

1968 .



საქართველოს სსრ
ეცნიერებათა აკადემიის

გ მ ა ე ბ ე

*

СООБЩЕНИЯ

АКАДЕМИИ НАУК
ГРУЗИНСКОЙ ССР

*

BULLETIN

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE GEORGIAN SSR

524

ტომი 52 ტომ

№ 1

68

თბილისი 1968 ოქტებრი

საქართველოს სსრ
პეცნიერებათა აკადემიის

ბ მ ა ე ბ ე

*

СООБЩЕНИЯ

АКАДЕМИИ НАУК
ГРУЗИНСКОЙ ССР

*

BULLETIN

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE GEORGIAN SSR

ტომი 52 ტომ

1968

10.692



ს ა რ ე დ ა კ ტ ო რ კ ო ლ ე გ ი ა

- ა. პოპორიშვილი, ბ. გამყრელიძე, დ. გვდევანიშვილი, ი. გვიგენიშვილი (მთ. რედაქტორის მოადგილე), თ. დავითაია, რ. დვალი, ს. დურშიშიძე, ი. ვეჯუა, ნ. კაცხოველი, ვ. კუპრაძე, ნ. ლანდია (მთ. რედაქტორის მოადგილე), ვ. შამასხლისიძე, ვ. შახალიანი, გ. მელიქიშვილი, ნ. მუსხელიშვილი, მ. საბაშვილი, გ. ციციშვილი, გ. წერეთელი, ე. ზარაძე (მთავარი რედაქტორი), ა. ჩანელიძე

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

- А. Т. Бочориевши, И. Н. Векуа, П. Д. Гамкрелидзе, Д. М. Гведешивили,
И. М. Гигинейшвили (зам. главного редактора), Ф. Ф. Давитая, Р. Р. Двали,
А. И. Джanelidze, С. В. Дурмишидзе, Н. Н. Кеиховели, В. Д. Купрадзе,
Н. А. Ландиа (зам. главного редактора), В. И. Мамасახлисов,
В. В. Махалдиани, Г. А. Меликишвили, Н. И. Мухелишвили,
М. Н. Сабашвили, Е. К. Харадзе (главный редактор), Г. В. Церетели,
Г. В. Цишшвили

ქართული ენციკლოპედია 1:40 წილს
ЖУРНАЛ ОСНОВАН В 1949 ГОДУ

ბამოცდის თვეში ერთხელ
ВЫХОДИТ ОДИН РАЗ В МЕСЯЦ

გამომცემლობა „მეცნიერება“
Издательство „Мешинереба“

საქართველოს სსრ
მეცნიერებათა აკადემიის

ბულეტენი

*

СООБЩЕНИЯ
АКАДЕМИИ НАУК
ГРУЗИНСКОЙ ССР

*

BULLETIN
OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE GEORGIAN SSR

ტომი 52 ტომ

№ 1

თბილისი 1968 ОКТЯБРЬ

ს ა რ ე დ ა კ ტ ი ო რ კ ო ლ ე გ ი ა

- ა. ზოქორიშვილი, პ. გამყრელიძე, დ. გედევანიშვილი, ი. გიგინეიშვილი (მთ. რედაქტორის მოადგილე), თ. დავითაია, რ. დვალი, ს. დურმიშიძე, ი. ვეჯუა, ნ. კეცხოველი, ვ. კუპრაძე, ნ. ლანდია (მთ. რედაქტორის მოადგილე), ვ. მამასახლისოვი, ვ. მახალდიანი, გ. მელიქიშვილი, ნ. მუსხელიშვილი, მ. საბაშვილი, გ. ციციშვილი, გ. წერეთელი, ე. ხარაძე (მთავარი რედაქტორი), ა. ჯანელიძე

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

- А. Т. Бочоришвили, И. Н. Векуа, П. Д. Гамкrelidze, Д. М. Гедеванишвили, И. М. Гигинейшвили (зам. главного редактора), Ф. Ф. Давитая, Р. Р. Двали, А. И. Джanelidze, С. В. Дурмишidze, Н. Н. Кеcховели, В. Д. Купрадзе, Н. А. Ландиа (зам. главного редактора), В. И. Мамасახлисов, В. В. Махалдиани, Г. А. Меликишвили, Н. И. Мухелишвили, М. Н. Сабашвили, Е. К. Харадзе (главный редактор), Г. В. Церетели, Г. В. Цицишвили

პასუხისმგებელი მდივანი კ. აბჯანდაძე

Ответственный секретарь К. З. Абжандадзе

ბელმოწერილია დასაბუტდად 29.10.1968; №კვ. № 2120; ანაწყოების ზომა 7×11; ქალაქის ზომა 70×108; ფიზიკური ფურცელი 17; სააღრიცხვო-საგამომცემლო ფურცელი 18,5; ნაბეჭდი ფურცელი 22,5; უფ 01399; ტირაჟი 1500

* * *

Подписано к печати 29.10.1968; зак. № 2120; размер набора 7×11; размер бумаги 70×108; физический лист 17; уч.-издательский лист 18,5; печатный лист 22,5; УЭ 01399; тираж 1500

* * *

გამომცემლობა „მეცნიერება“, თბილისი, 60, კერტუზოვის ქ. 15

Издательство «Мецниереба», Тбилиси, 60, ул. Кутузова, 15

* * *

გამომცემლობა „მეცნიერების“ სტამბა, თბილისი, 60, კერტუზოვის ქ. 15

Типография издательства «Мецниереба», Тбилиси, 60, ул. Кутузова, 15

შ ი ნ ბ ა ა რ ს ი — СОДЕРЖАНИЕ — CONTENTS

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის 50 წლისთავი	13
50-ЛЕТИЕ ТБИЛИССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА	15

მათემატიკა—МАТЕМАТИКА—MATHEMATICS

Н. П. Векуа (академик АН ГССР). Об одном новом способе решения граничной задачи Гильберта для нескольких неизвестных функций	17
*ნ. ვეკუა (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი). რამდენიმე უცნობი ფუნქციისათვის ჰილბერტის ამოცანის ამოხსნის ერთი ახალი წესის შესახებ	20
Ш. Е. Микаладзе (академик АН ГССР). О численном решении нелинейных дифференциальных уравнений, зависящих от параметра	21
*შ. მიკელაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი). პარამეტრზე დამოკიდებული არაწრფივი დიფერენციალური განტოლებების რიცხვითი ამოხსნა	26
Г. М. Мания. Квадратическая погрешность оценки плотности многомерного нормального распределения по данным выборки	27
*გ. მანია. მრავალწევრი შერჩევი მრავალგანზომილებიანი ნორმალური განაწილების სიმკვრივის შეფასების კვადრატული ცდომილება	30
А. И. Пилатовская. Теория свободных разложений в категориях	31
*ა. პილატოვსკაია. კატეგორიებში თავისუფლად დაშლათა თეორია	34

კიბერნეტიკა—КИБЕРНЕТИКА—CYBERNETICS

В. В. Чавчанидзе (член-корреспондент АН ГССР). Применение индуктирующего эвристического программирования к задаче планирования и прогнозирования научных исследований	35
*ვ. ჭავჭავანიძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი). ინდუცირებული ევრისტული პროგრამირების გამოყენება მეცნიერულ გამოკვლევათა პლანირებისა და პროგნოზირების ამოცანებთან	40

ფიზიკა—ФИЗИКА—PHYSICS

Р. И. Джибути, Н. Б. Крупеникова, В. И. Мамасахлисов (академик АН ГССР). К теории фоторасщепления дейтрона при больших энергиях	41
*რ. ჯიბუტი, ნ. კრუპენიკოვა, ვ. მამასახლისოვი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი). მაღალ ენერგიებზე დეიტრონის ფოტოგაბლეჩის თეორიისათვის	46
М. М. Мирианашвили (член-корреспондент АН ГССР), Т. И. Какушадзе. Замещение ионов Fe^{2+} в никелевых ферритах шинельной структуры ионами In^{3+} и Ga^{3+}	47
*მ. მირიანაშვილი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ტ. კაკუშაძე. შინელის სტრუქტურის ნიკელის ფერიტში Fe^{2+} იონების შეცვლა In^{3+} და Ga^{3+} იონებით	50

* ვარსკვლავით აღნიშნული სათაური გვეთვის წინა წერილის რეზიუმეს.

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

* A title marked with an asterisk applies to a summary of the preceding article.

ბეოფიზიკა—ГЕОФИЗИКА—GEOPHYSICS

- Б. К. Балавадзе (член-корреспондент АН ГССР), В. Г. Абашидзе, Г. В. Мумладзе. К изучению локальных деформаций земной коры наклономерным методом 51
- *ბ. ბალავაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ვ. აბაშიძე, გ. მუმლაძე. დაბრისზომის მეოთხედი დეფორმის ქერქის ლოკალური დეფორმაციის შესწავლისათვის 55
- Т. И. Торшелидзе. Результаты спектрографических наблюдений гидроксильного свечения в области 10600—11200 Å в сумерках 57
- *თ. ტორშელიძე, ბინდუი პიდროქსილის ნათების სპექტროგრაფიული დაკვირვებების შედეგები 10600—11200 Å უბანში 62

 ორგანული ქიმია—ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ—
 ORGANIC CHEMISTRY

- ქრ. არეშიძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ე. თაყაიბაძე, ნორმალური ჰექსილის სპირტის ამინირება გუმბრინის მონაწილეობით 63
- *Х. И. Арешидзе (член-корреспондент АН ГССР), Е. К. Таварткиладзе. Амнирование n-гексилового спирта в присутствии гумбрина 68
- И. М. Гвердцители (член-корреспондент АН ГССР), Е. С. Гелашвили. Действие триэтилгермания на некоторые метокси-γ-ацетиленовые гликоли 69
- ი. გვერდწითელი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ე. გელაშვილი, ტრიეთილგერმანიუმის პილარდის მოქმედება ზოგიერთ მეთოქსი-γ-აქტილენურ გლიკოლებზე 73

ფიზიკური ქიმია—ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ—PHYSICAL CHEMISTRY

- Р. И. Агладзе (академик АН ГССР), Д. Е. Карчава, Р. К. Кварацхелия. Об электрохимическом восстановлении азотной кислоты в уксуснокислой среде 75
- *რ. აგლაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი), დ. ქარჩავა, რ. კვარაცხელია. ძმარმეფა გარემოში აზოტმეფას ელექტროქიმიური აღდგენის შესახებ 80
- Э. З. Гомелаури, А. В. Шабля, К. Г. Джанаридзе. К вопросу об определении квантовых выходов фотохромных превращений и экстинкций фотоиндуцированных форм 81
- *ე. გომელაური, ა. შაბლია, კ. ჯანარაძე. ფოტოქრომიული გარდაქმნების კვანტური გამოსავლებისა და ფოტონიდუცირებული ფორმების ექსტინქციების განსაზღვრის საკითხისათვის 86

 ქიმიაში ტექნოლოგია—ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ—
 CHEMICAL TECHNOLOGY

- К. С. Кутателадзе (член-корреспондент АН ГССР), И. Г. Хизанишвили, Р. А. Мамаладзе. Исследование фазового состава и структуры перлитсодержащего фарфора 87
- *კ. კუთათელაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ი. ხიზანიშვილი, რ. მამალაძე. პერლიტის შექცეული ფაფურის ფაზური შედეგნილობისა და სტრუქტურის გამოკვლევა 92



Д. С. Носебидзе, Л. Д. Меликадзе (член-корреспондент АН ГССР). Противитигиговые свойства минеральных масел с присадкой высокодисперсного углерода, получаемого электрокарбонизацией бензола (УЭК6) . . . 93

*ვ. იოსებიძე, ლ. მელიქაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი). ბენზოლის ელექტროკარბონიზაციით მიღებული ნახშირბადის დანამატიანი (УЭК6) მინერალური ზეთების პიტინგსაწინააღმდეგე თვისებები 97

Н. Т. Гофман, Ш. И. Чалаганидзе. О влиянии аннона на электролитическое осаждение железа 99

*ნ. გოფმანი, შ. ქალაგანიძე. ანიონის გავლენა რკინის ელექტროლიტურ გამოლქვაზე 104

ფიზიკური გეოგრაფია—ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ—
PHYSICAL GEOGRAPHY

შ. ცხოვერებაშვილი. ზღვის ნაწვეები ტბის წარმოშობის საკიობისათვის 105

*Ш. А. Цховребашвили. К вопросу о происхождении озера Звгвснацквети 108

ეკონომიკური გეოგრაფია—ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ—
ECONOMIC GEOGRAPHY

Р. Г. Гачечиладзе. К вопросу о производственных типах и зонах специализации сельского хозяйства Турции 109

*რ. გაჩეჩილაძე. თურქეთის სოფლის მეურნეობის საწარმოო ტიპებისა და სპეციალიზაციის ზონების საკიობისათვის 114

გეოლოგია—ГЕОЛОГИЯ—GEOLOGY

Р. А. Ахвледиани, З. А. Қокрашвили, А. Л. Цагарели (член-корреспондент АН ГССР). „Альпийские“ жилы хрустала Большого Кавказа и связанные с ними вопросы тектоники 115

*რ. ახვლედიანი, ზ. კოკრაშვილი, ა. ცაგარელი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი). კავკასიონის შიის ბროლის „ალპური“ ძარღვები და მასთან დაკავშირებული ტექტონიკის საკიობები 120

პალეონტოლოგია—ПАЛЕОНТОЛОГИЯ—PALAEONTOLOGY

Х. Н. Пурцеладзе. Меотическая флора бассейнов рр. Наганеби и Супса по данным палинологического анализа 121

*ხ. ფურცელაძე. მდინარეების—ნატანებისა და სუფსის—აუზის მეოტური ნალექების ფლორა პალეონტოლოგიური მონაცემების მიხედვით 125

პეტროგრაფია—ПЕТРОГРАФИЯ—PETROGRAPHY

Г. С. Кикодзе. К литологии верхнеюрских отложений бассейна р. Псоу (северо-западная Абхазия) 127

*გ. კიკოძე. მდ. ფსოუს აუზის (ჩრდილო-დასავლეთი აფხაზეთი) ზედაიურული ნალექების ლითოლოგიისათვის 132

საწინამშენებლო მექანიკა—СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА—
STRUCTURAL MECHANICS

Н. Г. Хомасуридзе. К решению уравнений пологой сферической оболочки 133

*ნ. ხომასურიძე. დამრტი სფერული გარსის ეანტოლუბათა ამოხსნისათვის 138

- ა. კაკუშაძე, ი. ესაძე. სამშენებლო მექანიკის ძალთა მეთოდის ანალოგიური მეთოდის გამოყენება ფილების გასაანგარიშებლად 139
- *А. М. Какушадзе, Ю. С. Эсадзе. Использование метода, аналогичного методу сил строительной механики для расчета плит 144

მეტალურგია—МЕТАЛЛУРГИЯ—METALLURGY

- М. Я. Бровман. Приближенный метод решения задач теории пластичности 145
- *შ. ბროვმანი. პლასტიკურობის თეორიის ამოცანების შიახლეებითი გადაწყვეტის მეთოდი 150

საბადოთა დამუშავება—РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ— DEPOSIT EXPLOITATION

- Б. И. Есьман, Г. И. Лобжанидзе. Определение гидравлических потерь в кольцевом пространстве при эксцентричном расположении труб 151
- *ბ. ესმანი, გ. ლობჯანიძე. რგოლურ სივრცეში მილების ექსცენტრული განლაგებისას ჰიდრავლიკური დანაკარგების განსაზღვრა 154

ენერგეტიკა—ЭНЕРГЕТИКА—POWER ENGINEERING

- А. Г. Жоржолани. Анализ механизма воздействия электростатического поля на процесс кипения 155
- *ა. ჯორჯოლიანი. დუღილის პროცესზე ელექტროსტატიკური ველის ზეგავლენის მექანიზმის ანალიზი 158

მანქანათმშენებლობა—МАШИНОВЕДЕНИЕ— MECHANICAL ENGINEERING

- დ. თავხელიძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ჯ. უფლისაშვილი, ზ. ნაცვლიშვილი. ერთ-ერთი მოდიფიკაციის სივრცითი ობზერვაცია მექანიზმის რკოლების მდებარეობების ავება 159
- *Д. С. Тавхелидзе (член-корреспондент АН ГССР), Д. М. Уплисашвили, З. С. Нацвлишвили. Построение положения звеньев пространственного четырехзвенного механизма 162
- И. И. Бакрадзе, Э. В. Куцер. Методика теплового расчета металло-полимерных зубчатых передач 163
- *ი. ბაკრაძე, ე. კუცერი. ლითონ-პოლიმერული კბილადაცემების თბური განსჯარისების მეთოდი 168

ელმტრტექნიკა—ЭЛЕКТРОТЕХНИКА—ELECTROTECHNICS

- Л. С. Харатишвили, Д. Л. Беридзе, Н. Г. Харатишвили. Об использовании особых функций для исследования частотного спектра нелинейных реактивных сопротивлений 169
- *ლ. ხარატიშვილი, დ. ბერიძე, ნ. ხარატიშვილი. ერთ კლასის ფუნქციების გამოყენება არაზნური რეაქტიული წინაღობების სიზშირული სპექტრის განსაზღვრისათვის 173

ავტომატიკა და ტელემექანიკა—АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА— AUTOMATICS AND TELEMCHANICS

- Э. Г. Джимшелишвили. Оптимальное управление некоторыми двухмерными тепловыми объектами с распределенными параметрами 175



*ე. ჭიმშელი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ფიზიკის ინსტიტუტი). გენეტიკური მართვა 180

Н. В. Габашвили (член-корреспондент АН ГССР), Т. А. Кирья, Н. Р. Момцелидзе, А. Г. Чачашвили, Л. Л. Чхaidze, А. Г. Эд-
беридзе. Некоторые задачи оптимального управления процессами глубо-
кого бурения 181

*ნ. გაბაშვილი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი),
ტ. ქირია, ნ. მომცელიძე, ა. ჩაჩაშვილი, ლ. ჩხაიძე, ა. ედიბე-
რიძე. ღრმა ბურღვის პროცესების ოპტიმალური მართვის ზოგიერთი ამოცანა 186

მასალათა ტექნოლოგია—ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ—
TECHNOLOGY OF MATERIALS

К. С. Завриев (академик АН ГССР), Ю. Я. Шгаерман. Об одном заб-
луждении в области проектирования состава бетона 187

*ე. ზავრიევი (საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), ი. შტაერმანი.
ბეტონის შემადგენლობის პროექტირების სფეროში ერთ-ერთი ცდომილების შე-
სახებ 190

ბოტანიკა—БОТАНИКА—BOTANY

ლ. ალექევა. გვარ გულერძას... შესწავლისათვის 191

*Л. М. Алоева. К изучению рода... 195

მცენარეთა ფიზიოლოგია—ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ—
PHYSIOLOGY OF PLANTS

ლ. ჯაფარიძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი). ფოთლის ფირ-
ფიტის ასაკობრივი შემცირება 197

*Л. И. Джанаридзе (академик АН ГССР). Возрастное сокращение листовой
пластинки 198

ბიოქიმია—БИОХИМИЯ—BIOCHEMISTRY

С. В. Дурмишидзе (академик АН ГССР). Усвоение растениями некоторых
органических кислот и спиртов из воздуха 201

*ს. დურმიშიძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი). ზოგი-
ერთი ორგანული მჟავისა და სპირტის ათვისება ჰაერიდან მცენარეთა მიერ 205

М. А. Бокучава (член-корреспондент АН ГССР), Г. Н. Прудзе. Иссле-
дование полифенолоксидазы и пероксидазы при хроматографии суммарного
белка листьев чайного растения 207

*მ. ბოკუჩავა (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი),
გ. ფრუძე. პოლიფენოლოქსიდაზისა და პეროქსიდაზის გამოკვლევა ჩაის მცენარის
ფოთლის საერთო ცილის ქრომატოგრაფიის დროს 210

Э. Г. Киргадзе, Н. А. Қаличава. Включение 1,2C¹⁴-ацетальдегида, 1C¹⁴-
этилового спирта и 1 и 2C¹⁴-глицерина в биомассу дрожжей при вторичном
спиртовом брожении 213

*ე. კირთაძე, ნ. ყალიჩავა. 1,2 C¹⁴-აცეტალდეჰიდის, 1 C¹⁴-ეთილის სპირტისა და
1 C¹⁴- და 2 C¹⁴-გლიცერინის ჩართვა საფუერის ბიომასაში მეორეული სპირტული
დუღილის დროს 217

პალეობიოლოგია—ПАЛЕОБИОЛОГИЯ—PALAEOBIOLOGIA

- К. И. Чочиева. Новые данные о позднеплиоценовой-постплиоценовой растительности Западной Грузии 219
- *ე. ჩოჩიევა. ახალი მონაცემები დასავლეთ საქართველოს ზედა პლიოცენური-პოსტპლიოცენური დროის მცენარეული საფარის შესახებ 221
- В. А. Шарашидзе. К истории формирования современной ихтиофауны внутренних водоемов Грузии 223
- *ვ. შარაშიძე. საქართველოს შუა წყალსატევების იხთიოფაუნის ჩამოყალიბების ისტორიისათვის 227

 ზოოლოგია და პარაზიტოლოგია—ЗООЛОГИЯ И ПАРАЗИТОЛОГИЯ—
 ZOOLOGY AND PARASITOLOGY

- ბ. ყურაშვილი, ვ. გურჩიანი. ცხვრის ექინოკოკოზის გამოვლენება ალერგიული რეაქციით 229
- *Б. Е. Курашвили, К. Р. Гурчани. Выявление эхинококкоза овец аллергическими реакциями 231

 პათოლოგიური ანატომია—ПАТОЛОГИЧЕСКАЯ АНАТОМИЯ—
 PATHOLOGIC ANATOMY

- Т. Е. Микеладзе. Структурные и некоторые гистохимические изменения почек кроликов в динамике экспериментального литогенеза 233
- *თ. მიკელაძე. თირკმლის სტრუქტურული და ჰისტოქიმიური ცვლილებები ექსპერიმენტული ლითოგენეზის დინამიკაში 238

 ნორმალური ფიზიოლოგია—НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ—
 NORMAL PHYSIOLOGY

- С. П. Нарикашвили (член-корреспондент АН ГССР), В. С. Арутюнов, В. И. Малолетнев. Влияние электрического раздражения первичной сенсорной зоны на ассоциативную область коры больших полушарий головного мозга кошки 239
- *ს. ნარიკაშვილი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ვ. არუთიუნოვი, ვ. მალოლეტნევი. კატის დიდი ტუჩის ქერქის პირველადი სენსორული ზონის ელემენტური გაღიზიანების გავლენა ასოციაციურ უბანზე 242

ფილოსოფია—ФИЛОСОФИЯ—PHILOSOPHY

- Л. И. Мchedlishvili. Об одном свойстве адекватных матриц для исчисления строгой импликации Аккермана и следования Андерсона и Белнапа 243
- *ლ. მჭედლიშვილი. აკერმანის მკაცრი იმპლიკაციისა და ანდერსონისა და ბელნაპის გამოყვანილობის აღრიცხვებისთვის ადეკვატური მატრიცების ერთი თვისების შესახებ 246

ფსიქოლოგია—ПСИХОЛОГИЯ—PSYCHOLOGY

- З. И. Ходжава. «После-эффект перемещения» в опытах Келера и Волаха как контрастная иллюзия установки 247
- *ზ. ხოჯავა. «გადადგილების მომდევნო ეფექტი» კელერისა და ვოლახის ცდებში როგორც განწყობის კონტრასტული ილუზია 252

ენათმეცნიერება—ЯЗЫКОЗНАНИЕ—LINGUISTICS

- არნ. ჩიქობავა (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი). ზოგადი ენათმეცნიერების საყენებო საითხებო და იბეროულ-კავკასიური ენათმეცნიერება 253

*არი. Чикобава (академик АН ГССР). Узловые вопросы современной общей лингвистики и иберийско-кавказское языкознание	257
---	-----

ფილოლოგია—ФИЛОЛОГИЯ—PHILOLOGY

ბ. სარჯველაძე. ჰემეტობის გადმონათობი X საუკუნის სინურ ხელნაწერებში . . .	259
*З. А. Сарджвеладзе. Пережитки назмѣтных форм в синайских рукописях X века	261
ე. ხინთიბიძე. „ვეფხისტყაოსნის“ ერთი ეტიოლოგიური ცნება	263
*Э. Г. Хинтибидзе. Одно этическое понятие „Ведхистқаосანი“	268

ხელოვნების ისტორია—ИСТОРИЯ ИСКУССТВА—HISTORY OF ART

Б. А. Гулисашвили. Лады грузинских народных песен с инструментальным сопровождением и инструментальной музыки	269
*მ. ცულისაშვილი. კლოები პართელ ხალხურ სიმღერებში საკრავიერი თანხლებით და საკრავიერ შესვლამდე	274



თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის 50 წლისთავი

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტს არსებობის 50 წელი შეუსრულდა. ჩვენი სამეცნიერო საზოგადოებრიობა და მთელი ქართველი ხალხი დიდის ზემოთ აღნიშნავს ამ თარიღს.

ერთობ დიდა თბილისის უნივერსიტეტის დამსახურება ქართული კულტურის წინაშე, რომლის ყოველი დარგი — სახალხო განათლება, მეცნიერება, ლიტერატურა, ხელოვნება — უშუალოდ დაკავშირებულია თბილისის უნივერსიტეტთან, ეროვნული კულტურის ამ დიად ტაძართან.

50 წლის მანძილზე თბილისის უნივერსიტეტმა დიდი და სახელოვანი გზა განვლო. მან აღადგინა, განაგრძო და განავითარა ტრადიციები, რომლებიც ჯერ კიდევ შუასაუკუნეების საქართველოს სასწავლო-სამეცნიერო კერებში შეიქმნა, მაგრამ შემდგომ ისტორიის ბედისტრიალმა ხანგრძლივი დროით შებორკა.

დიდი ოქტომბრის სოციალისტური რევოლუციის გამარჯვებამ წარმოშვა პირობები იმისათვის, რომ განხორციელებულიყო მოწინავე ქართველი საზოგადოების ოცნება და საქართველოში უნივერსიტეტი დაარსებულიყო. საბჭოთა ხელისუფლების დამყარების შემდეგ უნივერსიტეტმა სწრაფი ზრდა იწყო და მალე იმდენად დიდ და მრავალფეროვან უმაღლეს სასწავლებლად იქცა, რომ მისი ფაკულტეტების ბაზაზე შეიქმნა რამდენიმე დამოუკიდებელი სასწავლო ინსტიტუტი: პოლიტექნიკური, სასოფლო-სამეურნეო, სამედიცინო. უნივერსიტეტმა დიდად შეუწყო ხელი პედაგოგიური ინსტიტუტების დაარსებასა და განვითარებას თბილისში, ქუთაისში, ბათუმში, სოხუმში, გორში, ცხინვალსა და თელავში. 1933 წლიდან უნივერსიტეტთან დაარსდა სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტები: მათემატიკის, გეოლოგიის, გეოგრაფიის, ფიზიოლოგიის, ფიზიკის, ენისა და ლიტერატურის, ხელოვნებისა და ისტორიის, რომლებიც შემდგომ გამოეყვნენ უნივერსიტეტს და გაერთიანდნენ სსრ კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის საქართველოს ფილიალში, ხოლო 1941 წლიდან მათ ბაზაზე შეიქმნა ქართული მეცნიერების დიდი კერა — საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია, რომლის პირველ თხუ-

თმეტ დამფუძნებელ აკადემიკოსთა შორის ცამეტი უნივერსიტეტის პროფესორი იყო.

თბილისის უნივერსიტეტმა დიდი წვლილი შეიტანა სამამულო მეცნიერების განვითარების საქმეში. უნივერსიტეტში საფუძველი ჩაეყარა მეცნიერულ სკოლებს, რომლებმაც დიდი ავტორიტეტი მოუპოვეს ქართულ მეცნიერებას სსრ კავშირში და მის ფარგლებს გარეთ.

უნივერსიტეტში ისწავლება 600-მდე დისციპლინა. აქ ამზადებენ 100-მდე სპეციალობის კადრებს. დაარსებიდან დღემდე უნივერსიტეტმა გამოუშვა 40 ათასამდე სპეციალისტი. უნივერსიტეტის კურსდამთავრებულთაგან ამჟამად 40-ზე მეტი საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრი და წევრ-კორესპონდენტია.

უნივერსიტეტის განვითარება 50 წლის მანძილზე ბრწყინვალე დადასტურებაა დიდი ოქტომბრის სასიცოცხლო ძალისა, პარტიისა და მთავრობის ბრძნული ხელმძღვანელობისა და მზრუნველობისა. ჩვენი პარტიისა და ხალხის მიერ თბილისის უნივერსიტეტის მოღვაწეობის მაღალი შეფასება აღაფრთოვანებს ქართველ მეცნიერთ შემოქმედებისათვის და თავდადებული შრომისათვის ასალგაზრდობის აღსაზრდელად.

ჩვენი ქურნალის ავტორთა კოლექტივის დიდი ნაწილი თბილისის უნივერსიტეტთანაა დაკავშირებული სამეცნიერო-პედაგოგიური მოღვაწეობით. ქურნალი ყოველწლიურად ბეჭდავს 500-მდე სამეცნიერო წერილს. მათი დიდი ნაწილი უნივერსიტეტის მუშაკების კალამს ეკუთვნის.

50 წლის იუბილეს დღეებში მივესალმებით თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტს, მის კოლექტივს — ჩვენი ქურნალის ავტორებსა და მკითხველებს — და ვუსურვებთ სახელოვან იუბილარს დიდ წარმატებებს მაღალკვალიფიციური სპეციალისტების პატრიოტულ-ინტერნაციონალური, კომუნისტური სულისკვეთებით აღზრდაში, ვუსურვებთ საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიასთან ტრადიციული კავშირის კიდევ უფრო მეტად განმტკიცებასა და გაფართოებას, მოწინავე საბჭოთა მეცნიერების საგანპურში ახალ-ახალი წვლილის მიტანას.



50-ЛЕТИЕ ТБИЛИССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Тбилисскому государственному университету исполнилось 50 лет. Наша научная общественность и весь грузинский народ торжественно отмечают эту дату.

Велики заслуги университета перед грузинской культурой, каждая область которой—народное просвещение, наука, литература, искусство—непосредственно связана с университетом, этим подлинным храмом национальной культуры.

На протяжении 50 лет Тбилисский университет прошел большой и славный путь. Он восстановил, продолжил и развивает традиции, которые были созданы еще в средневековых учебно-научных очагах Грузии, но впоследствии надолго были скованы суровыми историческими судьбами.

Победа великой Октябрьской социалистической революции создала условия, при которых могла осуществиться мечта передовых людей Грузии об учреждении университета в Тбилиси. С установлением советской власти университет испытал быстрый рост и вскоре он превратился в столь большое многопрофильное высшее учебное заведение, что на базе его факультетов были созданы несколько независимых высших учебных заведений: политехнический, сельскохозяйственный, медицинский институты. Университет способствовал созданию и развитию педагогических институтов в Тбилиси, Кутаиси, Батуми, Сухуми, Гори, Цхинвали и Телави. С 1933 года при университете были организованы научно-исследовательские институты: математики, геологии, географии, физиологии, физики, языка и литературы, искусства и истории. Впоследствии они выделились из университета и объединились в системе Грузинского филиала Академии наук СССР, а с 1941 года на их базе была уч-

реждена Академия наук Грузинской ССР—крупный очаг грузинской науки. Среди первых пятнадцати академиков-учредителей тринадцать являлись профессорами университета.

