნუმერაციით იქნება წარმოდგენილი.



მოვთავსეთ დაბალ ტემპერატურაზე (-15 -დან -17°C ; -19 -დან -21°C) ნორმალური აერაციის პირობებში, ხოლო მეორე — გამოვიყენეთ სპეცტრო-

ფენოლკარბონმჟავებისა და პროანთოციანიდინების ექსტრაქცია ჩავატარეთ წინასწარ დაქუცმაცებული გარკვეული წონის ($5-10$ გ) მასალიდან 80% -იანი წყლიანი ეთანოლით მადულარ წყლის აბაზანაზე 6-ჯერ (თითოეულის ხანგრძლივობა შეადგენდა $0,5$ სთ). გაერთიანებული ექსტრაქტი გავფილტრეთ მინის ფილტრში (№ 3) და გამოვხადეთ ვაკუუმ-როტაციულ ამოორთქლებელში $35-40^{\circ}\text{C}$ -ზე სპირტის სრულ მოცილებამდე.

ნიმუშების ექსტრაქტა ანალიზის შედეგად (ქალაღღზე ორგანოზომილებიანი ქრომატოგრაფია, თვისებრივი რეაქცია დიაზოტირებულ პ-ნიტროანილინთან, ფლუორესცენცია უი სინათლეზე და სხვ.) მათში ძირითადი ეთერიფიცირებული კოფეინმჟავა აღმოჩნდა.

ფენოლკარბონმჟავების საერთო რაოდენობა განვსაზღვრეთ სპექტროფოტომეტრული მეთოდით ექსტრაქტების ტუტით ჰიდროლიზის შემდეგ [7]. გადაანგარიშება მოვახდინეთ კოფეინმჟავაზე წინასწარ აგებული სტანდარტული მრუდის მიხედვით A მაქს. 325 ნმ-ზე.

პროანთოციანიდინების იდენტიფიცირებისა და რაოდენობრივი განსაზღვრის ერთ-ერთ აუცილებელ ტესტს მათი ჰიდროლიზის გზით შესაბამის ანთოციანიდინებად გარდაქმნა და ამ უკანასკნელთა შემდგომი შესწავლა წარმოადგენს. ამ მიზნით რამდენიმე მეთოდი შემოთავაზებული. ჩვენ შევჩერდით სვანის და ჰილის მეთოდზე [8], რადგან იგი შედარებით მარტივი და მოხერხებულია გამოსაყენებლად. მართალია, აღნიშნული მეთოდი აბსოლუტურ *in vivo* მაჩვენებლებს არ იძლევა (ამგვარი მეთოდიარც არსებობს), მაგრამ სრულიად დამაკმაყოფილებელ შედეგებს გვაძლევს ნიმუშების ურთიერთ-შედარებითისათვის; ცდომილების ფარგლები ხომ, ყველგან ერთნაირია.

1 მლ საკვლევ ექსტრაქტს დავუმატეთ 1 მლ მეთანოლი და შევავსეთ 10 მლ-მდე ე. წ. პროანთოციანიდინების რეაქტივით (ნ-ბუთანოლი 950 მლ + კონც. HCl 50 მლ). ნარევი კარგად შევანჯღრიეთ და დავდგით ჰიდროლიზისათვის მადულარი წყლის აბაზანაზე (თავლია) 3 წუთი აერობულ პირობებში, შემდეგი კი — დახურული 40 წუთის განმავლობაში. მიღებული წითელი ფერის ჰიდროლიზატების შესწავლამ გვიჩვენა, რომ საანალიზო ნიმუშები პროანთოციანიდინების თვისებრივი შედგენილობით არ განსხვავდებოდნენ ერთმანეთისაგან: ისინი შეიცავდნენ პროციანიდინსა და პრო-აქლფინიდინს.

პროანთოციანიდინების საერთო რაოდენობა განვსაზღვრეთ სპექტროფოტომეტრული მეთოდით [8] ციანიდინზე წინასწარ აგებული სტანდარტული მრუდის მიხედვით λ მაქს. 550 ნმ-ზე.

მიღებული შედეგები წარმოდგენილია 1 და 2 ცხრილში.

როგორც 1 ცხრილის მონაცემები გვიჩვენებს, ნამხრის ფოთლები და ყლორტები ფენოლკარბონმჟავებს და პროანთოციანიდინებს საკმაო რაოდენობით შეიცავს. ამასთანავე, ფენოლკარბონმჟავების შემთხვევაში შეინიშნება ტენდენცია მათი ფოთლებში, კერძოდ კი ნამხრის ფოთლებში, მეტი რაოდენობით დაგროვებისა; ძირითად და ნამხრის ყლორტებში კი აღნიშნული ნაერთები ერთნაირი რაოდენობით სინთეზირდება. ფოთლებში ცდის ვარიანტების მიხედვით ადგილი აქვს ფენოლკარბონმჟავების რაოდენობების მეტ-ნაკლებ ცვლილებებს, ყლორტებში კი მათი რაოდენობა სტაბილურია. რაც შეეხება პროანთოციანიდინებს, მათი ბიოსინთეზი უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს ნამხრის ფოთლებსა და ყლორტებში, ვიდრე ძირითად ფოთლებსა და ყლორტებში. „მწვანე ოპერაციების“ სხვადასხვა წესით ჩატარება გავლენას ახდენს პრო-



ანთოციანიდინების დაგროვებაზე ვაზში. ფენოლკარბონმჟავები და პროანთოციანიდინები მაქსიმალური რაოდენობით აკუმულირდება „მწვანე ოპერაციების“ მე-3 წესით ჩატარების დროს. აქ ერთ გარემოებასაც უნდა გაესვას ხაზი: თუ გავითვალისწინებთ, რომ ფენოლური ნაერთები, მათ შორის ფენოლკარ-

ცხრილი 1

ფენოლკარბონმჟავებისა და პროანთოციანიდინების რაოდენობრივი შემცველობა „რქაწითელის“ ჯიშის ვაზის ფოთლებსა და ერთწლიან ყლორტებში სხვადასხვა წესით ჩატარებული „მწვანე ოპერაციების“ ფონზე

საანალიზო მასალა	ცდის ვარიანტები					
	I		II		III	
	ფენოლკარბონმჟავები	პროანთოციანიდინები	ფენოლკარბონმჟავები	პროანთოციანიდინები	ფენოლკარბონმჟავები	პროანთოციანიდინები

რაოდენობა მგ/გ ნედლ მასალაზე*

ძირითადი ფოთლები	0,05	0,75	0,09	1,16	0,08	0,30
ნაშბრის ფოთლები	0,06	1,72	0,07	1,96	0,18	2,55
ძირითადი ყლორტები	0,02	0,38	0,02	0,54	0,03	0,50
ნაშბრის ყლორტები	0,02	0,90	0,02	0,86	0,02	0,81

* 1, 2 ცხრილში მოცემულია სამი სხვადასხვა ვაღის საშუალო მანქენებლები.

ბონმჟავები, განსაკუთრებით კი პროანთოციანიდინები, ზასიათდებიან მაღალი ბიოაქტივობით, სრულიად რეალური პერსპექტივა ისახება იმისათვის, რომ „მწვანე ოპერაციების“ „ანარჩენები“ გამოვიყენოთ ნედლეულად ბიოაქტიურ ნაერთთა მისაღებად.

ცხრილი 2

ფენოლკარბონმჟავებისა და პროანთოციანიდინების რაოდენობრივი შემცველობა „რქაწითელის“ ჯიშის ვაზის მრავალწლიან რქაში სხვადასხვა წესით ჩატარებული „მწვანე ოპერაციების“ და დაბალი ტემპერატურის მოქმედების პირობებში.

ცდის ვარიანტი	რაოდენობა მგ/გ ნედლ მასალაზე					
	ფენოლკარბონმჟავები	პროანთოციანიდინები	ტემპერატურა, °C			
			ფენოლკარბონმჟავები		პროანთოციანიდინები	
			-15-17	-19-21	-15-17	-19-21
I	0,23	11,20	0,26	0,18	13,80	8,94
II	0,17	10,64	0,27	0,14	12,21	8,07
III	0,12	8,33	0,17	0,15	8,52	8,52

მე-2 ცხრილის მონაცემების მიხედვით, ფენოლკარბონმჟავებისა და პროანთოციანიდინების (განსაკუთრებით ამ უკანასკნელთა) რაოდენობა მრავალწლიან რქაში მნიშვნელოვნად აღემატება მათ რაოდენობას ერთწლიან ყლორტებში (მდრ. 1 ცხრილს). უნდა ვიფიქროთ, რომ ყლორტებში აღნიშნულ ნაერთთა აქტიურ სინთეზს თან ახლავს აქტიური გარდაქმნაც; რქაში კი, როგორც ჩანს, აკუმულაციის პროცესი ჰარბობს.



დაბალ ტემპერატურაზე რქების მოთავსებისას შეინიშნება ტემპერატურაზე დამოკიდებით განსხვავებული რეაგირება. კერძოდ — 15-დან — 17°C ტემპერატურის ფარგლებში საცდელ რქებში, საკონტროლოებთან შედარებით, ფენოლკარბონმჟავებისა და პროანთოციანიდინების რაოდენობა აშკარადაა მატებული, ტემპერატურის დაწვევისას კი შეიმჩნევა აღნიშნულ ნაერთთა რაოდენობის შემცირების ტენდენცია: მათი რაოდენობა საკონტროლოებზე დაბლაც კი ეცემა. ამასთანავე, ფენოლკარბონმჟავები და პროანთოციანიდინები მეტი რაოდენობით გროვდება I და II ვარიანტის ცდებში. იქნებ შესაძლებელი იყოს, რომ ვაზის „მწვანე ოპერაციების“ ჩატარების წესი ამ მხრივ რეგულირების ერთ-ერთ ფაქტორად გამოვიყენოთ. როგორც ჩანს, ვაზში ფენოლკარბონმჟავებისა და პროანთოციანიდინების ბიოსინთეზის პოტენციური შესაძლებლობის ტემპერატურული ზღვარი გარკვეულწილად განსაზღვრულია.

უნდა ვიფიქროთ, რომ ვაზის რქებში დაბალ ტემპერატურაზე ფენოლკარბონმჟავებისა და პროანთოციანიდინების მეტი რაოდენობით დაგროვების უნარი კორელაციაშია ყინვაგამძლეობასთან. ამ დამოკიდებულების მექანიზმის ერთ-ერთ სავარაუდო საფუძველს კი შესაძლებელია წარმოადგენს ის ფაქტი, რომ ფენოლური ნაერთები უჯრედის მემბრანის თითქმის აუცილებელი კომპონენტებია.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

ს. ლურმიშიძის სახ. მეცნიერთა

ბიოქიმიის ინსტიტუტი

(შემოვიდა 04.1992)

БИОХИМИЯ

A. N. СОПРОМАДЗЕ, Д. И. ГУЛБАНИ, О. Т. ХАЧИДЗЕ

СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
В ВИНОГРАДНОЙ ЛОЗЕ НА ФОНЕ ДЕЙСТВИЯ НИЗКОЙ
ТЕМПЕРАТУРЫ И ПРОВЕДЕННЫХ РАЗНЫМИ СПОСОБАМИ
«ЗЕЛЕННЫХ ОПЕРАЦИЙ»

Резюме

Изучены качественные и количественные содержания фенолкарбонных кислот и проантоцианидинов в условиях низкой температуры и разных способов проведения «зеленых операций».

Под действием низкой температуры (—15, —17°C) количества фенолкарбонных кислот и проантоцианидинов (особенно последних) в многолетних побегах значительно возрастают. При дальнейшем снижении температуры они падают.

Высказывается мнение о возможной корреляции между накоплением фенольных соединений и морозоустойчивостью лозы.

BIOCHEMISTRY

A. SOPROMADZE, D. GULBANI, O. KHACHIDZE

CONTENT OF PHENOLIC COMPOUNDS IN GRAPEVINE AGAINST THE
BACKGROUND OF LOW TEMPERATURE AND "GREEN OPERATIONS",
CARRIED OUT BY DIFFERENT METHODS

Summary

Qualitative and quantitative content of phenolcarbonyl acids and proanthocyanidins in the conditions of low temperature and different methods of carrying out "green operation" have been studied.

Under the influence of low temperature (-15°C , -17°C) the quantity of phenolcarboxylic acids and proanthocyanidins (especially of the latter) in parrenial shoots considerably increases. After further decrease of temperature the quantity of the later decreases as well.

It is supposed that there is a possible correlation between the accumulation of phenolic compounds and grapevine frost resistency.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. С. А. Марутян. Биохимические аспекты формирования и диагностики морозоустойчивости виноградного растения. Ереван, 1978.
2. В. М. Грозова. Сб. «Метаболизм, фотосинтез и устойчивость виноградной лозы к низким температурам». Кишинев, 1978, 21.
3. თ ა ნ ა ნ ი ა შ ე ი ლ ი, პ. თ ხ ე ლ ი ძ ე, თ. ხ ა ჩ ი ძ ე. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის შრომები, 140, № 2, 1990, 397.
4. А. Ф. Капустинский. Усп. совр. биол., 29, 3, 1950, 340.
5. Б. М. Еськин. ДАН СССР, 130, 5, 1960, 1158.
6. М. Н. Талиева. Бюлл. Гл. бот. сада, 17, 1954, 91.
7. Д. И. Гулбани, А. Н. Сопромадзе, Сб. «Методы биохимических исследований растений». Тбилиси, 1983, 139.
8. T. Swain, W. Hillis. J. Sci. Food a Agric, 10, 1959, 63.

М. И. БАЛАШВИЛИ, М. И. ТОДАДЗЕ, Л. Г. ЧОХЕЛИ,
Д. И. ДЖОХАДЗЕ (член-корреспондент АН Грузии)

СТИМУЛЯЦИЯ ЭНДОГЕННОЙ РНК-СИНТЕЗИРУЮЩЕЙ И БЕЛОКСИНТЕЗИРУЮЩЕЙ АКТИВНОСТИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПРОТОПЛАСТОВ КИНЕСТИНОМ

Выявление эффекта фитогормонов и механизмов их участия в жизнедеятельности растительной клетки давно привлекает внимание исследователей [1]. Особенно большие успехи достигнуты за последние два десятилетия, показано, что эти соединения активно участвуют в регуляции транскрипции и трансляции [2]. Удобной моделью для изучения упомянутых процессов являются соответствующие системы с протопластами, поскольку полученные сведения могли бы иметь не только теоретическое, но и практическое значение, в частности в генетико-инженерной работе.

Ранее нами было показано, что гибберелловая кислота и кинетин стимулируют синтез белка в протопластах [3]. В данной работе мы задались целью изучить действие кинетики на эндогенную РНК-синтезирующую и белоксинтезирующую активность протопластов листьев конских бобов (*Vicia faba*). Растения выращивали в лабораторных условиях. Одна партия растений росла на воде, вторая — на воде, содержащей кинетин (2 мг/мл, фирма «Serva»). Листья собирали с 8—10-дневных растений. В этом возрасте растения с кинетином в 2 раза превосходили в росте контрольные. Протопласты (рис. 1)

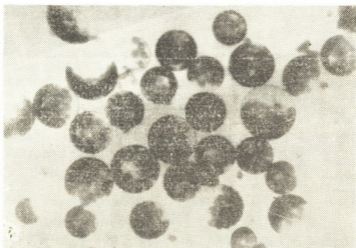


Рис. 1. Протопласты листьев конских бобов

выделяли по прописи [4] с некоторыми изменениями. Листья стерилизовали в 70%-ном этаноле, нарезали лезвием на миллиметровые полоски. Для мацерации их помещали в раствор, содержащий Opozuka R=10 (из *Trichoderma viride* фирмы «Serva» — 0,2 % и

macerozyme — 10 (из Rizopus sp. фирмы «Serva») — 0,1 %. Ферментную смесь готовили перед употреблением на 0,4 М растворе манита. Мацерация длилась 16 часов при 25°C в темноте. Полученную суспензию пропускали через нейлоновый фильтр (размер пор 60—100 мкм), промывали на воронке 0,4 М раствором манита. Из фильтра осаждали протопласты центрифугированием при 100 об/мин в течение 3 мин. Осадок трижды промывали суспендированием в 0,4 М маните и центрифугировали при 1000 об/мин в течение 3 мин. Под конец протопласты суспендировали в малом объеме 0,4 М манита и использовали для дальнейших опытов. Чистоту протопластов контролировали микроскопически. РНК-синтезирующую активность протопластов определяли в среде, содержащей Tris-HCl, pH 8,0 — 40 мМ, MgCl₂ — 5 мМ, ЭДТА — 0,1 мМ, 2-меркаптоэтанол — 1 мМ, KCl — 150 мМ, бычий сывороточный альбумин — 125 мкг, АТФ, УТФ и ЦТФ — по 0,3 мМ немеченый ГТФ — 0,02 мМ, ¹⁴C-ГТФ — 0,05 мМ (уд. активность 530 mkiuri/mnole). Эндогенную белоксинтезирующую активность протопластов определяли их инкубацией в среде, содержащей ¹⁴C-гидролизат белка хлореллы. Инкубацию и обработку проб проводили по прописи Бурдмана и Джорнея [5] с некоторыми изменениями [6].

Из данных, приведенных в табл. 1, видно, что протопласты, полученные нами из листьев конских бобов, обладают способностью к синтезу РНК. Протопласты, выделенные из листьев растений, выращен-

Т а б л и ц а 1
Эндогенная РНК-синтезирующая активность протопластов конских бобов

Инкубационная смесь	Радиоактивность, 10 ³ имп/мин на 30 мкг ДНК	%
Протопласты из контрольных растений	1,7 ± 0,33	100
Протопласты из растений, выращенных на среде с кинетином	3,3 ± 0,21	194

ных на среде, содержащей кинетин, синтезируют РНК интенсивнее, чем протопласты, выделенные из листьев контрольных растений.

В противополостах, выделенных из листьев растений, выращенных на среде, содержащей кинетин, белоксинтезирующая активность выше, чем в протопластах, выделенных из листьев контрольных растений. При этом чем больше количество протопластов в белоксинтезирующей системе, тем выше включение радиоактивности в кислоторастворимом материале (табл. 2).

Т а б л и ц а 2
Белоксинтезирующая активность протопластов листьев конских бобов

Инкубационная смесь	Радиоактивность, 10 ³ имп/мин	%
Протопласты из контрольных растений (30 мкг ДНК на пробу)	20,5 ± 0,19	100
„ (60 мкг ДНК на пробу)	33,5 ± 0,42	164
Протопласты из растений, выращенных на среде с кинетином (30 мкг ДНК на пробу)	38,3 ± 0,31	100
„ (60 мкг ДНК на пробу)	72,7 ± 0,29	190



საქართველოს
აкадеმიის

Из приведенных результатов можно сделать вывод, что кинетин стимулирует как РНК-синтезирующую, так и белоксинтезирующую активность протопластов. Представляют интерес использованные в генетических опытах протопласты, выделенные из растений, которые выращивались на среде, содержащей кинетин (и другие фитогормоны). В частности, имеются в виду стимулированные под влиянием фитогормонов протопласты, выделенные из разных видов бобовых, что является одним из предметов нашей дальнейшей работы.

Академия наук Грузии
Институт биохимии растений
им. С. В. Дурмишидзе

(Поступило 15.5.1992)

ბიოქიმიის

მ. ბალაშვილი, მ. თოდაძე, ლ. ჩოხელი, დ. ჯოხაძე (საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი)

მცენარეული პროტოპლასტების ენდოგენური რნმ და ცილა-
მასინთეზირებალი აბტივობების სტიმულაცია კინეტინით

რეზიუმე

შესწავლილია ცერცვის ფოთლებიდან გამოყოფილი პროტოპლასტების ენდოგენური რნმ და ცილამასინთეზირებელი აქტივობები. ნაჩვენებია, რომ კინეტინის შემცველ არეზე გამოზრდილი მცენარეების ფოთლებიდან გამოყოფილ პროტოპლასტებში მნიშვნელოვნად მომატებულია რნმ-ისა და ცილის სინთეზის უნარი.

BIOCHEMISTRY

M. BALASHVILI, M. TODADZE, L. CHOKHELI, D. JOKHADZE

STIMULATION OF ENDOGENOUS RNA AND PROTEIN-
SYNTHESIZING ACTIVITY OF PLANT PROTOPLASIS
BY KINETIN

Summary

The endogenous RNA and protein-synthesizing activities of isolated protoplasts from horse-bean leaves were studied. It is shown that in protoplasts isolated from plant leaves, grown on the medium containing kinetin, the ability of RNA and protein synthesis was considerably increased.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. В. В. Полевой. Роль ауксина в системах регуляции у растений. Л., 1986.
2. D. I. Jokhadze. In Subcellular Biochemistry, V. 17. Plant Genetic Engineering, Plenum press, N. y., 1991, 327.
3. Н. В. Джамришвили, М. И. Балашвили, Д. И. Джохадзе. Сообщения АН ГССР, 133, № 2, 1989, 401.
4. F. Constabell, J. W. Kirkpatrick, O. L. Gamborg. Canad. J. Bot., 1973, 51.
5. J. A. Burdman, L. J. Jagneu. J. Neurochem., v. 16, 1969, 493.
6. М. И. Балашвили, Д. И. Джохадзе. Сообщения АН ГССР, 80, № 1, 1975, 173.



Ц. Г. ПЕЯКРИШВИЛИ

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ КАРТОФЕЛЯ К ФУЗАРИОЗУ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГАММА-РАДИАЦИИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Б. Е. Курашвили 15.5.1992)

Фузариозные гнили клубней картофеля, в частности сухая гниль, известны давно, но до сих пор отсутствуют эффективные меры борьбы с этим заболеванием.

Многие исследователи [1—3] указывают, что потери от сухой гнили обычно составляют 3—15%, нередко достигая 40—50%.

Изоляты группы *Solani* имеют белый мицелий от пушистого до уплотненного или пленчатого. У некоторых изолятов наблюдается сиреневая окраска мицелия, у других — синяя распространяющаяся.

Сухая, или типичная, фузариозная гниль характеризуется образованием на поверхности клубня темных пятен с концентрической зональностью, иногда отсутствующей. При разрезании в сухой гнилой ткани видны полосатые полости. Граница между больной и здоровой тканями резко выражена, хотя может быть и неясной [4].

Целью работы являлось изучение влияния гамма-радиации на поражаемость клубня картофеля фузариозом, вызываемым грибом *Fusarium solani*. Объектом исследований были взяты районированные в Грузии сорта картофеля Мажестик и Триалетури.

Клубни картофеля облучали гамма-радиацией в дозах 5; 10; 30; 40; 50; 60; 80; и 100 Грей на стационарной установке ГУБЭ-33.

Поражаемость облученных клубней фузариозом изучалась в полевых условиях на естественном фоне развития болезни, а также в лабораторных условиях искусственного заражения.

Искусственное заражение клубней картофеля проводилось во влажных камерах чистой культурой гриба *Fusarium Solani* путем внесения инокулюма в ранки.

Результаты опыта приведены в таблице. Из таблицы видно, что урожай клубней картофеля сорта Мажестик, полученный в естественных условиях, в контроле поражен на 100, а при облучении клубней дозой 5; 10; 30 и 50 Грей — лишь на 8,8; 5,5; 5,4; и 4,0%. Соответственно уменьшается размер пятна: если в контроле размер пятна клубней картофеля 20,5 мм, при облучении вышеуказанной дозой лишь 18,3; 19,2; 15,2 и 14,2 мм.

Клубни картофеля, облученные дозой 80 и 100 Грей, не поражаются.



При инокуляции облученных клубней картофеля признаки поражения появляются спустя 2—3 дня как на контроле, так и на облученных разными дозами клубнях.

Количество пораженных клубней картофеля при искусственном заражении значительно меньше на всех дозах облучения по сравнению с контролем. В частности, если в контроле размер пятна клубней картофеля 25,5 мм, то при облучении дозой 5—50 Грей лишь 18,5; 16,5; 15,3; 14,5 и 13,3 мм.

Почти такая же закономерность отмечается на сорте картофеля Триалетури. Например, если в контроле поражение клубней картофеля составляет 9,6%, то при использовании вышеуказанных доз эти показатели меньше и соответственно составляют 4,5; 5,6; 5,0; 6,0 и 5,0%.

Влияние гамма-радиации на поражаемость картофеля грибом *Fusarium Solani*

Сорт	Доза облучения, Грей	Естественные условия		Искусственное заражение	
		Зараженные клубни в урожае, полученном из облученных клубней картофеля		Количество пораженных клубней картофеля	Размер пятен на 5-й день, мм
		% заболеваемости	Размер пятен, мм		
Мажестик	Контроль	10,0	20,5	30	25,5
	5	8,8	18,3	30	18,5
	10	5,5	19,2	30	16,5
	30	5,4	15,3	30	15,3
	40	5,0	14,2	30	14,5
	50	4,0	13,3	30	13,3
	80	—	—	—	—
	100	—	—	—	—
Триалетури	Контроль	9,6	15,5	30	20,3
	5	4,5	14,3	30	18,2
	10	5,6	14,5	30	12,3
	30	5,0	13,5	30	15,3
	40	6,0	14,3	30	14,2
	50	5,0	12,2	30	11,3
	80	—	—	—	—
	100	—	—	—	—

Можно сделать заключение, что облученные в дозах 5—50 Грей клубни картофеля проявляют большую устойчивость к фузариозу, чем необлученные.

G. შეიკრიშვილი

კარტოფილის ტუბერების გამძლეობის გაზრდა ფუზარიუმის მიმართ
გამა-რადიაციის გამოყენებისას

რეზიუმე

შესწავლილია გამა-რადიაციით დასხივებული კარტოფილის ტუბერების
გამძლეობა ფუზარიუმის მიმართ.

დადგენილია, რომ დასხივებული კარტოფილის ტუბერების გამძლეობა
ფუზარიუმის გამომწვევ სოკოს *Fusarium solani*-ს მიმართ იზრდება.

PHYTOPATHOLOGY

G. PEIKRISHVILI

GAMMA-IRRADIATION INCREASES THE HARDINESS OF POTATO TUBERS TOWARDS FUSARIUM SOLAN

Summary

The hardiness of gamma-irradiated potato tubers towards *Fusarium Solan* has been studied.

It's ascertained that the hardiness of gamma-irradiated potato tubers towards *Fusarium Solan* is increased compared with nonirradiated ones.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Ю. Н. Надводнюк. Науч. труды Северо-западного НИИ сельского хозяйства, 34, 1975.
2. А. С. Воловик, З. А. Сорокина. Сб. «Селекция и семеноводство картофеля», 14. М., 1973.
3. Г. А. Рикова. Докл. ТСХА, 224, 1976.
4. Т. А. Суркова. Микол. и фитопатол., т. 12, вып. 5, 1978.



В. М. ЧХИКВАДЗЕ, М. А. БАКРАДЗЕ

ОБИТАЕТ ЛИ ХАМЕЛЕОН В ЗАПАДНОЙ ГРУЗИИ?

(Представлено членом-корреспондентом Академии И. Я. Элнава 3.6.1992)

В Западной Грузии живых хамелеонов (*Chamaeleo chamaeleon*) находили в трех пунктах: в 1937 г. вблизи города Батуми, в 1938 г. в окрестностях Поти и в 1950 г. в окрестностях Кобuleти [1—3]. Эти данные А. Г. Джанашивили с неукоснительным постоянством приводит во всех своих последующих публикациях [4, 5], однако всегда повторяет одну и ту же мысль: «Очевидно, что хамелеоны в Грузию случайно завезены вместе с растениями, поступившими из-за рубежа, и поэтому в список фауны пресмыкающихся Грузии нельзя вводить» [2]. Это мнение повторяют П. В. Терентьев и С. А. Чернов [6], а также Н. Н. Щербак [7]. Любопытно, что пишет по этому поводу И. С. Даревский [8]: «Известны случаи нахождения (хамелеона) на Черноморском побережье Кавказа в окрестностях Сухуми и Поти, куда эти животные были случайно завезены на пароходах». Если данные И. С. Даревского достоверны, тогда, кроме известных нам трех пунктов, хамелеон был найден также и в окрестностях Сухуми. Таким образом, все авторы единодушны в том, что хамелеон является случайным элементом для территории Западной Грузии.

Несмотря на то что мы не располагаем новыми данными о вышеизложенном, все же осмеливаемся утверждать, что хамелеон в Западной Грузии обитает и должен быть внесен в список фауны Грузии. Мы исходим из следующих соображений:

1. Подавляющее большинство хамелеонов (семейство *Chamaeleonidae*) обитает в Африке и на Мадагаскаре, несколько видов — на Арабском полуострове, в Индии и на Цейлоне [8]. Кроме того, один вид, в частности обыкновенный хамелеон (*Chamaeleo chamaeleon*), встречается на юге Испании, на крайнем юге Греции (юг Пелопонеса), в юго-западных и южных областях Турции и некоторых странах Ближнего Востока, на островах Крит, Хиос и Самос в Эгейском море, практически во всех странах Магриба (прилегающих к Средиземному морю странах Северной Африки от Суэца до Гибралтара), а также на островах Средиземного моря: Сицилии, Мальте и Кипре (на некоторые из них он, вероятно, завезен человеком) [9]. В Турции, по данным Ф. С. Боденхаймера [10], обыкновенный хамелеон обитает в западной и южных провинциях Анатолии (Измир, Милет, Мерсин, Адана и др.). В частности, в Южной Турции, на хр. Болгар (*Bulgardag*) он встречается до 1000 м над уровнем моря; в северных и центральных провинциях он отсутствует [10]. Таким образом, естественный ареал обыкновенного хамелеона находится в непосредственной близости от Колхиды.

2. В геологическом прошлом хамелеоны обитали значительно севернее Кавказа. Их остатки известны из среднемиоценовых отложений Чехословакии [11] и раннемиоценовых отложений Германии [12]. Совершенно очевидно, что в миоцене они были распространены не только на территории Центральной Европы, но и в Закавказье. Заметим,

что данные палеогеографии [13] не противоречат такому предположению. Что же касается климата и растительности, то, по мнению К. И. Чочиевой и Н. С. Мамацашвили [14], Колхида и в плейстоцене являла собой один из редчайших останцев первоначального ареала реликтов древней лесной флоры Северного полушария. Определенное постоянство значительной части ископаемых флор Колхиды, малая степень изменчивости их во времени, длительное переживание в них элементов флор географически отдаленных стран, а главное постоянство лесного типа растительности склоняют к предположению об относительной стабильности ряда условий среды их обитания [14]. Таким образом, вышеизложенные данные палеогеографии, палеонтологии, палеоклиматологии и палеоботаники являются хотя и косвенными, но весьма существенными аргументами в пользу нашего предположения.

3. Современные климатические условия Южной и Юго-Западной Турции, где ныне обитает хамелеон, незначительно отличаются от таковых Колхиды. В первую очередь мы имеем в виду изотермы января и зимние минимальные температуры [15, 16].

4. Все известные находки хамелеона в Колхиде относятся не к разным видам, а именно к одному — *Chamaeleo chamaeleon*. При этом габитуально все они относятся к одному размерному классу и, надо думать, происходят из одной популяции. Этот факт дает основание предполагать, что колхидские хамелеоны, возможно, обладают своими специфическими признаками, которые могли бы сформироваться вследствие географической изоляции.

5. Если мы согласимся с общепринятой версией [1—8], тогда напрашивается вопрос: сколько раз в Колхиду завозился хамелеон? Если один раз, тогда естественным представляется следующий сценарий: в середине тридцатых годов он был завезен, возможно, в район Батуми и Кобулету, прижился там, а затем распространился до Поти или даже до Сухуми. Или если допустим, что его завозили несколько раз, тогда почему в Колхиду вместе с комом земли саженцев всегда завозили только хамелеонов, но не ящериц и не змей? Ведь в пределах естественного ареала хамелеон нигде не является фоновым видом.

6. Если хамелеон завозился в Колхиду всего один раз и А. Г. Джанашивили имел дело с потомками тех индивидов (или одна кладка яиц), которые были завезены сюда в середине тридцатых годов, тогда надо признать, что этот вид уже прижился в Колхиде и поэтому так же, как и гамбузию, его надо включить в состав фауны Грузии. В герпетологии известно немало аналогичных примеров случайной, но успешной интродукции различных амфибий и рептилий как на дальние, так и на близкие расстояния (*Rana nigromaculata* в Туркмении, *Rana catesbeiana* на севере Италии, *Megalochilus mystaceus* в Восточном Азербайджане, *Cyrtodactylus caspius* в черте города Тбилиси, *Cyrtodactylus kotschy* в Южном Крыму и т. д.).

7. И наконец, нам представляется существенным задать нашим вероятным оппонентам и такой вопрос: сколько экземпляров хамелеона надо добыть в Колхиде, чтобы герпетологическая общественность признала его существование для данной территории? Почему целый ряд видов включен в состав фауны тех или иных стран лишь на основании единичных находок? (например *Ophiomorus chernovi*, *Dinodon rufozonatum*, *Rhinocalamus melanocephalus* и др.). Примечательно, что единственный мертвый экземпляр тропической морской змеи *Pelamis platurus* был найден в заливе Посьета на Дальнем Востоке, однако, тем не менее, этот вид включен в состав фауны СССР. Возникает вопрос: чем же «провинился» колхидский хамелеон?

Исходя из вышеизложенного мы считаем, что обыкновенный хамелеон, скорее всего, является коренным обитателем Колхиды. Однако, даже если это наше предположение ошибочно и ооцепринятая версия [1—8] верна, то мы все же думаем, что завезенные сюда в середине тридцатых годов хамелеоны прижились, акклиматизировались и самовоспроизводятся. Во всех случаях этот вид следует включить в список фауны Грузии.

Малое число находок хамелеона обусловлено, вероятно, скрытым образом жизни этих рептилий, их редкостью в природе, а также, как это парадоксально ни звучит, слабой изученностью герпетофауны Западной Грузии, где за последние несколько лет были описаны новые, неизвестные науке виды и подвиды амфибий и рептилий (*Mertensiella caucasica djanaschvili*, *Lacerta clarcorum*, *Natrix megalcephala*, *Testudo graeca nikolskii*).

Академия наук Грузии
Институт палеобиологии
чм. Л. Ш. Давиташвили

Тбилисский государственный университет
им. И. А. Джавахишвили

(Поступило 4.6.1992)

ზოოლოგია

ბ. ჩხიკვაძე, მ. ბაკრაძე

ბინადრობის დასავლეთ საქართველოში ქამელეონი?

რეზიუმე

დასავლეთ საქართველოში დანამდვილებით სამკერ იყო ნაპოვნი ჩვეულებრივი ქამელეონი (*Chamaeleo chamaeleon*). არაპირდაპირი მონაცემები მოწმობენ იმას, რომ ეს ქვეწარმავალი, ალბათ, კოლხეთის აბორიგენულ სახეობას წარმოადგენს.

ZOOLOGY

V. CHIKHVADE, M. BAKRADZE

DOES CHAMELEO HABITATE IN E WEST GEORGIA?

Summary

There are three definite findings of *Chamaeleo chamaeleon* in e West Georgia. Indirect evidence exists that this species is aboriginal in Kolkhida.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. ა. ჯანაშვილი, ე. შებუკა, ე. ქელიძე. თბილისის ზოოპარკის შრომები, 1, 1948, 61—68.
2. ა. ჯანაშვილი. თბილისის სახ. უნივერსიტეტის შრომები, 42, 1951, 141—160.
3. ა. ჯანაშვილი, ლ. კუტუბიძე. ქვეწარმავლების სარკვევი. თბილისი, 1952, 1—164.
4. ა. ჯანაშვილი, საქართველოს ცხოველთა სამყარო, 3. თბილისი, 1963, 1—460.
5. ა. ჯანაშვილი, მ. ბაკრაძე. წიგნში: აჭარის ფაუნა. ბათუმი, 1979, 80—91.
6. П. В. Терентьев, С. А. Чернов. Определитель пресмыкающихся и земноводных. М., 1949, 1—340.

7. Н. Н. Шербак. На змеиных тропах. Киев, 1973, 1—151.
8. Жизнь животных. Земноводные, пресмыкающиеся, т. 4, ч. 2. М., 1969, 1—489.
9. W. —E. Engelmann, J. Fritzsche, R. Günter, F. J. Obst. Lurche und Kriechtiere Europas. Neumann Verlag, Leipzig, 1985, 1—420.
10. F. S. Bodenheimer. Introduction into the knowledge of the Amphibia and Reptilia of Turkey. Istanbul, 1944, 1—93.
11. S. Moody. Z. Rocek. Vest. Ustr. geol., 55(2), 1980, 85—92.
12. Н. —Н. Schleich. Mitt. Bayer. Staat. Paläontol. hist. geol., 24, 1984, 97—103.
13. Стратиграфия СССР. Неогеновая система, т. 2. М., 1986, 1—443.
14. К. И. Чочиева, Н. С. Мамацашвили. В кн.: «Грузия в антропогене». Тбилиси, 1991, 223—291.
15. Е. Ф. Лудшувейт. Турция. М., 1955, 1—399.
16. Н. Л. Беручашвили, Г. К. Габриелян, Ф. А. Гаджиев. Физическая география Закавказья. Ереван, 1986, 1—310.

З. А. ТКЕШЕЛАШВИЛИ, А. З. ТКЕШЕЛАШВИЛИ, И. Т. ХУНДАДЗЕ

НОВЫЙ МЕТОД СТАБИЛЬНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ОСТЕОСИНТЕЗА ШЕЙКИ БЕДРЕННОЙ КОСТИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии В. М. Мосидзе 15.4.1992)

Лечение больных с переломом шейки бедренной кости — труднейшая задача современной травматологии.