Тбилисский университет внес крупный вклад в развитие отечественной науки. В университете были заложены основы научных школ, труды которых прославили грузинскую науку в Союзе ССР и за его пределами.

В университете преподается до 600 дисциплин. Здесь готовят кадры почти по 100 специальностям. С основания по настоящее время университетом подготовлено около 40 тысяч специалистов. Из окончивших курс университета свыше сорока являются ныне действительными членами и членами-корреспондентами АН Грузинской ССР.

Развитие университета за 50 лет— яркое свидетельство жизненной силы Великого Октября, мудрого руководства и заботы партии и правительства. Признание и высокая оценка партией и народом роли Тбилисского университета в развитии народного хозяйства и культуры страны вдохновляют грузинских ученых на творчество и самоотверженный труд по воспитанию молодежи.

Большая часть авторского коллектива нашего журнала связана с университетом научно-педагогической деятельностью. Журнал ежегодно печатает до 500 научных статей. Значительная часть их принадлежит перу работников университета.

В дни 50-летнего юбилея мы приветствуем Тбилисский государственный университет, его коллектив—авторов и читателей нашего журнала—и выражаем славному юбиляру пожелания больших достижений в подготовке высококвалифицированных специалистов для народного хозяйства и культуры нашей страны, воспитанных в духе патриотизма и интернационализма, беззаветно преданных идеалам коммунизма, пожелания крепить традиционные связи с Академией наук Грузинской ССР, вносить новый существенный вклад в сокровищницу передовой советской науки.

Н. П. ВЕКУА
(академик АН ГССР)

ОБ ОДНОМ НОВОМ СПОСОБЕ РЕШЕНИЯ ГРАНИЧНОЙ ЗАДАЧИ ГИЛЬБЕРТА ДЛЯ НЕСКОЛЬКИХ НЕИЗВЕСТНЫХ ФУНКЦИЙ

§ 1. Пусть L —совокупность простых замкнутых гладких контуров без общих точек, ограничивающих некоторую конечную связную область D^+ на плоскости комплексной переменной z . Область, дополняющую $D^+ + L$ до полной плоскости, будем обозначать через D^- и считать, что начало координат помещается в D^+ . Положительным направлением на L мы будем считать то, которое оставляет область D^+ слева.

Рассмотрим хорошо известную задачу Гильберта для нескольких неизвестных функций [1—4].

Найти кусочно-голоморфный вектор $\varphi(z) = (\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n)$, имеющий конечный порядок на бесконечности, по граничному условию на L

$$\varphi^+(t_0) = G(t_0) \varphi^-(t_0) + g(t_0), \quad (1.1)$$

где

$$G(t_0) = \|G_{\alpha\beta}(t_0)\| \quad (z, \beta = 1, 2, \dots, n)$$

—матрица, заданная на L , удовлетворяющая условию H и нигде на L не особенная, $g(t_0)$ —заданный вектор, также удовлетворяющий условию H .

Полное решение этой задачи, на основе результатов Племеля [1], дается в работе [2]. В этой работе решение однородной задачи Гильберта дается при помощи приведения задачи к системе уравнений Фредгольма, как это делает Племель [1]. Н. И. Мухелишвили ([4], гл. VI) приводит задачу к сингулярным интегральным уравнениям и дает более простое решение однородной задачи Гильберта.

В настоящей заметке дается новый способ решения однородной задачи Гильберта путем приведения к новой системе интегральных уравнений Фредгольма, которая получается сравнительно проще, чем упомянутая выше система Племеля.

§ 2. Рассмотрим однородную задачу Гильберта, соответствующую задаче (1.1)

$$\varphi^+(t_0) = G(t_0) \varphi^-(t_0). \quad (2.1)$$



Будем предполагать, что граничные значения $\varphi^+(t_0)$ и $\varphi^-(t_0)$ удовлетворяют условию H . При помощи канонической системы решения¹ можно показать, что граничные значения $\varphi^+(t_0)$ и $\varphi^-(t_0)$ всякого решения $\varphi(z)$ этой задачи удовлетворяют условию H .

Будем искать решения задачи Гильберта (2.1) в следующем виде:

$$\begin{aligned}\varphi(z) &= -\frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{\rho(t) dt}{t-z} + \gamma(z) \quad \text{при } z \in D^-, \\ \varphi(z) &= \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{G(t) \rho(t) dt}{t-z} \quad \text{при } z \in D^+, \end{aligned} \quad (2.2)$$

где $\gamma(z)$ —заданная главная часть на бесконечности искомого вектора $\varphi(z)$:

$$\gamma(z) = (\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n),$$

причем $\gamma_\alpha = \gamma_\alpha(z)$ ($\alpha = 1, 2, \dots, n$)—полиномы, $\rho(t)$ —искомый вектор.

Как легко видеть, любое решение задачи (2.1) можно представить в виде (2.2). Вычисляя граничные значения $\varphi^+(t_0)$ и $\varphi^-(t_0)$ по известным формулам Сохоцкого—Племеля и подставляя в (2.1), получаем для определения $\rho(t)$ следующее сингулярное интегральное уравнение:

$$K\rho \equiv \frac{1}{\pi i} \int_L \frac{\rho(t) dt}{t-t_0} + \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{G^{-1}(t_0)G(t) - E}{t-t_0} \rho(t) dt = \gamma(t_0), \quad (2.3)$$

где E —единичная матрица, $G^{-1}(t_0)$ —матрица, обратная по отношению к $G(t_0)$. Выражение (2.3) представляет собою сингулярные интегральные уравнения первого рода. Уравнение, союзное с уравнением (2.3), имеет вид

$$K'\sigma \equiv -\frac{1}{\pi i} \int_L \frac{\sigma(t) dt}{t-t_0} - \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{G'(t_0)G'^{-1}(t) - E}{t-t_0} \sigma(t) dt = 0, \quad (2.4)$$

где G' —матрица, транспонированная по отношению к G .

Рассмотрим теперь задачу, союзную с исходной задачей (2.1)

$$\psi^+(t_0) = G^{-1}(t_0) \psi^-(t_0) \quad (2.5)$$

и будем искать исчезающие на бесконечности решения этой задачи в следующем виде:

$$\psi(z) = -\frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{\sigma(t) dt}{t-z} \quad \text{при } z \in D^-, \quad (2.6)$$

¹ В конце этого параграфа укажем способ построения канонической системы решения однородной задачи Гильберта (2.1).

$$\psi(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{G^{-1}(t) \sigma(t) dt}{t-z} \quad \text{при } z \in D^+.$$

Очевидно, что любое решение задачи (2.5) можно представить в виде выражения (2.6). Вычисляя граничные значения $\psi^+(t_0)$, $\psi^-(t_0)$ по формулам Сохоцкого—Племеля и подставляя их в условие (2.5), получаем уравнение (2.4).

Рассмотрим интегральный оператор S , определенный формулой

$$S\mu \equiv \frac{1}{\pi i} \int_L \frac{\mu(t) dt}{t-t_0}. \quad (2.7)$$

Будем иметь (см. [4], § 32)

$$S^2 \mu = \mu. \quad (2.8)$$

Принимая во внимание, что $S\gamma = \gamma$, в силу равенства (2.8) заключаем, что уравнение (2.3) эквивалентно уравнению Фредгольма второго рода

$$SK\rho \equiv \rho(t_0) + \frac{1}{\pi i} \int_L K(t_0, \tau) \rho(\tau) d\tau = \gamma(t_0), \quad (2.9)$$

где

$$K(t_0, \tau) = \frac{1}{2\pi i} \int_L \frac{G^{-1}(t) G(\tau) - E}{(\tau-t)(t-t_0)} dt.$$

Из приведенных выше рассуждений вытекает, что граничная задача Гильберта (2.1) эквивалентна, в вполне понятном смысле, уравнению Фредгольма (2.9).

Докажем теперь следующую теорему.

Теорема. Если союзная однородная задача (2.5) не имеет исчезающих на бесконечности решений, то уравнение (2.9) разрешимо и каждое решение этого уравнения нули помощи формулы (2.2) даст определенное решение задачи (2.1); таким путем получают все решения этой задачи.

Так как задача (2.1) и уравнение (2.9) эквивалентны (в указанном выше смысле), то необходимое и достаточное условие разрешимости задачи (2.1) (с заданной главной частью $\gamma(z)$ на бесконечности) имеет вид

$$\int_L \gamma(t) \nu(t) dt = 0, \quad (2.10)$$

где $\nu(t)$ —любое решение уравнения

$$K' S \nu = 0,$$

союзного с уравнением (2.9). Очевидно, что $Sv = \sigma$, т. е.

$$v = S\sigma, \quad (2.11)$$

где σ —решение уравнения (2.4).

Так как по условию задача (2.5) не имеет исчезающих на бесконечности решений, то из (2.6) заключаем, что

$$\sigma(t) = \Omega^+(t), \quad (2.12)$$

где $\Omega^+(t)$ —граничное значение на L голоморфного в области D^+ вектора. В силу равенства (2.12) из (2.11) получаем

$$v = \Omega^+(t).$$

Следовательно, условие (2.10) принимает вид

$$\int_L \gamma(t) \Omega^+(t) dt = 0.$$

Это условие действительно выполняется, и наша теорема доказана.

Как известно ([3], § 4), в этой теореме к указанному частному случаю может быть сведен самый общий случай.

После этого очевидно, что ([3], § 4, 5) можно построить каноническую систему решений однородной задачи Гильберта и дать полное решение как однородной, так и неоднородной задачи Гильберта.

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

(Поступило 17.4.1968)

მათემატიკა

6. შეშვა

(საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი)

კანონიკური უცნობი ფუნქციისათვის ჰილბერტის ამოცანის ამოხსნის ერთი ახალი წესის შესახებ

რეზიუმე

შრომში მოცემულია ჰილბერტის ამოცანის ამოხსნის ახალი წესი მისი ლოკალიზაციის ტიპის გარკვეულ სისტემაზე დაყვანის გზით. ეს სისტემა უფრო მარტივად მიიღება, ვიდრე პლემელის ცნობილი სისტემა. ამასთან იგი საშუალებას იძლევა ამოხსნათა კანონიკური სისტემა ავადოთ ჩვეულებრივი წესით.

დათარგმნებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. S. Plemelj. Monatsheft für Math. und Phys., XIX, 1908.
2. Н. И. Мусхелишвили, Н. П. Векуа. Труды Тбилисского матем. ин-та, XII, 1943.
3. Н. П. Векуа. Системы сингулярных интегральных уравнений. М.—Л., 1950.
4. Н. И. Мусхелишвили. Сингулярные интегральные уравнения. М., 1962.

Ш. Е. МИКЕЛАДЗЕ
 (академик АН ГССР)

О ЧИСЛЕННОМ РЕШЕНИИ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ, ЗАВИСЯЩИХ ОТ ПАРАМЕТРА

В настоящей заметке излагается метод численного решения двухточечных краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений (вообще нелинейных), зависящих от параметра τ , каждому собственному значению которого соответствует только одна собственная функция. Под этот случай подходит, например, задача о продольном изгибе шарнирно закрепленного стержня. Численное решение дифференциального уравнения изогнутой оси такого стержня приводит к численному решению задачи со сплошным спектром собственных значений.

В дальнейшем изложении будут сохранены по возможности обозначения и теоремы заметок [1—3].

1. Рассмотрим дифференциальное уравнение порядка n (вообще нелинейное)

$$y^{(n)} = f(x, y, y', \dots, y^{(n-1)}, \tau) \quad (a \leq x \leq b), \quad (1)$$

и пусть для каждого значения τ из некоторого конечного отрезка (из области существования характеристических чисел задачи) существует одно решение $y(x, \tau)$ уравнения (1), непрерывное на отрезке $A = b - a$ вместе со своими $m + n$ первыми производными, принадлежащее классу $C^{(m+n)}(M, A)$, удовлетворяющее заданным краевым условиям.

В заметке [2] было показано, что для отрезка A и функции y , удовлетворяющей указанным в предыдущем абзаце условиям, выполняются равенства

$$y^{(k)}(a + ht_3) = \sum_{i=0}^{n-k-1} \frac{(ht_3)^i}{i!} y^{(k+i)}(a) + h^{n-k} \sum_{s=1}^m A_{\tau, k}^s y^{(n)}(a + ht_s) + R_{\tau, k}^s, \quad (2)$$

справедливые для внутренних интерполяционных узлов отрезка A , когда t_3 пробегает значения t_1, t_2, \dots, t_m .



Весьма полезны и другие два равенства, полученные в заметке [2] для конечных точек отрезка A при $t_{\frac{1}{2}} = t_{m+1}$. Они набраны (стр. 265) с опечатками, и если исправить опечатки, то получится

$$y^{(k)}(a + ht_{m+1}) = y^{(k)}(b) = \sum_{\lambda=0}^{n-k-1} \frac{(ht_{m+1})^\lambda}{\lambda!} y^{(k+\lambda)}(a) + \\ + h^{n-k} \sum_{\nu=1}^m \tilde{A}_{\nu,k}^{0,m+1} y^{(n)}(a + ht_{\nu}) + R_{m,k}^{0,m+1}, \quad (3)$$

$$y^{(k)}(a) = \sum_{\lambda=0}^{n-k-1} \frac{(-A)^\lambda}{\lambda!} y^{(k+\lambda)}(b) + (-h)^{n-k} \sum_{\nu=1}^m \tilde{A}_{\nu,k}^{0,m+1} y^{(n)}(b - ht_{\nu}) + \\ + \frac{(-h)^{m+n-k}}{(n-k-1)!} \int_0^{t_{m+1}} (t_{m+1} - t)^{n-k-1} P_m(t) y^{(n)}(b - ht, b - ht_1, \dots, b - ht_m) dt. \quad (4)$$

Этими формулами мы и будем постоянно пользоваться для конструирования численных методов решения граничных задач и задач о собственных значениях.

Для отыскания собственных значений и соответствующих им собственных функций остается присоединить к равенствам (1)–(4) заданные краевые условия и построить полезные методы эффективного вычисления собственных значений τ и соответствующих им собственных функций $y(x, \tau)$.

2. В приложениях встречаются краевые условия многих видов, однако в настоящей заметке мы будем иметь дело лишь с уравнениями (1) с краевыми условиями, определяющими ответ однозначно (на отрезке A).

При неограниченном возрастании m остаточные члены формул (2)–(4) стремятся к 0 и, значит, пренебрегая ими, можно получить для достаточно больших значений m сколь угодно точные равенства, содержащие производные

$$y^{(k)}(a), y^{(k)}(b), y^{(n)}(a + ht_{\nu}) \quad (k = 0, 1, \dots, n-1; \nu = 1, 2, \dots, m), \quad (5)$$

некоторые из которых могут быть заданными числами.

В ряде случаев можно указать краевые условия, позволяющие вместе с уравнениями (2)–(4) (без остаточных членов) сконструировать систему уравнений с неизвестными значениями (5), которые могут зависеть, кроме того, и от параметра τ . Тогда задача нахождения прибли-

женных значений неизвестных производных (5) и параметра τ сводится к задаче вычисления корней построенной системы.

3. Теперь перейдем к вопросу о численном решении построенной в предыдущем абзаце системы уравнений. Будем при этом интересоваться вычислением как характеристических чисел τ , так и отдельно значений $y^{(k)}(x)$ ($k = 0, 1, \dots, n-1$) в точках $a + ht$, ($v = 1, 2, \dots, m$) отрезка A .

Из различных возможных подходов к решению задачи нахождения численных значений $y^{(k)}(x)$ в дискретных точках отрезка A и соответствующего им значения параметра τ мы остановимся подробно на задаче вычисления приближенного значения τ по известным (предварительно вычисленным) значениям $y^{(k)}(x)$ ($k = 0, 1, \dots, n$). В этом случае все сводится к определению τ из равенств для краевых условий как функции от $y^{(m)}(a + v h)$ ($v = 1, 2, \dots, m$), подстановке полученного выражения в (2), решению преобразованной таким образом системы и, наконец, вычислению численного значения τ . В следующем пункте мы проиллюстрируем это на примере с достаточной полнотой.

4. Рассмотрим дифференциальное уравнение упругой линии сжато-изогнутого стержня постоянной жесткости EJ с обоими опертыми концами, сжимаемого продольными силами P , превосходящими эйлерову критическую силу.

Дифференциальное уравнение упругой линии такого стержня имеет вид

$$\frac{d^2 y}{ds^2} = -\tau y \sqrt{1 - \left(\frac{dy}{ds}\right)^2} \quad \left(\tau = \frac{P}{EJ}\right),$$

где s — дуговая абсцисса, отсчитываемая от центра тяжести среднего поперечного сечения, а y — прогиб в точке с абсциссой s .

Разлагая $\sqrt{1 - \left(\frac{dy}{ds}\right)^2}$ в ряд и останавливаясь на втором члене, получаем

$$\frac{d^2 y}{ds^2} = -\tau y \left[1 - 0,5 \left(\frac{dy}{ds}\right)^2 \right].$$

Найдем теперь решение последнего уравнения, удовлетворяющее граничным условиям

$$\text{при } s = 0 \quad y(0) = 0,3265, \quad y'(0) = 0, \quad \text{при } s = 0,5 \quad y(0,5) = 0;$$

τ здесь является неизвестным параметром. Отыскать его, тем самым найдем величину P , вызывающую прогиб $y(0) = 0,3265$ по середине стержня.



Воспользуемся теперь для построения таблицы приближенных значений прогибов и поворотов изогнутого стержня соотношением (9) заметки [2], полагая в нем $a = 0$, $h = 0, 1$. Если принять

$$y''(s) = -\tau \omega(s),$$

где

$$\omega(s) = y(s) [1 - 0,5 y'^2(s)], \quad (6)$$

и удовлетворить граничным условиям, то оно (соотношение) приобретет вид

$$\sigma \tau = 2350,8, \quad (7)$$

где

$$\delta = 850 \omega(0, 1) - 525 \omega(0, 2) + 600 \omega(0, 3) - 25 \omega(0, 4). \quad (8)$$

Поэтому

$$\begin{aligned} y''(0, 1) &= -2350,8 \delta^{-1} \omega(0, 1), & y''(0, 2) &= -2350,8 \delta^{-1} \omega(0, 2), \\ y''(0, 3) &= -2350,8 \delta^{-1} \omega(0, 3), & y''(0, 4) &= -2350,8 \delta^{-1} \omega(0, 4). \end{aligned} \quad (9)$$

Следовательно, восемь основных формул [2], стр. 267, можно переписать в виде

$$\begin{aligned} y(0, 1) &= 0,3265 - 0,0653 \delta^{-1} [502 \omega(0, 1) - 621 \omega(0, 2) + \\ &+ 396 \omega(0, 3) - 97 \omega(0, 4)], \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y(0, 2) &= 0,3265 - 0,0653 \delta^{-1} [1424 \omega(0, 1) - 1392 \omega(0, 2) + \\ &+ 912 \omega(0, 3) - 224 \omega(0, 4)], \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y(0, 3) &= 0,3265 - 0,0653 \delta^{-1} [2376 \omega(0, 1) - 1863 \omega(0, 2) + \\ &+ 1458 \omega(0, 3) - 351 \omega(0, 4)], \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y(0, 4) &= 0,3265 - 0,0653 \delta^{-1} [3328 \omega(0, 1) - 2304 \omega(0, 2) + \\ &+ 2304 \omega(0, 3) - 448 \omega(0, 4)], \end{aligned}$$

$$y'(0, 1) = -9,795 \delta^{-1} [55 \omega(0, 1) - 59 \omega(0, 2) + 37 \omega(0, 3) - 9 \omega(0, 4)],$$

$$y'(0, 2) = -9,795 \delta^{-1} [64 \omega(0, 1) - 40 \omega(0, 2) + 32 \omega(0, 3) - 8 \omega(0, 4)],$$

$$y'(0, 3) = -9,795 \delta^{-1} [63 \omega(0, 1) - 27 \omega(0, 2) + 45 \omega(0, 3) - 9 \omega(0, 4)],$$

$$y'(0, 4) = -9,795 \delta^{-1} [64 \omega(0, 1) - 32 \omega(0, 2) + 64 \omega(0, 3)].$$

Для решения полученной системы уравнений обратимся к методу последовательных приближений, принимая за исходные приближения

$$y(0, 1) = y(0, 2) = y(0, 3) = y(0, 4) = 0,3265,$$

$$y'(0, 1) = y'(0, 2) = y'(0, 3) = y'(0, 4) = 0.$$



При помощи этих чисел и правого равенства (6) найдем значения ω :

$$\omega(0,1) = \omega(0,2) = \omega(0,3) = \omega(0,4) = 0,3265,$$

после чего с помощью формулы (8) можно отыскать δ и построить последовательности чисел $y^{(k)}(s)$ ($k=0,1; s=0,1, 0,2, 0,3, 0,4$) способом итерации при помощи полученных выше восьми основных формул.

Продолжая такие вычисления дальше, после пятой итерации приходим к значениям $y^{(k)}(s)$ ($k=0,1; s=0,1, 0,2, 0,3, 0,4$).

Таблица приближенных значений
 $y(s), y'(s), \omega(s), y''(s)$

s	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$y(s)$	0,3265	0,308	0,256	0,182	0,094	0
$-y'(s)$	0	0,365	0,643	0,825	0,921	0,960
$\omega(s)$	0,3265	0,287	0,203	0,120	0,054	0
$-y''(s)$	3,690	3,244	2,299	1,359	0,614	0

Причем из формулы (8) по значениям $\omega(s)$, приведенным в таблице, находим, что $\delta = 208,025$, и, следовательно, значения $y''(s)$, приведенные в конце таблицы, могут быть определены с помощью формул (9), приобретающих вид

$$y''(s) = -11,3006 \omega(s) \quad (s = 0,1, 0,2, 0,3, 0,4),$$

где число 11,3006 есть собственное значение параметра τ , позволяющее отыскать значение сжимающей силы P , при котором прогиб стержня посередине делается равным 0,327 см. Производная $y'(0,5) = -0,960$ вычислялась на основе формулы

$$y'(0,5) = y'(0) + \frac{1}{48} [11 y''(0,1) + y''(0,2) + y''(0,3) + 11 y''(0,4)],$$

полученной вычитанием одного из двух последних равенств заметки [2] из другого.

Наконец, остановимся еще на вычислении собственного значения параметра τ нашей задачи при помощи равенства (7) и будем вести вычисления на один десятичный знак. Получаем $\tau = 11,3$ (вместо точного 11,4).

Таким образом, мы решили задачу о том, какова должна быть величина продольносжимающей силы P , чтобы рассмотренный выше стержень длиной 100 см выгнулся посередине на 0,327 см.

Дальнейшие вычисления показывают, что сила $P = 1,145 P_{кр}$, где $P_{кр}$ есть эйлера критическая сила.

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

Тбилисский государственный
университет

(Поступило 28.5.1968)

შ. შიქელაძე

(საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი)

პარამეტრზე დამოკიდებული არაწრფივი დიფერენციალური
განტოლებების რიცხვითი ამოხსნა

რ ე ზ ი უ მ ე

ნაჩვენებია, რომ (2), (3) და (4) უტოლო ბიჯის მქონე ზოგადი ფორმულე-
ბი გამოდგება პარამეტრზე დამოკიდებული არაწრფივი (1) დიფერენციალური
განტოლების სასაზღვრო და საკუთრივი მნიშვნელობის ამოცანების რიცხვი-
თი ამოხსნისათვის.

შესწავლილია უწყვეტი სპექტრის ამოცანების ამოხსნის საკითხი. განხი-
ლულია ორივე ბოლოთი დაყრდნობილი მუდმივი სიხისტის მქონე ღეროს
დრეკადი წირის განტოლება, როცა ღეროს მკუმშავი ძალები ეილერის კრი-
ტიკულ ძალას აღემატებიან.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ш. Е. Микеладзе. Сообщения АН ГССР, XLV, № 2, 1967.
2. Ш. Е. Микеладзе. Сообщения АН ГССР, XLVII, № 2, 1967.
3. Ш. Е. Микеладзе. Сообщения АН ГССР, XLIX, № 2, 1968.

Г. М. МАНИЯ

КВАДРАТИЧЕСКАЯ ПОГРЕШНОСТЬ ОЦЕНКИ ПЛОТНОСТИ
 МНОГОМЕРНОГО НОРМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
 ПО ДАННЫМ ВЫБОРКИ

(Представлено академиком И. Н. Векуа 12.5.1968)

Пусть, k -мерная генеральная совокупность $X = (X_1, X_2, \dots, X_k)$ распределена нормально $N(a, C)$.

Допустим, что $X^{(1)}, X^{(2)}, \dots, X^{(m)}$ — выборка объема m из генеральной совокупности X . Для оценки a и C рассмотрим выборочный вектор средних арифметических \bar{X} и выборочную матрицу ковариации C^* :

$$\bar{X} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X^{(i)},$$

$$C^* = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m [X^{(i)} - \bar{X}] [X^{(i)} - \bar{X}]'.$$

Для достаточно больших m за оценку плотности генеральной совокупности $n(x/a, C)$, где $x = (x_1, x_2, \dots, x_k)$, примем функцию $n(x/\bar{X}, C^*)$ и в качестве меры погрешности замены $n(x/a, C)$ ее оценкой рассмотрим интеграл

$$\Phi_m = \Phi_m(a, C; \bar{X}, C^*) = \int_{R^k} [n(x/a, C) - n(x/\bar{X}, C^*)]^2 dx. \quad (1)$$

Задача заключается в нахождении предельного распределения для Φ_m , когда $m \rightarrow \infty$.

Обозначим \bar{Y} и Ω выборочный вектор средних арифметических и ковариационную матрицу, вычисленное по данным выборки объема m из генеральной совокупности $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_k)$, распределенной $N(0, I_k)$ (I_p означает единичную матрицу порядка p). Далее обозначим $\Psi_m = \Phi_m(0, I_k; \bar{Y}, \Omega)$. Нетрудно доказать, что

$$\Phi_m = \frac{1}{V \det C} \Psi_m. \quad (2)$$

Как было показано в работе [2],

$$m W_m = \frac{1}{2^{k+1} \pi^{k/2}} V + T_m(\Omega),$$

где V в пределе имеет распределение χ^2 с k степенями свободы, а

$$T_m(\Omega) = \frac{m}{2^k \pi^{k/2}} \left[1 + \frac{1}{V \det \Omega} - \frac{2}{\sqrt{\det \frac{1}{2} (I + \Omega)}} \right].$$

Заметив, что матрица $\sqrt{2}(\Omega - I)$ распределена асимптотически нормально с нулевым средним и некоторой матрицей ковариации L порядка k^2 (см. работу [2], выражение (9)), и функция $f(\Omega) = f(\omega_{ij}) = \frac{1}{V \det \Omega}$ имеет ограниченные частные производные третьего порядка в окрестности точки I_k , получим, что предельное распределение $T_m(\Omega)$ совпадает с распределением квадратичной формы

$$W = \frac{1}{2^{k+2} \pi^{k/2}} \sum_{\gamma, l, r, s} \left[\frac{\partial^2 f(\omega_{ij})}{\partial \omega_{\gamma l} \partial \omega_{rs}} \right]_{I_k} z_{\gamma l} z_{rs}, \quad (3)$$

от компонент вектора $Z = (z_{\gamma l})$, $\gamma, l = 1, 2, \dots, k$, $z_{\gamma l} = z_{l\gamma}$, распределенного $N(0, L)$.

Так как $\frac{1}{(2\pi)^{k/2} \sqrt{\det \Omega}}$ есть значение плотности $n(x/0, \Omega)$ в точке 0, то с помощью формулы обращения $f(\Omega)$ можно представить в следующем виде:

$$f(\Omega) = (2\pi)^{k/2} \frac{1}{(2\pi)^k} \int_{R^k} \exp \left[-\frac{1}{2} \sum_{u, v} \omega_{uv} t_u t_v \right] dt.$$

Продифференцировав это равенство два раза по $\omega_{\gamma l}$ и ω_{rs} , получим

$$\frac{\partial^2 f(\Omega)}{\partial \omega_{\gamma l} \partial \omega_{rs}} = \frac{1}{4 V \det \Omega} (m_{\gamma l} m_{rs} + m_{\gamma r} m_{ls} + m_{\gamma s} m_{lr}),$$

где m_{ij} суть элементы Ω^{-1} .

Теперь очевидно, что

$$\left[\frac{\partial^2 f(\omega_{ij})}{\partial \omega_{\gamma l} \partial \omega_{rs}} \right]_{I_k} = \begin{cases} \frac{3}{4}, & \text{если } \gamma = l = r = s, \\ \frac{1}{4}, & \text{если } \gamma = l \neq r = s \text{ или } \gamma = r \neq l = s \text{ или } \gamma = s \neq l = r, \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$

Поскольку $z_{\gamma l} = z_{l\gamma}$, мы можем в сумме (3) оставить только с $\gamma \leq l$ и $r \leq s$, соответственно умножив коэффициенты при них на 1, если $\gamma = l$, $r = s$, на 2, если $\gamma \neq l$, $r = s$ или $\gamma = l$, $r \neq s$ и на 4, если $\gamma \neq l$, $r \neq s$.

Приняв обозначения

$$Z_1 = (z_{11}, \dots, z_{kh}, z_{12}, \dots, z_{1k}, z_{23}, \dots, z_{2h}, \dots, z_{h-1, h}),$$

$$B = \underbrace{\begin{bmatrix} 3, 1, \dots, 1 \\ 1, 3, \dots, 1 \\ \dots \\ 1, 1, \dots, 3 \end{bmatrix}}_k, \quad M = \begin{bmatrix} B & 0 \\ 0 & 4 I_{\frac{k(k-1)}{2}} \end{bmatrix}, \quad D = \begin{bmatrix} 2 I_h & 0 \\ 0 & I_{\frac{k(k-1)}{2}} \end{bmatrix}$$

имеем

$$W = \frac{1}{2^{k+4} \pi^{k/2}} Z_1' M Z_1,$$

где вектор Z_1 , подвектор вектора Z , распределен $N(0, D)$ (см. работу [2], выражение (9)).

Ясно, что вектор Z_2 , полученный из Z_1 заменой z_{ii} на $z'_{ii} = \frac{z_{ii}}{\sqrt{2}}$, $i = 1, 2, \dots, k$, распределен $N(0, I_{\frac{k(k+1)}{2}})$ и квадратичная форма $Z_1' M Z_1$

как форма от компонент вектора Z_2 имеет матрицу

$$M_1 = 2 \begin{bmatrix} B, & 0 \\ 0, & 2 I_{\frac{k(k-1)}{2}} \end{bmatrix}.$$

Таким образом,

$$W = \frac{1}{2^{k+3} \pi^{k/2}} (W_1 + 2 W_2);$$

W_2 имеет распределение χ^2 с $\frac{k(k-1)}{2}$ степенями свободы, а $W_1 = Z_3' B Z_3$ является квадратичной формой от компонент вектора $Z_3 = (z'_{11}, \dots, z'_{kk})$, распределенного $N(0, I_k)$. С помощью ортогонального преобразования W_1 можно привести к виду $\sum_{i=1}^k \lambda_i \xi_i^2$, где λ_i — характеристические корни матрицы B ($\lambda_1 = \dots = \lambda_{h-1} = 2$, $\lambda_h = k + 2$), а вектор $\xi = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k)$ распределен $N(0, I_h)$.