Перелом шейки бедренной кости является чаще у частью лиц пожилого и старческого возраста (71%), страдающих сопутствующими заболеваниями [1], что диктует необходимость ранней активизации больных в послеоперационном периоде. В настоящее время отмечается резкое омоложение контингента этих больных. Это обстоятельство требует от нас особого подхода к данной проблеме.

По сей день не вызывает сомнения выбор метода лечения и считается, что оно должно быть оперативным, вместе с тем, приоритет придается закрытому остеосинтезу с наилучшей репозицией и стабильной фиксацией фрагментов. Несмотря на многочисленные предложе-



Рис. 1

ния технического и биологического совершенствования этого метода, неудовлетворительные результаты достигают 30—40% и выше [2]. Это обстоятельство обусловлено тем, что не решен вопрос стабильной и к тому же атравматичной фиксации отломков.

Считаем, что стабильный остеосинтез должен быть достигнут в ущерб костным структурам шейки и головки, щадящим вмешательством и минимальной травмой.

Очевидно, что плохие исходы оперативного лечения обусловлены применением громоздких, компрессирующих фиксаторов, которые грубо повреждают костную ткань шейки и головки при внедрении и впоследствии вызывают резорбцию и асептический некроз.

С декабря 1989 г. в отделении острой травмы нашего центра применяется новая оперативная методика остеосинтеза шейки бедренной кости, которая осуществляется фиксатором нашей конструкции (положительное решение по заявке № 4797312/14 от 28.1.90 г. — авторы З. А. Ткешелашвили, А. З. Ткешелашвили «Устройство для остеосинтеза шейки бедренной кости»).



Рис. 2

Фиксатор по конструкции принципиально отличается от ранее предложенных, малогабаритен, атравматичен, дает стабильную фиксацию, не производит постоянного давления на костную ткань, исключает ротационные смещения головки при введении, не подвержен миграции, прост в изготовлении и применении.

Фиксатор содержит ушкообразную головку, переходящую в стержни (3 мм×1,5 мм) с заостренными концами, которые расположены продольно и закручены друг за другом трижды на 360°, тем самым стержни фиксатора штопорообразной формы.

Эластичность штопорообразных стержней фиксатора и их ушкообразное упругое соединение в головке дают возможность легко раскручивать и закручивать их по желанию.

Репозиция отломков производится на ортопедическом столе общепринятым способом. Производится контрольная рентгенография в двух проекциях, определяются точки введения фиксаторов и линия их проведения. После разреза мягких тканей подвертельной области электродрелью делаются два отверстия кортикального слоя диамет-

ром 0,5 мм на расстоянии 2,5—3 см друг от друга по осевой линии бедренной кости для введения двух фиксаторов.

Концы стержней фиксатора разводятся на полоборота и вводятся в отверстие на 2,5—3 см ручным усилием, при этом им придается желаемое направление. Дальнейшее введение фиксатора в шейку и головку производится легкими ударами молотка. Под ударами молотка фиксатор продвигается вперед и вкладывается в губчатую костную ткань, стержни приходят во вращение вокруг своей продольной оси, раскручиваются и разводятся У-образно. Естественно ударом молотка, стержни продвигаются вперед в губчатую костную ткань, а штопорообразная форма приводит их во вращение, и вращение разводит их У-образно. Так же внедряется и второй фиксатор через другое отверстие. Разводящие стержни проходят шейку и, внедряясь в головку в двух противоположных точках, исключают ротационное смещение головки.

Фиксация настолько стабильна, что в послеоперационном периоде какая-нибудь иммобилизация излишня. Надежная фиксация и форма стержней, исключая миграцию фиксаторов, позволяют активизировать больных с первого дня после операции.

В период с декабря 1989 г. и по сей день сделаны 153 операции с применением фиксатора нашей конструкции по поводу перелома шейки бедренной кости всех видов у лиц в возрасте от 15 до 86 лет.

Все больные находятся под нашим наблюдением. В динамике изучены ближайшие и отдаленные результаты лечения.

В настоящем сообщении мы не ставим цель дать подробный анализ проделанной работы, отметим только, что результаты лечения с применением нашего метода очень хорошие, порой противоречащие распространенным в литературе данным многих авторов. Стоит отметить, что мы не наблюдали ни одного асептического некроза головки в послеоперационном периоде и неудачи в виде члунков одного или двух стержней фиксаторов в четырех из пяти случаев были обусловлены в двух случаях неточным вправлением фрагментов (вирусное смещение) и грубым нарушением режима послеоперационного периода в остальных случаях.

Вышеизложенное дает нам основание заключить, что переломы шейки бедренной кости можно лечить с большим успехом, соблюдая все требования, обеспечивающие успех. Это:

1. Своевременное оперативное вмешательство в возможно ранние сроки.
2. Точное вправление фрагментов.
3. Стабильный остеосинтез с минимальной травмой костных структур шейки и головки фиксатором нашей конструкции.
4. Активный образ ведения больных в послеоперационном периоде.

Научно-педагогический и
клинико-экспериментальный центр
травматологии и ортопедии
МЗ Республики Грузия

(Поступило 15.4.1992)

განკარგობიერებული მიმდევრები

ზ. ტაშელაშვილი, ა. ტაშელაშვილი, ი. ხუნდაძე

ბარბაქის ყელის მყარ-ფუნქციონალური ოსტეოსინთეზის ახალი მეთოდი

რეზიუმე

დამუშავებულია ბარბაქის ყელის ოსტეოსინთეზის ახალი მეთოდი, რომელიც ხორციელდება ფიქსატორით. იგი შედგება ორი ერთმანეთზე შეკრებილი

ფეხისაგან, რის გამოც მათი ფორმა ხრახნისმაგვარია. ფიქსატორის ბაზაში და თავში შეყვანის დროს, სუსტი დარტყმების ქვეშ, ფიქსატორის ფეხები, თავისი ფორმის გამო, მოდიან ბრუნვაში ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად, იშლებიან და ინერგებიან ძვლოვან ქსოვილში V-ს მაგვარად. ფიქსატორი ატრავმატიულია, ანვითარებს კარგ ფიქსაციას, არ იწვევს თავის როტაციულ ცდომებს, არ განიცდის მიგრაციას.

EXPERIMENTAL MEDICINE

Z. TKESHELASHVILI, A. TKESHELASHVILI, I. KHUNDADZE

A NEW METHOD OF STEADY-FUNCTIONAL
OSTEOSYNTHESIS OF THE FEMURAL CERVIX

Summary

A new method of femural cervix osteosynthesis, realized by the use of a fixator, has been developed. It consists of two legs twisted into each other, having a screw-like shape. When the fixator is introduced into the femural cervix by weak strikes, its legs, because of their shape, start rotation, independent ly from each other, they span and implant into the bony tissue in a V-shape. The fixator is atraumatic, results in good fixation, excludes rotation errors and does not undergo migration.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. В. Каплан. Травматология пожилого возраста. М., 1977.
2. Л. Литейман. Оперативная хирургия. Будапешт, 1989, 905—914.



მ. ხაჩიძე, ზ. სიმონია, ნ. ტატიშვილი (საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი) ნ. ბაქანიძე, დ. შალია

ენდოგენური დიგოქსინისმაგვარი ფაქტორის მნიშვნელობა გლიოკოზიდური ინტოქსიკაციის განვითარებისათვის

უკვე 200 წელია, რაც საგულე გლიოკოზიდები გამოიყენება კლინიკურ პრაქტიკაში მათი ინოტროპული ეფექტის გამო გულის დაავადებათა მკურნალობისათვის. ამის მიუხედავად, მათი გამოყენება დღესაც გარკვეულ სირთულეებთანაა დაკავშირებული. ჯერ კიდევ ხშირია გლიოკოზიდური ინტოქსიკაციის შემთხვევები (5—37%) [1], ძნელია ამ პრეპარატების ზუსტი თერაპიული დოზირება. აღსანიშნავია, რომ არ არის დადგენილი მკვეთრი კორელაცია სისხლის შრატში რადიოიზოტოპულ განსაზღვრულ გლიოკოზიდის კონცენტრაციასა და გლიოკოზიდურ ინტოქსიკაციას შორის [1,2].

ამ ბოლო დროს ფართოდ შეისწავლება ენდოგენური დიგოქსინისმაგვარი ფაქტორი (ედფ), რომელიც უნდა იყოს დაბალი მოლეკულური წონის ნივთიერება, ჯერჯერობით უცნობი სტრუქტურით. ედფ-ი ჯვარედინად რეაგირებს დიგოქსინის ანტისებულებთან და ისევე როგორც დიგოქსინი, უკავშირდება გლიოკოზიდურ რეცეპტორს — უჯრედის მემბრანის Na-K-ATP-აზს. [3].

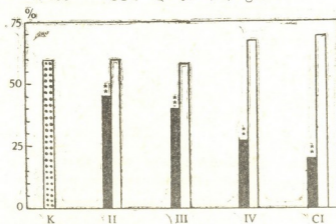
ცნობილია, რომ დიგოქსინის ინოტროპული ეფექტი განპირობებულია Na-K-ATP-აზს ინჰიბიციით, რასაც თან სდევს უჯრედშიდა ნატრიუმის კონტრაციის გაზრდა, შემდგომ კი უჯრედშიდა კალციუმის კონცენტრაციის მომატება, რაც ხელს უწყობს კუმშვადი ცილების ურთიერთქმედებას [2]. აღსანიშნავია, რომ ედფ-ი უკავშირდება Na-K-ATP-აზს 8—20-ჯერ მეტი აფინურობით, ვიდრე რომელიმე ცნობილი გლიოკოზიდი [3].

ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარე, ჩვენ შევეცადეთ შეგვესწავლა ედფ-ის შესაძლო როლი სისხლის მიმოქცევის ქრ. უკმარისობის (სქუ) დროს დიგოქსინით მკურნალობისას, აგრეთვე, გლიოკოზიდური ინტოქსიკაციის განვითარებაში. ამ მიზნით გამოკვლეული იყო სქუ-ის სხვადასხვა კლასის (NYHA-ს მიხედვით) 70 ავადმყოფი (25 ქალი, 45 მამაკაცი, საშ. ასაკი—62 წ.). I ჯგუფში გაერთიანდა 59 ავ-ი, რომელთაც არ აღენიშნებოდათ დიგოქსინის სიჭარბის ნიშნები, II ჯგუფი კი შეადგინა გლიოკოზიდური ინტოქსიკაციით 11 ავ-მა. სქუ გამოწვეული იყო გულის იშემიური დაავადებით და გულის რევმატული მანკით. საკონტროლო ჯგუფი შედგებოდა 26 პრაქტიკულად ჯანმრთელი პირისაგან. სქუ დიაგნოზი დასმული იყო კლინიკური, ექოკარდიოგრაფიული და რენტგენოლოგიური გამოკვლევების საფუძველზე. გლიოკოზიდური ინტოქსიკაციის დიაგნოზი ემყარებოდა დიგოქსინის სიჭარბის კლინიკურ და ეკვ სიმპტომებს [4].

ყველა ავ-ი ღებულობდა 0,75 მგ დიგოქსინის დღეში. სისხლის გამოკვლევა ხდებოდა 2-ჯერ — დიგოქსინის დანიშვნამდე და დიგოქსინის მიღებიდან მე-7—10 დღეს, როდესაც აღინიშნება დიგოქსინის კლინიკური ეფექტი. გლიოკოზიდური ინტოქსიკაციის მქონე ავ-ებში სისხლის განმეორებით გამოკვლევა ხდებოდა გლიოკოზიდური ინტოქსიკაციის ფონზე.

ედფი შეისწავლებოდა შრატის მაინიზიბირებელი აქტივობის (შმა), ვით [5] და ერთროციტების მემბრანების Na-K-ATP-აზას აქტივობის განსაზღვრით [6].

I ჯგუფის ავ-ებში დიგოქსინით მკურნალობამდე აღინიშნებოდა შმა-ს თანდათანობით დაქვეითება სქუ-ის პროგრესირებასთან ერთად, მინიმალური მაჩვენებლით IV კლასის მქონე ავ-ებში ($p < 0,001$). ამავე დროს, დიგოქსინით მკურნალობის შემდეგ შმა მატულობდა ($p > 0,05$) სურ. 1.



სურ. 1. შმა ცვლილებები სქუ-ს დროს დიგოქსინით მკურნალობამდე და მის შემდეგ. შენიშვნა: [· · ·] —საკონტროლო ჯგუფი, ■ —დიგოქსინით მკურნალობამდე, □ —დიგოქსინით მკურნალობის შემდეგ. GI—გლიკოზიდური ინტოქსიკაცია. *— $p < 0,01$ **— $p < 0,001$. სარწმუნო სხვაობა საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით.

ერთროციტების მემბრანების Na-K-ATP-აზას აქტივობა მცირდებოდა სქუ-ის პროგრესირებასთან ერთად, მინიმალური მაჩვენებლით IV კლასის მქონე ავ-ებში ($p < 0,001$). დიგოქსინით მკურნალობის შემდეგ ეს პარამეტრი მცირდებოდა სქუ-ის პროგრესირებასთან ერთად, მინიმალური დონით IV კლასის მქონე ავ-ებში (სურ. 2).

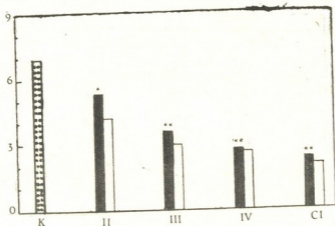
დიგოქსინით მკურნალობამდე შმა II ჯგუფის ავ-ებში იყო უფრო დაბალი ვიდრე I ჯგუფის IV კლასის ავ-ში ($p < 0,01$). ამავე დროს, აღინიშნებოდა მნიშვნელოვანი სხვაობა II ჯგუფსა და IV კლასის მაჩვენებლებს შორის ($p < 0,01$) (სურ. 1).

დიგოქსინით მკურნალობის შემდეგ ერთროციტების მემბრანების Na-K-ATP-აზას აქტივობა II ჯგუფის ავ-ებში იყო უფრო დაბალი, ვიდრე IV კლასის მქონე ავ-ებში დიგოქსინით მკურნალობის შემდეგ (სურ. 2).

როგორც ზემოთ თქმულიდან ჩანს, დიგოქსინით მკურნალობამდე შეინიშნებოდა შმა-ს და ერთროციტების მემბრანების Na-K-ATP-აზას აქტივობის პარალელური დაქვეითება, რაც დასტურდება სხვა ავტორთა კვლევების შედეგებით [7]. აღსანიშნავია, რომ ედფ-ის როგორც Na-K-ATP-აზას ფიზიოლოგიური ინჰიბიტორის დაქვეითებას უნდა გამოეწვივა ერთროციტების მემბრანების Na-K-ATP-აზას აქტივობის მომატება და არა მისი დათრგუნვა, რაც აღინიშნება ჩვენს შემთხვევაში. ცნობილია, რომ სქუ-ის პროგრესირებას თანახლავს უკრედული მემბრანების ტრანსპორტული ფერმენტების ცვლილებები [8], რითაც შეიძლება აიხსნას ერთროციტების მემბრანების Na-K-ATP-აზას აქტივობის დაქვეითება შემცირებული ედფ-ის პირობებში.

როგორც მოსალოდნელი იყო, დიგოქსინით მურნალობის შემდეგ შარბინის იზრდებოდა, რაც კლინიკურად გამოიხატებოდა დიგოქსინის ინოტროპული ეფექტით.

რაც შეეხება გლიკოზიდურ ინტოქსიკაციას, ამ ჯგუფში დიგოქსინით მკურნალობამდე აღინიშნებოდა ედფ-ის მინიმალური დონე. გლიკოზიდური ინტოქსიკაციის ფონზე კი შმა უმნიშვნელოდ განსხვავდებოდა IV კლასის შესაბამისი მაჩვენებლისაგან.



სურ. 2. ერითროციტების მეშრანების Na-K-ATP-აზას ცვლილებები დიგოქსინით მკურნალობამდე და მის შემდეგ

როგორც ცნობილია, ედფ-ს და ეგზოგენურ დიგოქსინს ორგანიზმში აქვთ ერთი და იგივე რეცეპტორი [2, 3], რის გამოც ედფ-ი უნდა წარმოადგენდეს ეგზოგენური დიგოქსინის ენდოგენურ კონკურენტს, როგორც მეტად აფინური ნივთიერება. ედფ-ის საწყისი დეფიციტის პირობებში ეგზოგენური მეტად უკავშირდება Na-K-ATP-აზას და აინიბირებს მას [9]. სავარაუდოა, რომ, როგორც რისკ-ფაქტორი, არსებობს ედფ-ის დეფიციტის კრიტიკული დონე, რის გამოც, ედფ-ის შემდგომ შემცირებას დიგოქსინით მკურნალობისას თან ახლავს გლიკოზიდური ინტოქსიკაციის განვითარება.

ამასთან დაკავშირებით საინტერესოა, ლიტერატურაში არსებული მონაცემები მოკარდიუმში ინოტროპული და ტოქსიური Na-K-ATP-აზას არსებობის შესახებ. იშემიის დროს, 90% -ით მცირდება ინოტროპული Na-K-ATP-აზას რაოდენობა, რის გამოც იზრდება ტოქსიკური რეცეპტორების ზე. წილი [10]. შესაძლებელია, რომ ასეთსავე ცვლილებებს განიცდის მოკარდიუმის რეცეპტორული სისტემა სქუ-ის დროს.

ამრიგად, სავარაუდოა, რომ ედფ-ის საწყის დეფიციტს აქვს გარკვეული მნიშვნელობა სქუ-ის გლიკოზიდური თერაპიის დროს გლიკოზიდური ინტოქსიკაციის განვითარებისათვის.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

სამედიცინო ბიოტექნოლოგიის ინსტიტუტი

თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო ინსტიტუტი

М. В. ХАЧИДЗЕ, Г. В. СИМОНИЯ, Н. И. ТАТИШВИЛИ, Н. Т. БАКАНИДЗЕ,
Д. Ш. ШЕЛИЯ

ЗНАЧЕНИЕ ЭНДОГЕННОГО ДИГОКСИНОПОДОБНОГО
ФАКТОРА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ГЛИКОЗИДНОЙ ИНТОКСИКАЦИИ

Резюме

У 70 больных ХСН изучали содержание в крови эндогенного ди-
госиноподобного фактора (ЭДФ) до и после лечения дигоксином.
У 11 больных на фоне лечения дигоксином развилась гликозидная ин-
токсикация. С прогрессированием ХСН наблюдалось снижение содер-
жания ЭДФ в крови с минимальным уровнем у больных с гликозид-
ной интоксикацией. Предполагается, что исходный дефицит ЭДФ мо-
жет являться одним из риск-факторов для развития гликозидной ин-
токсикации.