В итоге предельное распределение $m W_m$ совпадает с распределением линейной комбинации

$$\frac{1}{2^{k+3} \pi^{k/2}} [4 v_1 + 2 v_2 + (k + 2) v_3]$$

трех независимых случайных величин v_1, v_2 и v_3 , распределенных χ^2 соответственно с $k, \frac{(k-1)(k+2)}{2}$ и 1 степенью свободы.

Используя работу [3], получаем, что функция распределения случайной величины $4v_1 + 2v_2 + (k+2)v_3$ имеет вид

$$F(x) = \frac{1}{2} + \sum_{i=0}^{\infty} \frac{a_i}{(k+2)^i} \sum_{j=0}^i (-1)^j C_i^j G_{k \frac{(k+3)}{2} + 2j} \left(\frac{x}{k+2} \right), \quad (4)$$

где $G_f(x)$ означает функцию распределения χ^2 с f степенями свободы, а коэффициенты

$$a_0 = 1, \\ a_i = \left(-\frac{1}{2} \right)^i \sum_{\tau=0}^i \frac{k^{i-\tau} (k-2)^\tau}{\tau! (i-\tau)!} \prod_{l=0}^{\tau-1} (k+2l) \prod_{l=0}^{i-\tau-1} \left[\frac{(k-1)(k+2)}{2} + 2l \right], \\ i = 1, 2, \dots$$

Из работы [3] следует также, что при $k = 1, 2, 3$ остаточный член ряда (4) равномерно стремится к нулю.

Таким образом, предельное распределение квадратической погрешности оценки многомерной нормальной плотности задается соотношением

$$\lim_{m \rightarrow \infty} P \{ m 2^{k+3} \pi^{k/2} \sqrt{\det C} \Phi_m < x \} = F(x).$$

Тбилисский государственный университет

(Поступило 14.5.1968)

მათემატიკა

3. მანია

მოდერული შერჩევით მრავალგანზომილებიანი ნორმალური
 განაწილების სიმკვრივის შემსახვის კვლევითი ცდომილება
 რეზიუმე

მრავალგანზომილებიანი ნორმალური გენერალური ერთობლივობიდან საკმაოდ დიდი მოცულობის შერჩევის საფუძველზე აგებულია განაწილების სიმკვრივის სტატისტიკური შეფასება. შეფასების თეორიული სიმკვრივისაგან გადახრის ზომად აღებულია ინტეგრალი მათი სხვაობის კვლევითიდან. ამ კრიტერიუმის ზღვართი განაწილება ემთხვევა ნორმალურად განაწილებულ შემთხვევით სიდიდეთა დადებითად განსაზღვრული კვლევითი ფორმების ჯამის განაწილებას. დადგენილია კვლევითი ცდომილების ზღვართი განაწილების კანონი.

დადგენილია ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Т. Андерсон. Введение в многомерный статистический анализ, М., 1963.
2. Г. М. Мания. Теория вероятностей и ее применение, № 2, 1968.
3. J. Gurland. Quadratic forms in normally distributed random variables, Sankhya, vol. 17, part I, 1956, 37—50.



А. И. ПИЛАТОВСКАЯ

ТЕОРИЯ СВОБОДНЫХ РАЗЛОЖЕНИЙ В КАТЕГОРИЯХ

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 12.6.1968)

В настоящей работе изучаются свободные объекты и свободные произведения в \mathcal{P} -категории, определенной в работе [1]. Рассматриваются категории \mathfrak{M} , \mathfrak{R}_1 , \mathfrak{R}_2 , замкнутые относительно свободных произведений, и пары функторов

$$L_i: \mathfrak{M} \rightarrow \mathfrak{R}_i, M_i: \mathfrak{R}_i \rightarrow \mathfrak{M}, \quad i = 1, 2,$$

также, что для них выполнены условия I.1 — I.5, а для категории \mathfrak{M} свойства II.1 — II.3 (см. работу [1]).

Наложим на категорию \mathfrak{R} следующие условия:

III. 1. Если $X = \prod_{j \in \mathfrak{J}}^{\mathfrak{R}} X_j(\sigma_j)$, то σ_j — мономорфизм для любого $j \in \mathfrak{J}$.

III.2. Для любого семейства объектов $\{X_j\}_{j \in \mathfrak{J}}$ в \mathfrak{R} и для любых $k, l \in \mathfrak{J}$, $k \neq l$, пересечение $(X_k, \sigma_k) \cap (X_l, \sigma_l)$, где σ_j — канонический морфизм X_j в $\prod_{j \in \mathfrak{J}}^{\mathfrak{R}} X_j$, является либо левым нулем, если такой существует в \mathfrak{R} , либо такого пересечения не найдется ни для одной пары $k, l \in \mathfrak{J}$, $k \neq l$.

Теорема 1. Пусть категория \mathfrak{M} обладает свойствами II.1 — II.3, категории \mathfrak{R}_1 , \mathfrak{R}_2 — свойствами III.1, III.2, а функторы $L_i: \mathfrak{M} \rightarrow \mathfrak{R}_i$, $M_i: \mathfrak{R}_i \rightarrow \mathfrak{M}$, $i = 1, 2$ удовлетворяют условиям I.1 — I.5. Тогда, если \mathfrak{R}_0 — \mathcal{P} -категория категории \mathfrak{R}_1 , \mathfrak{R}_2 относительно M_1 , M_2 , то существует функтор $L_{10}: \mathfrak{R}_1 \rightarrow \mathfrak{R}_0$ такой, что L_{10} сопряжен слева функтору $M_{10}: \mathfrak{R}_0 \rightarrow \mathfrak{R}_1$, $L_i L_{10} = L_i^i: \mathfrak{M} \rightarrow \mathfrak{R}_0$ и канонический морфизм $X \rightarrow XL_{10} M_{10}$ является мономорфизмом для любого $X \in \mathfrak{R}_i$ ($i = 1, 2$).

Теперь потребуем, чтобы выполнялись следующие условия:

III.4. Если $X = \prod_{j \in \mathfrak{J}}^{\mathfrak{R}} X_j(\sigma_j)$, $\mu_j: X_j \rightarrow Y$ — мономорфизмы такие, что $\mu_k \cap \mu_l$ либо не существует, либо левый нуль для любых $k, l \in \mathfrak{J}$, $k \neq l$, то $\mu = \{\mu_j\}_{j \in \mathfrak{J}}: X \rightarrow Y$ — мономорфизм.

III.3. Если \mathfrak{R}_1 и \mathfrak{R}_2 обладают левыми нулями O_1 , O_2 соответственно, то $O_1 M_1$ и $O_2 M_2$ эквивалентны левому нулю в \mathfrak{M} .



III.4. Каждому объекту $X \in \mathfrak{K}_i$ однозначно сопоставлена группа вивалентностей $A_i(X) = \{\eta : X \rightarrow X\} \in \mathfrak{K}_i$, так что если $\mu : V \rightarrow U$ — мономорфизм в \mathfrak{K}_i , то для любого $\eta_V \in A_i(V)$ найдется $\eta_U \in A_i(U)$ такая, что $\eta_V \mu = \mu \eta_U$ ($i = 1, 2$).

Определение. Пусть $\mathfrak{M}, \mathfrak{K}$ — две категории, связанные парой сопряженных функторов $L : \mathfrak{M} \rightarrow \mathfrak{K}, M : \mathfrak{K} \rightarrow \mathfrak{M}$. Тогда будем говорить, что в категории \mathfrak{K} относительно M верна теорема о разложении подобъекта свободного произведения объектов, если из того, что $U = \prod_{j \in \mathfrak{J}}^{\mathfrak{K}} U_j(\sigma_j)$ и $\alpha : V \rightarrow U$ — мономорфизм, следует разложение V в свободном произведении:

$$V = \prod_{j \in K}^{\mathfrak{K}} V_j(\tau_j) \prod_{\substack{j \in N \\ \eta \in A(U)}}^{\mathfrak{K}} V_j^{\eta}(\tau_j^{\eta}) Q_L,$$

где $K = \{j \in \mathfrak{J} \mid \exists (U_j, \sigma_j) \cap (V, \alpha) = (V_j, \tau_j \alpha)\}$, $N \subseteq \mathfrak{J}, (V_j^{\eta}, \tau_j^{\eta} \alpha) = (V, \alpha) \cap (U_j, \sigma_j \eta)$ для некоторых $\eta \in A(U), Q \in \mathfrak{K}$.

Теорема 2. Пусть категория \mathfrak{M} удовлетворяет условиям II.1—II.4, функторы $L_i, M_i, i = 1, 2$, — условиям I.1—1.5, а категории $\mathfrak{K}_1, \mathfrak{K}_2$ — условиям III.1—III.4; пусть \mathfrak{K}_0 — Π -категория категорий $\mathfrak{K}_1, \mathfrak{K}_2$ относительно функторов M_1, M_2 . Тогда если в $\mathfrak{K}_1, \mathfrak{K}_2$ относительно M_1, M_2 верна теорема о разложении подобъекта свободного произведения объектов и всякий подобъект L_i -свободного объекта L_i -свободен, $i = 1, 2$, то из того, что $U = \prod_{j \in \mathfrak{J}}^{\mathfrak{K}_0} U_j(\sigma_j)$ и $\alpha : V \rightarrow U$ — мономорфизм, следует разложение V в свободное произведение вида

$$V = \prod_{j \in K}^{\mathfrak{K}_0} V_j \prod_{\substack{j \in N_i \\ \eta \in A_i(U, M_{i0})}}^{\mathfrak{K}_0} V_j^{i\eta} L_{i0} \prod_{i=1,2}^{\mathfrak{K}_0} W L_i,$$

где

$$K = \{j \in \mathfrak{J} \mid \exists (U_j, \sigma_j) \cap (V, \alpha) = (V_j, \tau_j \alpha)\},$$

$$W \in \mathfrak{K}, N_i \subseteq \mathfrak{J}, (V_j^{i\eta}, \tau_j^{i\eta} \alpha M_{i0}) = (VM_{i0}, \alpha M_{i0}) \cap (U_j M_{i0}, \sigma_j M_{i0} \eta)$$

для некоторых

$$\eta \in A_i(U, M_{i0}), i = 1, 2.$$

Будем говорить, что в категории \mathfrak{K} верна теория L -свободных разложений, если функтор $L : \mathfrak{M} \rightarrow \mathfrak{K}$ сопряжен слева функтору $M : \mathfrak{K} \rightarrow \mathfrak{M}$, если в \mathfrak{K} всякий подобъект L -свободного объекта L -свободен и относительно M верна теорема о разложении подобъекта свобод-

ного произведения объектов. Оказывается, что теорема 1 верна, если $\mathfrak{K}_1, \mathfrak{K}_2$ удовлетворяют только условию III.1, и если в \mathfrak{K}_i есть теория L_i -свободных разложений для $i = 1, 2$. Если же условие III.4 вырождено, т. е. группа $A_i(X)$ состоит из единственного тождественного морфизма для любого $X \in \mathfrak{K}_i$ и $i = 1, 2$, то теорема 2 при сформулированных там условиях утверждает, что в \mathfrak{K}_0 также существует теория L_0 -свободных разложений. (Здесь L_0 может быть L_0^1 или L_0^2 , так как они естественно эквивалентны).

Пусть теперь \mathfrak{M} -категория множеств с отмеченной точкой, $\mathfrak{K}_1 = (\Omega_1, \Lambda_1), \mathfrak{K}_2 = (\Omega_2, \Lambda_2)$ — два многообразия универсальных алгебр, системы операций которых содержат нульарную операцию 0, а Λ_1, Λ_2 включают в себя тождества вида $0 \cdots 0\omega = 0$ для всех $\omega \in \Omega_1, \Omega_2$. Тогда условия III.1 — III.3 автоматически выполняются. Если в \mathfrak{K}_1 и \mathfrak{K}_2 существует теория свободных разложений, то согласно теореме 2 подобъект свободного произведения в $\mathfrak{K}_0 = (\Omega_1 \cup \Omega_2, \Lambda_1 \cup \Lambda_2)$ также представим в виде свободного произведения, т. е. теорема 2 Т. М. Баранович [2] вытекает из нашей теоремы 2. Утверждение теоремы 2 также верно и в случае, когда \mathfrak{M} — категория всех множеств, $\mathfrak{K}_1 = (\Omega_1, \Lambda_1), \mathfrak{K}_2 = (\Omega_2, \Lambda_2)$ — многообразия универсальных алгебр, системы операций которых не пересекаются и не содержат нульарных операций, и в которых выполнены условия III.1, III.2, III.4, и верна теория свободных разложений.

Условия, наложенные на категории и функторы, позволяют рассматривать не только классы универсальных алгебр. Так, например, пусть \mathfrak{M} — категория множеств с двумя отмеченными точками $\{(*, X, +)\}$; \mathfrak{K}_1 — категория неассоциативных тел над полем P с присоединенным формально символом ∞ и T -гомоморфизмов [3]; \mathfrak{K}_2 — категория многообразия $K = (\Omega, \Lambda)$ (Ω содержит нульарную операцию 0, $\Lambda = \{0 \cdots 0\omega = 0, \forall \omega \in \Omega\}$) и всех частичных гомоморфизмов (частичным гомоморфизмом называется в нашем случае гомоморфизм, определенный на некоторой подалгебре, а остальные элементы при этом отображаются в присоединенный формально к каждой алгебре символ ∞); $L_i: \mathfrak{M} \rightarrow \mathfrak{K}_i$ отображает множество $(*, X, +)$ в свободную в классе \mathfrak{K}_i алгебру (или неассоциативное тело), порожденную множеством X ; $M_i: \mathfrak{K}_i \rightarrow \mathfrak{M}$ ставит в соответствие алгебре (или неассоциативному телу) множество его элементов, причем 0 соответствует $*$, а ∞ соответствует $+$.

Поскольку в \mathfrak{K}_1 и \mathfrak{K}_2 выполнены условия III.1—III.3 и верна теория свободных разложений [2 — 4] с вырожденным условием III.4, то в Π -категории \mathfrak{K}_0 согласно теореме 2 также верна теория свободных разложений.

Московский химико-технологический
институт им. Д. И. Менделеева

(Поступило 12.6.1968)

ა. პილათოვსკაია

კატეგორიებში თავისუფლად დასულათა თეორია

რეზიუმე

დამტკიცებულია, რომ, თუ ორ მოცემულ კატეგორიაში სამართლიანია თეორემა ობიექტთა თავისუფალი ნამრავლის ქვეობიექტის დასლადობის შესახებ და, თუ თავისუფალი ობიექტის ყოველი ქვეობიექტი თავისუფალია, მაშინ Π -კატეგორიაში \aleph_0 (იხ. [1]) თავისუფალი ნამრავლის ქვეობიექტი იშლება სპეციალური სახის თავისუფალ ნამრავლად. უნულო უნივერსალურ ალგებრათა მრავალწარმოების თანაკვეთაში ადგილი აქვს თავისუფალ დასლადობას.

დასოვნებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Пилатовская. Сообщения АН ГССР, 51, № 3, 1968.
2. Т. М. Баранович. Матем. сб., 67, № 1, 1965, 135—153.
3. Л. А. Скорняков. Матем. сб., 42, № 4, 1957, 425—440.
4. Л. А. Скорняков. Матем. сб., 44, № 3, 1958, 297—312.



В. В. ЧАВЧАНИДЗЕ
 (член-корреспондент АН ГССР)

ПРИМЕНЕНИЕ ИНДУЦИРУЮЩЕГО ЭВРИСТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ К ЗАДАЧЕ ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Одна из основных задач, стоящих перед науковедением, — разработка методов планирования и прогнозирования научных исследований. Область научного поиска настолько широка и многообразна, что нельзя добиться успеха, используя эвристические приемы программирования, рассчитанные на формализуемые среды. В связи с этим возникает необходимость создания метода неформального и немашинного индуцирования мыслительной деятельности человека в процессе планирования научных исследований.

В результате эвристических опытов, проведенных с целью изучения планирования и прогнозирования научных работ учеными различных специальностей, нами была отработана схема неформального решателя проблем планирования.

С нашей точки зрения, планирование в науке должно быть «по-объектным» (например, проблема клетки, клеточных систем). В этом случае один и тот же объект оказывается освещенным с точки зрения многих наук, а общее число научных целевых проблем резко сокращается. Каждая проблема разворачивается на подпроблемы на структурной основе, причем классификация подпроблем должна быть достаточно полной.

В результате прямых эвристических экспериментов над исследователями, планирующими свою работу, было выяснено, что наиболее эффективными путями научного поиска являются те, которые ведут к кибернетически поставленной цели. Под этим понимается: а) практическое овладение объектом в смысле управления им с предсказуемым и управляемым выходом, возможность неограниченного воспроизведения процесса и практического использования выявившихся особенностей и свойств; б) возможность материального, модельного, имитационного воспроизведения основных естественных механизмов, характеризующих состояние объекта в процессе его функционирования.

После того как цель выбрана в кибернетическом аспекте, встает задача поиска пути исследования, который поведет к ее достижению. Здесь возникает необходимость планирования «вспять», т. е. движения к проблеме от цели путем постановки цепочки критических вопро-

сов для выяснения того, какие затруднения возникают при решении проблемы, и выбора средств для их преодоления. На рис. 1 приведена общая схема планирования решения проблемы.

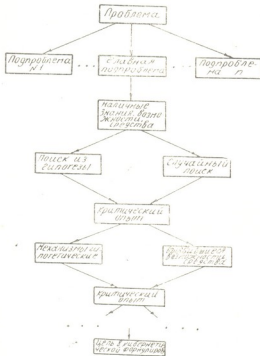


Рис. 1. Схема планирования решения проблемы

Встает вопрос, как психологически индуцировать и сделать наиболее эффективными творческие поиски исследователя, исходя из того, что он должен продвигаться к достижению цели согласно приведенной схеме. Эта задача может быть решена «наведением» испытуемого на цель, удовлетворяющую критериям управляемости, воспроизводимости и универсальности, путем движения по эвристически найденным критическим путям (последовательное, логически оправданное снятие неясностей и затруднений с пути, ведущего к цели).

В эксперименте по планированию и прогнозированию научной проблематики предполагается участие двух лиц — ведущего и испытуемого — и машины. Эксперимент протекает в виде беседы между ведущим и испытуемым, перед которым первый при помощи машины ставит вопросы по заранее отработанной системе.

Основная особенность протекающего психо-интеллектуального процесса заключается в том, что информационная система (ведущий и испытуемый, активно обменивающиеся информацией в целях выра-

ботки оптимального плана решения проблемы) работает в «усилительном режиме». Вопросы, задаваемые ведущим испытуемому, и ответы, даваемые испытуемым ведущему, психически возбуждают обоих, индуцируют их творческие поиски.

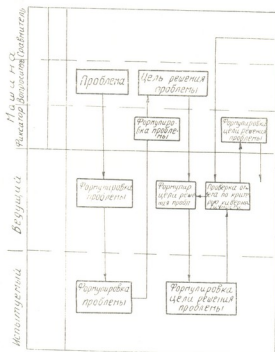


Рис. 2 Фрагмент схемы ведения эксперимента

Требование, предъявляемое к испытуемому, — сочетание глубоких специальных знаний и достаточного научного кругозора.

Неформальная роль ведущего особенно важна, так как широта его научного кругозора, эрудиция и интуиция во многом определяют успех эксперимента. Работа ведущего в пределах возможного должна быть формализована и облегчена, что может быть достигнуто использованием ряда специальных блоков в машине и привлечением к процессу планирования группы экспертов, к которым ведущий может обращаться в случае необходимости.

Машина, от богатства памяти которой во многом зависит успех эксперимента, должна активно стимулировать и побуждать к творческой инициативе испытуемого и ведущего. Учитывая это, представляется целесообразным наметить осуществление следующих блоков: 1) «Вопроситель», 2) «Напоминатель», 3) Решатель», 4) «Сравнитель», 5) «Фиксатор».



Блок «Вопроситель» должен хранить систему критических вопросов, разработанную на основе экспериментально-психологических поисков в процессе проведения серии испытаний над учеными, и выдавать их через систему отображения ведущему для постановки перед испытуемым.

Блок «Напоминатель» должен содержать все необходимые данные, которые могут потребоваться ведущему: перечни подходов, методов, затруднений и т. д.

Блок «Решатель» лишь частично формализован. Формализованная часть его должна содержать критерии, по которым проверяется удовлетворительность решений, принимаемых ведущим в процессе эксперимента. Неформализованная часть этого блока — высказывания экспертов, к мнению которых обращается ведущий в случае затруднений по принятию решения.

Блок «Сравнитель» предназначается для оценки приемлемости ответа испытуемого и дачи ведущему конкретных рекомендаций к его изменению, если оно требуется.

Здесь возникает задача, по постановке эквивалентная решаемой универсальным решателем проблем Ньюэлла, Саймона и Шоу [1—3]: преобразовать заданный объект в желаемый. Разница лишь в том, что среды, с которыми работает программа GPS, формализуемы, а среда, с которой встречается ведущий, неформализуема.

Объекты, с которыми встречается ведущий и в отношении которых возникает задача преобразования, могут быть разделены на три группы: 1) формулировки, определения, даваемые испытуемым (проблема, главная подпроблема, подпроблема, цель решения проблемы, цель решения главной подпроблемы, цель решения подпроблемы); 2) идеи решения, предлагаемые испытуемым (лобовое решение, рабочая идея, проходящая идея), перечни рабочих идей; 3) затруднения, перечисляемые испытуемым (затруднения при лобовом решении, затруднения при отсутствии лобового решения, затруднения с точки зрения проходящих идей), перечни затруднений.

Требования, которые ведущий должен предъявлять к объектам, специфичны для каждой из групп. Так, объекты первого рода должны удовлетворять критерию кибернетичности, объекты второго рода — критерию приемлемости, объекты третьего рода — критерию полноты. На основе этого для «Сравнителя» была разработана система неформальных различий и операторов, что дает ведущему возможность использовать специальную схему сравнения.

Блок «Фиксатор» предназначается для хранения ответов испытуемого, которые по желанию ведущего могут быть перенесены в этот блок с табло (система отображения) или выданы из него на табло.

что позволяет лучше ориентироваться в процессе эксперимента испытуемому, так и ведущему.

Нами была разработана схема ведения эксперимента с помощью неформального решателя проблем планирования. На рис. 2 приведен фрагмент из этой схемы. Здесь выделены три дорожки для испытуемого, ведущего и машины, которые соответственно дают наглядное представление об их действиях в процессе выработки оптимального плана решения научной проблемы.

Эксперимент начинается с вопроса «Проблема», подсказываемого ведущему «Вопросителем». Ведущий ставит вопрос «Формулировка проблемы», испытуемый дает ответ «Формулировка проблемы», который заносится в «Фиксатор», после чего весь цикл перехода действий от машины через ведущего к испытуемому повторяется.

Особенностью предлагаемой схемы является наличие циклов, позволяющих многократно проходить определенные участки эксперимента.

В результате эксперимента вырабатываются формулировка проблемы, формулировка цели решения проблемы, формулировка главной подпроблемы, формулировка цели решения главной подпроблемы, идея решения главной подпроблемы и план решения главной подпроблемы.

Для оценки результатов, получаемых методом индуцирующего эвристического программирования, в качестве испытуемых приглашались ученые, руководящие теми или иными научными коллективами и привыкшие планировать их работу.

Ученому сначала предлагали самостоятельно (без наводящих вопросов) рассказать о том, над какой проблемой он работает, какие ставит перед собой цели и как планирует решение проблемы, а затем проводился эксперимент по вышеупомянутой схеме с участием «режиссера» — ведущего. Результаты, полученные в обоих случаях, сравнивались.

Поскольку в настоящее время схема еще не готова к испытанию на ЭЦВМ, использовалась система перфокарт, представляющая собой простейшую механическую реализацию схемы эксперимента. Эксперимент протекает в виде беседы между ведущим и испытуемым, которая записывается на магнитофон, фиксируется в виде протокола вопросов и ответов и заносится на перфокарты.

Как показывает опыт, испытуемые быстро осваиваются в новой обстановке и соглашаются с кибернетической постановкой цели решения проблемы, что дает возможность успешно довести эксперимент до конца. Они признают, что кибернетически поставленная цель позволит в несколько раз ускорить решение проблемы.

Результаты, получаемые при использовании неформального решателя проблем планирования, значительно глубже, полней и конкретней, чем те сведения, которые сообщаются исследователем в первой части опыта. Все без исключения испытуемые отмечают, что в конце опыта они стали лучше, ясней, в новом аспекте представлять свои планы, указывают на необходимость широкого практического использования описываемого метода при планировании научных работ.

Следует ожидать, что дальнейшая доработка схемы неформального решателя проблем планирования, максимально возможная формализация и технически совершенная реализация описанных блоков и системы отображения повысят эффективность описанного подхода к планированию и прогнозированию научных исследований. При этом возникает ряд интересных в психологическом плане аспектов, таких как изучение влияния обстановки эксперимента на испытуемого, подбор ведущих, подбор испытуемых, роль экспертов, что требует специального исследования.

Академия наук Грузинской ССР

Институт кибернетики

(Поступило 19.6.1968)

კიბერნეტიკა

3. შავჩანიძე

(საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი)

ინფორმაციული მცხრისტიკული პროგრამირების გამოყენება
 მეცნიერულ გამოკვლევებთან კლანიტივისა და პროგნოზირების
 ამოცანებთან

რეზიუმე

ერთ-ერთი ძირითადი ამოცანა, რომელიც დგას მეცნიერებამცოდნეობის წინაშე, არის მეცნიერულ კვლევათა პლანიტივისა და პროგნოზირების მეტოდის დამუშავება. მეცნიერული ძიების მზარის სპეციფიკა არ იძლევა საშუალებას გავითვალისწინოთ წარმატება პროგრამირების ევრისტიკული ხერხებისა, რომლებიც ფორმალიზებული ფენებისთვისაა დამუშავებული. ამასთან დაკავშირებით აუცილებელი ხდება მეცნიერულ გამოკვლევათა პლანიტივის პროცესში შეიქმნას ადამიანის აზროვნული მოქმედების არაფორმალური და არამანქანური ინდუტირების მეტოდი.

შრომაში აღწერილია პლანიტივის პრობლემათა არაფორმალური ამომხსნეული, რომელსაც საფუძვლად უდევს მაინდუტირებელი ევრისტიკული პროგრამირება.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. A. Newell, J. C. Shaw, H. A. Simon. Computers a. Automation, 8, № 7, 1959, 10—16.
2. А. Ньюэлл, Дж. Шоу, Г. Саймон. В сб. „Самоорганизующиеся системы“, М., 1964, 211—261.
3. А. Ньюэлл, Г. Саймон. В сб. „Вычислительные машины и мышление“, М., 1967, 283—301.



Р. И. ДЖИБУТИ, Н. Б. КРУПЕННИКОВА
В. И. МАМАСАХЛИСОВ (академик АН ГССР)

К ТЕОРИИ ФОТОРАСЩЕПЛЕНИЯ ДЕЙТРОНА ПРИ БОЛЬШИХ ЭНЕРГИЯХ

Сравнение результатов многочисленных теоретических работ по фоторасщеплению дейтрона с экспериментальными данными приводит к заключению, что в теории не учитываются некие важные факторы [1]. Если при энергиях γ -квантов $E_\gamma < 100$ Мэв экспериментальные факты удовлетворительно объясняются теорией, учитывающей лишь $E1$ переходы с использованием теоремы Зигерта, при $E_\gamma > 100$ Мэв такое рассмотрение ведет к большому расхождению с опытом. Для больших энергий расчеты были дополнены: 1) учетом высших мультиполей [2]; 2) учетом эффектов запаздывания [3]; 3) учетом релятивистских эффектов [4]. Первые два эффекта оказались существенными, однако проблема до сих пор остается открытой, так как пока не удалось достичь согласия с экспериментом. В частности, экспериментальная кривая полного сечения фоторасщепления дейтрона при $E_\gamma > 100$ Мэв проходит значительно выше теоретической кривой. Далее, совершенно непонятен с точки зрения существующей теории факт изменения знака при $E_\gamma = 140$ Мэв функции асимметрии, присутствующей в угловом распределении при фоторасщеплении дейтрона поляризованными γ -квантами. Отметим, что попытки усовершенствования волновых функций начального и конечного состояний не привели к существенным изменениям в теории [2]. С другой стороны, обычная мультипольная трактовка фотоэффекта реально не учитывает обменных токов, и можно предположить, что разногласия теории и эксперимента связаны с проявлением мезонных эффектов [5].

В данной работе проводится расчет сечения фоторасщепления дейтрона без разложения вектор-потенциала электромагнитной волны по мультиполям с учетом токов виртуальных мезонов. Причем последние вводятся феноменологически—это обменные токи Майорана и токи, обусловленные зависящим от скорости потенциалом Грина. В таком подходе не учитывается фоторождение реального π -мезона, поэтому результаты расчетов можно распространить лишь на область энергий γ -кванта до порога рождения π -мезона. В области энергий выше порога рождения π -мезона мезонные



эффекты, как известно, можно учесть на основе феноменологической модели Вильсона [6], согласно которой на один нуклон рождается π -мезон, который затем поглощается.

Гамильтониан взаимодействия γ -кванта с дейтроном без разложения вектор-потенциала по мультиполям с учетом обменного тока и тока, вызванного зависящим от скорости потенциалом Грина, имеет вид

$$\begin{aligned}
 H' = & \frac{ieh}{2Mc} \left\{ \exp \left[i \vec{k}_\gamma \frac{\vec{r}}{2} \right] \vec{\nabla} \vec{n} (1 + \tau_3(1)) - \exp \left[-i \vec{k}_\gamma \frac{\vec{r}}{2} \right] \vec{\nabla} \vec{n} (1 + \tau_3(2)) + \right. \\
 & + \exp \left[-i \vec{k}_\gamma \frac{\vec{r}}{2} \right] [\vec{k}_\gamma \vec{n}] \frac{1}{2} \bar{\sigma}_2 [(\mu_p + \mu_n) + (\mu_p - \mu_n) \tau_3(2)] + \\
 & \left. + \exp \left[-i \vec{k}_\gamma \frac{\vec{r}}{2} \right] [\vec{k}_\gamma \vec{n}] \frac{1}{2} \bar{\sigma}_1 [(\mu_p + \mu_n) + (\mu_p - \mu_n) \tau_3(1)] \right\} + \\
 & + \left\{ \frac{ie}{\hbar c} \alpha V(r) \vec{r} \cdot \vec{n} P_{12} + \frac{ieh}{Mc} \lambda_{12} [\vec{\nabla} \vec{n} \omega(r) + \omega(r) \vec{\nabla} \vec{n}] \right\} \frac{\tau_3(1) - \tau_3(2)}{2}, \quad (1)
 \end{aligned}$$

где \vec{k}_γ и \vec{n} — волновой вектор и вектор поляризации γ -кванта, $\tau_3(i)$ и $\bar{\sigma}_i$ — третья компонента изоспина и спиновый вектор i -го нуклона, μ_p и μ_n — аномальные магнитные моменты протона и нейтрона, $V(r)$ — ядерный потенциал, P_{12} — оператор перестановки пространственных координат частиц, α — доля обменного взаимодействия в нуклон-нуклонном потенциале, λ_{12} и $\omega(r)$ — параметр и функция, фигурирующие в зависящем от скорости потенциале Грина [7].

Волновую функцию начального состояния дейтрона берем в виде [3]

$$\psi_i = \frac{1}{\sqrt{4\pi}} \left[\frac{u(r)}{r} + \frac{1}{\sqrt{8}} S_{12} \frac{\varphi(r)}{r} \right] \frac{1}{\sqrt{2}} (\xi_1 \eta_2 - \eta_1 \xi_2) \chi_m^i, \quad (2)$$

где

$$u(r) = A_s (\exp[-\alpha r] - \exp[-\beta r]), \quad (3)$$

$$\varphi(r) = \sum_{i=1}^3 D_i \exp[-\alpha_i r], \quad (4)$$

ξ_i и η_i — изоспиновые волновые функции i -го нуклона со значениями третьей компоненты изоспина $1/2$ и $-1/2$ соответственно, χ_m^i — спиновая функция триплетного состояния.

Волновая функция (2) дает 7% примесь D -состояния и правильное значение квадрупольного момента дейтрона. Значения параметров в формулах (3) и (4) приведены в работе [3].

⁽¹⁾ \hbar — постоянная планка, деленная на 2π .

Так как по формуле (1) мы учитываем все мультиполи, то в качестве конечного состояния мы вынуждены взять плоскую волну, содержащую все состояния по орбитальному моменту

$$\psi_f = \frac{1}{\sqrt{2}} \{ \xi_1 \eta_2 \exp(i\vec{k} \vec{r}) (\mp) \xi_2 \eta_1 \exp(-i\vec{k} \vec{r}) \} \chi_{m'}^{(\pm)}(s), \quad (5)$$

где верхний знак соответствует триплетному спиновому состоянию, а нижний — синглетному, \vec{k} и \vec{r} — волновой вектор и радиус-вектор относительного движения пары n , p .

Форму и значение параметров обменного потенциала и зависящего от скорости потенциала Грина мы берем из работы [8]:

$$V(r) = -V_0 \exp[-\alpha_M r], \quad \omega(r) = \exp[-\alpha_v r], \\ V_0 = 184 \text{ Мэв}, \quad \alpha_M = 0,63 \text{ ф}^{-1}, \quad \lambda_{12} = 1,10, \quad \alpha_v = 2 \text{ ф}^{-1}. \quad (6)$$

В данной работе мы интересуемся влиянием обменного тока и тока, обусловленного зависящим от скорости потенциалом Грина, на полное и дифференциальное сечение в случае фоторасщепления неполяризованными γ -квантами. Поэтому в формуле (1) можно пренебречь членами, приводящими к перевороту спина; грубые оценки из работы [3] показывают, что вклад их составляет $\sim 3\%$.

На основании формул (1) — (6) для дифференциального эффективного сечения фоторасщепления дейтрона получаем

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{1}{48 \pi^2} \frac{e^2}{hc} \frac{hk}{Mc} \frac{1}{\alpha^2} \Phi, \quad (7)$$

$$\Phi = 6 A_s^2 |f_s|^2 \sin^2 \theta + \frac{24}{25} |f_D|^2 \sin^2 \theta + \frac{8}{75} |\varphi_{D1}|^2 (7 - \cos^2 \theta) + \\ + \frac{9216}{30625} |\varphi_{D3}|^2 (2 - \cos^2 \theta) + \frac{48}{875} \varphi_{D1} \varphi_{D3} (3 \cos^2 \theta - 1) - \\ - \frac{8}{25} f_D \varphi_{D1} (-\cos^3 \theta + \cos \theta - 7/2 \sin^2 \theta) - \\ - \frac{288}{6125} f_D \varphi_{D3} (21 \cos^3 \theta - 11 \cos^2 \theta - 21 \cos \theta + 13), \quad (8)$$

где

$$f_s = \sqrt{x} \left(\frac{1}{1+y} - \frac{1}{\gamma_1^2 + y} \right) + \frac{2MV_0 \alpha}{h^2 \alpha^2} \left[\frac{\sqrt{x}}{[(\gamma_2 + 1)^2 + x]^2} - \frac{\sqrt{x}}{[(\gamma_2 + \gamma_1)^2 + x]^2} \right] + \\ + 2\lambda_{12} \sqrt{x} \left[\frac{1}{(\gamma_3 + 1)^2 + x} - \frac{1}{(\tilde{\gamma}_3 + \gamma_2)^2 + x} \right] -$$

$$- 13,41 \left[\frac{1}{x} \left(\operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{x}{\gamma_3 + 1} - \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{x}{\gamma_2 + \gamma_3} \right) - \frac{1}{Vx} \left(\frac{\gamma_3 + 1}{(\gamma_3 + 1)^2 + x} - \frac{\gamma_3 + \gamma_1}{(\gamma_3 + \gamma_1)^2 + x} \right) \right], \quad (9)$$

$$f_D = Vx \sum_i D_i \left[\frac{F\left(2, 1, 7/2; \frac{y}{\delta_i^2 + y}\right)}{(\delta_i^2 + y)^2} + \right. \\ \left. + 2\lambda_{12} \frac{F\left(2, 1, 7/2; \frac{x}{(\delta_i + \gamma_3)^2 + x}\right)}{[(\delta_i + \gamma_3)^2 + x]^2} \right], \quad (10)$$

$$\varphi_{DI} = x^{l/2} \sum_i D_i \left\{ - \frac{MV_0 z}{h^2 \alpha^2} (l+2) F\left(\frac{l+3}{2}, \frac{l-1}{2}, l + \frac{3}{2}; \frac{x}{(\delta_i + \gamma_3)^2 + x}\right) \times \right. \\ \times [(\delta_i + \gamma_2)^2 + x]^{-\frac{l+3}{2}} + \lambda_{12} \gamma_3 F\left(\frac{l+2}{2}, \frac{l}{2}, l + \frac{3}{2}; \right. \\ \left. \frac{x}{(\gamma_3 + \delta_i)^2 + x}\right) [(\delta_i + \gamma_3)^2 + x]^{-\frac{l+2}{3}} \left. \right\}. \quad (11)$$

В формулах (9)–(11)

$$x = \frac{k^2}{\alpha^2}, \quad y = \frac{k^2}{\alpha^2} + \frac{1}{4} \frac{k_1^2}{\alpha^2} - \frac{k k_1}{\alpha^2} \cos \theta,$$

$$\gamma_1 = \frac{\beta}{\alpha}, \quad \gamma_2 = \frac{\alpha_M}{\alpha}, \quad \gamma_3 = \frac{\alpha_V}{\alpha}, \quad \delta_1 = \frac{\alpha_1}{\alpha}, \quad \delta_2 = \frac{\alpha_2}{\alpha}, \quad \delta_3 = \frac{\alpha_3}{\alpha},$$

$F(a, b, c; z)$ — гипергеометрическая функция.

Формулы (7)–(11) позволяют одновременно исследовать следующие три эффекта: а) эффект запаздывания; б) эффект, вызванный обменными силами Майорана; с) эффект, вызванный зависящим от скорости потенциалом Грина. Если в формулах (7)–(11) перейдем к пределу $k_1 \rightarrow 0$, $z \rightarrow 0$, и $\lambda_{12} \rightarrow 0$, получим дифференциальное сечение фоторасщепления дейтрона в дипольном приближении, соответствующее взаимодействию γ -кванта с зарядом протона (Φ_1). Получаем угловое распределение вида $\sin^2 \theta$. Для исследования эффекта (а) в этих же формулах перейдем к пределу $z \rightarrow 0$, $\lambda_{12} \rightarrow 0$. В этом случае получаем дифференциальное сечение с учетом эффекта запаздывания (Φ_2). Как и следовало ожидать, максимум углового распределения сдвигается в сторону малых углов. Причем этот сдвиг тем сильнее, чем выше энергия падающего γ -кванта. Например, при

$E_T = 120$ Мэв максимум дифференциального сечения расположен при $\theta = 60^\circ$. Для исследования эффектов а) и б) переходим к пределу $\lambda_{12} \rightarrow 0$ и тогда, наряду с эффектом запаздывания, будет учитываться эффект, вызванный обменными силами Майорана (Φ_3). Как показывает расчет, при этом происходят сильное увеличение полного сечения и деформация кривой углового распределения. Например, при $E_T = 120$ Мэв в угловом распределении появляется изотропная часть, а полное сечение увеличивается примерно в 2,5 раза. Для одновременного исследования всех трех эффектов мы оставляем ненулевые значения параметров \tilde{k}_T , κ и λ_{12} (Φ_4). Учет эффекта, вызванного зависящим от скорости потенциалом Грина, обуславливает дальнейшее увеличение полного сечения. Например, при $E_T = 120$ Мэв одновременный учет всех эффектов увеличивает полное сечение примерно в 5 раз.

Результаты вычислений для $E_T = 120$ Мэв приведены в виде таблицы.

Таблица значений функций Φ при $E_T=120$ Мэв

θ°	Φ_1	Φ_2	Φ_3	Φ_4
0	0	0	0,0023	0,0013
30	0,0252	0,0056	0,1065	0,1598
60	0,0757	0,1102	0,2125	0,4002
90	0,1008	0,0931	0,2237	0,4215
120	0,0757	0,0478	0,1355	0,2650
150	0,0252	0,0125	0,0406	0,0806
180	0	0	0,0021	0,0012

Полученные результаты в целом позволяют заключить следующее: 1) эффекты запаздывания необходимо учитывать для получения правильной формы углового распределения; 2) обменные силы Майорана увеличивают полное сечение в области $E_T > 100$ Мэв и вызывают появление изотропной части в угловом распределении; 3) одновременный учет всех вышеперечисленных эффектов приводит к сильному увеличению полного сечения в области $E_T > 100$ Мэв.

Ясно, что детальное сравнение с экспериментальными данными можно провести лишь после учета взаимодействия между нуклонами в конечном состоянии и отброшенных членов из формулы (1).

Академия наук Грузинской ССР
 Институт физики

(Поступило 3.4.1968)

რ. ჯიბუტი, ნ. კრუპენიკოვა, ვ. მამასახლისოვი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი)

მაღალ ენერგიებზე დეიტრონის ფოტოგახლეჩის თეორიისათვის

რეზიუმე

შრომში ელექტრომაგნიტური ტალღის ეექტორ-პოტენციალის მულტიპოლუბად გაშლის გარეშე განხილულია დეიტრონის ფოტოგახლეჩა. მხედველობაშია მიღებული ვირტუალური მეზონების დენების წვლილი. ნაჩვენებია, რომ მეზონების დენები მნიშვნელოვნად ცვლიან შედეგებს მაღალი ენერგიების არეში.

დასოფავაზული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. Н. Горбунов. Труды международной конференции по электромагнитным взаимодействиям при низких и средних энергиях, т. 3, Дубна, 7—15 февраля 1967 г., 152.
2. F. Partovi. *Annals of Physics*, 27, 1964, 79.
3. M. Matsumoto. *Progr. Theor. Physics*, 23, 1960, 597.
4. M. Le Bellac, F. M. Renard, J. Tran Thanh Van. *Nuovo Cim.*, 33, 1964, 594.
5. რ. ი. დჯიბუტი. *ЯФ*, 6, 1967, 750.
6. R. R. Wilson. *Phys. Rev.*, 86, 1952, 125; 104, 1956, 218.
7. A. M. Green. *Nucl. Phys.*, 33, 1962, 218.
8. B. K. Srivastava. *Phys. Rev.*, 137, 1965, 71.



М. М. МИРИАНАШВИЛИ (член-корреспондент АН ГССР),
 Т. И. КАКУШАДЗЕ

ЗАМЕЩЕНИЕ ИОНОВ Fe^{3+} В НИКЕЛЕВЫХ ФЕРРИТАХ ШПИНЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ИОНАМИ In^{3+} И Ga^{3+}

Рассмотрим замещение трехвалентных ионов железа в никелевом феррите $NiFe_2O_4$ немагнитными ионами In^{3+} и Ga^{3+} . Намагниченности насыщения никелевых ферритов, в которых ионы Fe^{3+} замещаются ионами переходных элементов In^{3+} или Ga^{3+} (с электронными конфигурациями $\dots 4s^2 p^6 d^{10}$ и $\dots 3s^2 p^6 d^{10}$ для In^{3+} и Ga^{3+} соответственно), должны быть описаны более сложной кривой, так как ионы In^{3+} (или Ga^{3+}) в решетке шпинельной структуры становятся магнитными, с $\mu = 8\mu_B$. Действительно, у ионов In^{3+} и Ga^{3+} внешние $3d$ — и $4d$ -оболочки полностью заселены. Сильное обменное взаимодействие этих ионов с ионами второй координационной сферы, внешние d -оболочки которых содержат вакансии, ведет к расщеплению внешних d -зон ионов In^{3+} и Ga^{3+} . Величина смещения полузон, предназначенных для левых спинов, от полузон, предназначенных для правых спинов, зависит от диэлектрической проницаемости феррита. При наличии больших диэлектрических проницаемостей может возникать достаточное расщепление, необходимое для превращения немагнитных ионов In^{3+} и Ga^{3+} в сильномагнитные, с $\mu = 8\mu_B$ [1, 2].

Таким образом, большая диэлектрическая проницаемость этих ферритов при наличии надлежащего обменного взаимодействия ионов In^{3+} (или Ga^{3+}) с ионами второй координационной сферы может вызвать требуемое расщепление внешних d -зон ионов In^{3+} (или Ga^{3+}). В таком случае девять из десяти d -электронов иона In^{3+} (или Ga^{3+}) займут состояния для правых спинов (в s -полузоне — один, в p — три, в d — пять электронов), а оставшийся единственный d -электрон — состояние для левых спинов. В результате на ион In^{3+} (или Ga^{3+}) появится магнитный момент, равный $\mu = 8\mu_B$.

Однако в данном случае достаточно сильное расщепление полузон, необходимое для превращения немагнитных ионов In^{3+} (или Ga^{3+}) в магнитные, с $\mu = 8\mu_B$, возникает тогда, когда во второй координационной сфере иона In^{3+} (или Ga^{3+}) присутствует не меньше трех ионов Fe^{3+} .

По этой причине вклад в намагниченность насыщения никелевого феррита индия (или галлия) в зависимости от содержания d -ионов In^{3+} (или Ga^{3+}) определяется формулой

$$\sigma'_0 = \delta \sum_{i=0}^n C_n^i b^{n-i} (C+a)^i \mu_d, \quad (1)$$

где i принимает значения $i = 0, 1, 2, \dots, \delta$ — концентрация Ga^{3+} (или In^{3+}); μ_d — максимальный магнитный момент ($\mu_d = 8\mu_B$) иона In^{3+} (или Ga^{3+}) в никелевом феррите индия (или галлия), когда во второй координационной сфере его присутствует больше трех ионов Fe^{2+} ; a, b и c — относительные концентрации никеля $\left(a = \frac{1}{3}\right)$, железа $\left(b = \frac{2-\delta}{3}\right)$ и индия (или галлия) $\left(c = \frac{\delta}{3}\right)$.

После подстановки значений a, b и c формула (1) примет вид

$$\sigma'_0 = \delta \mu_d \sum_{i=0}^n C_n^i \left(\frac{2-\delta}{3}\right)^{n-i} \cdot \left(\frac{1+\delta}{3}\right)^i. \quad (2)$$

На рис. 1 кривая 1 — зависимости намагниченности насыщения феррита $In_\delta Ni Fe_{2-\delta} O_4$ (или $Ga_\delta Ni Fe_{2-\delta} O_4$), обусловленной ионами In^{3+} или Ga^{3+} , от концентрации δ , — построена согласно формуле (1).

Однако в намагниченности насыщения галлатов (или индатов) участвуют также и ионы никеля. Ион Ni^{2+} в этих ферритах становится немагнитным, если во второй координационной сфере его оказывается один или больше ионов In^{3+} (или Ga^{3+}). Сильное обменное взаимодействие между ионами Ni^{2+} и ионами In^{3+} (или Ga^{3+}) выключает ион Ni^{2+} из общей намагниченности насыщения феррита. Поэтому для подсчета величины вклада в намагниченность насыщения феррита, обусловленного ионами Ni^{2+} , мы должны воспользоваться формулой, аналогичной формулам (2), (3):

$$\sigma'_0 = \left(\frac{3-\delta}{3}\right)^n \mu_{Ni}, \quad (3)$$

где δ — концентрация ионов In^{3+} (или Ga^{3+}); $\frac{3-\delta}{3}$ — концентрация Ni^{2+} и Fe^{2+} вместе; множитель $\left(\frac{3-\delta}{3}\right)^n$ выражает собой относительное

(¹ В феррите индия или галлия намагниченность насыщения $\sigma_0=0$. Для последнего члена $\mu_{Ni,d}=0$. Нулю могут равняться также магнитные моменты в нескольких последних членах.

число ионов никеля, во второй координационной сфере которых содержатся одни ионы Ni^{2+} и Fe^{3+} и не содержатся ионы In^{3+} (или Ga^{3+}); показатель степени n взят равным шести, так как ион никеля располагается в узле с шестикратной координацией; σ_0^- должен давать вклад в

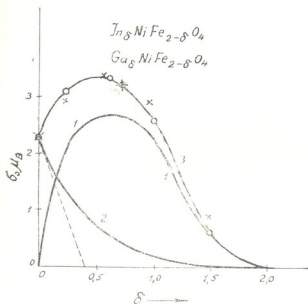


Рис. 1. Теоретическая кривая зависимости намагниченности насыщения ферритов $Jn_{\delta} Ni Fe_{2-\delta} O_4$ или $Ga_{\delta} Ni Fe_{2-\delta} O_4$ от концентрации δ ионов Jn^{3+} или Ga^{3+} : кривая 1—вклад в намагниченность насыщения феррита $Jn_{\delta} Ni Fe_{2-\delta} O_4$ (или $Ga_{\delta} Ni Fe_{2-\delta} O_4$), обусловленный ионами Jn^{3+} (или Ga^{3+}), от концентрации δ ионов Jn^{3+} (или Ga^{3+}) согласно формуле (1); кривая 2—вклад в намагниченность насыщения феррита $Jn_{\delta} Ni Fe_{2-\delta} O_4$ (или $Ga_{\delta} Ni Fe_{2-\delta} O_4$), обусловленный ионами Ni^{2+} , согласно формуле (2); суммарная кривая—зависимость намагниченности насыщения феррита $Jn_{\delta} Ni Fe_{2-\delta} O_4$ (или $Ga_{\delta} Ni Fe_{2-\delta} O_4$) от концентрации δ (ординаты этой кривой представляют собой сумму ординат кривых 1 и 2); пунктир—согласно схеме Нееля; кружки—опытные значения для индиев; крестики—опытные значения для галлатов

но из рисунка, совпадение экспериментальных данных с результатами теории полное.

Рассматриваемый в данной работе статистический метод, как было сказано выше, должен давать лучшие результаты для ферритов, быстро охлажденных с высоких температур. Для медленно охлажденных ферритов должно сказаться влияние упорядочения.

намагниченность насыщения феррита, обусловленный ионами Ni^{2+} . Кривая зависимости намагниченности насыщения, обусловленная ионами Ni^{2+} , построена согласно формуле (3) (рис. 1, кривая 2).

Для полной намагниченности насыщения никелевых ферритов индия или галлия и сходных с ним ионов (имеющих аналогичные электронные конфигурации) мы даем кривую 3, координаты которой представляют собой сумму ординат кривых 1 и 2, построенных согласно формулам (2) и (3). Опытные данные намагниченностей насыщения, экстраполированные при 0 К, полученные Максвеллом и Пикартом [4, 5], нанесены на рис. 1. Как вид-

Кривая (2) описывает также и намагниченность насыщения магнетита (Fe_3O_4) при замещении в нем ионов Fe^{3+} на ионы Al^{3+} [4].

Тбилисский государственный университет

(Поступило 29.5.1968)

ფიზიკა

8. მირიანაშვილი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი),
 ტ. კაკუშადე

ზვინელის სტრუქტურის ნიკელის ფერიტში Fe^{3+} იონების
 შეცვლა In^{3+} და Ga^{3+} იონებით

რეზიუმე

$NiFe_{2-x}Me_xO_4$ ($Me^{3+} = In^{3+}$ ან Ga^{3+}) ფერიტის ნაჯერი დამაგნიტება გაპირობებულია როგორც Ni^{2+} , ისე Me^{3+} იონებით. ნიკელის იონი მაგნიტურია, თუ მისი მეორე საკოორდინაციო სფერო არ შეიცავს Me^{3+} იონს. Ni^{2+} იონის მაგნიტური მომენტი ნულის ტოლი ხდება, როდესაც მისი მეორე საკოორდინაციო სფეროში არსებობს ერთი მაინც Me^{3+} იონი. არამაგნიტური იონი Me^{3+} იქცევა ძლიერ მაგნიტურად ($\mu = 8\mu_B$), თუ მისი მეორე საკოორდინაციო სფერო შეიცავს Ni^{2+} და Fe^{3+} იონებს საკირო რაოდენობით და იგი რჩება არამაგნიტური, თუ მისი მეორე საკოორდინაციო სფერო შეიცავს იონებს Me^{3+} დიდი რაოდენობით.

თეორიის შედეგები თანხვდება ექსპერიმენტულ მონაცემებს.

აბსტრაქტული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. М. Мирианашвили, Т. И. Какушадзе. Сообщения АН ГССР, XLIV, № 1, 1966.
2. М. М. Мирианашвили, Т. И. Какушадзе. Сообщения АН ГССР, XLIV, № 2, 1966.
3. М. М. Мирианашвили, Т. И. Какушадзе. Сообщения АН ГССР, XLIV, № 3, 1966.
4. L. R. Maxwell, S. J. Pickart. Phys. Rev., 96, 1954, 1501.
5. L. R. Maxwell, S. J. Pickart. Phys. Rev., 92, 1953, 1120.



УДК 550.31

ГЕОФИЗИКА

Б. К. БАЛАВАДЗЕ (член-корреспондент АН ГССР), В. Г. АБАШИДЗЕ,
 Г. В. МУМЛАДЗЕ

**К ИЗУЧЕНИЮ ЛОКАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ
 НАКЛОНОМЕРНЫМ МЕТОДОМ**

Земная кора под действием эндогенных и экзогенных сил непрерывно подвергается медленно протекающим (вековым) деформациям, которые в зависимости от вызываемых их причин и характера проявления можно подразделить на локальные и региональные. Локальные деформации накладываются на региональные волны деформаций земной коры, имеющие колебательный характер, и они наблюдаются суммарно.

Предполагается что, имея во многих пунктах земного шара длинный ряд наблюдений об этих движениях, можно выработать некоторые представления о протекающих в недрах Земли физико-химических процессах, которые на протяжении истории нашей планеты играли и продолжают играть ведущую роль в развитии ее облика и внутреннего строения.

Не менее важна практическая сторона проблемы современных движений земной коры. Например, установление распределения параметров, — скорость и направление наклонов земной поверхности, активность вертикального движения блоков в зоне разломов и ряд других, — характеризующих количественные показатели элементов тектонических деформаций в местах, где проектируются крупные инженерные сооружения, приобретает особую ценность для получения обеспечивающих прочность сооружения расчетных данных.

Как показывает опыт [1—3], наиболее полное и надежное решение этих задач, причем за сравнительно короткий период, что очень существенно, можно получить при помощи наклономеров, и в первую очередь наклономером А. Е. Островского (НФ), основной частью которого является длиннопериодный горизонтальный маятник с гравитационной массой и фотоэлектрической дистанционной регистрацией [4]. Этот высокочувствительный прибор, предназначенный для изучения периодических деформаций земной коры, вызываемых от лунно-солнечных притяжений, находит применение и в области исследования современного тектонического режима или локальных деформаций небольшого участка Земли. Такая работа выполняется отделом

гравиметрии Института геофизики АН Грузинской ССР на одном из участков строительства Ингурской гидроэлектростанции с целью выработки рекомендаций по учету характера тектонических движений в проекте сооружения, а также прослеживания дополнительной деформации земной коры, которая может произойти от ее перегрузки в результате построения высотной плотины и последующего заполнения водохранилища водой.

Наклономерная станция устроена в штольне, которая расположена в с. Джвари на левом берегу р. Ингури. Штольня была пройдена в 1959 году в сильно трещиноватых известняках; ширина трещин колеблется от 0,1 до 6 мм. Трещины заполнены кальцитом, местами — глинистыми отложениями. Пласты известняков залегают почти вертикально. В конце штольни, на расстоянии 30 м от ее устья, устроена камера с монолитной бетонной отделкой, закрываемая железным люком. В камере на цементном полу установлен каменный постамент, крепленный с бетонным основанием цементным раствором. На этом постаменте установлены четыре прибора НФ системы А. Е. Островского: № 41 и 34 в направлении В—З, и № 42 и 65 — в направлении С—Ю. В штольне устроены перегородки с дверьми и отсеки используются в качестве регистрационной комнаты и фотолаборатории. Судя по записям термографа сопротивления при чувствительности 1000 мм/град., вариации температуры в камере не превышают нескольких единиц миллиградуса.

Наблюдения наклонов на станции были начаты 16.X.1967 г. и первые две недели понадобилось на отстойку приборов.

Результаты обработки наблюдений за 5 месяцев — с 1.XI.1967 по 1.IV.1968 г. — представлены на рис. 1, где по оси ординат отложены суммарные суточные наклоны с момента начала наблюдений, а по оси абсцисс — время наблюдений.

Как видно из графиков, параллельно поставленные приборы НФ № 34 и 41, записывающие наклоны в направлении В—З, одинаково указывают наличие наклонов на восток, а НФ № 65 и 42, записывающие составляющую С—Ю, отмечают наклоны к югу. Обращает на себя внимание относительно большая величина зарегистрированных наклонов, на фоне которых расхождение в величине наклонов у параллельных приборов относительно невелико и оно имеет постоянный характер.

На записях наклономеров наблюдаются отдельные возмущения — уход светового луча из поля зрения, приводящий к разрыву в записи. С целью выяснения указанных причин суточные наклоны были сопоставлены с данными об осадках, изменении уровня р. Ингури, изменении температуры воздуха и изменении атмосферного давления, взя-

тыми с метеостанции с. Джвари. Образец такого сопоставления за ноябрь 1967 г. приведен на рис. 2, где, кроме кривых наклонов, представлены графики изменения давления (кривая Р), температуры (кривая t°), изменения уровня р. Ингури (кривая Н) и осадков (кривая Q).

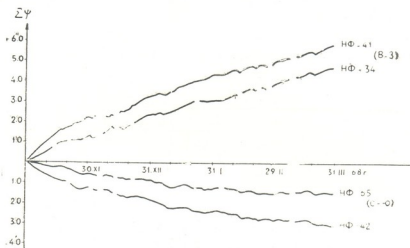


Рис. 1. Графики наклонов по отдельным приборам в с. Джвари

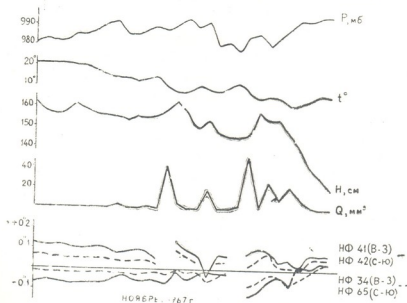


Рис. 2. Сопоставление графиков метеорологических элементов с наклонами земной поверхности в с. Джвари

Из этого сопоставления отчетливо устанавливается корреляция хода наклонов с осадками; не замечается влияние изменений атмосферного давления и температуры и не ясна связь изменений уровня р. Ингури с возмущением наклонов. Последний вопрос, очевидно, лучше проследить в весенне-летний период, когда во время таяния снегов в горах и одновременно в хорошую погоду в с. Джвари уровень воды в р. Ингури сильно меняется.

Результаты обработки материалов наблюдений по суточным наклонам представлены в таблице, где наклоны (в миллисекундах) для каждой компоненты даны в двух видах: непрерывный ход наклонов за ноябрь — апрель (ψ) и приращение наклонов за каждый месяц ($\Delta\psi$).

Таблица

Время наблюдений	НФ № 34 В—З		НФ № 41 В—З		НФ № 65 С—Ю		НФ № 42 С—Ю	
	ψ	$\Delta\psi$	ψ	$\Delta\psi$	ψ	$\Delta\psi$	ψ	$\Delta\psi$
Ноябрь 1967 г.	+1290	+1070	+2212	+1036	-528	-327	-1216	-621
Декабрь ..	+2360	+810	+3248	+1116	-855	-392	-1837	-555
Январь 1968 г.	+3170	+864	+4364	+763	-1247	-308	-2392	-461
Февраль ..	+4034	+960	+5180	+1003	-1555	-202	-2853	-478
Март ..	+4994	+759	+6133	+707	-1757	-249	-3331	-356
Апрель ..	+5753		+6840		-2006		-3686	
Среднее		+893		+926		-296		-494

По этим данным вычислены среднемесячные наклоны по составляющим В—З и С—Ю, получившиеся равными $+0,910 \pm 0,142$ и $-0,395 \pm 0,134$ соответственно. Полный вектор наклона направлен на ЮВВ по азимуту 110° и средняя его величина порядка 10 угловых секунд в год.

Следует указать, что в это значение наклона входит и ход нуля прибора, который, как известно из экспериментальных данных, не превышает 2—3 секунд в год. Учитывая это, величина наклона все же остается значительной, но делать из этого какие-либо обобщающие выводы о направлении и величине наклона земной коры по всей исследуемой области по одному пункту наблюдения на основе полугодового материала не представляется возможным. С другой стороны, этот результат сильно настораживает и призывает к организации дополнительных пунктов наблюдений, причем в непосредственной близости от основного объекта строительства — арочной плотины.

Т. И. ТОРОШЕЛИДЗЕ

РЕЗУЛЬТАТЫ СПЕКТРОГРАФИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ
 ГИДРОКСИЛЬНОГО СВЕЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ 10600—11200 Å
 В СУМЕРКАХ

(Представлено академиком Е. К. Харадзе 12.6.1968)

Гидроксильная эмиссия собственного свечения атмосферы изучалась на протяжении ряда лет в условиях ночи. Большое значение для выявления механизма свечения, как это следует из теоретических рассмотрений [1—3], должны иметь также наблюдения в сумерках. Из-за наличия мощного рассеянного солнечного света такие наблюдения связаны с большими техническими трудностями. Тем не менее, отдельные попытки наблюдать эмиссию ОН в сумерках проводились, однако данные были или весьма неуверенны [4,5], или же относились к концу астрономических сумерек, непосредственно примыкающих к ночи, что дает недостаточную информацию о суточных вариациях эмиссии ОН [6].