EXPERIMENTAL MEDICINE

M. KHACHIDYE, G. SIMONIA, N. TATISHVILI,
N. BAKANIDZE, D. SHELIA

SIGNIFICANCE OF GLYCOSIDE-LIKE FACTOR FOR THE
DEVELOPMENT OF GLYCOSIDE INTOXICATION

Summary

Endogenous Glycoside-Like Factor (EDF) was studied in 70 chronic
heart failure (CHF) patients before and after digoxin treatment. Eleven
patients developed glycoside intoxication. Decreased EDF level was estab-
lished with CHF progression, with minimal level in glycoside intoxication
group. It is suggested that EDF initial deficiency is the possible risk-factor
for the development of glycoside intoxication.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. Э. И. Генденштейн, Л. Н. Сернов. Тер. арх., № 1, 1986, 125—127.
2. T. W. Smith, N. Engl. J. Med. 318(6), 1988, 358—65.
3. J. M. Hamlyn, D. W. Harris, J. H. Ludens, J. Biol. Chem., 264(13),
1989, 7395—404.
4. R. E. Purdy, R. J. Voucek. «Handbook of Cardiac Drugs». Boston-Toronto,
1988.
5. А. А. Болдырев, О. Д. Лопина, И. А. Свиныхова. Биохимия, 46, 1981,
1519—1525.
6. А. М. Казеннов, М. Н. Маслова, А. Д. Шалабодов. Биохимия, 49, 1984,
1089—1094.
7. Z-Q. Liu, A-Q. Ma, L. Zhang, D-Y. Yang, Int. J. Cardiol., 27(1), 1990, 47—53.
8. G. Guinta, M. De Bortali et al, Boll. Soc. Ital. Biol. Sper., 53, 1982,
1528—34.
9. L. Shilo, A. Pomeranz, M. Rathaus, J. Bernheim, L. Shen-
kman, Life Sci., 44(24), 1989, 1867—80.
10. J. M. Maxent, L. G. Lelievre, J. Biol. Chem., 262(26), 1987, 12458—62.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

Т. Ф. ЧХИКВАДЗЕ, О. Ф. МЫСОВА, Д. Н. КОХОДЗЕ, Д. Т. ДЖИКИЯ

МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА СТЕНКИ СЛЕПОЙ
КИШКИ И ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ В ЗОНЕ АНАСТОМОЗА
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭЛАСТИЧНОЙ ПОЛИУРЕТАНОВОЙ
НИТИ СПАНДЕКС

(Представлено членом-корреспондентом Академии В. И. Бахуташвили 11.5.1992)

Характер заживления анастомозов органов пищеварительного тракта в значительной степени определяется видом и качеством шовного материала [1].

Одним из оптимальных шовных материалов является полиуретан, обладающий высокой эластичностью, прочностью и вызывающий минимальную травматизацию тканей при ушивании послеоперационной раны [2]. Однако в желудочно-кишечной хирургии до сих пор полиуретановая нить не применяется, что объясняется ее высокой эластичностью, которая не позволяет получить герметичный шов.

На наш взгляд, использование эластичной полиуретановой нити при формировании ею кишечных анастомозов оправдано вследствие ее эластичных свойств, что, в конечном счете, сводится к минимальному сдавлению и ишемизации тканей сформированного анастомоза. Исходя из вышеуказанного, представляет практический интерес изучение микроциркуляторного русла при репаративной регенерации области толстокишечных анастомозов после оперативного вмешательства с использованием новой эластичной полиуретановой нити — спандекс, разработанной нами совместно с Московским НИИ текстильной и галантерейной промышленности. Для оценки результатов воздействия спандекса на микроциркуляцию в процессе формирования послеоперационного рубца анастомоза мы провели серию экспериментов на кроликах, состоящую из трех групп. В I, контрольной группе животных (9 кроликов) определяли состояние морфо-функциональной организации микроциркуляторного русла участка слепой кишки неоперированных кроликов. II группу составили животные (9 кроликов) с кишечными анастомозами, наложенными эластичной полиуретановой нитью. III группа — животные (9 кроликов) с кишечными анастомозами, созданными проленом.

Толстая кишка кроликов построена сходным образом с человеческой и имеет те же четыре слоя: слизистую оболочку, подслизистую основу, мышечную и серозную оболочки. Каждый из этих слоев содержит собственную сеть микрососудов. Исходя из практических целей, мы сочли целесообразным объединить по два наиболее тесно анатомически и функционально связанных слоя в футляры: внутренний (слизисто-подслизистый) и наружный (серозно-мышечный), распределив соответствующим образом данные морфометрии внутрстеночных кровеносных сосудов.

Толстокишечные анастомозы формировали однорядным швом по Пирогову. Для исследования были взяты участки слепой кишки кроликов по линии анастомозов на 5, 14, 12-е сутки после ее резекции. Гистологические срезы стенки толстой кишки толщиной 30—90 мкм — поперечные, продольные и косые — были получены на замораживаю-

щем микротоме и импрегнированы азотнокислым серебром по В. В. Куприянову [3]. Морфологические исследования проводились с целью дальнейшей оценки состояния путей микроциркуляции в серозной, мышечной и слизистой оболочках. В оболочках стенки кишки, прилежащих к области анастомоза, проводили морфометрию всех звеньев микроциркуляторного русла. Статистическую обработку результатов морфометрии проводили с учетом групповой изменчивости по Стьюденту.

В результате исследования в контрольной группе определены достоверные различия ($P < 0,03$) диаметров пре-, посткапилляров и капилляров по названным футлярам: в слизисто-подслизистом футляре названные диаметры в среднем на 16% больше, чем в серозно-мышечном, где наблюдались типичные нейросудистые взаимоотношения, а также хорошо выраженная капиллярная сеть.

Визуальная оценка препаратов, полученных от кроликов, оперированных с использованием спандекса и пролена, дала следующие результаты:

— на 5-е сутки после операции в обеих группах наблюдается изменение микрососудов, отражающее их реакцию на травму тканей,

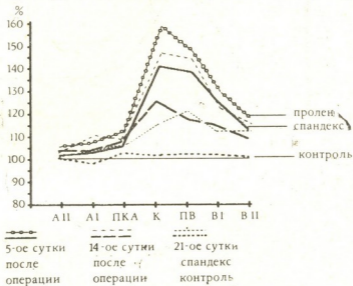


Рис. 1. — динамика относительных изменений диаметров сосудов гемомикроциркуляторного русла поверхностного футляра толстой кишки кролика после ее резекции с использованием спандекса и пролена

воспалительный процесс и местные нарушения иннервации. Во всех исследованных препаратах в зоне, прилежащей к заполненной фибрином и клеточными элементами щели между краями операционной раны, обнаруживаются резко извитые артериолы с чередованием участков их спастического сокращения и паретической дилатации. Капилляры этой зоны также характеризуются извитостью хода, неравномерностью и увеличением диаметров, что определяет мозаичную картину архитектоники капиллярных сетей. Посткапилляры и особенно вены также расширены. Видны также признаки нарушения их проницаемости. В просвете значительной части отводящих микрососудов определяются эритроцитарные агрегаты и участки адгезии лейкоцитов к их стенкам. Вокруг отдельных капилляров, посткапилляров и венул обнаруживаются локальные геморрагии.

— на 14-е сутки в препаратах, полученных после применения спандекса для формирования анастомозов, отмечаются выраженная извитость артериол, расширение просвета венул и агрегация формен-

ных элементов в их просвете, неравномерная дилатация просвета капилляров. На препаратах, полученных при использовании пролена, кроме вышеперечисленного, наблюдаются веретенообразные расширения и участки спастического сокращения стенок артериол, извитость капилляров, отек эндотелия микрососудов, отводящего звена, а также извитость венул и адгезия форменных элементов крови к их стенкам.

— на 21-е сутки после формирования толстокишечного анастомоза с использованием спандекса на препаратах определяется положительная динамика перестройки микрососудов, хотя еще встречаются извитые с неравномерным диаметром артериолы и венулы. Применение пролена для создания толстокишечного соустья обуславливает наличие на препаратах большого количества извитых микрососудов с участками их спазма и дилатации.

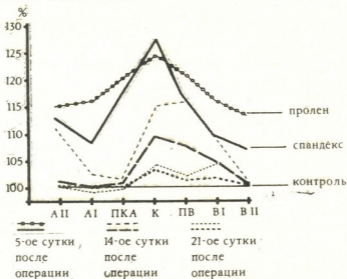


Рис. 2 — динамика относительных изменений диаметров сосудов гомоциркуляторного русла глубокого футляра толстой кишки кролика после ее резекции с использованием спандекса и пролена

При анализе морфометрии экспериментального материала выявлено следующее:

— на 5-е сутки после операции с использованием пролена практически все звенья гомоциркуляторного русла в обоих футлярах значительно расширены, то же обнаруживается в сосудах глубокого футляра после наложения шва с использованием спандекса. В поверхностном футляре же определяется расширение только сосудов обменного и отводящего звеньев, причем здесь увеличение диаметров оказывается максимальным.

— на 14-е сутки наблюдается пропорциональное уменьшение диаметров микрососудов, причем если на препаратах, полученных с применением пролена, к норме возвращаются только диаметры артериол, то при использовании спандекса расширенными остаются только капилляры и посткапилляры и то в значительно меньшей степени (рис. 1, 2).

— на 21-е сутки после операции применение спандекса сопровождается практически полным возвращением диаметров всех микрососудов к исходным данным контрольной группы. На препаратах, полученных с использованием пролена, даже к этому сроку диаметры капилляров, а в поверхностном футляре и капилляров, и венул, остаются достаточно увеличенными (соответственно на 14, 18,6 и 16%).

Оценка данных микроскопии и морфометрии области анастомоза сформированного эластичной полиуретановой нитью спандекс и проленом, показала, что спандекс создает более благоприятные условия для микроциркуляции в сшиваемых тканях, чем пролен, способствуя тем самым удовлетворительному протеканию процессов репаративной регенерации.

Тбилисский государственный
 медицинский институт

(Поступило 15.5.1992)

ქსპერიმენტული მედიცინა

თ. ჩხიკვაძე, ო. მისოვა, დ. კოხოდზე, დ. ჯიქია

ბრმა ნაწლავის კედლის მიკროციკულატორული არხის მორფოფუნქციური ორგანიზაცია და მისი ცვლილებები ანასტომოზის უბანში კოლიურეთანის ელასტიკური საკერი მასალის—სპანდექსის—გამოყენებისას

რეზიუმე

ჩატარებული გამოკვლევებით დადგინდა, რომ პოლიურეთანიდან დამზადებული ელასტიკური საკერი მასალის — სპანდექსის — გამოყენება ბრმა ნაწლავის ანასტომოზთა შესაქმნელად უფრო ხელსაყრელ პირობებს ქმნის მიკროცირკულაციისათვის, ვიდრე პროლენი, რითაც ხელს უწყობს რეპარაციული რეგენერაციის დამაკმაყოფილებელ მიმდინარეობას ხსენებულ უბანში.

EXPERIMENTAL MEDICINE

T. CHKHIKVADZE, O. MISOVA, D. KOXHODZE, D. JIKIA

THE MORPHO-FUNCTIONAL ORGANIZATION OF THE
 MICROCIRCULAR CANAL OF THE BLINDGUT'S WALL
 AND ITS CHANGES IN THE REGION OF ANASTOMOSE
 BY USING OF ELASTIC SUTURE MATERIAL
 OF POLYURETAN (SPANDEX)

Summary

Research, carried out by the authors, ascertained that using of the elastic suture material Spandex, made from polaurentan for creating of anastomoses of large intestinal, produces much more profitable circumstances for microcirculation than Prolen which helps the better passing of the reparative regeneration.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. О. А. Чибис, В. А. Голдин. Основы теории и практики желудочно-кишечного шва. М., 1988, 14—15.
2. П. О. Е. Орнайфо. Автореферат канд. дисс. М., 1990.
3. В. В. Куприянов, В. И. Козлов. Микроциркуляторное русло. М., 1975.

3. ბილანიზირი

ვირთაგვების სარქვე ჯირკვლის სიმსივნების ბიოლოგიური და
მორფოლოგიური თავისებურებანი დაბალი სიხშირის მაგნიტური
ველების ზემოქმედებისას

(წარმოდგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა თ. ჭანიშვილმა 18.6.1992)

ჩვენ მიერ აღრე გამოქვეყნებულ შრომაში [1] ნაჩვენებია იყო, რომ კანცეროგენული ნივთიერების ნიტროზომეთილშარდოვანას (ნმშ) შეყვანისას და დაბალი სიხშირის მუდმივი მაგნიტური ველისა (მმვ) და ცვლადი მაგნიტური ველის (ცმვ) ზემოქმედებისას ვირთაგვებში მიიღება სარქვევი ჯირკვლის სიმსივნეები. ნმშ-ს ბლასტომოგენური ეფექტის რეალიზაციაში კანცეროგენის უშუალო ზემოქმედების გარდა, დიდი მნიშვნელობა აქვთ მამოდიფიცირებელ ფაქტორებს (დაბალი სიხშირის ცმვ და მმვ).

როგორც ცდები გვიჩვენებენ ვირთაგვების სარქვევი ჯირკვლის სიმსივნეების განვითარების სიხშირე დამოკიდებულია მაგნიტური ველის ექსპოზიციის ხანგრძლივობაზე — რაც უფრო დიდხანს იმყოფებოდნენ ვირთაგვები ცმვ და მმვ-ის ზემოქმედების ქვეშ, მით უფრო მეტი სიმსივნეები უკეთარდებოდათ მათ საკონტროლო ცხოველებთან შედარებით (რომელთაც შეყვანილი ჰქონდათ მხოლოდ კანცეროგენი — ნმშ). მიუხედავად იმისა, რომ ცმვ და მმვ-ს რეალურად შეუძლიათ სარქვევი ჯირკვლის სიმსივნეების წარმოქმნა და შემდგომში მოქმედებენ მათ განვითარებაზე, ჩვენ ვერ ვნახეთ ლიტერატურაში შრომა, მიძღვნილი მათ ბიოლოგიურ და მორფოლოგიურ თავისებურებებზე, ამიტომ ჩვენ მიზნად დავისახეთ შეგვესწავლა სარქვევი ჯირკვლის სიმსივნეების სტრუქტურული და ბიოლოგიური თავისებურებანი ვირთაგვებში ნმშ-ს შეყვანის და მაგნიტური ველების ზემოქმედებისას.

ცდები ჩავატარეთ 2—2.5 თვის ასაკის 300 უჯიშო თეთრ ვირთაგვაზე, რომელთაც ინტარვენურად სამჯერადად, ერთკვირიანი ინტერვალებით შევუყვანეთ ნმშ ეთერის მსუბუქი ნარკოზის ქვეშ დოზით 50 მგ/კგ. იმის მიხედვით თუ რა სახის და ექსპოზიციის ცმვ და მმვ იყო გამოყენებული, ცხოველები დაეყავით 10 ჯგუფად. 50 ვირთაგვა ასრულებდა საკონტროლო ჯგუფის ფუნქციას, ისინი ლეზულობდნენ მხოლოდ ნმშ. ყველა დაცემული და დაკლული ცხოველი იკვეთებოდა. სარქვევი ჯირკვლის სიმსივნეები ფოქსირდებოდა 10% ნეიტრალურ ფორმალინში და შემდგომ შეისწავლებოდა ჰისტოლოგიურად. ცმვ და მმვ ზემოქმედების ქვეშ მყოფი ცხოველების სარქვევი ჯირკვლის სიმსივნეების განვითარების საშუალო ლატენტური პერიოდი იყო ხანმოკლე საკონტროლო ჯგუფის ცხოველებთან შედარებით. ექსპერიმენტის დასასრულს, მაგნიტური ველებით ზემოქმედებისას და ნმშ-ს შეყვანის შემდეგ, ვირთაგვებს აღმოაჩნდათ სარქვევი ჯირკვლის სიმსივნეების სიხშირის სტატისტიკურად ქვემარტივი მატება (93 და 86% შესაბამისად) საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით (58%). ამ ლოკალიზაციის სიმსივნეების სიხშირე ცმვ და მმვ-ით ზემოქმედებისას იყო გაცილებით მეტი, ვიდრე საკონტროლო ცხოველებში.

სარქვევი ჯირკვლის სიმსივნეების შედარებითი მორფოლოგიური ანალიზი ჩატარდა 235 ვირთაგვას. I ცხრილში ნაჩვენებია კეთილთვისებიანი სიმსივნე-



ნეების (სულ 104) სტრუქტურული თავისებურებების შესწავლის შედეგად საცდელ ცხოველებში (მშმ და მშმ-ის ზემოქმედების შემდეგ) კეთილთვისებიანი სიმსივნეებიდან ყველაზე ხშირად გვხვდებოდა ადენომები და ადენოფიბრომები (შესაბამისად 76 და 64%). ეპითელიუმის ჰროლიფერაცია ამ ჯგუფის სიმსივნეებში მკვეთრად იყო გამოხატული. საკონტროლო ჯგუფში კი

ცხრილი 1

მშმ-ს და დაბალი სიხშირის მავნებელი ელემენტების ზემოქმედებით განვითარებულ სარძევე ჭირკვლის კეთილთვისებიანი სიმსივნეების შედარებითი მორფოლოგიური დახასიათება

მაჩვენებელი	მშმ+მშმ	მშმ+მშმ	მშმ
გამოკვლეული სიმსივნეების რაოდენობა	52 (100)	37 (100)	15 (100)
ფიბროადენომები	12 (24)	19 (36)	11 (73)
ადენომები და ადენოფიბრომები	40 (76)	24 (64)	4 (27)
სტრუქტურების სიჭარბე			
ეპითელიუმი	38 (73)	25 (67)	5 (34)
სტრომა	14 (27)	11 (33)	10 (66)
ეპითელიუმის დახასიათება			
ხათელი	27 (51)	19 (51)	9(60)
მეჭი	25 (48)	17 (45)	8(53)
ვაკუოლიზირებული	12 (23)	11 (29)	7(46)
ჭირკვლიანი მილაკების			
სანათურის გაფართოვებით	7 (23)	5 (13)	3 (20)
მრავალროვანი	2 (3)	1 (2)	—
მიტოზები	6 (11)	4 (10)	—

ყველა კეთილთვისებიანი სიმსივნეიდან დომინირებული იყო ფიბროადენომები (73%), კეთილთვისებიანი სიმსივნეები შედგებოდა მრავალმხრივ დატოტიანებული ეპითელიური მილაკებისაგან, რომელთა ჰროლიფერაციას თან ახლდა შემაერთებელი ქსოვილის განვითარება, რომელიც ქმნიდა საკმაოდ ფართო ჩარჩოს თითოეული მათგანის გარშემო. ზოგიერთ ფიბროადენომაში შემართებული ქსოვილი იმდენად იყო განვითარებული, რომ წარმოადგენდა სიმსივნის მასის ძირითად შემადგენელ ნაწილს. ეპითელიური მილაკები ამოფენილი იყო დამახასიათებელი ეპითელიური საფარის ორი ფენით: შიგნითა — ცილინდრული უჯრედებით, ხოლო გარეთა — კუბური ნათელი უჯრედებით. ეპითელიური მილაკების კალიბრი ძლიერ იცვლებოდა. უჯრედთა ელემენტებისა და ბოჭკოვანი სტრუქტურების შეფარდება სხვადასხვანაირი იყო. მშმ და მშმ-ით ზემოქმედებისას უჯრედების ელემენტებში ხშირად აღინიშნებოდა ძლიერ შეღებილი ბირთვები და კოლაგენური ბოჭკოების მცირე რაოდენობა. საკონტროლო ვირთაგვებში კი ჰარბობდა ბოჭკოვანი სტრუქტურები, ხოლო უჯრედოვანი ელემენტები იყო ცოტა.