Настоящая работа содержит результаты систематических наблюдений колебательно-вращательной полосы ОН (5,2) в области 10600—11200 Å в сумерках, проводимых в Абастуманской астрофизической обсерватории АН Грузинской ССР в 1964—1966 гг. с помощью аппаратуры, описанной в работе [7]. Высокая чувствительность прибора, обусловленная использованием многокаскадного электронно-оптического преобразователя, позволяла получать большое число спектров за одни сумерки (табл. 1). Для выделения эмиссий на фоне рассеянного солнечного

Таблица 1
 Экспозиция τ для разных углов погружения солнца δ при наблюдении гидроксильного свечения в сумерках в области 10600—11200 Å

τ (мин)	0,5	1	1,5	2	5	6	6	12	86	40
δ (град)	4	5	6	6,5	7—8	8—9	9—10	10—12	12—18	18—24

го света с наложением полосы поглощения воды нами была разработана методика обработки сумеречного наблюдения гидроксильного излучения [8], позволившая исследовать гидроксильную полосу (5,2) вплоть до,

очень светлой части сумерек — до 4° погружения солнца под горизонт. На каждом сумеречном спектре измерялась абсолютная интенсивность (рэлей) по методу сравнения абсолютных электрофотометрических и спектральных наблюдений [9] с точностью не менее 20%, а также вращательная температура ($T_{вр}$) полосы (5,2) ОН по формуле [10]

$$I(J) = \text{const } \nu^3 i(J) \exp \left[-F(J) \frac{hc}{kT_{вр}} \right], \quad (1)$$

где $I(J)$ — интенсивность линий полосы в рэлях, $i(J)$ — фактор интенсивности, $F(J)$ — энергия вращательных уровней, определяемая по уточненной формуле [11], k — постоянная Больцмана. Численное значение вращательной температуры определялось из наклона прямой на графике линейной зависимости $\lg \frac{I(J)}{i(J) \nu^3}$ от $F(J)$ по формуле

$$T_{вр} = - \frac{0,625 \Delta F(J)}{\Delta \lg \frac{I(J)}{i(J) \nu^3}}. \quad (2)$$

В основном ошибка определения $T_{вр}$ не превышала 5%.

Обработка более 80 наблюдений утренних и вечерних сумерек (при совершенно ясном и безлунном небе в направлении на север под углом 25° к горизонту) позволила установить наличие значительных по амплитуде и быстрых по времени изменений интенсивности и $T_{вр}$ полосы (5,2) ОН. Статистический анализ показал, что из всего многообразия флуктуаций можно выделить два типа вариаций (рис. 1): первый тип, когда интенсивность и $T_{вр}$ одновременно монотонно возрастают с уменьшением угла погружения солнца под горизонт δ (интенсивность в 5—6 раз, а $T_{вр}$ на 60 — 70° от ночного значения 230 — 220°K); второй тип, когда интенсивность и $T_{вр}$ испытывают нерегулярные и небольшие по величине изменения, чаще в средней части сумерек. Вариации первого типа наблюдаются преимущественно утром (в четыре раза чаще, чем вечером) и в основном летом, а вариации второго типа наблюдаются примерно одинаково утром и вечером, но чаще зимой.

Однотипные вариации могут наблюдаться в течение длительного периода. Так, например, в 1965 г все наблюдения с 30 июня по 21 ав-

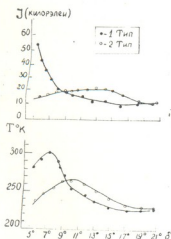


Рис. 1

густа (10 наблюдений утренних и вечерних сумерек) выявили первый тип вариации. В том же году последовательный ряд январских и сен-

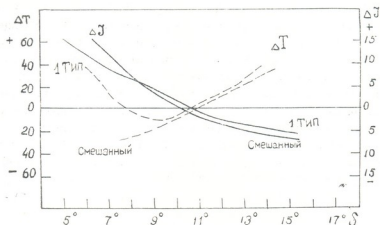


Рис. 2

тябрьских наблюдений дал второй тип вариаций. С другой стороны, часты случаи изменения вида вариаций для соседних дней наблюдений.

Сезонной ход интенсивности и вращательной температуры гидроксильного излучения в сумерках оказывается различным для различных δ . Для углов погружения 18—12° интенсивность и $T_{пр}$ оказываются наибольшими в зимние месяцы и наименьшими в летние, что совпадает с сезонным ходом по ночным наблюдениям. Для меньших значений углов погружения Солнца (например 7,5°) наблюдается обратная картина—интенсивность и вращательная температура максимальны в летний период.

Существует разница ΔJ в интенсивности и ΔT в вращательной температуре между утром и вечером. Оказалось, что ΔJ и ΔT зависят от угла погружения солнца под горизонт.

На рис. 2 приведены результаты построений по осредненным значениям 18 сравнений по соседним наблюдениям утро-вечер-утро, причем группировались сравнения для вариации первого типа и смешанного. Как видно из рис. 2, с ростом ΔJ разность ΔT уменьшается. Следует отметить, что обе разности обращаются в нуль при одном и том же $\delta = 10,5^\circ$.

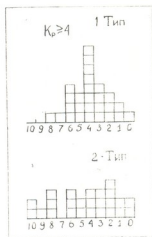


Рис. 3

Установлено существование зависимости сумеречного свечения гидроксила от геомагнитной активности. В качестве сравнения выбирался планетарный магнитный индекс K_p (по Бартлону). Оказалось, что сильная сумеречная вспышка (первый тип вариации) наблюдается чаще всего на четвертые сутки после магнитно-возмущенного дня, когда планетарный магнитный индекс $K_p \geq 4$ (рис. 3). Важно отметить, что для вариации второго типа зависимости от геомагнитной активности нет.

Существуют две основные гипотезы о механизме свечения OH —озоно-водородная и кислородно-водородная [1, 3]. Одной из основных характеристик озono-водородной реакции является зависимость интенсивности излучения от температуры, так как эта реакция протекает с энергией активации, которая входит в экспоненциальный множитель в выражении для константы скорости реакции

$$k = \text{const} \sqrt{T} \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right), \quad (3)$$

где R —газовая постоянная, T —температура среды, E_a —энергия активации.

Количество молекул, возникающих в результате двухкомпонентной реакции, определяется выражением

$$n = k [A] \cdot [B], \quad (4)$$

где n —число пар конечных продуктов, образующихся в $1 \text{ см}^3/\text{сек}$, $[A]$ и $[B]$ —концентрации реагирующих молекул и атомов в $\Gamma \text{ см}^3$, k —коэффициент скорости реакции. Из уравнений (3) и (4) следует, что зависимость $\lg I(\text{OH})$ от $1/T_{\text{вр}}$ должна быть линейной. Такая зависимость была

обнаружена по ночным наблюдениям в Якутске [12] и по ней оценена энергия активации $2,7 \pm 0,5$ ккал/моль. По ночным наблюдениям в Абастумани [13] для энергии активации была получена величина $2,2 \pm 0,8$ ккал/моль. Поскольку для сумеречного свечения гидроксильной полосы (5,2) для вариации первого типа также имеет место зависимость интенсивности от вращательной температуры (рис. 1), мы попытались определить E_a по нашим наблюдениям. На рис. 4 приводится результат такого построения. Как видно из рис. 4, зависимость интенсивности от вращательной температуры особенно отчетлива для летних данных (точки на рис. 4). Методом наименьших квадратов была проведена

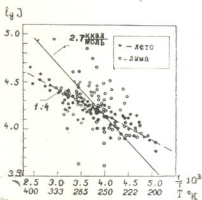


Рис. 4

такого построения. Как видно из рис. 4, зависимость интенсивности от вращательной температуры особенно отчетлива для летних данных (точки на рис. 4). Методом наименьших квадратов была проведена

указывать на существование нескольких механизмов возбуждения гидроксильного свечения, с преобладанием того или иного механизма в определенный период года.

• Академия наук Грузинской ССР

Абастуманская астрофизическая обсерватория

(Поступило 12.6.1968)

გეოფიზიკა

თ. ბორჩხელიძე

ბინდში ჰიდროქსილის ნათების სპექტროგრაფიული დაკვირვებების

შედეგები 10600—11200 Å შებანში

რეზიუმე

შრონაში მოცემულია ბინდში ჰიდროქსილის ზოლის (5,2) ინტენსივობისა და ბრუნვითი ტემპერატურის სპექტრალური დაკვირვებების შედეგები. აღმოჩენილია აღნიშნული სიდიდეების ვარიაციების ორი ძირითადი ტიპი მზის ჩასვლის კუთხის მიხედვით. გამოკვლეულია სეზონური სვლა, სხვაობა დღისა და საღამოს შორის, აგრეთვე კავშირი მაგნიტურ აქტივობასთან. ნაჩვენებია, რომ აღნიშნულ ვარიაციები არ შეიძლება ახსნილი იქნას მზის სხივების უშუალო ზემოქმედებით. გამოთქმულია აზრი, რომ ბინდში ჰიდროქსილის ნათების ინტენსივობისა და ბრუნვითი ტემპერატურის დაკვირვებული გაძლიერება შეიძლება წარმოადგენდეს მეზონოფეროში მიმდინარე დინამიკური პროცესების შედეგს.

დასოფავალი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. V. I. Krasovski, N. N. Seifov. Space Science Reviews, 4, 1965, 176—198.
2. B. G. Hunt. J. Geophys. Research, 71, 5, 1966, 1385—1398.
3. L. Wallace. J. Atmosph. Sci. 19, 1962, 1—16.
4. P. Berthier. Compt. rend., 236, 1953, 1808.
5. Т. Г. Мегрелишвили, И. А. Хвостиков. Новые полосы в спектре сумеречного неба. АИ, 1958, 197.
6. Т. Г. Мегрелишвили, Т. И. Торшелидзе, И. А. Хвостиков. Бюлл. Абастум. астрофиз. obs., № 34, 1966, 95—100.
7. Т. И. Торшелидзе, Л. М. Фишкова. Бюлл. Абастуман. астрофиз. obs., № 34, 1966, 101—107.
8. О. Г. Таранова, Т. И. Торшелидзе. В сб.: «Полярные сияния и свечение ночного неба», сер. «Результаты МГГ», № 18, 1968.
9. Л. М. Фишкова. Бюлл. Абастуман. астрофиз. obs., № 34, 1965.
10. A. V. Meinel. Ar. J., 112, 1950, 120—130.
11. Н. Н. Шефов. В сб.: «Спектральные, электрофотометрические и радиолокационные исследования полярных сияний и свечения ночного неба», сер. «Результаты МГГ». Изд-во АН СССР, № 5, 1961, 5—9.
12. В. Н. Яриш. «Спектральные, электрофотометрические и радиолокационные исследования полярных сияний и свечения ночного неба», сер. «Результаты МГГ», Изд. АН СССР, № 5, 1961, 10—17.
13. Л. М. Фишкова. Бюлл. Абастуман. астрофиз. obs., № 29, 1962, 55—76.
14. Сборник «Ультрафиолетовое излучение солнца и межпланетная среда». М., 1962.
15. И. А. Хвостиков. В сб.: «Метеорологические исследования», сер. «Результаты МГГ», № 12, 1966, 5—10.



ძრ. არეშიძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი),
 ბ. თავართქილაძე

**ნორმალური ჰექსილის სპირტის ამინირება გუმბრინის
 მონაწილეობით**

ჩვენ მიერ ჩატარებული გამოკვლევით [1—3] დადგენილია, რომ საქართველოს ბენტონიტური თიხები (გუმბრინი, ასკანთიხა) და მათი გააქტივებული ფორმები დეჰიდრატაციის კარგი კატალიზატორებია. მათი მონაწილეობით ერთათომიანი პირველადი, მეორეული, მესამეული და ციკლური სპირტები დეჰიდრატაციას განიცდიან.

სპირტების ამინირება ერთობლივი დეჰიდრატაციის რეაქციის ტიპს მიეკუთვნება. ამ რეაქციის დროს წყალი გამოიყოფა სპირტის ჰიდროქსილისა და ამიაკის წყალბადის ხარჯზე. რადგან გუმბრინი დეჰიდრატაციის კარგი კატალიზატორია [1—3], ამიტომ ის სპირტების ამინირებისათვისაც ხელსაყრელ კატალიზატორად გამოდგება, რაც დადასტურებულია ნ.-ბუთილის სპირტის ამინირებით [4].

ეს შრომა სპირტების ამინირების საკითხის შესწავლის გაგრძელებაა. ჩატარებული გამოკვლევის შედეგები საფუძველს გვაძლევდა წინა წლებში შერჩეული პირობების გამოყენებით მოგვეზღვინა ნორმალური ჰექსილის სპირტის ამინირება გუმბრინის მონაწილეობით.

ცდები ტარდებოდა სხვადასხვა ტემპერატურაზე. ასევე განსხვავებული იყო სარეაქციოდ აღებული სპირტის რეაქტორში მიწოდების სიჩქარე. კატალიზატორად გამოვიყენეთ 30%-ანი გოგირდმყავათი გააქტივებული გუმბრინი. ჩატარებულმა გამოკვლევამ დაადასტურა, რომ ნ.-ჰექსილამინი მაქსიმალური გამოსავლით (21,9%) მიიღება მაშინ, როდესაც ცდის ტემპერატურა არის 330—340°C, მოცულობითი სიჩქარე—0,06 საათი⁻¹. ამინთან ერთად მიღებულ იქნა უჯერი ნახშირწყალბადები: ჰექსენ-1, ჰექსენ-2, 2-მეთილპენტენ-1 და 2-მეთილპენტენ-2.

მიღებული შედეგებიდან შესაძლებელია რეაქციის მსვლელობაზე ასეთი დასკვნა გავაკეთოთ, რომ გუმბრინი ახდენს ნ.-ჰექსილის სპირტის არა მარტო დეჰიდრატაციას, არამედ იმ პროდუქტების სტრუქტურულ ცვლილებასაც იწვევს, რომლებიც გარდასაქმნელად აღებული სპირტის შიგამოლეკულური დეჰიდრატაციის შედეგად წარმოიქმნებიან.

ჩატარებული გამოკვლევით დადასტურდა, რომ ცდის დაბალ ტემპერატურაზე ნ.-ჰექსილამინი უკეთესი გამოსავლით მიიღება, ხოლო უჯერი ნახშირწყალბადების გამოსავალი მცირდება. ცდის მაღალ ტემპერატურაზე ნ.-ჰექსილამინის გამოსავალი მცირდება, ხოლო უჯერი ნახშირწყალბადების პროცენტული შემცველობა მატულობს. აქედან გამომდინარე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ნ.-ჰექსილის სპირტისა და ამიაკის მოლეკულათა შორის დეჰიდრა-

ტაციას თან სდევს სპირტის შიგამოლეკულური დეჰიდრატაცია, რის შედეგად წარმოიქმნება ეთილენური ნახშირწყალბადები. რეაქცია ამ საფეხურზე არ ჩერდება, ადგილი აქვს იზომერიზების რეაქციას როგორც ორმაგი ბმის მიგრაციით, ისე ჩონჩხის დატოტვით.

ბოლო წლებში ჩატარებული გამოკვლევებით დადასტურდა, რომ ამინორების რეაქციის დროს სპირტის მოლეკულის წონის ზრდასთან ერთად მცირდება ამინის გამოსავალი, სამაგიეროდ იზრდება გამოსავალი უჯერი ნახშირწყალბადებისა.

ექსპერიმენტული ნაწილი

ნორმალური ჰექსილის სპირტი ჩვენ მიერ სინთეზირებულია გრინიარის რეაქციით სათანადო ჰალოდალცილისა და ტრიოქსიმეთილენის გამოყენებით. ამილბრომიდი ჩვენს მიერაა სინთეზირებული. ტრიოქსიმეთილენი სათანადო დამუშავების შემდეგ გამოყენებულ იქნა ნ.-ჰექსილის სპირტის მისაღებად. ნ.-ჰექსილის სპირტი (გამოსავალი 78%) ხასიათდებოდა შემდეგი კონსტანტებით: დუღილის ტემპერატურა 156—157° (730 მმ); d_4^{20} 0,8194; n_D^{20} 1,4232. ლიტერატურული მონაცემებით ამავე სიდიდეთა მნიშვნელობა შემდეგია: დუღილის ტემპერატურა 158° (760 მმ); d_4^{20} 0,8200; n_D^{20} 1,4233.

ნ.-ჰექსილის სპირტის კატალიზური ამინორების ცდები ჩატარდა დანადგარში, რომელიც შემდეგი ძირითადი ნაწილებისაგან შედგებოდა: ელექტროლუმელი, მასში მოთავსებული მინის მილი 60 მლ კატალიზატორით, საწვეთობარი. უკუმაცივრიანი მიმღები და აირშოში რეაქციაში შეუსვლელი ამიაკის დასაქვრად. ცდისათვის საჭირო ამიაკის გატარება ხდებოდა ბალონიდან. გაშრობის მიზნით ამიაკი საკონტაქტო მილში მიწოდებამდე ტარდებოდა ტრეჩენკოს გამრეცხში, რომელშიც კალიუმის ტუტის კრისტალები იყო მოთავსებული. რეაქციის ტემპერატურა მინის მილის პარალელურად მოთავსებული თერმომეტრით იზომებოდა და რეგულირდებოდა ლატრით. სარეაქციო მილში 30 გ ნ.-ჰექსილის სპირტი 0,05 მოცულობითი სიჩქარით ტარდებოდა (ამიაკის ერთდროული მიწოდებით 300—310°C). რეაქციის შედეგად გამოყოფილი პროდუქტები ორ ფენად გროვდებოდა მიმღებში, რომლებიც ცივდებოდა გამაცივებელი ნარევით. კატალიზატის ორგანული ნაწილი მყარი კალიუმის ტუტით გაშრობის შემდეგ გამოვხადეთ. 128—129°-ზე (745 მმ) მიღებულია 2,5 გ ნივთიერება 8,4%, რომლის d_4^{20} 0,7629; n_D^{20} —1,4092 თანხვედრალია ნ.-ჰექსილამინის კონსტანტების ლიტერატურულ მონაცემებთან [5].

მიღებული ნივთიერება წარმოადგენს გამჭვირვალე სითხეს, რომელსაც არასასიამოვნო სუნი აქვს.

128—129°-ზე (745 მმ) მიღებულ ნივთიერების ანალიზი ასეთ სურათს იძლევა:

$C_6H_{15}N$ ნაპოვნია % C 70,30; H—15,0; N—14,7; MR_D —32,28;

$C_6H_{15}N$ გამოთვლილია % C 71,28; H—14,75; N—13,95; MR_D —31,72.



გარდა ნ.-ჰექსილამინისა გამოიხადა დაბალი ფრაქციები დუღილის ტემპერატურით 60—67°C. მიღებულ ნიეთიერებას აქვს უნაჯერი ნახშირწყალბადების არასასიამოვნო სუნი და სწრაფად აუფერულებს ბრომიან წყალს.

კატალიზატორის მოქმედების ხანგრძლივობის შესწავლის მიზნით გავიმეორეთ ცდები იმავე პირობებში. დადასტურდა, რომ კატალიზატორი პირველი ცდის შემდეგ აქტივობას ნაწილობრივ ჰკარგავს. რეაქციის ოპტიმალური პირობების შემუშავების მიზნით მომდევნო ცდები ჩატარდა 310—320°; 320—330° და 330—340° ახლად მომზადებულ 30%-ანი გოგირდმკავათი გააქტივებულ გუმბრინზე. კატალიზატი დამუშავდა ზემოთ აღწერილის ანალოგიურად. ცდების შედეგები მოცემულია 1 ცხრილში:

ცხრილი 1				
ნორმალური ჰექსილის სპირტის რაოდენობა	ცდის ტემპერატურა, °C	კატალიზატორის მოცულობა, მლ	მოცულობითი სიჩქარე, საათი ⁻¹	ნ.-ჰექსილამინის გამოსავლიანობა, წონითი %
30	310—320	60	0,05	13,9
30	320—330	60	0,05	15,6
30	330—340	60	0,05	20,3
ცხრილი 2				
30	340—350	60	0,05	17,3
30	360—380	60	0,05	16,2
30	380—400	60	0,05	12,4

მაღებული შედეგებიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ ტემპერატურის ზრდასთან ერთად იზრდება ნ.-ჰექსილამინის გამოსავალი. 330—340°-ზე დაყენებული ცდის დროს მიღებულია ნ.-ჰექსილამინი 6,1 გ 20,3% გამოსავლით.

შემდგომი ცდები ჩატარდა იმავე მოცულობითი სიჩქარით განსხვავებულ ტემპერატურაზე 340—350°, 360—380° და 380—400°C. კატალიზატის დამუშავების დროს შემჩნეულია, რომ რამდენადაც იზრდება ცდის ტემპერატურა, იმდენად უფრო მატულობს (60—67°-მდე) მღუღადი ფრაქციების გამოსავალი. სოლო ცდის ტემპერატურის ზრდასთან ერთად განსაზღვრული სიდიდის შემდეგ მცირდება ნ.-ჰექსილამინის გამოსავალი. სამაგიეროდ დიდდება დაბალი დუღილის ტემპერატურის მქონე იმ ფრაქციების რაოდენობა, რომლებიც უჯერი ნახშირწყალბადების თვისებებს ამჟღავნებენ. ცდების შედეგები მოცემულია მვ-2 ცხრილში.

მიღებული შედეგებიდან ნათლად ჩანს, რომ ნ.-ჰექსილამინი მაქსიმალური გამოსავლით მიიღება მაშინ, როცა ცდის ტემპერატურა 330—340°-ია. 350°-ზე ზევით ცდის ჩატარების შემთხვევაში მისი გამოსავალი მცირდება. უნდა ვივარაუდოთ, რომ ცდის შედარებით მაღალ ტემპერატურაზე 350°-ზე ზევით უკეთესად მიმდინარეობს შივამოლეკულური დეჰიდრატაცია, ვიდრე მოლეკულათა შორის, რის შედეგადაც მიიღება მეტი რაოდენობით უჯერი ნახშირწყალბადები.



სამიზნო პროდუქტის გამოსავლის გაზრდის მიზნით ცდები ჩავატარეთ ზოგიერთი ცვლილებებით კერძოდ მოცულობითი სიჩქარის გადიდებით. კატალიზატორად ავიღეთ 30% გოგირდმჟავით გააქტივებული გუმბრინი 80 მლ რაოდენობით, მოცულობითი სიჩქარე 0,06 საათი⁻¹. დანარჩენი პირობები იყო უცვლელი. კატალიზატი დამუშავდა ზემოთ აღნიშნულის ანალოგიურად. ცდის შედეგები მოცემულია მკ-3 ცხრილში.

ცხრილი 3

ნორმალური ჰექსილის სპირტის რაოდენობა, გ	ცდის ტემპერატურა, °C	კატალიზატორის მოცულობა, მლ	მოცულობითი სიჩქარე, საათი ⁻¹	ნორმ. ჰექსილამინის გამოსავლიანობა, წარმოიქმნა %
30	320—330	80	0,06	20,7
30	330—340	80	0,06	22,4
30	340—350	80	0,06	18,6
30	360—380	80	0,06	15,9
30	380—400	80	0,06	12,2
30	330—340	80	0,06	21,9

მიღებული შედეგებიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ მოცულობითი სიჩქარისა და ტემპერატურის ზრდა გარკვეულ ზღვრამდე. გავლენას ახდენს ნ.-ჰექსილამინის გამოსავლიანობაზე. ცდის ერთი და იგივე ტემპერატურაზე 330—340°-ზე მოცულობითი სიჩქარის 0,05 საათი⁻¹ დროს მიღებულია ნ.-ჰექსილამინი 20,3%, ხოლო 0,06 საათი⁻¹ მოცულობითი სიჩქარის დროს 21,9%.

იმის დასადასტურებლად, თუ რა ნივთიერებები შეიძლება წარმოშობილიყო ნ.-ჰექსილის სპირტის ამინირების დროს, რამაც ნ.-ჰექსილამინის გამოსავალზე გარკვეული გავლენა მოახდინა, ჩატარებული იქნა ჰექსილის სპირტის დეჰიდრატაცია 330—350°, 350—370° და 380—400°; 0,06 საათი⁻¹ მოცულობითი სიჩქარით.

კატალიზატი ორი ფენისაგან შედგებოდა, წყალი და ნახშირწყალბადი. რომელიც ერთმანეთს დავაცილეთ გამყოფი ძაბრით. მიღებული თხევადი პროდუქტი სწრაფად აუფერულებდა ბრომიან წყალს, რაც უჩვერი ნახშირწყალბადების არსებობაზე მიგვიჩივებდა. დეჰიდრატაციის შედეგად გამოყოფილი ნივთიერება წყლის მოშორების შემდეგ შრებოდა ნატრიუმის სულფატით. რის შემდეგ გამოხდელი იქნა (380—400°-ზე მიღებული ნივთიერება) სარქტიფიკაციო სვეტში. მიღებულ იქნა უჩვერი ნახშირწყალბადები, რომლებიც ანალოგიურია ამინის დროს მიღებული უჩვერი ნახშირწყალბადებისა.

ნახშირწყალბადების სტრუქტურის დადგენა მიზნით ჩატარდა ორი ექსპერიმენტი (60—62° და 66—67°) დაქანგვა კალიუმის პერმანგანატით.

დასაქანგვად აღებულია 60—62° დუღილის ტემპერატურის მქონე ფრაქცია 2,28 გ, რომელსაც დაეუმატეთ 1,6 გ პოტაშის წყალხსნარი, მიღებულ ნარევეს დაეუმატეთ 7 გ კალიუმის პერმანგანატი. ნივთიერების დაქანგვა მიმდინარეობდა 5 საათი მუდმივი მორევისა და გაცივების პირობებში. დაქანგვის პროდუქტის შემდგომი გადამუშავებით დესტილატში აღმოჩენილ იქნა სემიკარბაზიდით სემიკარბაზონი, რომელიც მეთილის სპირტში გადაკრისტალების შემდეგ გალღვა 109—110°-ზე (სინჯი მეთილპროპილკეტონზე).

ნაწილი ფილტრატისა ავოროთქლეთ წყლის აბაზანაზე სრულ ამომრობამდე, მშრალი ნაშთი შემჟავდა 25%-ანი გოგირდმჟავითი და გამოიწვლილა ეთერი. ეთერის მოცილების შემდეგ სითხე გამოიხადა 100—101°-ზე, რომელიც სულემასთან იძლეოდა კალომელს (თეთრ ნალექს). სინჯი ჭიანჭველამჟავაზე.

დაქანგვის პროდუქტებში ჭიანჭველამჟავასა და მეთილპროპილკეტონის აღმოჩენა და ამ ფრაქციის ფიზიკური კონსტანტები მიგვითითებენ დასაქანგვად აღებულ ფრაქციაში 2-მეთილპენტენ-1-ის

$$\text{CH}_2 = \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$$

არსებობაზე.

66—67° (730 მმ) დუდილის ტემპერატურის მქონე ფრაქციის დაქანგვა კალიუმის პერმანგანატით.

დასაქანგვად ავიღეთ 3,5 გ ნივთიერება 100 მლ წყალი, 1,7 გ პოტაში და 8,4 გ კალიუმის პერმანგანატი. დაქანგვა მიმდინარეობდა ზემოაღნიშნულის ანალოგიურად.

მოსალოდნელი კეტონის (აცეტონის) აღმოჩენის მიზნით ფილტრატის ნაწილი გამოიხადა, დესტილატი 0,1 ნორმალობის იოდისა და 0,1 ნორმალობის ტუტის ხსნართან იძლეოდა იოდოფორმის რეაქციას (სინჯი აცეტონზე).

მოსალოდნელი პროპიონმჟავას აღმოჩენის მიზნით დარჩენილი ფილტრატი ავოროთქლეთ, შევამჟავეთ, მივიღეთ ვერცხლის მარილი ორგანული მჟავისა, რომელშიც გამოანგარიშებული იქნა ვერცხლი.

ვერცხლის მარილი 0,0360 გ Ag 0,0219

$\text{C}_2\text{H}_5\text{COOAg}$ მიღებულია 60,20% Ag

$\text{C}_2\text{H}_5\text{COOAg}$ გამოთვლილია 59,62% Ag.

დაქანგვის პროდუქტებში აცეტონისა და პროპიონმჟავას აღმოჩენა და ამ ფრაქციის ფიზიკური კონსტანტები მიუთითებენ 2 მეთილპენტენ-2-ის

$$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} = \text{CH} - \text{CH}_2\text{CH}_3$$

არსებობაზე.

დასკვნები

1. შესწავლილია ნორმალური ჰექსილის სპირტის ამინირება 30%-ანი გოგირდმჟავითი გააქტივებული გუმბრინის მონაწილეობით.

მიღებულია ნორმალური ჰექსილამინი მაქსიმალური გამოსავლით (21,9%.)

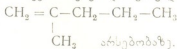
2. ჩატარებულია ნორმალური ჰექსილის სპირტის დეჰიდრატაცია გუმბრინის მონაწილეობით. დეჰიდრატაციის პროდუქტებში აღმოჩენილია: ჰექსენ-1, ჰექსენ-2, 2-მეთილპენტენ-1 და 2-მეთილპენტენ-2.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(შემოვიდა 29.5.1968)

ნაწილი ფილტრატისა ავორთქლეთ წყლის აბაზანაზე სრულ ბამდე, მშრალი ნაშთი შემეავედა 25%-ანი გოგირდმეავეთი და გამოიწვლილა ეთერით. ეთერის მოცილების შემდეგ სითხე გამოიხადა 100--101°-ზე, რომელიც სულემასთან იძლეოდა კალომელს (ეთერ ნალექს). სინჯი ჭიანჭველამეავეზე.

დაჟანგვის პროუქტებში ჭიანჭველამეავესა და მეთილპროპილკეტონის აღმოჩენა და ამ ფრაქციის ფიზიკური კონსტანტები მიგვიჩვენებენ დასაყენად აღებულ ფრაქციაში 2-მეთილპენტენ-1-ის



66—67° (730 მმ) დუდილის ტემპერატურის მქონე ფრაქციის დაჟანგვა კალიუმის პერმანგანატით.

დასაყენად ავიღეთ 3,5 გ ნიეთიერება 100 მლ წყალი, 1,7 გ პოტაში და 8,4 გ კალიუმის პერმანგანატი. დაჟანგვა მიმდინარეობდა ზემოაღნიშნულის ანალოგიურად.

მოსალოდნელი კეტონის (აცეტონის) აღმოჩენის მიზნით ფილტრატის ნაწილი გამოიხადა, დესტილატი 0,1 ნორმალობის იოდისა და 0,1 ნორმალობის ტუტის ხსნართან იძლეოდა იოდოფორმის რეაქციას (სინჯი აცეტონზე).

მოსალოდნელი პროპიონმეავეს აღმოჩენის მიზნით დარჩენილი ფილტრატი ავორთქლეთ, შევამეავეთ, მივიღეთ ვერცხლის მარილი ორგანული მეავისა, რომელშიც გამოანგარიშებული იქნა ვერცხლი.

ვერცხლის მარილი 0,0360 გ Ag 0.0219

$\text{C}_2\text{H}_5\text{COOAg}$ მიღებულია 60,20% Ag

$\text{C}_2\text{H}_5\text{COOAg}$ გამოთვლილია 59,62% Ag.

დაჟანგვის პროდუქტებში აცეტონისა და პროპიონმეავეს აღმოჩენა და ამ ფრაქციის ფიზიკური კონსტანტები მიუთითებენ 2 მეთილპენტენ-2-ის



დასკვნები

1. შესწავლილია ნორმალური ჰექსილის სპირტის ამინირება 30%-ანი გოგირდმეავეთი გააქტივებული გუმბრინის მონაწილეობით.

მიღებულია ნორმალური ჰექსილამინი მაქსიმალური გამოსავლით (21,9%).

2. ჩატარებულია ნორმალური ჰექსილის სპირტის დეჰიდრატაცია გუმბრინის მონაწილეობით. დეჰიდრატაციის პროდუქტებში აღმოჩენილია: ჰექსენ-1, ჰექსენ-2, 2-მეთილპენტენ-1 და 2-მეთილპენტენ-2.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(შემოვიდა 29.5.1968)

Х. И. АРЕШИДЗЕ (член-корреспондент АН ГССР), Е. К. ТАВАРТКИЛАДЗЕ
 АМИНИРОВАНИЕ Н-ГЕКСИЛОВОГО СПИРТА В ПРИСУТСТВИИ
 ГУМБРИНА

Резюме

Получение аминов из спиртов в настоящее время является более рентабельной реакцией, чем получение их из галондопроизводных парафиновых углеводов. Спирты стали доступными продуктами с тех пор, как в нефтехимии начали применять реакцию Бутлерова, дающей возможность гидратацией этиленовых углеводов получать спирты.

Опыты аминирования н-гексилового спирта ставились при различных температурах и объемных скоростях подачи реагирующих веществ в реактор.

В качестве катализатора применяли активированный гумбрин (глина из села Гумбри, Грузинской ССР). Активация гумбрина производилась 30% серной кислотой. Из активированного гумбрина готовились отдельные шарики диаметром 2—3 мм, они переносились в каталитическую трубку и высушивались при температуре 300—400°C. Н-гексильвый спирт синтезирован применением реакции Гриньяра. Из амилбромида и магния готовился реактив Гриньяра, с добавлением триоксиметилена, а затем последующим разложением получался исходный н-гексильвый спирт.

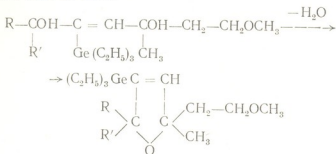
Максимальный выход н-гексиламина 21,9% весовых получен при температуре реакции 330—340°C. В условиях аминирования н-гексильвого спирта имело место дегидратация спирта с образованием гексена-1, гексена-2, 2-метилпентена-1 и 2-метилпентена-2.

დათქმული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

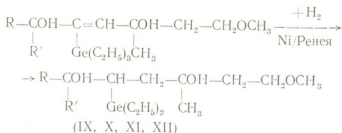
1. Х. И. Арешидзе, Е. К. Таварткиладзе. ЖПХ, 18, 1945, 271.
2. Х. И. Арешидзе, Е. К. Таварткиладзе. ЖПХ, 21, 1948, 281.
3. ქრ. არეშიძე, ე. თავართქილაძე. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის შრომები, 62, 1957, 159.
4. ქრ. არეშიძე, ე. თავართქილაძე. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის შრომები, 39, 1965, 569.
5. Справочник химика, 2, 1951, 366.

Проведена дегидратация синтезированных нами германийорганических этиленовых гликолей в присутствии KHSO_4 . Получены фурановые германийсодержащие соединения, которые идентичны с (V, VI, VII, VIII).

Реакция идет по схеме



Каталитическим гидрированием полученных германийсодержащих этиленовых гликолей в присутствии Ni/Ренея выделены соответствующие предельные гликоли:



Гидрирование идет значительно медленнее, по сравнению с аналогичными кремнийорганическими соединениями.

Ацелирование полученных германийорганических гликолей не удалось; в проведенных условиях происходит дегидратация.

Изучены ИК-спектры синтезированных продуктов.

Физико-химические константы полученных нами веществ приведены в таблице.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Исходные метокси- γ -ацетиленовые гликоли получали по методу работы [2].

Синтез 2,5-диметил-7-метокси-3-триэтилгермилгептен-3-диола-2,5 (I). К смеси 10,5 г 2,5-диметил-7-метоксигептин-3-диола-2,6 и 9,5 г триэтилгидридгермания при постоянном перемешивании добавляли 0,5 мл 0,1 М раствора H_2PtCl_6 в изопропиловом спирте. Реакция прошла с выделением тепла (до 43°). После охлаждения реактивной массы смесь

№	Выход, %	Т. кат. (Р мм)	d_{10}^{20}	D_{10}^{20}	MR _D		Вычислено, %				Формула	Найдено, %			
					вычислено	най- дено	С	Н	Сe	ОН		С	Н	Сe	ОН
I	61,70	170—172°/5	1,0886	1,4880	92,44	91,73	55,39	9,80	20,94	9,10	$C_{10}H_{12}CeO_3$	54,89	9,70	20,72	9,80
II	89,90	171—173°/0,5	1,0824	1,4920	97,09	96,64	56,57	9,98	20,13	9,51	$C_{11}H_{12}CeO_3$	56,02	10,12	19,93	10,07
III	63,20	167—169°/2	1,0930	1,4885	103,52	103,07	55,30	9,73	18,33	8,59	$C_{10}H_{10}CeO_4$	55,32	10,44	18,37	8,63
IV	28,60	188—190°/2	1,0923	1,5010	104,17	104,27	58,97	9,83	18,77	8,83	$C_{11}H_{12}CeO_3$	58,60	9,75	18,50	8,30
V	75,00	137—138°/5	1,0386	1,4730	89,02	88,74	58,43	9,73	22,93	—	$C_{10}H_{12}CeO_3$	58,51	9,57	22,42	—
VI	83,00	137—138°/2	1,0396	1,4795	93,67	93,03	60,09	10,07	20,98	—	$C_{11}H_{12}CeO_3$	59,54	9,92	21,19	—
VII	90,50	149—150°/2	1,0496	1,4765	100,30	100,21	57,97	9,66	19,48	—	$C_{10}H_{12}CeO_3$	57,71	10,05	19,47	—
VIII	79,00	164—165°/2	1,0703	1,4940	100,30	100,25	61,85	9,76	19,09	—	$C_{11}H_{12}CeO_3$	61,90	9,80	19,85	—
IX	73,70	153—153°/4	1,0864	1,4892	92,92	92,63	55,08	10,32	20,82	9,81	$C_{11}H_{12}CeO_3$	55,70	10,43	20,96	9,66
X	60,60	172—174°/3	1,0901	1,4935	97,56	96,75	56,26	10,48	20,02	9,50	$C_{11}H_{12}CeO_3$	56,20	10,25	20,07	10,90
XI	65,60	162—163°/3	1,0746	1,4845	103,70	103,69	55,01	10,01	18,49	8,67	$C_{11}H_{12}CeO_3$	54,64	10,90	18,69	8,34
XII	67,50	173—174°/2	1,0886	1,4980	104,63	104,65	58,66	10,29	18,94	8,79	$C_{11}H_{12}CeO_3$	57,74	10,55	18,57	8,53

нагревали при 40—45° в течение 5 часов. После отгонки непрореагировавших компонентов выделили 7 г (36%) вещества (I).

Реакцию проводили аналогично предыдущим при 55—60° в течение 3 часов. Выход 61,70%. Наряду с желаемым аддуктом, получили фракцию (т. кип. 137—139°/5 мм; d_4^{20} 1,0370; n_D^{20} 1,4738), принятую за 1,4,4-триметил-1-метоксиэтил-3-триэтилгермилфурен-2 (V) с 20% выходом.

Аналогично получены 3,6-диметил-8-метокси-4-триэтилгермилоктен-4-диол-3,6 (II), 3,6-диметил-1,8-диметокси-4-триэтилгермилоктен-4-диол-3,6 (III) и 1-оксициклогексил-5-метокси-1-триэтилгермилпентен-1-ол-3 (IV).

Дегидратация 2,5-диметил-7-метокси-3-триэтилгермилгептен-3-диола-2,5 (I). 2,6 г вещества, 1,5 г $KHSO_4$ и 0,1 г дитизона помещали в прибор для вакуумразгонки и нагревали на кипящей водяной бане в атмосфере азота в течение 1 часа, после чего разгоняли в вакууме. Получили 1,8 г 1,4,4-триметил-1-метоксиэтил-3-триэтилгермилфурена-2 (V) с т. кип. 137—138°/5 мм (выход 75,00%).

В аналогичных условиях проведена дегидратация остальных германийсодержащих этиленовых гликолей. В результате получены 1,4-диметил-4-этил-1-метоксиэтил-3-триэтилгермилфурен-2 (VI), 1,4-диметил-1,4-диметоксиэтил-3-триэтилгермилфурен-2 (VII) и 1-метил-1-метоксиэтил-4-циклогексил-3-триэтилгермилфурен-2 (VIII).

В ИК-спектрах полученных фурановых соединений отсутствуют полосы поглощения гидроксильных групп, а полоса поглощения C=C-связи проявляется при 1600 cm^{-1} .

Гидрирование 2,5-диметил-7-метокси-3-триэтилгермилгептен-3-диола-2,5 (I). В колбу гидрирования помещали 1,94 г вещества, растворенного в 50 мл спирта, и незначительное количество Ni/Ренея, Vo 129 мл, Vt 148 мл, прошло 162 мл водорода. Разгонкой в вакууме получили 1,4 г 2,5-диметил-7-метокси-3-триэтилгермилгептандиола-2,5 (IX).

Аналогично получены остальные продукты гидрирования: 3,6-диметил-8-метокси-4-триэтилгермилоктандиол-3,6 (X), 3,6-диметил-1,8-диметокси-4-триэтилгермилоктандиол-3,6 (XI) и 1-оксициклогексил-5-метокси-1-триэтилгермилпентанол-3 (XII).

Ацетилирование 3,6-диметил-8-метокси-4-триэтилгермилоктен-4-диола-3,6 (II). 3,6 г исходного вещества, 50 мл ангидрида уксусной кислоты, 1 г CH_3COONa и 0,1 г дитизона помещали в круглодонную колбу с обратным холодильником и в течение 6 дней нагревали на кипящей водяной бане.

После отгонки избытка уксусного ангидрида перегонкой оставшейся жидкости в вакууме под азотом выделили фракцию (т. кип. 139—140°/2

მმ; d_4^{20} 1,0383; n_D^{20} 1,4752), принятую за 1,4-диметил-4-этил-1-метокси-этил-3-триэтилгермилфурен-2 (VI).

Тбилисский государственный
университет

(Поступило 9.7.1968)

ორგანული ქიმია

ი. გავრდვითელი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი),
ბ. ბალაშვილი

ტრიმთილგერმანიუმის ჰიდრიდის მოქმედება ზოგიერთ მეთოქსი-
γ-აცეტილენურ გლიკოლებზე

რ ე ზ ი ე მ ე

შესწავლილია ტრიმთილგერმანიუმის ჰიდრიდის ურთიერთმოქმედება მე-
თოქსი-γ-აცეტილენურ გლიკოლებთან: 2,5-დიმეთილ-7-მეთოქსიპეტინ-
3-დიოლ-2,5, 3,6-დიმეთილ-8-მეთოქსიოქტინ-4-დიოლ-3,6, 3,6-დიმეთილ- 8-
დიმეთოქსიოქტინ-4-დიოლ-3,6 და 1-ოქსიციკლოპექსილ-3-მეთილ-5-მეთოქსი-
პენტინ-1-ოლ-3-თან სპეიერის კატალიზატორის თანდასწრებით.

აღმოჩნდა, რომ რეაქცია მიმდინარეობს სამმავე კავშირთან ჰიდრიდის მი-
გრატებით. დადგენილია რეაქციის ოპტიმალური პირობები. ტემპერატურის
აწევა და კატალიზატორის რაოდენობის გაზრდა ამცირებს რეაქციის ძირითა-
დი პროდუქტის გამოსავალს. რეაქციის შედეგად, გარდა მოსალოდნელი აღუქ-
ტებისა, გამოყოფილია აგრეთვე მათი დეჰიდრატაციის პროდუქტები. მათი აგე-
ბულების დასადგენად გამოყენებულ იქნა სპექტრალური მეთოდი.

მიღებული დეჰიდრატაციის პროდუქტების იდენტიფიკაციისათვის ჩატარ-
და შესაბამისი გერმანიუმის შემცველი ეთილენური გლიკოლების დეჰიდრა-
ტაცია უწყლო კალიუმის ბისულფატის თანდასწრებით. აღმოჩნდა, რომ დე-
ჰიდრატაცია მიდის ფურაჟული ბირთვის წარმოქმნით. ჩატარებულია სინთეზი-
რებული გერმანიუმის შემცველი ეთილენური გლიკოლების ჰიდრირება რენეს-
ნიელის თანდასწრებით. მიღებულია შესაბამისი ნაჯერი გლიკოლები.

გერმანიუმის შემცველი გლიკოლის აცეტილირება დამთავრდა უშედეგოდ. რეაქციის შედეგად ნაცვლად მოხალოდნელი ეთერისა, გამოყოფილია მისი დეჰიდრატიციის პროდუქტი.

დასოფიებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. М. Гвердцители, Е. С. Гелашвили, ЖОХ, 37, 1967, 2297.
2. И. М. Гвердцители, Е. С. Гелашвили. Сообщения АН ГССР, 49, № 2, 1968, 329.



ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Р. И. АГЛАДЗЕ (академик АН ГССР), Д. Е. КАРЧАВА,
 Р. К. КВАРАЦХЕЛИЯ

ОБ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМ ВОССТАНОВЛЕНИИ АЗОТНОЙ
 КИСЛОТЫ В УКСУСНОКИСЛОЙ СРЕДЕ

Электрохимическое восстановление азотной кислоты на катодах из различных материалов изучалось в среде сильных минеральных кислот [1]. Были выяснены причины положительного влияния последних на образование и накопление гидроксиламина в процессе катодного восстановления азотной кислоты [2]. В зависимости от состава католита рядом авторов были изучены условия электросинтеза сульфата [1, 2], хлорида [1], ортофосфата [1], бромида [2] и перхлората [2] гидроксиламина. Кроме того, известны некоторые другие неорганические соли гидроксиламина, полученные чисто химическими методами [3].

В литературе не описаны органические соли гидроксиламина, за исключением формиата [4]. В настоящей статье приведены некоторые результаты электрохимического восстановления азотной кислоты в уксуснокислой среде с целью выяснения возможностей электросинтеза неизвестных в литературе органических солей гидроксиламина и, в частности, ацетата NH_2OH .

Лабораторные опыты по катодному восстановлению HNO_3 в уксуснокислой среде производились в электролизере цилиндрической формы с водяной рубашкой и мелкопористой керамической диафрагмой для разделения анодного и катодного пространств. При электролизе католитом служила смесь азотной и уксусной кислот. В качестве катода были испытаны Ta, W, Au, Mo, Pt, Mn, Cu, Ti, Ni, C, Cr, Zn, Sn, Pb, Hg и амальгамы Pb, Sn, Zn и Cu. Рабочими условиями экспериментов были концентрация азотной кислоты в католите 40—60 г/л, уксусной кислоты 10%; катодная плотность тока 22 а/дм². Анолитом служила смесь 10% уксусной кислоты с азотной кислотой (концентрация последней 30 г/л). Анодом служила платина. Твердые катоды и ртуть перед опытом тщательно очищались. Анализ продуктов восстановления — гидроксиламина и аммиака производился по известной методике [2].

При описанной совокупности экспериментальных условий было изучено катодное восстановление HNO_3 на различных материалах (табл. 1).

Таблица 1

№ п/п	Катодный материал	Выход по току, %		№ п/п	Катодный материал	Выход по току, %	
		NH ₂ OH	NH ₃			NH ₂ OH	NH ₃
1	Таитал	0	4,6	12	Олово	58,0	18,8
2	Вольфрам	0	4,6	13	Свинец	60,0	18,4
3	Золото	0	5,7	14	Амальгамирован- ный свинец	59,6	28,6
4	Молибден	0	9,2	15	Амальгамирован- ное олово	62,9	2,3
5	Платина	0	17,2	16	Амальгамирован- ный цинк	63,6	4,6
6	Медь	0	94,1	17	Ртуть	76,5	5,2
7	Титан	0	63,0	18	Амальгамированная медь	85,5	4,6
8	Никель	21,4	54,2				
9	Графит	22,5	37,5				
10	Хром	27,0	20,6				
11	Цинк	38,7	18,8				

Как видно из табл. 1, металлы Ta, W, Au, Pt, Mo являются инертными по отношению к катодному восстановлению HNO₃. Доминирующим катодным процессом здесь является выделение водорода. Остальные катоды являются энергичными восстановителями NO₃⁻-ионов в уксуснокислой среде. По значениям суммарных выходов продуктов восстановления (восстановительной способности) эти металлы можно расположить в следующий ряд:

- > Увеличение выхода NH₂OH.
 <--- Увеличение выхода NH₃.
 ---> Увеличение перенапряжения выделения водорода.

Таблица 2

Катодный материал	Cu	Ni	C	Cr	Zn	Sn	Pb	Hg и амальгамы
Суммарный выход, % Σγ = γNH ₂ OH + γNH ₃	94,1	75,6	60,0	47,6	57,5	76,8	78,4	81,7

Восстановительная активность максимальна по краям данного ряда, причем для меди основная доля суммарного выхода приходится на аммиак, а для ртути и амальгам — на гидроксилламин. Минимум активности, проявляемый катодами, находящимися в центре ряда, соответствует приблизительно одинаковым долям обоих продуктов восстановления. Так как, наряду с этими соединениями, продуктом катодного процесса на всех описанных материалах является и водород, в данном ряду замечается определенный параллелизм между восстановительной активностью металлов и величиной перенапряжения выделения водорода на них.

На основе полученных данных нами была сделана попытка связать восстановительную активность катодных материалов, описанных в табл. 2 (наиболее интересных по отношению к восстановлению нитрат-

концентрации CH_3COOH , что при концентрациях последней более 45% либо вызывает разрушение гидроксиламина, либо изменяет направление восстановления.

При 10% концентрации CH_3COOH в катодите и катодной плотности тока 10 а/дм² гидроксиламин образуется в интервале концентраций HNO_3 20—125 г/л. Выходы NH_2OH максимальны (65—76%) в интервале концентраций HNO_3 30—110 г/л. Аммиак образуется до концентрации HNO_3 70 г/л с незначительными выходами (2—8%). По сравнению с аналогичной зависимостью в сильных минеральных кислотах [1, 2], в данном случае имеются две отличительные особенности: NH_2OH не образуется до концентрации HNO_3 20 г/л и образуется до более высоких предельных значений (выше 90 г/л) концентрации HNO_3 .

Увеличение катодной плотности тока от 4 до 40 а/дм² приводит к небольшому уменьшению выхода NH_2OH (от 77 до 63%) и незначительному увеличению выхода NH_3 (от 4 до 7%).

На рис. 2 представлены поляризационные кривые, снятые на различных катодах в 10% CH_3COOH , на рис. 3 — поляризационные кривые, снятые в 10% CH_3COOH с концентрацией HNO_3 60 г/л. Кривые снимались компенсационным методом с помощью потенциометра Р-300. Электродом сравнения служил насыщенный каломелевый электрод, относительно которого приведены значения потенциалов.

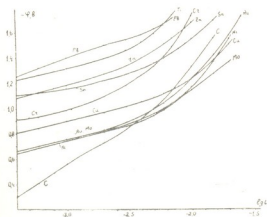


Рис. 2

Кривые, снятые в 10% CH_3COOH (рис. 2), не характерны для процесса разряда H^+ -ионов, хотя выделение водорода наблюдается на всем протяжении этих кривых. Аномально высокие значения углов наклона начальных участков кривых и сдвиг последних в область весьма отрицательных потенциалов говорят о том, что, наряду с выде-

лением водорода, здесь имеет место процесс восстановления ацетат-иона, который характеризуется значительным перенапряжением [5].

Добавление в раствор HNO_3 приводит (рис. 2 и 3) к значительной деполяризации на всех изученных катодах. В случае инертных катодов (Au, Mo) деполяризация вызвана сильным снижением величины рН раствора (от 2,1 до $-0,02$). На катодах, дающих в качестве продукта восстановления только NH_3 (Cu, Ti), деполяризация достигает

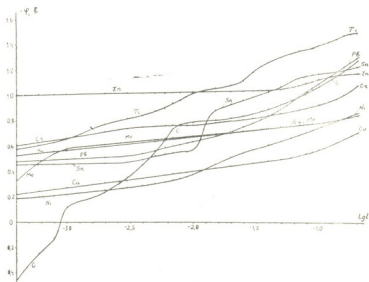


Рис. 3

весьма значительной величины (свыше 0,6 в). Катоды из Zn, Pb и Sn при низких значениях плотности тока подвергаются растворению, о чем свидетельствуют близость потенциалов нижних, почти параллельных оси абсцисс участков поляризационных кривых, к обратимым потенциалам соответствующих систем $\text{Me}^{\text{II}}/\text{Me}$, данные анализа католита и состояние поверхности этих катодов. После перегиба, соответствующего катодной защите, на них устанавливается процесс восстановления NO_3^- и H^+ -ионов.

Кривые имеют, как правило, сложный вид, затрудняющий количественную интерпретацию данных поляризационных исследований. Исключением является медный катод, для которого вплоть до высоких значений плотности тока наблюдается линейная зависимость $\varphi - \lg i$ с углом наклона 0,13. В этой области господствующим процессом на катоде является восстановление NO_3^- -ионов в аммиак (при высоких плотностях тока последнее осуществляется вместе с выделением водорода). Кроме того, наблюдается линейная зависимость $\varphi - \lg C_{\text{NO}_3^-}$



с углом наклона 0,15 в пределах концентрации HNO_3 5—200 г/л. Данные свидетельствуют о том, что процесс восстановления на медном катоде подчиняется механизму замедленного разряда.

Изучение поляризации ртутного катода в уксуснокислых растворах HNO_3 является предметом отдельного исследования.

Академия наук Грузинской ССР

Институт неорганической химии и электрохимии

(Поступило 3.7.1968)

ფიზიკური ქიმია

რ. აგლაძემ (საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი),
დ. ე. კარჩავამ, რ. კვარაცხელიამ

ძმარმშავა ბარემოში აზოტმშავას ელემტროქიმიური
აღდგენის შესახებ

რეზიუმე

შესწავლილია ძმარმევა გარემოში HNO_3 -ის აღდგენა Ta, W, Au, Mo, Pt, Ti, Cu, Ni, C, Cr, Zn, Sn, Pb, Hg და ტყვიის, კალას, თუთიისა და სპილენძის ძალგამების კათოდებზე ფართო ექსპერიმენტულ პირობებში. ნაჩვენებია, რომ აღდგენის მთავარი პროდუქტებია NH_2OH და NH_3 .

დასიყვანული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. Г. Хомяков, М. Я. Фиошин. Химическая промышленность, 6, 1958, 335.
2. Р. В. Кварацхелия. Об электрохимическом получении гидросиламина. Автореферат, Тбилиси, 1965.
3. P. Pasaï. Nouveau traite de chimie minerale. Paris, X, 1956, 285.
4. Ф. Критчфилд. Анализ основных функциональных групп в органических соединениях, М., 1965, 88.
5. А. Н. Фрумкин, В. С. Багоцкий и др. Кинетика электродных процессов. М., 1952, 193.



Э. С. ГОМЕЛАУРИ, А. В. ШАБЛЯ, К. Г. ДЖАПАРИДZE

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ КВАНТОВЫХ ВЫХОДОВ
 ФОТОХРОМНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ И ЭКСТИНКЦИИ
 ФОТОИНДУЦИРОВАННЫХ ФОРМ

(Представлено академиком Г. В. Цицишвили 24.4.1968)

Определяющей характеристикой чувствительности фотохромных систем к световой радиации является квантовый выход фотореакций. Существующие методы его определения можно разделить на две группы: химические и спектрофотометрические. И в тех, и в других речь идет об оценке количества фотопродукта и поглощенных квантов.

Указанные методы разработаны главным образом для фотореакций, идущих до конца в одном направлении. При фотохромных превращениях, происходящих в обоих направлениях ($A \rightleftharpoons B$), в общем случае перекрытия полос поглощения обеих форм (A и B), в конечном счете наступает фоторавновесие, определяемое соотношением [1, 2]

$$\frac{[A]}{[B]} = \frac{\epsilon_B \varphi_{BA}}{\epsilon_A \varphi_{AB}}$$

где $[A]$ и $[B]$ —фоторавновесные концентрации, ϵ —коэффициент экстинкции, φ —квантовый выход.

Очевидно, что для определения квантового выхода

$$\varphi = \Delta n / \Delta M, \tag{1}$$

(где Δn —прирост фотоиндуцированной формы, ΔM —число поглощенных квантов) система должна быть „далеко“ от фоторавновесного состояния.

Темновые реакции в данном расчете не принимаются во внимание, их влияние можно практически исключить выбором соответствующих условий. В связи с перекрытием полос поглощения обеих фотохромных форм возникают трудности при количественной оценке как поглощенных квантов света, так и изменений концентраций фотохромов.

Предлагаемый метод определения квантовых выходов фотопревращения основан на использовании люминесценции первоначальной формы фотохромного соединения для оценки степени фотопревращения, т. е. отношения количеств A и B . (В таком случае становится возможным определение абсолютных значений квантовых выходов в растворах, а в случае твердых образцов, когда трудно оценить число молекул, их относительные значения).

Количество молекул первоначальной формы A определяется интенсивностью ее люминесценции. Когда фотоиндуцированная форма B тоже обладает люминесценцией и их спектры перекрываются, в определение количества молекул формы A будет внесена погрешность за счет свечения B молекул. Это особенно существенно при значительных степенях превращения. Величина этой погрешности будет зависеть от степени пе-



рекрытия спектров люминесценции форм A и B ; разумеется, в первоначальных стадиях облучения формы A , когда количество превратившихся в форму B молекул еще незначительно, интенсивность люминесценции формы B будет незначительна (особенно в максимуме люминесценции A формы, по которому следует оценить количество молекул A формы), и ею можно пренебречь.

Квантовый выход в общем виде может быть вычислен по формуле (1), в приближении к условиям односторонней реакции $A \rightarrow B$.

Существенным является определение числа поглощенных молекулами A квантов (ΔM). Оно определяется из общего соотношения

$$\Delta M = M_0 (1 - T_{cp}) \cdot \Delta t, \quad (2)$$

где M_0 —число квантов, падающих на образец за единицу времени, T_{cp} —среднее пропускание формы A за время облучения Δt .

В случае сильного перекрытия полос поглощения форм A и B точная оценка T_{cp} возможна лишь в начальный период фотореакции, так как измеряемая во время опыта величина T_{cp} относится к пропусканию обеих форм.

Учет светофильтрового действия фотоиндуцированной формы следует производить, дифференцируя общее пропускание с помощью кинетических измерений нарастания B формы и убыли A формы в процессе реакции. В каждый момент времени число оставшихся молекул в состояниях B и A (или же их концентрации) выражаются соотношениями

$$\begin{aligned} C_A^t &= C_A^0 e^{-kt}, \\ C_B^t &= C_B^0 (1 - e^{-kt}) \end{aligned} \quad (3)$$

и, следовательно, пропускания

$$\begin{aligned} T_A^t &= e^{-\varepsilon_A \cdot l \cdot C_A^t}; & T_{cp}^A &= \int T_A^t dt; \\ T_B^t &= e^{-\varepsilon_B \cdot l \cdot C_B^t}; & T_{cp}^B &= \int T_B^t dt. \end{aligned}$$

Но расчеты средних значений пропусканий строго в интегральном виде не могут быть выполнены, так как в коэффициенты k в соотношениях (3) входят значения φ_{AB} и φ_{BA} . Расчет может быть выполнен путем графического интегрирования. При условии $C_B \ll C_A$ светофильтровым действием на начальных стадиях фотореакции можно пренебречь. Таким образом, для расчета квантового выхода перехода $A \rightarrow B$ применима следующая формула:

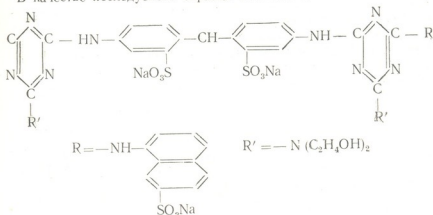
$$\varphi = \frac{VC_0 \frac{J_A^0 - J_A^t}{J_A^0} N}{M_0 (1 - T_{cp}) \Delta t},$$

где V —объем раствора в литрах, N —число Авогадро, C_0 —концентрация в мол/л; J_A^0 , J_A^t —интенсивности люминесценции в моментах $t = 0$ и t соответственно; T_{cp} —среднее пропускание образца за время Δt .

Анализ погрешностей экспериментальных величин, входящих в формулу, показывает, что общая погрешность в вычислении квантового выхода составляет 35%.

В случае определения относительных квантовых выходов точность повышается, так как отпадает необходимость измерения толщины кюветы, не требуется абсолютного числа квантов, с измерением которого связана погрешность, близкая 15%.

В качестве исследуемого образца был взят анилин¹.



который фотохром в растворах и в первоначальной форме (А) люминесцирует (рис. 1).

Спектры поглощения до и после облучения в течение времени t представлены на рис. 2.

Сопоставление спектра возбуждения люминесценции и спектра поглощения показало, что в исходном образце (при растворении) существует только А форма вещества.

Изучение спектра люминесценции показало, что форма В не люминесцирует, при превращении $A \rightarrow B$ происходит падение интенсивности люминесценции и положение максимума не изменяется.

Дополнительные измерения показали, что обратная термическая реакция $B \rightarrow A$ настолько незначительна, что ею можно пренебречь. Кроме того, с целью

выяснения, поглощает ли В форма 365 м μ , были измерены положения фоторавновесия при облучении А формы излучением с длинами волн

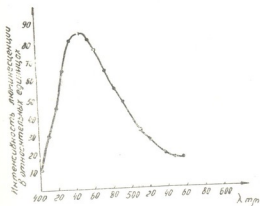


Рис. 1. Спектр люминесценции

¹ Вещество было любезно представлено для исследования В. А. Барачевским, Г. Е. Самойловой и И. В. Александровым.



$\lambda = 365$ м μ и $\lambda = 405$ м μ , расположенными в области различных поглощений форм A и B . (По спектрам поглощения до и после облучения образца можно предполагать, что форма B не должна поглощать $\lambda = 405$ м μ). Мы ожидали, что фоторавновесие при облучении $\lambda = 405$ м μ должно быть смещено в сторону формы B по сравнению со случаем облучения $\lambda = 365$ м μ ; оказалось, что фоторавновесные состояния в обоих случаях почти одинаковы (для $\lambda = 405$ м μ незначительно смещение в сторону формы B). Это свидетельствует о малых величинах квантовых выходов обратной реакции, что дает возможность при изучении $A \rightarrow B$ перехода пренебречь $B \rightarrow A$ процессом (в определенных выше ограниченных экспериментальных условиях).