მშმ და მშმ-ის ვირთაგვებზე ზემოქმედებისას განვითარებული ავთვისებიანი სიმსივნეებიდან, როგორც 2 ცხრილიდან ჩანს, განსაკუთრებით ხშირად აღინიშნებოდა დაბალდიფერენცირებული (41 და 56%) ან ზომიერადდიფერენცირებული ადენოკარცინომები (30%), საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით, სადაც უპირატესად ვითარდებოდა მაღალდიფერენცირებული ადენოკარცინომები (37%). სიმსივნური უჯრედების ელემენტები მკვეთრად ატიპური და ანაპლაზირებული იყო. სიმსივნეებში გვხვდებოდა მილაკოვანი წარმონაქმნები ამოფენილი კუბური და ცილინდრული უჯრედებით. სიმსივნურ ეპითელიურ ზონრებსა და ირგვლივ მდებარე სტრომას შორის არ აღინიშნებოდა ბაზალური მემბრანები, ხშირად სიმსივნის ნატიფი შენება მკვეთრად იცვლებოდა. მილაკოვანი წარმონაქმნები იცვლიდა კალიბრს, ზოგჯერ საერთოდ კარგავდნენ



სანათურებს და ისინი წარმოდგენილი იყვნენ სოლიდური ზონრების სახით. ზოგიერთ ადგილას ეპითელიური ამონაფენი სქელდებოდა, უჭრედებოდა და უჭრედებოდა. უჭრედებოდა ერთმანეთზე და ამგვარად ქმნიდნენ დვრილოვან წანაზარტებს, შემაერთებელი ქსოვილოვანი საფუძვლის გარეშე. ზოგჯერ სიმსივნური უჭრედების ატიპურობა იმდენად მკვეთრად იყო გამოხატული, რომ განსაკუთრებით მსხვილი უჭრედები იღებდნენ მახინჯი უჭრედების ფორმას.

ცხრილი № 2

მშვ-ით და დაბალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველებით განვიარებული ვირთაგვების სარძევე ჭირკვლის კიბოს შედარებითი მორფოლოგიური დიხასიათება

მაჩვენებელი	მშვ + ცმვ	მშვ + მმვ	მშვ
გამოკვლეული სიმსივნეების რაოდენობა	72 (100)	54 (100)	16 (100)
მაღალდიფერენცირებულ ადენოკარცინომები	11 (15)	3 (7)	6 (37)
ზომირადიდიფერენცირებული "————"	22 (30)	13 (30)	4 (25)
დაბალდიფერენცირებული "————"	30 (41)	25 (58)	3 (18)
ჭირკვლოვან-სოლიდური კიბო	9 (12)	2 (4)	3 (18)
სტრუქტურების სიჭარბე			
„მწიფე“ ტიპის	21 (29)	14 (32)	11 (68)
„უმწიფარი“ ტიპის	51 (70)	29 (67)	5 (31)
მიტოზები:			
ერთეული	10 (13)	5 (11)	5 (31)
მრავლობითი	62 (86)	38 (88)	9 (56)
პათოლოგიური	25 (34)	20 (46)	4 (25)

ცმვ და მმვ-ით ზემოქმედებისას მიღებული ავთვისებიანი სიმსივნეების დამახასიათებელ ნიშნებად უნდა ჩაითვალოს მიტოზების მაღალი სიხშირე და სოლიდური შენების უბნების წარმოქმნა. გამოკვლეულ სიმსივნეთა ნახევარში ჭარბობდა ატიპური („უმწიფარი“ ხასიათის) ჭირკვლოვანი სტრუქტურები. საკონტროლო ვირთაგვების ავთვისებიანი სიმსივნეები კი გამოირჩეოდა კარიორექსისის დაქვეითებით, პათოლოგიური მიტოზების და სოლიდური შენების უბნების მომატების ტენდენციით და ისეთი სიმსივნეების სიხშირის ზრდით, სადაც ჭარბობდა მონომორფული („მწიფე“) ჭირკვლოვანი შენება. ამავე დროს აღინიშნებოდა მაღალდიფერენცირებული ადენოკარცინომების სიჭარბე.

სარძევე ჭირკვლის ავთვისებიანი სიმსივნეების ჰისტოლოგიური შენების გაანალიზების შედეგები უფლებას გვაძლევს აღვნიშნოთ, რომ დაბალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველების ზემოქმედების პირობებში სარძევე ჭირკვლის სიმსივნეები ხასიათდება განსაკუთრებულად დაბალი დიფერენცირებით და ავთვისებიანობის ხარისხის დაკლებით.

ამრიგად, დაბალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველებით ზემოქმედება გავლენას ახდენს ვირთაგვების სარძევე ჭირკვლის სიმსივნეების ინდუქციაზე და მნიშვნელოვნად ცვლის მიღებული სიმსივნეების მორფოლოგიურ სპექტრს.

საქართველოს რესპუბლიკის ჯანმრთელობის დაცვის და სოციალური უზრუნველყოფის სამინისტროს ონკოლოგიის სამეცნიერო ცენტრი



В. Г. БИЛАНИШВИЛИ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ОПУХОЛЕЙ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ КРЫС ПОСЛЕ
ВОЗДЕЙСТВИЯ НИЗКОЧАСТОТНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Резюме

Установлено, что в реализации blastomagenного эффекта нитрозометилмочевины (НММ), помимо непосредственного действия канцерогена, большое значение имеют модифицирующие факторы — низкочастотные переменные магнитные поля (ПеМП) и постоянные магнитные поля (ИПМ). В опытах было использовано 300 крыс, которым внутривенно вводили НММ в дозе 50 мг/кг. Всего сравнительному морфологическому анализу было подвергнуто 235 новообразований молочной железы у подопытных и контрольных крыс.

Среди доброкачественных опухолей у подопытных крыс преобладали аденомы и аденофибромы, а у контрольных доминировали фиброаденомы. Среди злокачественных опухолей у подопытных крыс наиболее часто встречались низкодифференцированные аденокарциномы. Таким образом, применение ПМП и ПеМП меняет морфологический спектр индуцированных опухолей.

EXPERIMENTAL MEDICINE

V. BILANISHVILI

BIOLOGICAL AND MORPHOLOGICAL CHARACTERICS OF RAT
MAMMARY TUMORS BY LOW-FREQUENCY ELECTROMAGNETIC
FIELDS

Summary

Low-frequency electromagnetic fields enhance the induction of mammary gland tumors in rats using nitrosomethylurea. The incidence of tumors depends on the duration of exposure to static and variable magnetic fields. Apart from increasing the incidence of mammary gland tumors, household low-frequency electromagnetic fields reduces the mean latent period of tumor development and leads to predominance of malignant tumors in the exposed animals as compared to controls. Household low-frequency electromagnetic fields may potentially present an oncogenic hazard for animals and humans.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

I. D. S. Beniashvili, V. G. Bilanishvili, M. Z. Menabde.
Cancer Letters, 61, 1991, 75—79.

Н. Д. КЕМЕРТЕЛИДЗЕ

УСТОЙЧИВЫЕ И СВОБОДНЫЕ СЛОВСОЧЕТАНИЯ С ОБЩИМ ПОНЯТИЕМ ЦВЕТА ВО ФРАЗЕОЛОГИЧЕСКИХ ЕДИНИЦАХ

(Представлено академиком Ш. В. Дзидзигури 20.3.1992)

Данная работа посвящается изучению цветообозначения во фразеологических единицах, компонентами которых являются те слова, которые выражают основные понятия цвета: black, blue, grey, green, red, white, yellow. Эти слова выражают понятия, которые необходимы для жизни и связаны с народной символикой, что и сыграло большую роль в возникновении и развитии фразеологических оборотов.

Морфологическая структура фразеологических единиц с прилагательными, которые выражают основные понятия цвета, имеют следующие структурные разновидности: фразеологические единицы, которые соотносятся с прилагательными: black as thunder; фразеологические единицы, которые соотносятся с существительными: red tape; фразеологические единицы, которые соотносятся с глаголом: to show the white feather, и фразеологические единицы, которые представляют собой предложение: the devil is not as black as he is painted.

Здесь же следует отметить, что существуют фразеологические сочетания, отличающиеся большей устойчивостью формы, чем другие группы фразеологических единиц, и которые допускают изменение порядка следования компонентов: the green memory — the memory is green. Второй категорией фразеологических единиц являются единства. Эти мотивированные обороты соотносятся с глаголами, прилагательными и существительными.

Единства могут быть образные и необразные. В основе последних лежит признак цвета. Единства с необразными компонентами обозначают: предметы питания (brown bread), растения, овощи или фрукты (red cabbage), предметы обихода (green soap), животных (black fox), птиц (black swan), болезни (yellow fever), горные породы, сплавы, химические соединения (red brass).

В основу образных единств кладется метафорический или метонимический перенос. Метафорические фразеологические единства образовались: 1) в результате переноса названия с одного на другой предмет на основе внешнего сходства (black eye — синяк); 2) на основе сходства свойств (white fuel — гидроэнергия) и 3) на основе внешнего сходства (цвет) и сходства свойств (black diamond — уголь), где первый компонент указывает на цвет угля, а второй — на одно из свойств предмета (в данном случае угля), а именно на ценность.

Создание некоторых фразеологических единиц обусловлено несением оборотов из одной социальной сферы языка в другую (to braw a red herring across the track) — из практики охотников; эфоническими средствами: ритм, аллитерация (to beat black and blue); некоторыми историческими событиями (black Friday); мифологией, преданием (black cat); опытами человеческой деятельности и народной мудрости.

«Этимология фразеологических единиц подтверждает то, что почти все они восходят к свободным сочетаниям. Создание фразеологических единиц было вызвано необходимостью отразить в языке новые понятия, потребности в новых экспрессивных сферах выражения» [1].

Фразеологические единицы распадаются на две группы: именные и глагольные. В фразеологическом словосочетании первого типа грамматически ведущим является слово с предметным значением, а во втором типе — глагол, оформляющий все словосочетание, и от его грамматико-синтаксических свойств зависит структура данной фразеологической единицы.

Единственным структурным типом фразеологической единицы именного типа является «прилагательное+существительное». В фразеологических единицах глагольного типа выделяются две структурные разновидности. Прилагательное входит в глагольное устойчивое словосочетание: в предикативной функции и атрибутивной (j-p braun und blau schlagen — сильно избивать кого-нибудь и keinen roten Heller haben — неиметь ни гроша). В этот тип входят такие случаи, когда сочетание цветообозначающего прилагательного с существительным, которое выступает как «лексически самостоятельная фразеологическая единица, вступает в связь с глаголом и становится компонентом устойчивого глагольного словосочетания (blaue Bohnen — пули, blaue Bohnen essen — быть убитым, j-m blaue Bohnen ins Herz pflanzen — убивать)» [2].

Прилагательные, обозначающие цвет, которые входят в устойчивые словосочетания, спаяваются или с глагольным, или с именным элементом, и степень спаянности зависит от характера их переосмысления. Переосмыслению подвергается как прилагательное (grüner Hering — свежая селедка), так и опорное слово (brauner Zwirn — пиво). Переосмысление прилагательного вызывает отход его значения от понятия цвета, и оно выражает совершенно другое понятие.

Рассуждая о фразеологических единицах с цветообозначающими прилагательными, следует отметить, что одно словосочетание, будучи устойчивым, в то же время может быть и свободным в зависимости от контекста, т. е. образованное в процессе речи. Например, словосочетание **blue jacket** — seaman in the Navy (английский или американский матрос), хотя является устойчивым, в предложении «I bought blue jacket» уже будет выступать в роли свободного словосочетания (синий жакет), которое мы можем противопоставить другому свободному словосочетанию (red jacket, yellow jacket и др.). Подобных примеров можно привести довольно много. Ср.: **greenhouse** — building with sides and roof of glass, used for growing plants that need protec-



tion from the weather (теплица, оранжерея, вегетационный домик), это устойчивое словосочетание и «I saw a green house» — **зеленый дом** (дом зеленого цвета), который противопоставляется выражению **серый дом** (дом серого цвета), **красный дом** и т. д. ;или **White cap** — (lit). A type of wave on the sea with a white top (барашек, белый гребень на волне), с одной стороны, и „his round white cap was cocked at an insolent tilt“ (J. Heller), с другой.

Таким образом, подчеркнем еще раз, что в свободных словосочетаниях сохраняется понятие цвета, т. е. в основу названия предмета кладется его цвет, чего лишены устойчивые словосочетания.

Цветовые прилагательные внутри устойчивых словосочетаний могут иметь классифицирующую функцию в тех случаях, когда разные прилагательные сочетаются с одним и тем же словом предметного значения. Таким образом, возникают многие устойчивые сочетания именного типа (weisser Wein — белое вино, roten Wein — красное вино) и резкие качественные противопоставления (rote Presse — передовая, революционная пресса, gelbe Presse — бульварная, желтая пресса). Другая функция цветовых прилагательных — это усилительная функция, которая подчеркивает выражаемое качество или свойство (blaues Donnermaul — проклятая болтунья). Когда мы имеем дело с усилительной функцией, прилагательное теряет семантическую связь с компонентами устойчивого словосочетания, в силу чего и создается особая экспрессивность.

В ряде фразеологических единиц стержнем (опорным словом) может оказаться цветное прилагательное в своем номинативном или переносном значении. В основе переноса может лежать метафора или метонимия, а иногда и какой-нибудь исторический факт. Для многих устойчивых словосочетаний семантическим стержнем является целое словосочетание.

«Фразеологические выражения с прилагательными возникают на основе и прямого и переносного значения, причем прилагательные играют ведущую роль в сочетании. На базе прямого значения прилагательных создаются фразеологические термины, относящиеся главным образом к области ботаники и зоологии. Фразеологические выражения с прилагательными в переносном значении встречаются реже, чем с прилагательными в их прямом значении» [3].

6. კამერტილიძე

გზული და თავისუფალი სიტყვათშეწყობანი ფერის ზოგადი ცნებით
ფრაზეოლოგიურ ერთეულებში

რეზიუმე

ზოგიერთი ფრაზეოლოგიური სიტყვათშეწყობა გამოირჩევა ფორმის უფრო
ბმულობით ვიდრე ფრაზეოლოგიური ერთეულების სხვა ჯგუფები. კონტექს-
ტის მიხედვით ერთი და იგივე სიტყვათშეწყობა შეიძლება იყოს როგორც ბმუ-
ლი ისე თავისუფალი. თავისუფალ სიტყვათშეწყობებში ბმულებისაგან განსხვა-
ვებით ხდება ფერის ცნების შენარჩუნება.

LINGUISTICS

N. KEMERTELIDZE

BOUND AND FREE WORD-COMBINATIONS WITH THE GENERAL
CONCEPT OF COLOUR IN PHRASEOLOGICAL UNITS

Summary

Phraseological word-combinations are distinguished by greater or smaller degree of boundness.

One and the same word-combination can be bound, as well as free, depending on the context. In free word-combinations, in contrast to bound ones, the concept of colour is kept.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. А. И. Бурлак. Автореферат канд. дисс. М., 1955.
2. А. М. Куслик. Вопросы немецкой и французской филологии, т. 262. Л., 1965, 89—94.
3. В. Н. Ключева. Ученые записки Моск. пед. ин-та иностр. языков, т. X, 1955, 3—18.



დ. ლოსაბერიძე

ინდოევროპული ელემენტის არსებობის პრობლემა ბრინჯაოს ხანის კავკასიაში

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ. მელიქიშვილმა, 22.6.1992)

როგორც ცნობილია, კავკასიის უძველესი ისტორიის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პრობლემას ინდოევროპული ელემენტის კავკასიურ სამყაროსთან ურთიერთობა წარმოადგენს, რომლის გადაწყვეტის გარეშეც საერთოდ შეუძლებელი ხდება ქართველი ერის ეთნოგენეზის საკითხის გარკვევა. საერთოდ, დიდი ხანია შენიშნულია ის გავლენა, რომელსაც ინდოევროპული მასივი ახდენდა კავკასიაზე და კერძოდ ქართველური ტომებზე. ამავე დოს დღემდე ვერ არის გარკვეული სად, როდის და რა პირობებში ხორციელდებოდა ეს შეხვედრები. თავისთავად დიდი ზემოქმედება აქ კონტაქტების ხანგრძლივობაზე მეტყველებს. ამავე დროს ასეთი კავშირითიერთობანი ბრინჯაოს ხანაზე გვიან არ უნდა განხორციელებულიყო, რადგან, როგორც ცნობილია, გვიანბრინჯაოდან მოყოლებული კავკასიაში ასე თუ ისე ნათელი სურათია შექმნილი, სადაც ინდოევროპული ელემენტის ძლიერი, მრავალრიცხოვანი მიგრაციები უნდა გამოირიცხოს. ამრიგად, საჭიროა დადგინდეს, თუ ენოლითის ადრე და შუა ბრინჯაოს ხანიდან რა მონაკვეთში ჰქონდა ადგილი ასეთ შეხვედრებს.

დღესდღეობით, აღნიშნული საკითხის გარშემო არსებობს ძირითადად ორი მოსაზრება. პირველის თანახმად კონტაქტები ენოლითისა და ადრე-ბრინჯაოს ხანაში ხორციელდება, მეორე მოსაზრება კი ამ შეხვედრებს შუა-ბრინჯაოს ხანაში აქცევს.

როგორც ცნობილია, ამიერკავკასიური ენოლითური, ადრესამიწათმოქმედო კულტურა, რომელიც ხშირად შომთფეფე-შულავერის კულტურის სახელითაც მოიხსენიება, შემოსულ კულტურას უნდა წარმოადგენდეს. ეს მოვლენა შუა პოლიოცენის ხანაში უნდა მომხდარიყო, როცა ძვ. წთ. IV—V ათ. მიჯნაზე აღმ. და ცენტრ. ამიერკავკასიაში ბუნებრივი პირობების გაუმჯობესებამ შესაძლებელი გახადა აღნიშნული ტერიტორიის ათვისება, რასაც ახორციელებენ კიდევ სამხრეთიდან მოსული ტომები. ამ მოსაზრების სასარგებლოდ მეტყველებს როგორც ადრესამიწათმოქმედო კულტურის კავშირი წინა აზიის სინქრონულ, ელ-სოტოს, უმ-დაბაგიას, ჰასუნას, ჰალაფისა და სხვ. კულტურებთან, ისე ის გარემოება, რომ ამიერკავკასიური ენოლითი განვითარებული სახით უცებ ჩნდება იმ ტერიტორიაზე, სადაც ენოლითურ ხანაში არავითარი განვითარებული კულტურა არ ჩანს [1].