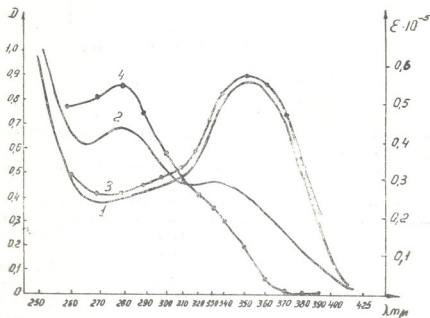


Рис. 2. Спектры поглощения до и после облучения образца: 1—спектр до облучения; 2—спектр после облучения; 3—зависимость $\epsilon_A(\lambda)$; 4—зависимость $\epsilon_B(\lambda)$; (3 и 4 кривые получены в результате расчета с точностью до 25%)

„Считывание“ молекул A производилось по люминесценции на соответствующей установке: люминесценция возбуждалась монохроматическим светом с длиной волны 365 м μ . Свет люминесценции регистрировался в максимуме с помощью ФЭУ на самописце. Облучающим светом являлся сам возбуждающий свет, который, проходя кювету, попадал на фотозлемент, и пропускание образца вычислялось по соотношению n/n' , где n и n' —показания ФЭ для кюветы с раствором и растворителем соответственно. По n'/n_0 (n_0 —показание ФЭ без кюветы) было вычислено число квантов (квантовая интенсивность M_0), падающих в 1 с-

кунду на образец на определенную площадь; раствор помещался в тонкую кварцевую кювету толщиной в 2 мм и облучался через квадратное окошко. Дополнительные опыты показали, что диффузией молекул из освещенной зоны в неосвещенную можно пренебречь.

Было найдено, что по мере приближения к равновесному состоянию, как и следовало ожидать, значения φ уменьшаются. За истинное значение квантового выхода мы приняли значение, соответствующее первоначальным моментам облучения (что можно получить и экстраполяцией кривой $\varphi = f(\Delta t)$, где Δt —время облучения). Для $\lambda = 365$ м μ квантовый выход изучаемого образца оказался равным 50%.

Имея возможность подсчитать число молекул B формы, аналогичным образом можно вычислить квантовый выход для обратного процесса

$B \xrightarrow{\lambda_2} A$, где λ_2 —длина волны из области максимального поглощения B формы (в нашем случае $270 \div 280$ м μ), только надо λ_2 выбрать так, чтобы $\varepsilon_{\lambda_2}^A$ и $\varphi_{\lambda_2}^{A \rightarrow B}$ были незначительными, и, кроме того, нужно выбрать

такие экспериментальные условия, чтобы спонтанным темновым переходом $B \rightarrow A$ можно было пренебречь.

Были определены коэффициенты экстинкции $\varepsilon_B(\lambda)$ для фотоиндуцированной формы B по оптическим плотностям и соответствующим интенсивностям люминесценции образца до и после облучения за некоторое время t . По интенсивностям люминесценции до и после облучения и первоначальной концентрации (C_A^0) молекул A определялись концентрации молекул A и B в растворе после облучения. По поглощению D_A^0 и по C_A^0 определялись коэффициенты экстинкции $\varepsilon_A(\lambda)$ для A молекул. Измерения оптической плотности проводились на спектрофотометре „Шимадзу“. Раствор помещался в стандартную кварцевую кювету, снимался спектр поглощения (D_A^0) и сразу же измерялась интенсивность люминесценции J_n^0 на соответствующей установке, после чего образец облучался и производились измерения интенсивности люминесценции J_n^t и спектра поглощения D_{AB}^t . Экстинкцию для фотоиндуцированной формы вычисляли по формуле

$$\varepsilon_B = \frac{D_{AB}^t - \varepsilon_A \cdot l \cdot C_A^0 \frac{J_n^t}{J_n^0}}{l \cdot C_A^0 \frac{J_n^t - J_n^0}{J_n^0}}$$

Погрешность измерения равна 25%.

Были построены соответствующие кривые зависимостей $\varepsilon_A(\lambda)$ и $\varepsilon_B(\lambda)$ (рис. 2).

Авторы приносят благодарность проф. М. В. Савостьяновой за ценные советы и за постоянный интерес к работе.

(Поступило 7.5.1968)

მ. ზომელაური, ა. შაბლია, კ. ჯაფარიძე

ფოტოქრომული გარდაქმნების კვანტური გამოსავლებისა და
 ფოტონდუქციკობის ფორმების ექსტინქციების განსაზღვრის
 საკითხისათვის

რ ე ზ ი უ მ ე

შრომაში განხილულია ორმხრივი მიმდინარე ფოტოქრომული გარდაქმნების, ($A \rightleftharpoons B$), კვანტური გამოსავლებისა და ფოტონდუქციკობის ფორმის ექსტინქციების განსაზღვრის საკითხი იმ შემთხვევაში, როდესაც A და B ფორმების შთანთქმის სპექტრები ერთმანეთს გადააარავენ, რის გამოც A ფორმის გასხივების შედეგად საბოლოოდ მყარდება ფოტოწონასწორობა.

ფოტოწონასწორობის დროს ფოტონდუქციკობის პროდუქტის რაოდენობის გაზრდა არ დაიკვირება $B \rightarrow A$ რეაქციის გამო, მიუხედავად იმისა, რომ A ფორმა შთანთქმავს რადიაციას. ამიტომ კვანტური გამოსავლების განსაზღვრისათვის არსებული ფორმულის $\varphi = \Delta n / \Delta M$ გამოყენება წონასწორული ფოტოქრომული პროცესებისათვის მოითხოვს გარკვეულ შეზღუდვებს.

ფოტოქრომული გარდაქმნების კვანტური გამოსავლების და ფოტონდუქციკობის ფორმის ექსტინქციების განსაზღვრის ავტორების მიერ მოწოდებული მეთოდი ემყარება ფოტოქრომული ნაერთის თავდაპირველი გაუსხივებელი ფორმის ლუმინესცენციის გამოყენებას ფოტოქრომული გარდაქმნის ხარისხის შეფასებისათვის. აღნიშნული მეთოდის გამოყენება მეტად მოხერხებულია იმ მხრივ, რომ კვანტური გამოსავლებისა და ექსტინქციების გამოთვლა მოითხოვს მცირე რაოდენობის ექსპერიმენტალური სიდიდეების განსაზღვრას.

დავოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. R. Heiligman-Rim, J. Hirshberg and E. Fischer. J. of physical Chemistry, vol. 62, № 12, 1962, 2470.
2. А. В. Шабля, К. Б. Демидов, Ю. Н. Поляков. Оптика и спектроскопия, т. XX, 1966, 738.



УДК 666.5

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

К. С. КУТАТЕЛАДЗЕ (член-корреспондент АН ГССР),
 И. Г. ХИЗАНИШВИЛИ, Р. А. МАМАЛАДЗЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА И СТРУКТУРЫ
 ПЕРЛИТСОДЕРЖАЩЕГО ФАРФОРА

Среди многочисленных сырьевых материалов особого внимания для развития керамической промышленности заслуживают перлиты.

В керамике, в частности в полуфарфоровых и фарфоровых массах, перлиты нашли применение как плавни, вместо обычно применяемых полевого шпата и легматита [1].

По применению перлита в керамических массах уже накопился определенный опыт [1—3], однако вопросы влияния перлита на высокотемпературные фазовые превращения и на другие физико-химические свойства фарфора до настоящего времени еще не решены.

Объектом наших исследований служили перлитсодержащие и полевошпатсодержащие фарфоровые массы [2], сырьевой и химический составы которых приводятся в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Сырьевой состав масс исследуемых фарфоровых образцов, %

Наименование сырьевых материалов	М-2	М-5
Глина веселовская	4,2	4,0
Глина трюшковская	9,5	9,0
Каолин просяновский	38,4	36,0
Кварц чушинский	21,3	25,0
Полевой шпат (микроклин) чушинский	—	—
Перлит арагацкий	26,6	—
Череп полевой	—	3
Череп утильный	—	3

Таблица 2

Химический состав масс исследуемых фарфоровых образцов

Наименование масс	Содержание окислов, %							
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
М-2	69,76	0,28	25,09	0,54	0,51	0,28	1,08	1,46
М-5	68,50	0,27	26,69	0,44	0,47	0,27	2,47	0,89

Опытные фарфоровые образцы (М-2, М-5) подвергались комплексному (петрографическим, электронномикроскопическим и рентгенографическим анализом) физико-химическому исследованию.

Петрографический анализ фарфоровых образцов, обожженных при температуре 1330°C в туннельной печи и 1360°C в горновой печи, показал следующее.

Основную массу в образце фарфора М-2, обожженном при температуре 1330°C в туннельной печи, составляет стекло с муллитом и с небольшим количеством остаточного кварца, частично замещенным кристобалитом.

Показатель преломления основной массы составляет $1,502 \pm 0,001$. Муллит в стекле выделяется в виде сравнительно крупных игл, образующих крупную сетку, а местами более плотные скопления из мелких игл.



Рис. 1 Микроструктура перлитсодержащего фарфора М-2, обожженного при температуре 1360°, $\times 600$

Образец из массы М-2, обожженный при температуре 1360°C в горновой печи, отличается от образца этой же массы, обожженного при температуре 1330° в туннельной печи, большей зрелостью структуры, более высокой степенью муллитизации, несколько большим количеством пор.

Образцы фарфора из перлитсодержащей массы М-2 отличаются от образцов обычного полевошпатового фарфора М-5 более однородной и активной муллитизацией черепка, что, по-видимому, обусловлено стекловидной структурой самого перлита, являющейся следствием его образования в магматической среде при высоких температурах и давлениях. Более активной и однородной муллитизацией отличаются так-

же фарфоры, изготовленные на основе других видов горных пород — альбитофиров и туфов вулканического происхождения [4, 5].

Электронномикроскопическое исследование фарфоровых образцов с помощью электронного микроскопа ЭМ-5 подтвердило данные петрографических исследований и показало, что кристаллизация муллита происходила в перлитсодержащем фарфоре М-2 более интенсивно и равномерно по всему объему (рис. 2), чем в полевошпатовом фарфоре М-5. Кроме того, в перлитсодержащем фарфоре М-2 образуется более мелкокристаллическая, переплетенная пространственная структура муллита, чем в полевошпатовом фарфоре М-5.

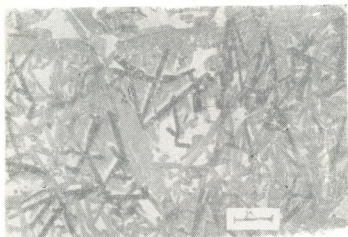


Рис. 2. Электроннофотография перлитсодержащего фарфора М-2, обожженного при температуре 1360°, $\times 1100$.

Процесс муллитизации образцов М-2 и М-5 с повышением температуры обжига от 1330 до 1360° заметно усиливается.

Как показывает электронномикроскопический анализ, в перлитсодержащем фарфоре М-2 при температуре обжига 1330°C образуются кристаллы кристобалита. При температуре 1360°C в фарфоре М-2 замечается более интенсивное образование кристаллов кристобалита, а в полевошпатсодержащем фарфоре М-5 образование кристаллов кристобалита при указанных температурах не наблюдается.

Исследование микроструктуры разработанного фарфора методом рентгенографического анализа на дифрактометре УРС-50И дало следующие результаты.

В образце фарфора из массы М-2 обожженном при температуре 1330°C в туннельной печи, кристаллическая фаза состоит в основном из кварца, муллита и кристобалита (рис. 3).

В образце фарфора М-2, обожженном при температуре 1360°C в горновой печи, количество и интенсивность дифрактометрических пиков,



соответствующих кварцу, значительно уменьшились, по сравнению с образцом фарфора М-2, обожженным при температуре 1330°C, что сви-

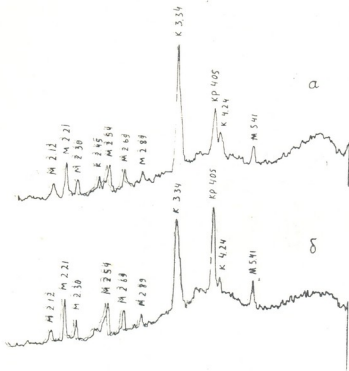


Рис. 3. Дифрактограммы перлитсодержащего фарфора М-2, обожженного при температуре 1330° (а) 1360 (б)

детельствует о переходе кварца в расплав. Пики, соответствующие муллиту, фиксировались несколько четче, и, судя по небольшому увеличению их интенсивности, количество муллита несколько возросло. Интенсивность пика 4,05, соответствующего кристобалиту, значительно увеличилась, что свидетельствует об увеличении его количества в фарфоре. Образец фарфора М-5, обожженный при температуре 1330°C в туннельной печи, дал дифрактограмму, отличную от образца М-2 (рис. 3,а), обожженного в этих условиях. Хотя количество муллита примерно такое же, в образце содержится больше кварца и отсутствует кристобалит. Этот же образец, но обожженный при температуре 1360° в горне, дал дифрактограмму, также отличную от образца М-2, обожженного в этих же условиях. Кварц практически весь, а муллит частично переходит в расплав, количество муллита относительно образца М-2 уменьшается, кристобалит отсутствует.

обусловлено процессом кристаллизации данной модификации кварца из расплава, обогащенного кремнеземом. Данная точка зрения может быть подтверждена в основном двумя ссылками: 1) перлит в сравнении с полевым шпатом содержит значительное количество SiO_2 (соответственно 76% и 64%) и 2) выделение кристобалита из кварцевого расплава известно в технологии стекла [5].

Таким образом, на основании комплексного исследования фазового состава и структуры перлитсодержащих и полевошпатсодержащих фарфоровых образцов, обожженных при температуре 1330 и 1360°C, можно заключить, что при введении перлита в фарфоровые массы происходит более интенсивная муллитизация и образуется более плотная и однородная микроструктура. При этом образование муллитовой фазы протекает более интенсивно вокруг пор, содержащихся в фарфоре в количестве 5—6%. По этим же данным, кристаллическая фаза в фарфоре М-2 представлена исключительно муллитом, не расплавленным остаточным кварцем и кристобалитом. Наблюдающаяся высокая прочность исследуемого фарфора М-2, очевидно, связана с образованием мелкокристаллических муллита и кристобалита.

Тбилисский институт строительных материалов

(Поступило 7.5.1968)

მივიწერი ბავშვობა

ბ. შათათელაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრი-კორესპონდენტი), ი. ხიზანიშვილი, რ. მამალაძე

პერლიტის შემცველი ფაიფურის ფაზური შედგენილობისა და სტრუქტურის გამოკვლევა

რეზიუმე

შესწავლილია პერლიტის შემცველი ფაიფურის ფაზური შედგენილობა და სტრუქტურა პეტროგრაფიული, ელექტრონული მიკროსკოპის და რენტგენოგრაფიული ანალიზის საშუალებით.

დადგენილია, რომ პერლიტის შემცველი ფაიფური, მინდვრისშპატთან ფაიფურთან შედარებით, ხასიათდება უკეთესი მულტიზაციითა და ერთფაზროვნებით. ამასთან, იგი შეიცავს ახალ კრისტალურ ფაზურ შემადგენელ ნაწილს—კრისტობალიტს, რაც მულიტთან ერთად ზრდის ფაიფურის სიმტკიცეს.

დაიწვესი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. К. С. Кутателадзе, И. Г. Хизанишвили и др. Авторское свидетельство, № 174098. Бюл. изобретений и товарных знаков, № 16, 1965.
2. И. Г. Хизанишвили, Р. А. Мамаладзе. Стекло и керамика, II, 1966.
3. К. С. Кутателадзе и др. Сообщения АН ГССР, 48, № 2, 1967.
4. А. С. Августиник и др. В сб.: «Исследования в области химии силикатов. II: окислов». Л., 1965.
5. В. Эйтель. Физическая химия силикатов. М., 1962.

Д. С. ИОСЕБИДZE, Л. Д. МЕЛИКАДZE (член-корреспондент АН ГССР)

ПРОТИВОПИТТИНГОВЫЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ МАСЕЛ С ПРИСАДКОЙ ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО УГЛЕРОДА, ПОЛУЧАЕМОГО ЭЛЕКТРОКАРБОНИЗАЦИЕЙ БЕНЗОЛА (УЭК6)

В работах [1,2] было показано, что суспензии присадки высокодисперсного углерода (УЭК6) в минеральных маслах обладают достаточно высокими противозадирными и противоизносными свойствами.

В данной работе приводятся результаты исследования влияния присадки УЭК6 на противопиттинговые свойства минеральных масел. Эти исследования проведены на шариковой машине ЗШМ-П в Институте химии присадок АН АзССР.

На машине ЗМШ-П [3] узел трения (рис. 1) представляет собой верхнюю 1 и нижнюю 2 обоймы стандартных упорных подшипников, между которыми движутся стандартные шарики 3 диаметром 4,76 мм (ГОСТ 3722—16) из стали ШХ-6 (ГОСТ 801—60) с твердостью $H_{RC} = 61—62$. Требуемые величины контактных давлений можно получить при помощи изменения осевой нагрузки или количества шариков. В зависимости от количества шариков изготавливается специальный сепаратор 4. Верхняя обойма 1 неподвижно крепится на патроне 5, который садится на конце шпинделя машины. Нижняя обойма 2 фиксируется относительно центрирующей чашки 6 при помощи переходного кольца 7. Центрирующая чашка неподвижна, относительно стана машины. В нее заливается испытуемый смазочный материал до полного покрытия шариков. Сверху она закрывается ограничительным кольцом 8.

Противопиттинговые свойства масел оценивались временем до образования питтинга на шариках. Возникновение питтинга на шариках фиксировалось появлением в работе машины очень резкого характерного шума.

Перед началом каждого опыта все детали узла трения промывались в авиационном бензине и тщательно высушивались.



Опыты были проведены при скорости вращения верхней обоймы узла трения $n=2500$ об/мин и при контактном давлении на каждом из трех используемых шариков (по Герцу) $P=11220$ кг/см².

Объемная температура испытуемых масел перед каждым испытанием равнялась 20°C, а в процессе испытания не превышала 60°C.

На машине ЗШМ-П исследовались масла трансформаторное (ГОСТ 982—56), индустриальное 12 (ГОСТ 1707—51), депарафинированное ТА-15В (МРТУ 38—1—185—65), АК-15 (ГОСТ 1862—63), деасфальтированный нигрол (балаханской тяжелой нефти), а также:

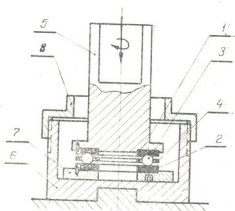


Рис. 1. Узел трения машины ЗШМ-П

указанные масла с присадкой УЭК6 и для сравнения масла трансмиссионное автотракторное зимнее (нигрол 3, ГОСТ 542—50), ТА-15 (депарафинированное) + 3% ИНХП-46. Результаты этих экспериментов приведены в таблице.

На данной машине, как и на других машинах, используемых для испытания масел на способность противостоять питтингу трущихся поверхностей, наблюдается довольно широкий диапазон рассеяния результатов. Однако расчетами установлено, что рассеяние полученных нами результатов для каждого масла подчиняется нормальному статистическому закону распределения. Поэтому эти данные были обработаны соответствующим методом, основанным на математической статистике [4—7]. Относительная точность определения среднего времени до образования питтинга для всех испытанных масел с надежностью 0,96 удовлетворяет условию $\psi < 17-23\%$.

Приведенные в таблице результаты показывают, что чистые минеральные масла характеризуются достаточно низкими противопиттинговыми свойствами. Повышение вязкости благоприятно, но незначительно влияет на свойство масла противостоять питтингу. Так, если сравнить по вязкости весьма отличные друг от друга масла трансформаторное (с вязкостью $\nu_{50}=9,6$ сст) и АК-15 (с вязкостью $\nu_{50}=135$ сст), то получится, что для них разница во времени до об-

Противопиттинговые свойства масел

Масла	% присадки УЭК6 в масле	Время до образования питтинга масел	Среднее время до образования питтинга, мин
Трансформаторное	—	23, 13, 19, 27, 14, 25	20
	1,5	89, 55, 73, 93, 67, 117, 96, 101	86
	3,0	138, 142, 90, 156, 65, 100, 112, 80, 142, 120	113
	5,0	121, 105, 90, 129, 147, 113, 201, 166, 156, 154	138
Индустриальное 12	—	19, 25, 23, 17, 21, 18	21
	1,5	62, 114, 91, 103, 123, 82, 95, 128, 89	98
	3,0	123, 135, 79, 98, 116, 185, 164, 158, 149, 127	133
	5,0	99, 125, 118, 162, 139, 88, 212, 188, 170, 201	150
ТА-15 В депарафинированное	—	46, 37, 40, 41, 28, 32, 49	39
	1,5	133, 141, 111, 74, 105, 190, 145, 158, 164, 120	135
	3,0	218, 225, 114, 150, 155, 211, 241, 185, 201, 171	187
	5,0	270, 238, 177, 165, 194, 376, 339, 287, 250, 256	254
АК-15	—	29, 45, 37, 42, 25, 35, 39	36
	3,0	115, 108, 95, 132, 136, 152, 133, 103, 122, 127	123
Нигрол (деасфальтированный)	—	22, 37, 44, 31, 35, 39, 50	37
	3,0	108, 133, 125, 112, 93, 76, 137, 180, 155, 151	126
ТА-15В (депарафинированное) + 3% ИНХП-46	—	68, 84, 78, 96, 91, 87, 113, 105, 57	87
ТА-15В (депарафинированное) + 5% УЭК6 + 2,5% АЗА-3	—	245, 230, 315, 383, 191, 256, 309, 290, 355, 167	273
Нигрол 3 (ГОСТ 542-50)	—	39, 31, 27, 33, 45, 36, 32	35
ТАП-15 (ГОСТ 8412-57) [3]	—		75

разования питтинга составляет всего 15 мин. Кроме того, масло нигрол 3 (с вязкостью $\nu_{50}=230$ сст) почти уступает маслу АК-15 по противопиттинговым свойствам. Последнее говорит о том, что положительное влияние вязкости масла нигрол 3 на предотвращение питтинга шариков, видимо, перекрывается отрицательным влиянием содержащихся в нем поверхностно-активных веществ.



Добавление 1,5% присадки УЭКб к исходным маслам независимо от природы последних резко улучшает их способность предотвращать питтинг трущихся поверхностей. Дальнейшим увеличением концентрации присадки УЭКб положительный эффект ее воздействия непрерывно возрастает и при концентрации 5% становится очень существенным. Например, для масел индустриальное 12 и ТА-15В (депарафинированное) среднее время до образования питтинга составляет соответственно 20 и 39 мин, а для их 5% углеродных суспензий — 150 и 254 мин. (т. е. почти в 7 раз больше).

При добавлении присадки УЭКб к разным исходным маслам зависимость их противопиттинговых свойств от вязкости несколько ослабляется. Так, масла АК-15+3% УЭКб и нигрол (деасфальтированный) +3% УЭКб показывают соответственно следующую продолжительность времени до образования питтинга: 123 и 126 мин, в то время как масло индустриальное 12+3%УЭКб, в несколько раз уступающее им по вязкости, дает 133 мин. Следовательно, можно сказать, что главная причина, обуславливающая большую способность суспензионных масел с присадкой УЭКб препятствовать питтингу трущихся поверхностей, кроется не в их вязкости, а в самой присадке УЭКб.

Результаты испытаний масла ТА-15В (депарафинированное) с 3% присадок УЭКб и ИНХП-46 показывают, что УЭКб по противопиттинговым свойствам значительно превосходит ИНХП-46. Среднее время до образования питтинга для них составляет соответственно 187 и 87 мин.

Присадку УЭКб можно успешно использовать не только самостоятельно, но и в композиции с другими присадками. Добавление к маслу ТА-15В (депарафинированное) композиции присадки УЭКб с другой эффективной противопиттинговой присадкой АЗА-3 (см. таблицу) дало наилучшие результаты.

Из таблицы видно, что масла индустриальное 12+5% УЭКб, ТА-15В (депарафинированное) +3% УЭКб по противопиттинговым свойствам значительно превосходят стандартные масла Л.Ап-15, нигрол 3 и перспективное трансмиссионное ТА-15В (депарафинированное) +3% ИНХП-46.

На основе анализа вышеизложенного материала можно сделать следующие выводы:

1) Добавление от 1,5 до 5% присадки УЭК6 к исходным маслам независимо от природы последних существенно улучшает их противопиттинговые свойства.

2) Присадка УЭК6 по противопиттинговым свойствам превосходит перспективную присадку ИНХП-46.

3) Присадка УЭК6 с присадкой АЗА-3 может составить композицию с весьма высокими противопиттинговыми свойствами.

4) По противопиттинговым свойствам масла индустриальное 12+5% УЭК6, ТА-15В (депарафинированное) + 3% УЭК6 значительно превосходят стандартные масла трансмиссионное автотракторное зимнее (нигрол 3, ГОСТ 542-50), трансмиссионное автомобильное с присадкой (ЛЗ-6/9) ТАп-15 (ГОСТ 8412-57) и перспективное трансмиссионное ТА-15В (депарафинированное) +3% ИНХП-46.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт физической и
 органической химии

(Поступило 15.5.1968)

ქიმიური ტექნოლოგია

ჟ. იოსელიანი, ლ. მელიქაძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი)

ბენზოლის ელექტროკარბონიზაციით მიღებული ნახშირბადის დანამატინი (УЭК6) მინერალური ზეთების პიტინგსაწინააღმდეგო თვისებები

რეზიუმე

გამოკვლეულია ბენზოლის ელექტროკარბონიზაციით მიღებული მაღალდისპერსული ნახშირბადის ფუძეზე მოწოდებული დანამატის УЭК6-ს გავლენა მინერალური ზეთების პიტინგსაწინააღმდეგო თვისებებზე.

დადგენილია, რომ დანამატი УЭК6 საგრძნობლად აუმჯობესებს მინერალური ზეთების პიტინგსაწინააღმდეგო თვისებებს და ამ შრივ საუკეთესოა საავტომობილო სატრანსმისიო ზეთების არსებულ დანამატთა შორის.

შესწავლილ სუსპენზიურ ზეთებს—ინდუსტრიალური 12+5% УЭК6, საავტომობილო სატრანსმისიო 15 (ვოლგოგრადისა) +3% УЭК6—პიტინგსაწინააღმდეგო თვისებებით დიდი უპირატესობა აქვთ სხვა სამამულო საავტომობილო სატრანსმისიო ზეთებთან.



დასრულებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Д. С. Иосебидзе, Л. Д. Меликадзе. Сообщения АН ГССР, XLVIII, № 3, 1967, 661.
2. Д. С. Иосебидзе, Л. Д. Меликадзе. Сообщения АН ГССР, XLIX, № 3, 1968, 659.
3. Ф. Г. Сулейманова и др. Труды Ин-та химии присадок АН АзССР, 2, 1968.
4. И. Б. Герцбах, Х. Б. Кордонский. Модели отказов, М., 1966.
5. Revue de Statistique Appliquée. 1964—vol. XII—№ 3.
6. В. И. Романовский. Применение математической статистики в опытном деле. М.—Л., 1947.
7. Г. С. Кривошеин. Заводская лаборатория, № 3, 1960, 375.

Н. Т. ГОФМАН, Ш. И. ЧАЛАГАНИДЗЕ

О ВЛИЯНИИ АНИОНА НА ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ ЖЕЛЕЗА

(Представлено академиком Р. И. Агладзе 26.6.1968)

С целью определения места фенолсульфоновых электролитов железнения в ряду других электролитов по величине поляризации, которая могла бы дать определенные указания на причины более высоких физико-механических свойств осадков железа получаемых из фенолсульфонового электролита, по сравнению с осадками, получаемыми из серноокислых, хлоридных и борфтористоводородных электролитов с различными добавками, нами была исследована катодная поляризация электродов из платины и железа в соответствующих электролитах (таблица 1⁽¹⁾). Ниже приводятся некоторые полученные нами экспериментальные данные.

В качестве электролизера служил стеклянный сосуд (объем 550 мл). Анолиты отделялись от катодитов стеклянными пористыми диафрагмами. Перемешивание осуществлялось при помощи мешалки на ртутном затворе. В отдельных опытах использовался вращающийся электрод. Конструкция электролизера предусматривала проведение опытов в атмосфере водорода.

В качестве анодов во всех случаях применялись пластины из платины (10×15 мм). Катодной поляризации подвергались пластины из платины (рабочая поверхность 15 мм²) или Ст. 30 (рабочая поверхность 25 мм²). Анолиты подбирались в зависимости от изучаемого раствора (10% серная кислота или насыщенный хлорид калия). В каждом опыте применялся свежеприготовленный электролит.

Опыты проводились как при комнатной, так и при более высокой температуре. Соответствующая температура электролита поддерживалась специальным термостатом, обеспечивающим постоянство заданной температуры в пределах $\pm 1^\circ\text{C}$.

Ввиду быстрых изменений концентрации водородных ионов, сопровождающих катодный процесс при осаждении железа, после предварительных сопоставлений был выбран метод скоростной поляризации со скоростью 2 в/10 сек с записью показаний на потенциометрах.

(1) Вместо состава электролита в дальнейшем для краткости будет указываться его порядковый номер.



Составы электролитов

Таблица 1

№	Состав электролита	Содержание компонентов, г/л	Содержание, М	Состав анолита
1	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ H_2SO_4	300 0,5	1,07	H_2SO_4 (10%)
2	$\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ HCl	250 0,5	1,25	KCl (насыщ.)
3	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ рН	410 100 ~3	1,66	H_2SO_4 (10%)
4	$\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ HCl NaCl Глицерин Сахар	500 2 100 80 30	2,5	KCl (насыщ.)
5	$\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ HCl NaCl	250 2 150	1,25	KCl (насыщ.)
6	$\text{Fe}(\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_6\text{S})_2 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$ рН	320 ~4	0,7	H_2SO_4 (10%)
7	$\text{Fe}(\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_6\text{S})_2$ рН	300 ~3.5	~0,7	H_2SO_4 (10%)

Зависимость потенциала от плотности тока снималась прямым и обратным ходом как в покое, так и в размешиваемом электролите. Перед опытом катод обезжиривался венской известью, травился в соляной или в серной кислоте и декопировался.

На рис. 1 и 2 приведены непосредственные записи потенциометра при поляризации катодов из железа и платины в соответствующих электролитах. Сопоставление самих кривых, а также данные поляризации при возрастании плотности тока (табл. 2) показывают расположение линий для фенолсульфонового электролита между линиями для групп хлоридных и сернокислых электролитов. Таким образом, по кривым поляризации следовало ожидать, что осадки железа из фенолсульфонового электролита не должны обладать более мелкой структурой или большей твердостью, чем осадки из сернокислых ванн.