ძვ. წთ. IV ათ. შუახ. სოციალ-ეკონომიკური განვითარების, ადრესამიწათმოქმედო მეურნეობის კრიზისისა და მიწების გამოფიტვის შედეგად ხდება ცენტრ. და აღმ. ამიერკავკასიის ენოლითური კულტურის დაკნინება და მის ნაცვლად ახალი, ადრე-ბრინჯაოს, მტკვარ-არაქსული კულტურის აღმოცენება. ამ ხანებში ვერ გამოვრიცხავთ ახალი ეთნიკური ელემენტის შემოსვლის ფაქტსაც. განსაკუთრებით დას. საქართველოს ტერიტორიიდან, რაზეც ენოლით-

ადრებრინჯაოს გარდამავალი ეტაპის, ე. წ. სიონის ტიპის ძეგლების დანერგვაკასიასთან სიახლოვეც მეტყველებს, მაგრამ წამყვანი ამ პროცესში მაინც ადგილობრივი ელემენტი უნდა ყოფილიყო. მკვლევართა ერთი ნაწილი აქ სამხრეთული, კერძოდ, პალაფური კულტურის გავლენის არსებობასაც არ გამოირიცხავს [2, 3].

თვით მტკვარ-არაქსის კულტურის დიდ სივრცეზე; კავკასიაში ჩრდ.-დას. ირანში, ჩრდ. მესოპოტამიაში, აღმ. ანატოლიასა და სირია-პალესტინაში გავრცელების ფაქტი მეტად მნიშვნელოვანს ხდის ამ კულტურის მატარებელთა ეთნიკური ვინაობის დადგენას. თ. გამყრელიძე და ვ. ივანოვი აღნიშნული კულტურის შემქმნელებად ხურიტულ, სამხრ. კავკასიურ და ინდოევროპულ ტომებს მიიჩნევენ და მის გავრცელებას სწორედ ამ უკანასკნელთ მიაწერენ. ამავე მოსაზრებას იზიარებენ გ. მელიქიშვილი, ლ. ვული, გ. მაჭავარიანი და სხვ. ი. დიაკონოვი და თ. ჯაფარიძე კავკასიური ადრებრინჯაოს მატარებლად — ხური-ურარტულ, ხოლო ჩრდ. — პერიფერიაზე — ქართველურ ტომებს ვარაუდობენ და კულტურის განფენა სწორედ ხურიტთა სამხრ. მიგრაციების შედეგად მიაჩნიათ. თ. აბიბულაევი, თ. ლორთქიფანიძე და რ. მუნჩაევი აქ ერთიანი, მონათესავე ტომების არსებობის კვალს ხედავენ, მაგრამ აქვე უნდა ითქვას, რომ თვით კულტურის დიდ ფართობზე გაშლა, გ. მელიქიშვილს აიძულებს საფუძვლიანი ეპკი შეიტანოს აღნიშნული მოსაზრების სისწორეში [4, 7].

როგორც ითქვა, მეორე მოსაზრება კავკასიაში ინდოევროპელთა გამოჩენას შუაბრინჯაოს ხანით ათარიღებს, როცა ამ ეპოქაში შექმნილ თრიალეთურ კულტურაში შეიღმჩევა ჩრდილოეთიდან წამოსული მძლავრი იმპულსების კვალი. კერძოდ, მხედველობაში გვაქვს ყორღანების გამოჩენა ამიერკავკასიაში ძვ. წთ. III ათ. დასასრულს, რომელთა პროტოტიპები ჯერ კიდევ ძვ. წთ. IV ათ. ბოლოს გვხვდება აღმ. ევროპის სტეპის ზონაში არსებულ ორმოსამარხთა კულტურაში. აღსანიშნავია, რომ ყორღანები ამიერკავკასიის სამხრეთით არ ჩანს, რაც კიდევ ერთხელ ამტკიცებს აღნიშნული მოსაზრების სისწორეს. ამავე დროს, არსებობს თვალსაზრისი (ჩ. ბარნეი, თ. ჯაფარიძე), რომ თრიალეთური კულტურის შექმნაში სამხრეთიდან წამოსულმა, ხურიტულმა ტალღებმა მიიღეს მონაწილეობა, ლ. სოლოვიოვი მითანიდან წამოსული სამხრ. იმპულსების კვალს სტეპების ზონაშიც კი ხედავს, სადაც ამ დროს ორმოსამარხთა კულტურას კატაკომბური კულტურა ენაცვლება [8].

ამრიგად, შეიძლება ჩამოვყალიბოთ ორი ძირითადი შეხედულება, რომელიც აღნიშნული საკითხის გარშემო არსებობს. პირველის მიხედვით, კავკასიის ენეოლითური და ადრებრინჯაოს კულტურები ინდოევროპული ტომების მონაწილეობითაა შექმნილი და ეს უკანასკნელი აქ თუ ავტოქთონებს არა, უძველეს ხანაში მოსულ მოსახლეობას წარმოადგენენ, ხოლო შუაბრინჯაოში თრიალეთის კულტურას სამხრეთიდან მოსული ხურიტული ტომები ქმნიან. მეორე მოსაზრება დიამეტრულად განსხვავდება პირველისაგან, რადგან ენოლით-ადრებრინჯაოს ხანაში კავკასიაში ხურიტული ელემენტის არსებობას ვარაუდობს, ხოლო აქ ინდოევროპელთა პირველ გამოჩენას შუაბრინჯაოს ხანის დასაწყისით ათარიღებს.

ბუნებრივია, ასეთ შემთხვევაში, უპირველეს ყოვლისა უნდა გადაწყდეს საკითხი, სად იყო ინდოევროპელთა პირველსაცხოვრისი და როგორ მიმდინარეობდა ამ ტომთა მიგრაციები.

როგორც ცნობილია, ინდოევროპელთა პირველსაცხოვრის დღესდღეობით სამ შესაძლო რეგიონში ათავსებენ, ესაა მახლობელი აღმოსავლეთი, კერძოდ, ჩრდ. მესოპოტამია (თ. გამყრელიძე, ვ. ივანოვი), აღმ. ევროპის სტეპთა ზონა (ნ. მერპერტი) და ბალკანეთის ნახევარკუნძული (გ. გიორგივი, გ. მილარტი).

ინდოევროპელი ტომების გავრცელების მთავარი ფაქტორი მათ სოციალ-ეკონომიურ წყობაში მდგომარეობდა, ექსტენსიური მესაქონლეობის განხორციელებაში აიძულა ისინი დაეწყოთ მიგრაციები ახალი საძოვრების ათვისების მიზნით. ასეთი რამ მსოფლიო ისტორიისათვის არ უღლებია არც არის უცხო მოვლენა. მომთაბრე ინდოევროპელები იმორჩილებდნენ და აინდოევროპელებდნენ დამხვედურ მოსახლეობას. მათ გააჩნდათ საკმაოდ დიდი უპირატესობა, კერძოდ მხედველობაში გვაქვს ცხენისა და საბრძოლო ეტლების არსებობა და სხვ.

გასაგებია, რომ ინდოევროპელთა პირველსაფეხურის უნდა მოთავსდეს ისეთ რეგიონში, რომელიც რამდენიმე პირობას აკმაყოფილებს. პირველი — აქ ძვ. წთ. III ათ. ბოლოსათვის უნდა არსებობდეს ერთმანეთთან მჭიდროდ დაახლოებულ კულტურათა ფართო ქსელი, მეორე — ეს კულტურები უნდა წარმოადგენდნენ მომთაბარე მესაქონლეთა კულტურებს, მესამე — აქ უნდა გვხვდებოდეს შინაური ცხენის კვალი და ა. შ.

უნდა აღინიშნოს, რომ მახლობელი აღმოსავლეთი ვერც ერთ ამ მოთხოვნას ვერ აკმაყოფილებს. აქ აღნიშნულ ეპოქაში სახეზეა ერთმანეთისაგან საკმაოდ განსხვავებული, მიწათმოქმედი ტომების მიერ შექმნილი კულტურები, ცხენის დომესტიკაციის კვალიც მხოლოდ ძვ. წთ. II ათ. შუახანებში ჩანს. ამავე დროს ეს ეპოქა მტკვარ-არაქსის კულტურის მატარებელ ტომთა კავკასიის სამხრ. და დას. მიმართულებით განფენით ხასიათდება, რის გამოც ძნელია განვიზიაროთ ნ. შერპერტის მოსაზრება ძვ. წთ. III ათ. შუახ. ინდოევროპელ ტომთა ბალკანეთიდან კავკასიის მიმართულებით არსებული მიგრაციების შესახებ [9].

მეორე მხრივ, ერთმანეთთან საკმაოდ დაახლოებული კულტურების მთელი რიგი ბალკანეთზე და მიმდებარე რეგიონებში (გუმელნიცა, ტრიპოლიე და სხვ.) თითქოს პასუხობს ზემოთ წამოყენებულ ყველა პირობას, მათი მიგრაციები ძვ. წთ. IV ათ. დასასრ. — I ათ. დასაწყ. მიმდინარეობდა აღნიშნული რეგიონი იმპულსების სახით გამოყოფდა ახალ-ახალ ჯგუფებს, რომლებიც ტალღისებურად ვრცელდებოდნენ ევროპისა და აზიის ტერიტორიებზე. ბოლო დროის გამოკვლევებმა ცხადყო, რომ ჩრდ. კავკასიაში არსებული არქეოლოგიური ძეგლები უფრო ძველია წინააზიაში არსებულ, ინდოევროპელთათვის მიკუთვნებულ ძეგლებზე, რასაც თავისთავად მივყავართ იმ დასკვნამდე, რომ მოძრაობა ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ იყო მიმართული და არა პირიქით [10].

ინდოევროპელთა შემოსვლა წინააზიის ტერიტორიაზე სამი შესაძლო გზით შეიძლება განხორციელებულიყო. ესაა ბალკანური, კავკასიური და შუა აზიური მარშრუტები, თუმცა ამ უკანასკნელის შესახებ თურქესტანის მეტისმეტად სუსტი არქეოლოგიური შესწავლის გამო ბევრს ვერაფერს ვიტყვი.

ასე რომ, ჩვენ ვიზიარებთ ჯ. მელარტის, ლ. ვულის და სხვ. მიერ გამოთქმულ მოსაზრებას წინააზიაში ინდოევროპელთა კავკასიის გზით გამოჩენის შესახებ, ამავე დროს ვერ დავეთანხმებით ბ. პირონის იმაში, რომ აქ ხეთური მოდგმის ხალხები უნდა ვიგულისხმოთ, ხეთური და საერთოდ, ანატოლიური ელემენტი, რომელიც საყოველთაოდ გაზიარებული მოსაზრების მიხედვით, ყველაზე ადრე უნდა გამოყოფილიყო საერთო ინდოევროპულ ერთობას. ალბათ, ბალკანეთიდან უნდა შემოსულიყო მცირე აზიაში, ამასთან ეს მიგრაცია საკმაოდ ადრე უნდა განხორციელებულიყო, რადგან ძვ. წთ. II ათ. დასაწყ. მცირე აზიაში ინდოევროპელთა და დამხვედურ, ხეთურ მოსახლეობას შორის შერევა უკვე მომხდარი ფაქტია [11].

შესაძლოა, მართალია ტ. ბარტონ-ბრაუნი, რომელიც ჩრდილოეთიდან კავკასიაში შემოსულ ტომებში პროტოკელტური ელემენტის კვალს ხედავს, თუმ-

ცა, ჩვენი აზრით, უფრო მოსალოდნელია აქ არიული, ინდო-ირანული მრავალმნიშვნელოვანი ტომები დავინახოთ, რომელთა კავკასიაში და შემდგომ უფრო სამხრ. რეგიონებში შეღწევამ ხალხთა (ხურიტთა, კასიტთა და სხვ.) ახალი ამოძრავება გამოიწვია. სწორედ ინდო-ირანული ელემენტი გაავრცელებული კავკასიის ჩრდილოეთით, სამხრ. უკრაინასა და ვოლგა-დონის ქვემოთაში ძვ. წთ. IV—III ათ. მიჯნიდან მოყოლებული [12].

ინდოევროპელთა მიგრაციებზე დიდ გავლენას ახდენდა ბუნებრივი პირობების ცვლაც. გარკვეულწილად სწორედ იგი განაპირობებდა მიგრაციათა სიხშირესა და მიმართულებას, ამის მაგალითად გამოდგება ის სიტუაცია, რომელიც აღმ. ევროპის სტეპებში შეიქმნა ძვ. წთ. III ათ. შუახანებში. გ. კლარკი, ი. სმოლიანი და ტ. სულიმირსკი ამ ხანებში აღნიშნავენ სამხრ.-აღმ. ევროპაში მცხოვრები ტომების ამოძრავებას ცენტრალური ევროპის მიმართულებით, სადაც მათ შეაქვეთ ე. წ. გრეხილორნამენტის კერამიკა, ეს მოვლენა სტეპების გამოშრობასთან უნდა ყოფილიყო დაკავშირებული. შემდგომში, როცა სტეპში ეკოლოგიური წონასწორობა აღდგა (ძვ. წთ. III—II ათ. მიჯნა), ინდოევროპული ტომები უბრუნდებიან პირველსაცხოვრის ტერიტორიას. აღნიშნულ ტომებს საკმაოდ მჭიდრო ურთიერთობა უნდა ჰქონოდათ კავკასიურ სამყაროსთან, რაზეც თუნდაც ცენტრ. ევროპაში აღმოჩენილი მტკვარ-არაქსული იმპულსები მეტყველებენ, მოგვიანებით ინდოევროპული ელემენტი პირაით. გადმოდის შეტევაზე და როგორც ცნობილია, აღწევს კიდევ კავკასიაში, სადაც შემოაქვს ყორღანული კულტურა. საერთოდ ინდოევროპელთა გაქტიურება და მათი სამხრეთი რეგიონებისაკენ სწრაფვა ძვ. წთ. III—II ათ. მიჯნაზე, წინა აზიის ძველ ცივილიზაციათა დასუსტების შემდეგ იწყება.

ჩრდილოეთიდან ახალი, კავკასიური გარემოსათვის უცხო ელემენტის შემოსვლაზე მეტყველებს როგორც ახალი, მოსული კულტურის განსხვავება ჩრდ. კავკასიური, ერთმანეთთან ძლიერ ახლოს მდგომი კულტურებისაგან, ისე სწორედ ამ ხანებში სირიისა და მესოპოტამიის მთელ რიგ, ჩრდ. რეგიონებში ინდოევროპული, კერძოდ ინდო-ირანული სახელების (ინდრა, მითრა, ვარუნა, ნასატია და სხვ.) გამოჩენის ფაქტი. მოგვიანებით, უკვე ძვ. წთ. II ათ. დასასრულსა და I ათ. დასაწყისში იწყება ინდოევროპელთა ახალი ამოძრავება. მხედველობაში გვაქვს როგორც ირანული ტომების გავრცელება ზაგროსის ზონაში, ისე ბალკანეთიდან ახალი, ფრიგიულ-სომხური ტომების გადმოსვლის ფაქტიც, რამაც მნიშვნელოვანწილად შეცვალა სიტუაცია წინა აზიაში და ხელი შეუწყო თანამედროვე ეთნიკური სურათის შექმნას [13].

დასკვნის სახით შეიძლება ითქვას შემდეგი: სავარაუდოა, რომ კავკასიაში ენოლოგიისა და ადრებრინჯაოს ხანაში წამყვან კულტურებს კავკასიური, ხური-ურარტული და მათთან ახლოს მდგომი სხვა ტომები ქმნიდნენ. ინდოევროპელთა არსებობა ამ ხანებისათვის აქ არ უნდა იყოს სავარაუდებელი. მოგვიანებით, ძვ. წთ. III—II ათ. მიჯნიდან, იწყება ამ უკანასკნელთა შემოღწევა წინა აზიაში და მათი მოძრაობის ერთ-ერთ უმთავრეს მაგისტრალად სწორედ კავკასია უნდა ვივარაუდოთ. ინდოევროპელთა შემოსვლას შედეგად მოჰყვა მთელი რიგი ადგილობრივი ხალხების ასიმილაცია დამპყრობელთა მიერ და საფუძველი ჩაეყარა წინა აზიისა და კავკასიის ისტორიის ახალ, თვისობრივად განსხვავებულ ეტაპს.

D. G. LOSABERIDZE

ПРОБЛЕМА СУЩЕСТВОВАНИЯ ИНДОЕВРОПЕЙСКОГО ЭЛЕМЕНТА НА КAVKAZE В ЭПОХУ БРОНЗЫ

Резюме

В статье рассмотрена проблема влияния народов-носителей индоевропейских языков на кавказский регион. После рассмотрения теорий, существующих по этой проблеме к настоящему дню, и в результате анализа целого ряда данных делается вывод, что индоевропейский элемент впервые появляется с севера во второй половине III тыс. — начале II тыс. до н. э. и способствует переходу Восточного и Центрального Закавказья на качественно новую ступень развития.

HISTORY

D. LOSABERIDZE

THE PROBLEM OF THE EXISTENCE OF THE INDO-EUROPEAN ELEMENT IN THE CAUCASUS DURING THE BRONZE AGE

Summary

The paper concerns the problem of the influence of native Indo-European speakers on the Caucasian region. According to current theories Indo-European elements first appeared in the Caucasus in the period of the second half of the 3d millenium B. C. and the beginning of the 2nd millenium B. C. from the North and promoted the transition of the Eastern and Central Transcaucasia to essentially new step of development.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. О. Д. Джапаридзе. На заре этнокультурной истории Кавказа. Тбилиси, 1989.
2. Т. Н. Чубинишвили. К древней истории южного Кавказа. Тбилиси, 1972.
3. თ. ჯაფარიძე. ქართველ ტომთა ეთნიკური ისტორიის საკითხისათვის, არქეოლოგიური მონაცემების მიხედვით. თბილისი, 1976.
4. Т. В. Гамкрелидзе, В. В. Иванов. Индоевропейский язык и индоевропейцы, т. I—II. Тбилиси, 1984.
5. გ. მელიქიშვილი. საქართველოს, კავკასიისა და მაზლობელი აღმოსავლეთის უძველესი მოსახლეობის საკითხისათვის, თბილისი, 1965.
6. Р. М. Мунчаев. Кавказ на заре бронзового века. Тбилиси, 1975.
7. თ. ჯაფარიძე. არქეოლოგიური გათხრები თრიალეთში, თბილისი, 1968.
8. C. A. Burney, D. M. Lang, The Peoples of the Hills, Ancient Ararat an Caucasus, London., 1971.
9. Н. Я. Мерперт, КСИА, 83, М., 1961.
10. Г. Л. Кавтарадзе. К хронологии эпохи энеолита и бронзы Грузии. Тбилиси, 1983.
11. Т. В. Гамкрелидзе. საქ. მეცნ. აკად. ენათმეცნიერების ინსტიტუტის შრომები, II, 1957.
12. В. И. Георгиев. Исследования по сравнительно-историческому языкознанию. М., 1958.
13. Т. А. Дегтерева. Пути развития современной лингвистики, I. Пути развития советского языкознания в области индоевропейской проблематики. М., 1961.



ჯ. ავაშიძე

კოლხური ბრინჯაოს კულტურის ჩასახვისა და მისი თავდაპირველი
ბავრცელების საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ო. ჯაფარიძემ 25.III.1993)

სპეციალურ ლიტერატურაში სადღეისოდ ძირითადად გავრცელებულია მოსაზრება, რომლის თანახმადაც კოლხური ბრინჯაოს კულტურის ჩამოყალიბების არეალად მიჩნეულია კოლხეთის შავიზღვისპირეთი, უფრო კი, მისი სამხრეთ-დასავლეთი ნაწილი. ამ მოსაზრების მომხრენი აღნიშნავენ, რომ კოლხეთის სამხრეთ-დასავლეთ ზღვისპირეთში აღმოჩენილია კოლხური კულტურის უადრესი ბრინჯაოს განძები, რომლებიც დიდი რაოდენობით შეიცავენ კოლხური ცულებისა და თხების პროტოტიპებს. უფრო მეტიც, აღნიშნულია, რომ „... მხოლოდ აქაა დამოწმებული მთლიანობაში ის, რასაც კოლხურ ბრინჯაოს ვუწოდებთ, მისი ყველა წამყვანი ელემენტით (კოლხური ცული, მხრებიანი ბრტყელი ცული, წალდი, თხი, სეგმენტისებური იარაღი და ვერტიკალურხვრელიანი კელტისებური იარაღი), რომლებიც მკვიდრო ფორმალურ-ტიპოლოგიური კავშირებით ერთიანდებიან“ [1].

სპილენძის მადნის მოპოვების ცენტრებსა და ლითონის დამუშავებელი სახელოსნოების ადგილმდებარეობას ერთმანეთისაგან ჰკვეთრად მიგნავენ ა. იესენი, გ. გობეჯიშვილი, ო. ჯაფარიძე, ო. ლორთქიფანიძე, დ. ქორიძე, ა. რამიშვილი და სხვ. გ. გობეჯიშვილსა და ო. ჯაფარიძეს მიაჩნიათ, რომ „სახელოსნოების კერების მკვიდრო კავშირი სამთამადნო წარმოების კერებთან, რაც შუაბრინჯაოს ხანამდე შეინიშნებოდა, ამ დროს (ე. ი. გვიანბრინჯაოს ხანაში — ჯ. ა.) უმეტესწილად დარღვეულია... სახელოსნო ცენტრები ყოველთვის არ ემთხვევა მადნის დაწურვის კერებს. რადგან სატრანსპორტო საშუალებანიც გაუმჯობესდა და ლითონის დამუშავების ცოდნაც ფართოდ გავრცელდა, დაიწყო ლითონის ზოდების შორს გატანა და სხვადასხვა პუნქტებში ჩამოსხმა-გამოჰედვა“ [2].

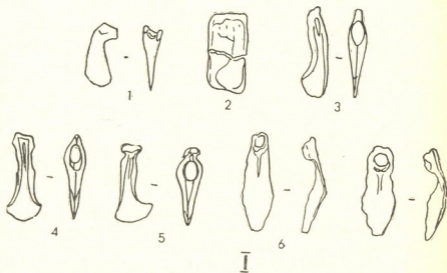
1986 წელს ო. ლორთქიფანიძემ გამოაქვეყნა მონოგრაფია „არგონავტიკა და ძველი კოლხეთი“. სპილენძის მოპოვების ცენტრებისა და ლითონდამუშავებელი სახელოსნოების ერთმანეთისაგან გამიჯვნის შედეგად ავტორმა გამოთქვა მოსაზრება, რომ „... კოლხური ბრინჯაოს კულტურის სამშობლოდ მთავორიანი ოლქები, კერძოდ, ჭოროხის აუზი და მისი მადნეულით მდიდარი ოლქები კი არ უნდა მივიჩნიოთ, არამედ კოლხეთის ბარი! ამასთან გვაქვს საფუძველი ვამტკიცოთ, რომ კოლხური ბრინჯაოს ძირითადი სახეობანი, მურწნეობის ადგილობრივი ხასიათით განპირობებული, თითქმის ერთდროულად ჩნდება კოლხეთის მთელ დაბლობზე. ამის თვალსაჩინო მოწმობაა კოლხური ბრინჯაოს კულტურის ერთ-ერთი ყველაზე უფრო განმსაზღვრელი კომპონენტის — კოლხური ცულის გენეზისი, მისი ქრონოლოგიური და ტერიტორიული გავრცელების თავდაპირველი არეალი“ [3].

კოლხური ბრინჯაოს კულტურის ჩასახვისა და მისი თავდაპირველი გავრცელების არეალის დადგენისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ო. ლორთქიფანიძის შემოთმთოყვანილ მოსაზრებას. ამ თვალსაზრისით, ჩვენ შევეცადეთ



განგვეხილა ყველა ის მონაცემი, რომელიც სადღეისოდ არსებობს ამ ქვეყნის გარშემო და საინტერესო შედეგად მივიღეთ. ამით, ერთი მხრივ, ჩვენ გავიზიარეთ ო. ლორთქიფანიძის მოსაზრება, მეორე მხრივ კი, განვამტკიცეთ ეს მოსაზრება ახალი მონაცემებით.

კოლხური ბრინჯაოს კულტურის თავდაპირველი ჩასახვისა და გავრცელების არეალად ჭოროხსა და სუფსას შორის მოქცეული ტერიტორიის მიჩნევის მთავარი არგუმენტი ისაა, რომ ადგილობრივი ადრეული განძების შემადგენლობაში შედიან კოლხური ცულებისა და თოხების პროტოტიპები და უშუალო წინამორბედები [1, 2, 4, 5, 6]. მაგრამ ადრეული განძების აღმოჩენა ცენტრალურ (გალი, მუჟავა, დიდი ჭყონი) [1, 8] და ჩრდილო-დასავლეთ კოლხეთში (გაგრა, ბიჭვინთა, პილენკოვო, ლიხნი) [9] არის აღნიშნული მოსაზრების საწინააღმდეგო ფაქტი. ამას გარდა, უკანასკნელ დროს ჩრდილო-დასავლეთ და ჩრდილოეთ კოლხეთში გახშირდა სპილენძის უძველესი გამოწამუშევრების აღმოჩენის შემთხვევები, რის საფუძველზეც აქ გამოიყოფა სპილენძის მადნის მოპოვების ახალი კერები (ადენგი, ბაშკაფსარა, ზაარგაში, ლები და სხვ.) [10, 12]. ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ ყუამილიანი ცულები, რომლებიც წინ უსწრებენ კოლხურ ცულებს და ბრინჯაოს ხანის ადრეული ეტაპით თარიღდებიან, ბოლო ხანებში სულ უფრო ხშირად თავს იჩენენ კოლხეთის დაბლობშიც. ასეთი ცულების ერთ-ერთი სახეობის 30 სასხმელი ყალიბი აღმოჩენილია ფიჭორის ცენტრალური დიხა-გუძუბას ბორცვის VIII ფენაში [10, 13]. ადრე ამ ტიპის ცული აღმოჩენილი იყო ანაკლიის დიხა-გუძუბა I-ის ქვედა ფენაში. ცული ინახება ზუგდიდის ისტორიულ მუზეუმში (სურ. I, 1).



სურ. I

ცენტრალურ და ჩრდილო-დასავლეთ კოლხეთში დიდი რაოდენობითაა აღმოჩენილი II ტიპის ყუაწახნაგოვანი ბრინჯაოს ცულები. ამ თვალსაზრისით ყურადღებას იქცევს II ტიპის ცულის უშუალო წინამორბედი, რომელიც ზუგდიდის ისტორიულ მუზეუმში ინახება (სურ. I, 3) და II ტიპის მრგვალ-სატარეზვრელიანი ცული მუჟავას განძიდან, რომელიც 1928 წელს იქნა აღმოჩენილი და, რომელიც ბოლო დრომდე უცნობი იყო სპეციალურ ლიტერატურაში [8] (სურ. I, 5). მრგვალი სატარეზვრელით ხასიათდებიან კოლხუ-



რი ცულების ადრეული ეტაპის ბრინჯაოს ცულები. გვიანბრინჯაოს ხანაში კოლხურ ცულებს ოვალური სატარე ნახვრეტი აქვთ, რაც ამ ნიმუშების განვითარებულ და დახვეწილ ელემენტს წარმოადგენს [14]. ჩვენი აზრით, I ტიპის ყუამახვილიანი ცულების ნაირსახეობას ეკუთვნის დიდი ჭყონში 1984 წელს შემთხვევით აღმოჩენილ განძში შემავალი ცული, რომელიც მარტივლის მუხეუმში ინახება (სურ. I, 4). II ტიპის ცულების პროტოტიპები და უშუალო წინამორბედები დიდი რაოდენობითაა დაცული გალის, გაგრის, პილენკოვოს, ბიჭვინთის, ლიხნის, სოხუმის მთისა და სხვა განძების შემადგენლობაში [7, 9]. I ტიპის მახვილყუიანი ცულების პროტოტიპება და უშუალო წინამორბედები კი აღმოჩენილია როგორც სამხრეთ-დასავლეთ (ერგე, ჭოროხი, მახო, დიდ-აჭარა [5], ისე ცენტრალურ (ფიჭვნარი, ქობულეთი, ურეკი, ოჩამჩირე) [5, 7] და ჩრდილო-დასავლეთ კოლხეთში (ბიჭვინთა, გაგრა, პილენკოვო) [9].

ბოლო დრომდე III ტიპის ტანში ორგზის მოხრილი გრავირებული ორნამენტით შემკული ბრინჯაოს ცულების აღმოჩენის შემთხვევები ცნობილი იყო მხოლოდ ჩრდილო-დასავლეთ და ჩრდილო კოლხეთში, თლისა და ყობანში (ზემოყობანის სამაროვანი, ფასკაუს სამაროვნები, გალიათი და სხვ. [7, 9, 15, 16]. უკანასკნელ ხანებში ამგვარმა ცულებმა თავი იჩინეს კოლხეთის დაბლობშიც. სადღეისოდ ისინი აღმოჩენილია მუხურჩისა და დღვბას სამაროვნებზე [17, 18].

კოლხური თოხების თავდაპირველი გამოჩენის ადგილად სპეციალისტები დასავლეთ საქართველოს სამხრეთ-დასავლეთ ნაწილს მიიჩნევენ. გამოყოფენ კოლხური თოხების სამ ძირითად ტიპს (დ. ქორიძის კლასიფიკაციით). I ტიპს განეკუთვნებიან სამკუთხაპირიანი სწორტანიანი თოხები, II ტიპს — სწორი ან მოხრილტანიანი ფართოპირიანი თოხები, III ტიპს — მცირე ზომის ტრაპეციისებური ფორმის თოხები [9].

I ტიპის კოლხური თოხების უძველესი ნიმუშები აღმოჩენილია ურეკის განძის შემადგენლობაში (ძვ. წ. XVIII—XVI სს.). ამ სახეობის თოხები არსებობდნენ ძვ. წ. XIII—XII საუკუნეებამდე. ზენთის განძში I ტიპის თოხები გვხვდება ფართოპირიან თოხებთან ერთად [5, 9]. ძვ. წ. XIII საუკუნის შემდეგ სამკუთხა პირიანი თოხების ნაცვლად ხმარებაში შემოდის II და III ტიპის თოხები, რომლებიც პირველად სწორედ ძვ. წ. XIII—XII საუკუნეების კომპლექსებში იჩენენ თავს (ზენითის განძი, ფარცხანაყანევის განძი და სხვა.) [5, 9].

ბოლო დრომდე ითვლებოდა, რომ სამკუთხა პირიანი თოხები გაგრეცლებული იყო მხოლოდ კოლხეთის დაბლობის სამხრეთ ნაწილში (ზენითის, ურეკის, მეღუქედურის, შრომის განძი და სხვ.) და რომ სწორედ ეს მხარე ითვლება ამ ტიპის თოხების თავდაპირველი ჩასახვისა და გაჩენის ადგილად. სადღეისოდ უკვე არსებობს ახალი მონაცემები, რომლებიც უარყოფენ ამ მოსაზრებას. ამას ადასტურებს მ. ბარამიძისა და ლ. ჯიბლაძის მიერ ფიჩორის ცენტრალურ დიხა-გუძუბას შუაბრინჯაოს ხანის კულტურულ ფენაში ე. წ. „ურეკული ტიპის“ ბრინჯაოს ხუთი თოხისა და მათი სამსხმელო ფორმის აღმოჩენა [10]. საყურადღებოა ასევე ბრინჯაოს თოხების ორი კერამიკული სამსხმელო ფორმის აღმოჩენა ანაკლიის დიხა-გუძუბა II შუაბრინჯაოს ხანის კულტურულ ფენაში [18].

როგორც ჩანს, შუაბრინჯაოს ხანის დასასრულსა და გვიანბრინჯაოს ხანის დასაწყისში (ძვ. წ. XVI—XIV სს.) კოლხეთის დაბლობში გარდა სამკუთხაპირიანი თოხებისა გამოყენებაში ყოფილა თოხები, რომელთა სამუშაო პირი წაგრძელებული ფოთლას ფორმისაა. ორი ასეთი თოხი შეიძლება განძის შემადგენლობაში (სურ. I, 6, 7). ამავე კომპლექსში წარმოდგენილია II ტი-



პის მრგვალსატარებელიანი, ყუაჩანაგოვანი კოლხური ცული, წარმოადგენს ამ ტიპის ცულების ადრეულ ნიმუშს და ქრონოლოგიურად საბამემა გვიანბრინჯაოს საწყის ეტაპს. ამავე დროს გახეკუთუნებიან ფოთლისებურპირიანი თოხებიც. კოლხეთის ძვ. წ. XIII—XII საუკუნეების კომპლექსებში ამგვარი თოხები უკვე არ გვხვდებიან. ამ დროიდან აქ ფართოდაა გავრცელებული II და III ტიპის თოხები. საგულისხმოა, რომ სვანეთში (ჭუმბერი, ზუდონი) აღმოჩენილ ფოთლისებურპირიან თოხებს შ. ჩართოლანი ასევე გვიანბრინჯაოს დასაწყისით ათარიღებს [12].

ზემოთ მოყვანილი მონაცემების საფუძველზე კოლხეთში ფოთლისებურპირიანი თოხების არსებობის პერიოდი გვიანბრინჯაოს საწყისი საუკუნეებით უნდა განისაზღვროს. ჩვენი აზრით, ამავე დროით უნდა დათარიღდეს მუქავას განძიც (ძვ. წ. XVI—XVI სს.).

როგორც დავინახეთ, სადღეისოდ არ არსებობს არავითარი საფუძველი იმისათვის, რომ კოლხური ბრინჯაოს ცულებისა და თოხების ჩასახვისა და თავდაპირველი გავრცელების არეალად მივიჩნიოთ კოლხეთის მხოლოდ სამხრეთ-დასავლეთი ნაწილი. როგორც ჩანს, კოლხური ცულებისა და თოხების ჩამოყალიბება და განვითარება ხდებოდა მთლიანად კოლხეთის დაბლობისა და მთისწინეთის ფარგლებში. კოლხეთის ამ ზონაში მეურნეობის ხასიათი აპრობებდა დიდ მოთხოვნებს სამიწათმოქმედო იარაღებზე.

ასევე ძნელია დავეთანხმოთ მოსაზრებას, რომლის თანახმადაც კოლხური კულტურის ერთ-ერთი ყველაზე დამახასიათებელი იარაღი — „სეგმენტი“ თავის წარმოშობას სამხრეთ-დასავლეთი კოლხეთიდან იღებს. უადრესი განძი, რომლის შემადგენლობაშიც შედის სეგმენტისებური იარაღი ფარცხანაყანუვის განძია (ძვ. წ. XIV—XIII სს.) [9]. ფარცხანაყანუვი კოლხეთის ცენტრალურ ნაწილში მდებარეობს. სამხრეთ-დასავლეთ კოლხეთში კი „სეგმენტები“ პირველად მხოლოდ ძვ. წ. XII—XI საუკუნეებში იჩენენ თავს (ციხისძირ-სამების განძი, ართვინის განძი [9]).

უნდა აღინიშნოს, რომ წალდი, რომელიც სამხრეთ-დასავლეთი კოლხეთის კომპლექსებისათვის დამახასიათებელ ელემენტადაა მიჩნეული, აღმოჩენილია ცენტრალურ კოლხეთშიც. ასეთი იარაღი გამოვლენილია დაბლაგომის ნაციხვარას შუა ფენაში [19], ზენთის განძის შემადგენლობაში [9] და სხვ. ამავე დროს არ უნდა გამოირიცხოს ბრინჯაოს ვერტიკალურხვრელიანი ცულებისა და ცულ-საკაფების სამხრეთ-დასავლეთ კოლხეთის ლოკალურ თავისებურებად მიჩნევის შესაძლებლობა, მითუმეტეს, რომ ამ რიგის საგნები კოლხეთის სხვა რეგიონებში ჭერჭერობით არაა აღმოჩენილი. ისინი გვხვდება ჩაისუბნის, განთიადისა და ართვინის განძის შემადგენლობაში [5]. ცულ-საკაფების სახესხვაობად შეიძლება მივიჩნიოთ ბრინჯაოსა და რკინის დანების ერთ-ერთი სახეობა, რომლებიც კოლხეთის დაბლობის სხვადასხვა ძეგლებზეა აღმოჩენილი. ნიგვზიანისა და პალერის სამაროვნის მოხრილ დანებს თავისუფლად შეეძლოთ ცულ-საკაფის როლის შესრულებაც [20; 21]. იგივეს თქმა შეიძლება სიმაგრის ბორცვზე აღმოჩენილ ერთ-ერთ ბრინჯაოს დანაზე [22].

ამრიგად, ზემოთ მოყვანილი მონაცემების საფუძველზე კოლხური ბრინჯაოს კულტურის თავდაპირველი ჩასახვისა და გავრცელების არეალად უნდა მივიჩნიოთ არა მარტო სამხრეთ-დასავლეთი კოლხეთი, არამედ მთლიანად კოლხეთის დაბლობი. სწორედ დასავლეთ საქართველოს დაბლობში ძვ. წ. XVI—XIV საუკუნეების მანძილზე შუაბრინჯაოს ხანის კოლხური კულტურის საფუძველზე ჩამოყალიბდა გვიანბრინჯაოს ხანის ცნობილი კოლხური კულტურა. ძვ. წ. XIV საუკუნეში ამ კულტურას უკვე სავსებით ჩამოყალიბებული სახე აქვს. ამის შემდეგ ჩნდება ის კომპლექსები (განძები), რომელთა

შემადგენლობაში ხშირად ერთდროულადაა წარმოდგენილი კოლხური ბრინჯაოსათვის დამახასიათებელი ყველა კომპონენტი.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
სოხუმის ფილიალი

(შემოვიდა 25.3.1993)

АРХЕОЛОГИЯ

Д. Б. АПАКИДЗЕ

К ВОПРОСУ О ЗАРОЖДЕНИИ И ПЕРВОНАЧАЛЬНОМ РАСПРОСТРАНЕНИИ КОЛХИДСКОЙ БРОНЗОВОЙ КУЛЬТУРЫ

Резюме

На основе тщательного анализа археологического материала показано, что местом зарождения колхидской бронзовой культуры является не только историческая юго-западная Колхида, как это до сих пор считает большинство специалистов, но и колхидская низменность.

ARCHAEOLOGY

D. ARAKIDZE

ON THE INCEPTION AND ORIGINAL DISTRIBUTION OF KOLKHIAN BRONZE CULTURE

Summary

On the basis of a thorough analysis of archaeological material it is shown that it was not only historical south-western Kolkhis that was the place of inception of Kolkhian Bronze Culture, as has hitherto been accepted by the majority of specialists, but the Kolkhian lowland as well.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1. თ. შიქელაძე. ძიებანი კოლხეთისა და სამხრეთ-აღმოსავლეთი შავიზღვისპირეთის უძველესი მოსახლეობის ისტორიიდან. თბილისი, 1974.
2. გ. გობეჯიშვილი, ო. ჯაფარიძე. საქართველოს არქეოლოგია. თბილისი, 1959.
3. ო. ლორთქიფანიძე. არგონაუტიკა და ძველი კოლხეთი. თბილისი, 1986.
4. ო. ჯაფარიძე. მეცნ., № 1, 1982.
5. ა. რამიშვილი. კოლხეთის მატერიალური კულტურის ისტორიიდან. ბათუმი, 1974.
6. ნ. ხახუტაიშვილი. სამხრეთ-დასავლეთი საქართველოს ზღვისპირეთი ადრეკინის ხანაში. თბილისი, 1986.
7. М. М. Трапш. Труды, т. I. Сухуми, 1970.
8. ჯ. აფაქიძე. ძეგლის მეგობარი, № 3, 1988.
9. დ. ქორიძე. კოლხური კულტურის ისტორიისათვის. თბილისი, 1965.
10. Башкапсарский полево-археологический семинар (тез. докладов). Сухуми, 1988.
11. გ. გობეჯიშვილი, თ. შუჭირი, გ. ინაიშვილი, ვ. შაისურაძე. საქ. მეცნ. აკად. მოამბე, ტ. 111, № 2, 1983.
12. Ш. Г. Чартолани. К истории нагорья Западной Грузии. Тбилиси, 1989.
13. ლ. ჭიბლაძე. საქ. მეცნ. აკად. მოამბე, ტ. 119, № 3, 1986.
14. ო. ჯაფარიძე, საქ. საბ. მეზუემის მოამბე, 1950, XVI—B.
15. Б. В. Техов. Тлийский могильник. Тбилиси, 1980, т. I; 1982, т. II; 1985, т. III.
16. П. С. Уварова. Могильники Северного Кавказа — МАК, 1900, т. VIII.



17. Э. М. Гогодзе. Вестник гос. музея Грузии, 1984, XXXVII-B.
18. Т. К. Микеладзе, Д. Л. Мухелишвили, Д. А. Хахуцашвили. ПАИ — 1978. Тбилиси, 1981.
19. Б. А. Куфтин. Материалы к археологии Колхиды, т. II. Тбилиси, 1950.
20. თ. შიქელაძე. კოლხეთის ადრეკინის ხანის სამაროვნები. თბილისი, 1985.
21. Б. О. Кривошадзе, М. Барашадзе. МСЖ, VI, 1974.
22. თ. შიქელაძე. არქეოლოგიური კვლევა-ძიება რიონის ქვემო წელზე. თბილისი, 1978.

ა ბ ტ ო რ ტ ა ს ა უ რ ა დ ლ ე ბ ო ლ

1. ეურნალ „საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მოამბეში“ ქვეყნდება აკადემიოსთა და წევრ-კორესპონდენტთა, აკადემიის სისტემაში მომუშავე და სხვა მეცნიერთა მოკლე წერილები, რომლებიც შეიცავს ახალ მნიშვნელოვან გამოკვლევათა ჭერ გამოუქვეყნებულ შედეგებს. წერილები ქვეყნდება მხოლოდ იმ სამეცნიერო დარგებიდან, რომელთა ნომენკლატურული სია დამტკიცებულია აკადემიის პრეზიდიუმის მიერ.

2. „მოამბეში“ არ შეიძლება გამოქვეყნდეს პოლემიკური წერილი, აგრეთვე მიმოხილვითი ან აღწერითი ხასიათის წერილი ცხოველთა, მცენარეთა ან სხვათა სისტემატიკაზე, თუ მასში მოცემული არაა მეცნიერებისათვის განსაკუთრებით საინტერესო შედეგები.

3. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიოსთა და წევრ-კორესპონდენტთა წერილები უშუალოდ გადაეცემა გამოსაქვეყნებლად „მოამბის“ რედაქციას, ხოლო სხვა ავტორთა წერილები ქვეყნდება აკადემიოსთა ან წევრ-კორესპონდენტთა წარდგინებით. როგორც წესი, აკადემიოსს ან წევრ-კორესპონდენტს „მოამბეში“ დასაბუქდალ წელიწადში შეუძლია წარმოდგინოს 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. გამონაკლის შემთხვევაში როცა აკადემიოსს ან წევრ-კორესპონდენტს მოითხოვს 12-ზე მეტი წერილის წარდგენას, საკითხს წყვეტს მთავარი რედაქტორი. წარდგინების ვარგულ შემოსულ წერილს „მოამბის“ რედაქცია წარმოსადგენად გადასცემს აკადემიოსს ან წევრ-კორესპონდენტს. ერთსა და იმავე ავტორს (გარდა აკადემიოსისა და წევრ-კორესპონდენტისა) წელიწადში შეუძლია „მოამბეში“ გამოაქვეყნოს არა უმეტეს სამი წერილისა (სულ ერთია, თანაავტორებთან იქნება იგი, თუ ცალკე).

4. წერილს აუცილებლად უნდა ახლდეს ეურნალ „მოამბის“ რედაქციის სახელზე იმ სამეცნიერო დაწესებულებების მომართვა, სადაც შესრულებულია ავტორის სამუშაო.

5. წერილი წარმოდგენილი უნდა იყოს ორ ცალად, დასაბუქდალ საესებით მზა სახით, ავტორის სურვილისამებრ ქართულ რუსულ ან ინგლისურ ენაზე. ქართულ ტექსტს თან უნდა ახლდეს რუსული და მოკლე ინგლისური რეზიუმე, რუსულ ტექსტს — ქართული და მოკლე ინგლისური რეზიუმე. ხოლო ინგლისურ ტექსტს — ქართული და მოკლე რუსული რეზიუმე. წერილის მოცულობა ილუსტრაციებითურთ, რეზიუმეებითა და დამოწმებული ლიტერატურის ნუსხითურთ, რომელიც მას ბოლოში ერთვის, არ უნდა აღემატებოდეს ეურნალის 8 გვერდს (16 000 ასტამბო ნიშანი), ანუ საწერ მანქანაზე ორი ინტერვალით გადაწერილ 12 სტანდარტულ გვერდს (ფორმულებიანი წერილი კი 11 გვერდს) არ შეიძლება წერილების ნაწილებად დაყოფა სხვადასხვა ნომერში გამოსაქვეყნებლად. ავტორისაგან რედაქცია ღებულმას თვეში მხოლოდ ერთ წერილს.

6. აკადემიოსთა ან აკადემიის წევრ-კორესპონდენტთა წარდგინება რედაქციის სახელზე დაწერილი უნდა იყოს ცალკე ფურცელზე წარდგინების თარიღის აღნიშვნით. მასში აუცილებლად უნდა აღინიშნოს, თუ რა არის ახალი წერილში, რა მეცნიერული ღირებულება აქვს მას და რამდენად უპასუხებს ამ წესების 1 მუხლის მოთხოვნას.

7. წერილი არ უნდა იყოს გადატვირთული შესავლით, მიმოხილვით, ცხრილებით, ილუსტრაციებითა და დამოწმებული ლიტერატურით. მასში მთავარი ადგილი უნდა ჰქონდეს დათმობილი საკუთარი გამოკვლევების შედეგებს. თუ წერილში გზადგება, ქვეთავლების მიხედვით გადამოცემულია დასკვნები, მაშინ საჭირო არაა მათი გაშვება წერილის ბოლოს.

8. წერილი ასე ფორმდება: თავში ზემოთ უნდა დაიწეროს ავტორის ინიციალები და გვარი, ქვემოთ — წერილის სათაური. სათაურის ქვემოთ წარმომდგენის ინიციალები, გვარი და წარმოდგენის თარიღი არაბული ციფრებით. ზემოთ მარჯვენა მხარეს, წარმომდგენმა უნდა დაწეროს, თუ მეცნიერების რომელ დარგს განეკუთვნება წერილი. წერილის ძირითადი ტექსტის ბოლოს, მარცხენა მხარეს, ავტორმა უნდა აღნიშნოს იმ დაწესებულების სრული სახელწოდება და ადგილმდებარეობა, სადაც შესრულებულია შრომა.

9. ილუსტრაციები და ნახაზები წარმოდგენილ უნდა იქნეს ორ ცალად კონვერტით. ამასთან, ნახაზები შესრულებული უნდა იყოს კალკაზე შავი ტუშით. წარწერები ნახაზებს უნდა გაუკეთდეს კალიგრაფიულად და ისეთი ზომისა, რომ შემცირების შემთხვევაშიც კარგად იკითხებოდეს. ილუსტრაციების ქვემო წარწერების ტექსტი წერილის ძირითადი ტექს-

ტის ენაზე წარმოდგენილ უნდა იქნეს ცალკე ფურცელზე. არ შეიძლება ფოტოებისა და ნახაზების დაწებება დედნის გვერდებზე. ავტორმა დედნის კიდზე ფანქრით უნდა აღნიშნოს, რა ადგილას მოთავსდეს ესა თუ ის ილუსტრაცია. არ შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს ისეთი ცხრილი, რომელიც ჟურნალის ერთ გვერდზე ვერ მოთავსდება. ფორმულები მუდმივად უნდა დიდოდ უნდა იყოს ჩაწერილი ტექსტის ორივე ეგზემპლარში, ბერძნულ ასოებს ქვემოთ უნდა გან უნდა გაეცვას თითო ხაზი წითელი ფანქრით, მთავრულ ასოებს — ქვემოთ ორ-ორი პატარა ხაზი შავი ფანქრით, ხოლო არამთავრულ ასოებს — ზემოთ ორ-ორი პატარა ხაზი შავი ფანქრით. ფანქრითვე უნდა შემოიფარგლოს ნახევარწრით ნიშნავებიც (ინდექსები და ხარისხის მანვენებლები). რეზიუმეები წარმოდგენილ უნდა იქნეს ცალ-ცალკე ფურცლებზე. წერილში არ უნდა იყოს ჩასწორებები და ჩამატებები ფანქრით ან მელნით.

10. დამოწმებული ლიტერატურა უნდა დაიბეჭდოს ცალკე ფურცელზე. საჭიროა დაცულ იქნეს ასეთი თანმიმდევრობა: ავტორის ინიციალები, გვარი. თუ დამოწმებულია საერთაშორისო შრომა, ვუჩვენოთ ჟურნალის შემოკლებული სახელწოდება, ტომი, ნომერი, გამოცემის წელი. თუ დამოწმებულია წიგნი, აუცილებელია ვუჩვენოთ მისი სრული სახელწოდება, გამოცემის ადგილი და წელი. თუ ავტორი საჭიროდ მიიჩნევს, ბოლოს შეუძლია გვერდების ნუმერაციაც უჩვენოს. დამოწმებული ლიტერატურა უნდა დალაგდეს არა ანბანური წესით, არამედ დამოწმების თანმიმდევრობით. ლიტერატურის მისათვალად ტექსტსა თუ შენიშვნებში კვადრატულ ფრჩხილებში ნახევრები 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 მუშაობს და რა თანამდებობაზე, უჩვენოს თავისი ზუსტი მისამართი და ტელეფონის ნომერი.

11. „მოამბეში“ გამოქვეყნებული ყველა წერილის მოკლე შინაარსი იბეჭდება რეფერატულ ჟურნალში. ამიტომ ავტორმა წერილთან ერთად აუცილებლად უნდა წარმოადგინოს მისი რეფერატი რუსულ ენაზე (ორ ცალად).

12. ავტორს წასაკითხად ეძლევა თავისი წერილის გვერდებად შერული კორექტურა მკაცრად განსაზღვრული ვადით (არაუმეტეს ორი დღისა). თუ დადგენილი ვადისათვის კორექტურა არ იქნა დაბრუნებული, რედაქციას უფლება აქვს შეაჩეროს წერილის დაბეჭდვა ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ენის გარეშე.

13. ავტორს უფასოდ ეძლევა თავისი წერილის 10 ამონაბეჭდი.

(დამტკიცებულია საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის პრეზიდიუმის მიერ 6.2.1969 შეტანილია ცვლილებები 10.2.1992)

რედაქციის მისამართი: თბილისი 60, კუტუშოვის ქ. № 19; ტელ. 37-22-16, 37-86-42, 37-85-61

საფოსტო ინდექსი 380060

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

1. В журнале «Сообщения АН Грузии» 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 Грузии.

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 Грузии принимаются непосредственно в редакции «Сообщений», статьи же других авторов представляются академиком или членом-корреспондентом АН Грузии. Как правило, академик или член-корреспондент может представить для опубликования в «Сообщениях» не более 12 статей разных авторов (только по своей специальности) в течение года, т. е. по одной статье в каждый номер, собственные статьи—без ограничения, а с соавторами—не более трех. В исключительных случаях, когда академик или член-корреспондент требует представления более 12 статей, вопрос решает главный редактор. Статьи, поступившие без представления, передаются редакцией академику или члену-корреспонденту для представления. Один и тот же автор (за исключением академиков и членов-корреспондентов) может опубликовать в «Сообщениях» не более трех статей (независимо от того, с соавторами она или нет) в течение года.

4. Статья обязательно должна иметь направление из научного учреждения, где проведена работа автора, на имя редакции «Сообщений АН Грузии».

5. Статья должна быть представлена автором в двух экземплярах, в готовом для печати виде, на грузинском, на русском или на английском языке, по желанию автора. К грузинскому тексту должны быть приложены русское и краткое английское резюме, к русскому тексту—грузинское и краткое английское резюме, а к английскому тексту—грузинское и краткое русское резюме. Объем статьи, включая иллюстрации, резюме и список цитированной литературы, приводимый в конце статьи, не должен превышать 8 страниц журнала (16 000 типографских знаков), или двенадцати стандартных страниц машинописного текста, отпечатанного через два интервала (статьи же с формулами—одинадцати страниц). Представление статьи по частям (для опубликования в разных номерах) не допускается. Редакция принимает от автора в месяц только одну статью.

6. Представление академика или члена-корреспондента на имя редакции должно быть написано на отдельном листе с указанием даты представления. В нем необходимо указать: новое, что содержится в статье, научную ценность результатов, насколько статья отвечает требованиям пункта 1 настоящего положения.

7. Статья не должна быть перегружена введением, обзором, таблицами, иллюстрациями и цитированной литературой. Основное место в ней должно быть отведено результатам собственных исследований. Если по ходу изложения в статье сформулированы выводы, не следует повторять их в конце статьи.

8. Статья оформляется следующим образом: сверху страницы в середине пишутся инициалы и фамилия автора, затем—название статьи, а под названием—инициалы и фамилия представляющего статью и дата представления арабскими цифрами. 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.

9. Иллюстрации и чертежи должны быть представлены в двух экземплярах в конверте; чертежи должны быть выполнены черной тушью на кальке. Надписи на чертежах должны быть исполнены каллиграфически в таких размерах, чтобы даже в случае уменьшения они оставались отчетливыми. Подрисуночные подписи, сделанные на языке основного текста, должны быть представлены на отдельном листе. Не следует приклеивать фото и чертежи к листам оригинала. На полях ори-

гнала автор отмечает карандашом, в каком месте должна быть помещена та или иная иллюстрация. Не должны представляться таблицы, которые не могут уместиться на одной странице журнала. Формулы должны быть четко вписаны чернилами в оба экземпляра текста; под греческими буквами проводится одна черта красным карандашом, под прописными — две черты черным карандашом снизу, над строчными — также две черты черным карандашом сверху. Карандашом должны быть обведены полукругом индексы и показатели степени. Резюме представляются на отдельных листах. В статье не должно быть исправлений и дополнений карандашом или чернилами.

10. Список цитированной литературы должен быть отпечатан на отдельном листе в следующем порядке. Вначале пишутся инициалы, а затем — фамилии автора. Если цитирована журнальная работа, указываются сокращенное название журнала, том, номер, год издания. Если автор считает необходимым, он может в конце указать и соответствующие страницы. Список цитированной литературы приводится не по алфавиту, а в порядке цитирования в статье. При ссылке на литературу в тексте или в сносках номер цитируемой работы помещается в квадратные скобки. Не допускается вносить в список цитированной литературы работы, не упомянутые в тексте. Не допускается также цитирование неопубликованных работ. В конце статьи, после списка цитированной литературы, автор должен подписаться и указать место работы, занимаемую должность, точный домашний адрес и номер телефона.

11. Краткое содержание всех опубликованных в «Сообщениях» статей печатается в реферативных журналах. Поэтому автор обязан представить вместе со статьей ее реферат на русском языке (в двух экземплярах).

12. Автору направляется корректура статьи в сверстанном виде на строго ограниченный срок (не более двух дней). В случае невозвращения корректуры к сроку редакция вправе приостановить печатание статьи или печатать ее без визы автора.

13. Автору выдается бесплатно 10 оттисков статьи.

(Утверждено Президиумом Академии наук Грузии
6.2.1969; внесены изменения 10.2.1992)

Адрес редакции: Тбилиси 60, ул. Кутузова, 19, телефоны: 37-22-16, 37-86-42,
37-85-61

Почтовый индекс 380060

№ 360 15 333.
ЦЕНА 15 КУП.

Ур 10/3

ИНДЕКС 76181

УДК 62-50
62-101033