Более значительные гистерезисы, наблюдаемые при поляризации платины, по-видимому, связаны с тем, что линии уменьшения плотности тока характеризуют протекание процессов уже не на платине, а на свежееосажденном железе. Поэтому линии обратного хода почти во всех случаях располагаются левее линий прямого хода поляриза-

Для сернокислых и, в определенной мере, для фенолсульфовых электролитов характерно значительное увеличение поляризации с плотностью тока, в то время как хлоридные электролиты, помимо большей общей деполяризации, обуславливают лишь весьма незначительный наклон кривых.

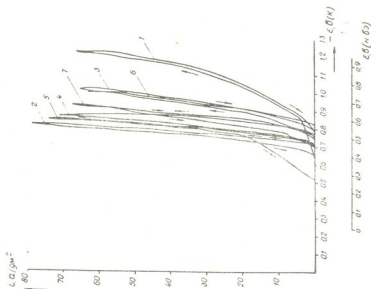


Рис. 1. Результаты катодной поляризации железа в покоящихся электролитах (нумерацию и состав см. в табл. 1), температура 20°C

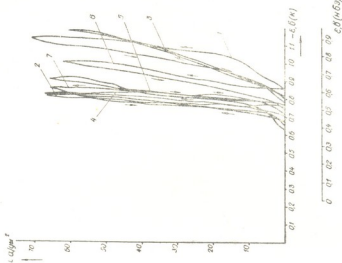


Рис. 2. Результаты катодной поляризации платины в покоящихся электролитах (нумерацию и состав см. в табл. 1), температура 20°C

Характерно, что хлоридные и фенолсульфоновые электролиты при достижении потенциалов разряда железа дают предлогарифмические коэффициенты, равные 0,03 в, тогда как разряд из сернокислых электролитов характеризуется увеличением наклона до 0,16 в (рис. 3).

Надо отметить, что фенолсульфоновый электролит по своему составу относится к группе поверхностноактивных веществ, т. е. следовало ожидать возможности его адсорбции поверхностью электрода и,



как следствие, затруднения разряда как водорода, так и железа. Результаты эксперимента не показывают такого затруднения.

Судя по результатам, полученным в покое и размешиваемом электролитах (рис. 4), доля концентрационной поляризации при

Таблица 2

Катодная поляризация железа при $i=10^3/\text{дм}^2$ и температуре 20°C в различных электролитах, мв ($\varepsilon^\circ\text{Fe}=-460$ мв)

№ электролитов	На катоде из железа	На катоде из платины
1	514	554
2	224	274
3	374	434
4	264	254
5	244	274
6	424	414
7	344	294

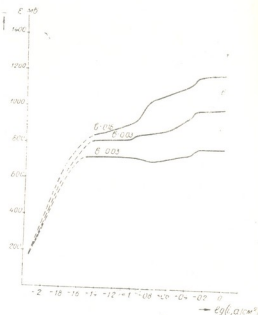


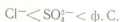
Рис. 3. Результаты катодной поляризации платины в покое в хлоридном (№ 2), сернокислом (№ 1) и фенолсульфоновом (№ 6) электролитах, температура 20°C

катодном осаждении железа из фенолсульфоновых электролитов весьма незначительна. При повышенных температурах замечается определенная депольаризация в размешиваемом электролите при плотностях тока выше 30 а/дм^2 .

Приведенные выше данные показывают, что скоростная поляризация электродов в перечисленных электролитах не обнаруживает какого-либо специфического поведения фенолсульфонового электролита железнения, которое можно было бы связать со значительным отличием физико-механических свойств осадков железа, получаемых из этих электролитов от осадков, выделенных из сернокислых или хлоридных ванн. Для процесса железнения электролиты по величине поляризации располагаются по ряду



По физико-механическим качествам (твердости, пластичности, сцепляемости с основой) фенолсульфоновые электролиты дают несравненно лучшие результаты и электролиты могли бы быть расположены по ряду



Таким образом, фенолсульфоновые растворы, значительно повышая твердость осадков железа и позволяя получать качественные осадки при более высоких плотностях тока, чем другие электролиты, практически не влияют на величину катодной поляризации. Аналогич-

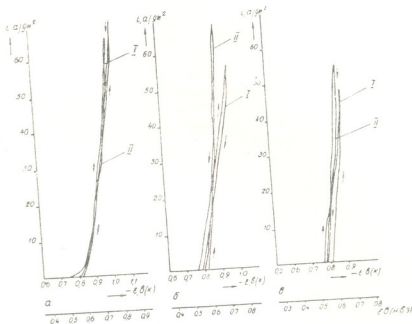


Рис. 4. Катодная поляризация железа в покое (I) и размещаемом (II) фенолсульфаном электролите при 20°C (а), 40°C (б) и 60°C (в)

ные наблюдения имеются по ряду добавок. Так, известно, что тиомочевина, значительно повышая блеск осадка, практически не увеличивает поляризацию при катодном осаждении металлов. Такие же данные получены и по влиянию дисульфанафталиновой кислоты. К добавкам, практически не влияющим на катодную поляризацию, но повышающим твердость и рабочую плотность тока, относится и гликоколь — аминокусная кислота [1, 2].

Выводы

Изучена катодная поляризация платины и Ст. 30 в хлоридных, сернокислых, фенолсульфоновых и бензолсульфоновых электролитах железнения, рекомендованных рядом исследователей для получения высококачественных осадков железа.

При этом установлено:

1. При 20°C линии зависимости плотности тока — потенциал, полученные при поляризации электродов в фенолсульфаном электролите,

располагаются между линиями для хлоридных и серноокислых электролитов.

2. Для фенолсульфоновых и, особенно, для серноокислых электролитов зависимость потенциала от плотности тока значительнее, чем для хлоридных.

3. Доля концентрационной поляризации при катодном осаждении железа из фенолсульфоновых электролитов незначительна.

4. Для процесса катодного осаждения железа электролиты располагаются по величине поляризации в следующем порядке: хлоридный < бензолсульфовый < фенолсульфовый < серноокислый.

5. Полученные данные по сопоставлению поляризации электродов в перечисленных электролитах не дают объяснения более высоким физико-механическим качествам железных покрытий из фенолсульфовых и бензолсульфовых электролитов, по сравнению с таковыми из серноокислых растворов.

6. Высказывается предположение, что фенолсульфовые и бензолсульфовые электролиты оказывают на катодный процесс влияние, аналогичное влиянию тиомочевины. Они адсорбируются растущим осадком, не влияя значительно на катодную поляризацию.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт неорганической химии
 и электрохимии

(Поступило 3.7.1968)

ქიმიური ტექნოლოგია

ბ. ზოზანი, შ. ხალაგანიძე

ანონის ბავლენა რკინის ელექტროლიტურ ბამოლექვაზე

რეზიუმე

დარკინების სხვადასხვა ელექტროლიტების რიგში პოლარიზაციის სიღრმის მიხედვით ფენოლსულფონოვანი ელექტროლიტების ადგილის განსაზღვრის მიზნით, რაც მოგვეცემდა რაიმე გარკვეულ მითითებას დარკინების სხვა ელექტროლიტებიდან მიღებულ ნალექებთან შედარებით ფენოლსულფონოვანი რკინის ნალექების უფრო მაღალი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების მიზნის შესახებ, აღნიშნულ შრომაში შესწავლილია შესაბამის ელექტროლიტებში (ცხრ. 1) პლატინისა და რკინის ელექტროდების კათოდური პოლარიზაცია.

დამოწიებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. N. T. Kudriavcev, T. E. Cupak, Va. B. Psilusski. XI Internat. Wiss. Koll. TH. J.Jmenau, „Elektrochemie und Galvanotechnik“, 1966, 1—6.
2. Н. Т. Кудрявцев и др. Труды МХТИ им. Д. И. Менделеева, 44, 1963, 80.



შ. ცხომავაშვილი

ზღვის ნაწყვეტი ტბის წარმოშობის საკითხისათვის

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ალ. ჯავახიშვილმა 25.5.1968)

აჭარა-გურიის ქედზე, მდ. კინტრიშის პუზში, ნაბაძირის მთაზე, ზღვის დონიდან 2200 მეტრის სიმაღლეზე მდებარეობს პატარა წყალსატევი, რომელსაც ადგილობრივი მოსახლეობა ზღვის ნაწყვეტის ტბას უწოდებს.

აღნიშნული ტბა, რომელსაც ოვალური ფორმა და 100—150 მეტრის სიგრძე-სიგანე აქვს, მეტად ლამაზია. აქედან ერთი მხრით აჭარის მთავორიანი მხარის თვალწარმტაცი ბუნება ჩანს, მეორე მხარეს კი არანაკლებ მომზიბლავი კოლხეთის ბარი და კავკასიონის დათვლილი მწვერვალები.

ზღვის ნაწყვეტი ტბის წარმოშობის შესახებ ორი აზრი არსებობს: ადგილობრივ მოსახლეობას იგი შავი ზღვის ნარჩენად მიაჩნია და ამიტომ შეურქმევია მისთვის ზემოაღნიშნული სახელწოდება. რა თქმა უნდა, ჩვენთვის საინტერესო ობიექტის ამგვარი გენეზისისათვის არავითარი საფუძველი არაა და იგი მხოლოდ ადამიანის პოეტური ფანტაზიის ნაყოფად უნდა მივიჩნიოთ. რაც შეეხება მეორე მოსაზრებას, რომელიც გეოლოგმა ი. ვაშაქიძემ გამოთქვა, მიჩნეულია, რომ ტბის ქვაბული კარული ყინვარის ეგზარაციული მოქმედების შედეგია.

აღნიშნავთ რა უკანასკნელ მოსაზრებას, აქვე შევნიშნავთ რომ მნახველზე ზღვის ნაწყვეტი ტბა, განსაკუთრებით თუ იგი შორიდანაა აღქმული, მართლაც ანალოგიურ აზრს ბადებს. მაგრამ, თუ ტბის მიდამოს ახლო გვეცნობით, ზოგ ისეთ ფაქტს შევნიშნავთ, რაც პირველად მიღებულ შთაბეჭდილებაში დაგვაქეპებს, ხოლო შემდეგ მისი გადასინჯვის აუცილებლობის წინაშე დაგვაყენებს.

რა ფაქტებია ისეთი, რომელიც ზღვის ნაწყვეტი ტბის ქვაბულის შესაძლო კინვარეულ-ეგზარაციულ წარმოშობის სასარგებლოდ მიუთითებს? მართალია, ი. ვაშაქიძე თავის შრომაში ასეთ ფაქტებს არ ასახელებს, მაგრამ, ჩვენი აზრით, მისი დასკვნა უნდა ეყრდნობოდეს, ერთი მხრივ, აღნიშნული ტბის აღმოსავლეთით, ორიოდე კილომეტრის დაშორებით აშკარად გამოხატული ეგზარაციული ფორმების არსებობას და, მეორე მხრივ, ტბის ქვაბულის სიმაღლით მდებარეობას, რომელიც მეზობლად მდებარე კარული ფორმებისაგან ამ ნიშნით დიდად არაა განსხვავებული. ასეთ სიტუაციაში, ერთი შეხედვით ეჭვისათვის საფუძველი თითქმის აღარ უნდა არსებობდეს, მაგრამ მიუხედავად ამისა, ჩვენ განსახილველი ტბის ქვაბულის და მისი წყლის მასის წარმოშობის გზა სხვაგვარად გვესახება და, როგორც ქვემოთ დავინახავთ, იგი ზევე-მეწყერის ერთობლივი მოქმედების შედეგი უნდა იყოს.

რატომ გვებადება ეჭვი ტბის ქვაბულის ყინვარულ გენეზისში და რატომ მიგვაჩნია იგი ზვავ-მეწყერის ერთობლივი მოქმედების შედეგად?

ჩვენ შრომაში [1], რომელიც აპარა-იმერეთის ქედის ღერძულ ზოლში არსებული მაღალი მთების რელიეფის თავისებურებას შეეხებოდა, აღნიშნულია მათი მორფოლოგიური ასიმეტრიულობის, ანუ ორსახიანობის, ფაქტი; სახელდობრ, დიდმაღალის, დიდი ლაბოროტის, საყორნისა, თავინაურის მთებისა და სხვათა ჩრდილოეთის ან ჩრდილო-აღმოსავლეთის ექსპოზიციის თხემისპირა 100—150 მეტრის სიმაღლის ზოლი ყინვართა ვგზარაცითი შეპირობებულ რელიეფის მკვეთრად გამოხატულ ციცაბო, ქარაფოვანი კალთებით ხასიათდება. მაშინ, როცა იმავე მთების სამხრეთისა და სამხრეთ-დასავლეთის ექსპოზიციის თხემისპირა ფერდობები გლუვი ზედაპირისაა და თითქმის მთლიანად სუბალპური მცენარეულობითაა მოსილი. ჩვენ იმავე შრომაში ამ კანონზომიერების ამსახველი ფაქტის ასხნაც ვცადეთ. ამ ფაქტის გახსენება აქ იმისათვის დაგვჭირდა, რომ, თუ ზღვის ნაწყვეტი ტბის ქვაბულს კარად მივიჩნევთ, მაშინ ზემოაღნიშნულ მთებზე არსებულ კარულ-ეგზარაციულ ფორმათა ორიენტირების საერთო ფონზე (რომლებიც, როგორც წესი, ჩრდილოეთით და ჩრდილო-აღმოსავლეთითაა მიმართული) უკანასკნელი ერთადერთი გამოჩაქლისად მოგვევლინება, რადგან მისი ღია მხარე სამხრეთულია, ჩამოკვეთილი კი ჩრდილოეთის და დასავლეთის, ე. ი. სრულიად საწინააღმდეგო. რა თქმა უნდა, გამოჩაქლისი შეიძლება ყველგან გვქონდეს, და ამიტომ არც ზღვის ნაწყვეტი ტბის ქვაბულის ადგილზე წარსულში კარის შესაძლო არსებობის ფაქტმა არ შეიძლება გავაკვიროვს, რომ ამასთან ერთად სხვა არანაკლებ საყურადღებო ფაქტები არ მოგვეპოვებოდეს მისი ამგვარი დაშვების გადასასინჯად.

ლებოძირის მთის სამხრეთ-აღმოსავლეთი ფერდობის მიკრორელიეფს თუ დავაკვირდებით, ადვილად შევნიშნავთ ორ ნაწიბურს, რომელთაგან სამხრეთული ხუთას მეტრამდე სიგრძის მქონეა და რელიეფური სიმკვეთრითა და ორიენტირების თვალსაზრისით ისე კარგადაა გამოხატული, რომ ექვს არ სტოვებს მის ეროზიულ გენეზისში. ნაწიბურები ქვემოთ თანდათან იშლება, მთის თხემზე კი მახვილი კუთხით უერთდება ერთმანეთს. ზღვის ნაწყვეტი ტბის ქვაბული ზემოაღნიშნულ ნაწიბურთა შორის მდებარეობს და ამკარად მეორადი წარმოშობისაა, რადგან მას დისონანსი შეაქვს იმ ჰირველადი ეროზიული ფორმის ჰარმონიულ გავრცელების ბუნებაში, რომელიც ზემოთ იყო აღნიშნული. ნაშასადაძე, აქ ტბის ქვაბულის გაჩენამდე, მდ. ხინოს სათავის ერთ-ერთი ნაკადის ეროზიული ფორმა უნდა გვქონოდა. რომლის ერთ ნაწილში შემდგომ ტბის ქვაბული გაჩენილა.

ზღვის ნაწყვეტი ტბის სიახლოვეს. მისგან დაახლოებით ნახევარი კილომეტრის დაშორებით შუა ეოცენის ტუფქვიშაქვებისა და პორფირიტული საფარებისაგან აგებული და სამხრეთისაკენ დახრილ წყებებში 150 მეტრამდე სიგრძისა და 30 მეტრამდე სიგანის კონსეკვენტური ტბის მოქმედი მეწყერია წარმოდგენილი. ეს უკანასკნელი ორმხრივია საყურადღებო. ერთი მხრივ, მისი მოძრაობის მიმართულების თვალსაზრისით, რომელიც შრეთა დახრილობის თანხვედრილია, ე. ი. ისეთივე მიმართულებისაა როგორც ზღვის ნაწყვეტის ტბის ქვაბულის წარმოშობს სავარაუდო მეწყერს უნდა ჰქონოდა, ხოლო

მეორეს მხრივ, როგორც ჩანს, ამ ადგილებს დამეწყვრის ტენდენცია გააჩნიათ და ისინი ამ მიდამოსათვის უცხო მოვლენას არ უნდა წარმოადგენდნენ.

საინტერესოა თვით ტბის ქვაბულის მორფოლოგია, რომელიც შედგება სამი მკვეთრად განსხვავებული ნაწილისაგან და მის ზედა-მეწყვრულ წარმოშობაზე უფრო მიუთითებს, ვიდრე ყინვარულ-ეგზარაციულზე. ტბის ქვაბულს დასავლეთის მხრიდან საკმაოდ ციკაბო ფერდობი გააჩნია, რომელიც 70 მეტრამდე სიგანის ძირისა და მახვილი წვერის მქონე სამკუთხედს მოგვაგონებს, რომლის სიმაღლე ტბის დონიდან 80 მეტრს არ აღემატება. მის ზედაპირს ემჩნევა თანამედროვე თოვლის ზეაგების მოქმედების ნაკვალები, უნდა ვიფიქროთ, რომ იგი დროდადრო, განსაკუთრებით წარსულში, გრუნტის ზეაგების გამოვლინების ასპარეზსაც წარმოადგენდა. სანაპიროს მეორე მორფოლოგიურ მონაკვეთს, რომელიც ტბის ქვაბულის ჩრდილოეთ ნაწილს ქმნის, 20—30 მეტრის სიმაღლე, ოდნავ მომრგვალებული ფორმა და დიდი დახრილობა აქვს. სანაპიროს ეს ნაწილი, რომელიც დაახლოებით 150 მეტრის სიგრძისაა, სავარაუდოდ მეწყრის ზურგის მხარეს უნდა წარმოადგენდეს, რაზეც მისი ფორმა, ჰორიზონტულ-ვერტიკალური გავრცელების სიდიდე და ბოლოს დახრილობის და ორიენტირების ხასიათი მიუთითებს. რაც შეეხება სანაპიროს მესამე ნაწილს, რომელსაც 300 მეტრამდე სიგრძე აქვს, იგი სამხრეთისა და აღმოსავლეთის ექსპოზიციისა და ზემოაღნიშნულ ნაწილებთან შედარებით დიამეტრალურად განსხვავებული სახის მქონეა. საქმე იმაშია, რომ მას ტბის დონიდან 1 მეტრამდე სიმაღლის ზღურბლის ფორმა აქვს, რომელიც ალაგ-ალაგ აშლილი შრეებითაა აგებული.

აღსანიშნავია ისიც, რომ განხილული ტბა, მიუხედავად აუზის მეტად მცირე სიდიდისა, რომელიც მისი სარკის ფართობს ორჯერაც არ აღემატება, გამოვლინარეა და ამასთან დონის ცვალებადობის არავითარ ნიშანს არ ატარებს. ეს ფაქტები იმაზე მიუთითებს, რომ მის საზრდოობაში წამყვანი როლი მიწისქვეშა წყლებს მიეკუთვნება, იმ მიწისქვეშა წყლებს, რომლებმაც წარსულში ამ ადგილის დამეწყვრა განაპირობა.

ყოველივე ზემოაღნიშნული საფუძველს გვაძლევს ზღვის ნაწყვეტი ტბის ქვაბულისა და მისი წყლის მასის წარმოშობის ისტორია შემდეგნაირად წარმოვიდგინოთ. მონოკლინური სტრუქტურის მქონე ნაბაძირის მთის აღმოსავლეთ ფერდობზე, ახლო გეოლოგიურ წარსულში, ხინოს მთის ერთი პატარა ინსექვენტური ტიპის შემდინარის სათავესთან გვექონდა საქმე, რომელსაც დროთა განმავლობაში 2 ათეულ მეტრამდე სიღრმის ეროზიული ფორმა უნდა გამოემუშავებინა. ამ პატარა ნაკადის საზრდოობაში ძირითად როლს თოვლთან ერთად, ადგილის სტრუქტურული თავისებურების გამო, მარცხენა მხრიდან გამომავალ მიწისქვეშა წყლებს უნდა ეთამაშა. ეროზიული ფორმის გაღრმავება გრუნტის წყლების შემცველ ახალი შრის გაშიშვლებას გამოიწვევდა, რასაც თავის მხრივ მნიშვნელოვნად უნდა განეპირობებინა იმ გრავიტაციული წონასწორობის დარღვევა, რომელსაც მანამდე ექნებოდა ადგილი. მაშასადამე, აქ უნდა შექმნილიყო ისეთი გეომორფოლოგიური სიტუაცია, როცა ერთი რაიმე დამატებითი ბიძგი საკმაო იქნებოდა შრეთა დაცურებისათვის. ასეთი როლი ჩვენთვის საინტერესო ობიექტის განვითარების საქმეში ზეაგ

უნდა ეთამაშნა, რომელიც ნაბაძირის მთის აღმოსავლეთ კალთიდან დაშვებულ ბიძგს მისცემდა მეწყერის განვითარებას და ყოფილ ეროზიულ ფორმის ზემო მონაკვეთის გარდღივარდმო გადაკეტვას გამოიწვევდა. მოწყვეტილ და დაცურებულ შრეებს უნდა გამოეწვია გრუნტის წყლების მოძრაობის მიმართულების დარღვევა და მათი ნაწილის ზემოთ ამოდენა, რასაც თავის მხრივ უნდა განეპირობებინა ტბის გამდინარე ბუნება.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
 (შემოვიდა 28.5.1968)

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Ш. А. ЦХОВРЕБАШВИЛИ

К ВОПРОСУ О ПРОИСХОЖДЕНИИ ОЗЕРА ЗГВИСНАЦКВЕТИ⁽¹⁾

Резюме

Озеро Згвиснацквети расположено на южном склоне Аджаро-Гурийского хребта, на высоте 2200 м н. у. м. Оно имеет овальную форму 100×150 м величины и несколько метров глубины. Некоторые исследователи считают, что генезис озера связан с экзарационной деятельностью карового ледника.

Морфологические особенности окружающей местности и некоторые общие закономерности рельефа гребневой части Аджаро-Имеретского хребта дают основание связать образование озера с обвало-оползновыми явлениями.

დავითშვილი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. შ. ცხოვრებაშვილი. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XXXV, № 3, 1964.

(¹ В переводе с грузинского «Кусочек моря».)

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Р. Г. ГАЧЕЧИЛАДЗЕ

**К ВОПРОСУ О ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТИПАХ И ЗОНАХ
СПЕЦИАЛИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ТУРЦИИ**

(Представлено академиком А. Н. Джавахишвили 3.7.1968)

Районирование и выделение зон сельского хозяйства Турции неоднократно производились как в этой стране, так и за ее рубежами. Мы сделали попытку дальнейшей разработки этого вопроса.

В основу деления территории страны на сельскохозяйственные зоны положены природные условия, структура валовой и товарной продукции, характер и уровень экономического развития, техническая оснащенность сельского хозяйства, проблемы трудовых ресурсов.

При выделении сельскохозяйственных зон проанализированы работы советских, турецких и иностранных авторов. Была использована сельскохозяйственная статистика (средние данные по илам¹ за 1961—1965 гг.). Учитывались интенсивность использования земельной площади и трудовых ресурсов.

В связи с тем, что существует непосредственная связь между специализацией сельского хозяйства и его товарностью, были рассмотрены различные типы сельского хозяйства в порайонном аспекте, в основном в связи с рынком. Районы различного уровня товарности сельского хозяйства совпадают с зонами специализации.

Уже в 30-х гг. XX столетия типичное натуральное хозяйство в Турции почти не встречалось: даже в самых отсталых районах деревня в какой-то мере была связана с рынком. В последнее время эта связь еще более возросла, хотя в Турции до сих пор наиболее распространено «потребительское сельское хозяйство» (*agriculture de subsistance*). Французский географ П. Жорж, рассматривая сельское хозяйство несоциалистических стран, считает, что это такой тип хозяйства, когда около 2/3 продукта идет на пропитание производителя, а остальная часть товарна [1]. Этот тип наиболее распространен во внутренних районах Турции, реже на побережье (Западное Причерноморье).

«Рыночное сельское хозяйство» (*agriculture de marché*), при котором продукция готовится в основном (но не целиком) для рынка,

¹ Ил—крупнейшая административная единица современной Турции, синоним вайлаета. В настоящее время в стране 67 илов.

а потребление и производство географически отдалены друг от друга [1], встречается в прибрежных районах Турции, в особенности в районах технических культур и садоводства-виноградарства, производящих продукцию на экспорт. Во внутренних районах этот тип не доминирует, хотя его удельный вес с развитием капитализма растет.

П. Жорж далее выделяет тип «спекулятивного сельского хозяйства» (*agriculture de speculation*). При котором район специализируется на определенную монокультуру, рассчитанную на сравнительно узкий внешний рынок (например, кофе в Бразилии, сахарный тростник в Вест-Индии и т. д. [1]). В Турции к такому типу приближается зона распространения лещинного орешника в Восточном Причерноморье. Лещинник выступает здесь в виде монокультуры и имеет потребителем лишь несколько европейских государств. Впрочем хозяйство всего Восточного Причерноморья можно рассматривать как тип «рыночного сельского хозяйства». Большое значение имеет различие районов по специализации на экспортные культуры и на производство продукции, в основном сбываемой в стране.

Товарность сельского хозяйства выше в районах, лучше расположенных в транспортном отношении к центрам потребления. Например, Мраморноморский район имеет такой крупный центр сбыта, как Стамбул. Вместе с тем, большую роль в товарности земледелия играет и сама специализация сельского хозяйства, что отчасти обусловлено природными условиями. Например, Западное Причерноморье, несмотря на близость к Стамбулу, почти не производит товарной продукции, так как ее фрукты не могут конкурировать с мраморноморскими, орехи — с восточнопричерноморскими, табак — с самсунским и измирским. Основой сельскохозяйственного производства этого района остаются потребительское зерновое хозяйство и экстенсивное животноводство. А Восточное Причерноморье, специализирующееся на такие культуры, как табак, лещинный орех, чай, цитрусы, в значительной мере участвует в территориальном разделении труда как в международном (табак, орехи), так и в межрайонном масштабе (чай, цитрусы).

Эгейский и Средиземноморский районы в значительной мере ориентированы на экспорт (технические культуры, плодоводство-виноградарство) и поэтому наиболее развиты в экономическом отношении. Характерным примером того, как изменило товарное земледелие использование природных ресурсов и специализацию сельского хозяйства, является ил Анталья. В этой субтропической зоне еще 30—40 лет назад было распространено полулукочное скотоводство, зерновое хозяйство потребительского характера. На аллювиальной равнине летом не было постоянного населения из-за малярийных болот. Расши-

рение внутреннего рынка дало толчок развитию цитрусоводства, культуры бананов, хлопководства [2]. Улучшение дорожной сети расширило производство ранних овощей для нужд крупных городов. Во внутренних районах связь сельского хозяйства с рынком несколько слабее: местные технические культуры (сахарная свекла, опийный мак) являются исключительно товарными, однако они занимают сравнительно незначительную площадь (0,5—3,0% от всей посевной площади). Пшеница, основная культура Центральной Анатолии, в целом по стране лишь на 30—35% является товарной, но центр ее товарного производства находится именно здесь: илы Конья, Кыршехир, Чорум, Йозгат, Афьон-Карахисар, Анкара, Невшехир производят 500—1100 кг пшеницы на душу населения (при среднем потреблении 186 кг [3]) и снабжают зерном крупные города и периферийные части страны. Медленно развивается товарное зерновое хозяйство и в Юго-Восточной Анатолии.

Наименее связана с рынком Средне-Восточная и Восточная Анатолия, специализирующая в основном на экстенсивное животноводство. Этому способствуют, кроме отсталых социально-экономических отношений, и природные условия, в особенности значительная трудность сношений с другими районами Турции. Однако продукты животноводства (живой скот, в меньшей мере молочные продукты) частично вывозятся отсюда в другие районы страны и за границу.

Турецкая статистика не учитывает размер вложений капитала на единицу сельскохозяйственной площади (на большей части страны таких вложений практически и не происходит), и единственным показателем (косвенным [4]) общего уровня интенсивности хозяйства являются данные о стоимости продукции сельского хозяйства на 1 га сельскохозяйственной площади (². Наиболее интенсивно используется земельная площадь в Эгейском, Восточно-Причерноморском, Мраморноморском и Средиземноморском районах (1000—2000 турецких лир на 1 га — среднее за 1963—1964 гг.). Эти районы специализируются на товарные сельскохозяйственные культуры: «между составом отраслей, на которых специализируется сельское хозяйство, и уровнем его интенсивности всегда есть определенное соответствие» [4].

В европейской Турции и Центральной Анатолии стоимость сельскохозяйственной продукции на 1 га находится на среднетурецком уровне — 600—900 лир с 1 га. Наиболее экстенсивно используется земля в Восточной Анатолии (100—300 лир с 1 га), где сельскохозяйственные угодья состоят в основном из малопродуктивных естественных пастбищ.

² Эти данные нерегулярно публикует «Сельскохозяйственный банк» Турции (Türkiye tarımsal üretim değeri). Есть данные за 1952—1956, 1963, 1964 гг. («Türkiye iktisat gazetesi», 30.IV.1964; 29.IX.1965; 25.VIII.1966).



Данные о стоимости сельскохозяйственной продукции в пересчете на душу сельского населения в некоторой степени показывают уровень интенсивности использования трудовых ресурсов. В Эгейском и Средиземноморском районах этот уровень довольно высок (1600 — 2600 лир на душу сельского населения). Высок этот показатель и в Центральной Анатолии (2000—3000 лир). Это объясняется тем, что средняя плотность сельского населения здесь очень низка, а крупные землевладельцы используют механизацию для ведения зернового хозяйства. И наоборот, в Восточном Причерноморье этот показатель низок (1000—1300 лир), так как здесь самая высокая в Турции плотность сельского населения, трудовые ресурсы недостаточно загружены и эта часть страны дает значительный поток мигрантов.

Сельскохозяйственная специализация способствует этому: лещинный орешник, занимающий почти 50% всей обрабатываемой площади в пределах илов Орду, Гиресун и Трабзон, требует минимальной затраты труда (2—3 месяца работы в году) и подсчитано, что только в иле Гиресун в потенциале имеются 31,5 млн. человеко-дней, а между тем, даже считая, что каждый трудоспособный работает 200 дней в году, 8,1 млн. человеко-дней останутся неиспользованными [5]. Другие культуры здесь занимают сравнительно незначительную площадь. Следует отметить, что культура чая, развивающаяся в последнее время в илах Ризе и Артвин и требующая больших трудовых затрат, способствует закреплению трудовых ресурсов на месте, но из-за почвенно-климатических условий ареал ее распространения ограничен.

Учитывая структуру и интенсивность сельскохозяйственного производства, а также тенденцию роста товарности, в современной Турции можно выделить следующие зоны сельскохозяйственной специализации (см. схему).

I. Зона технических культур (табак, хлопок), садоводства-виноградства в сочетании с овцеводством мясо-шерстного направления (илы Измир, Маниса, Айдын, Денизли, Мугла). Более 1/3 пахотных земель здесь находится под техническими культурами, почти 10% всей площади зоны занимают многолетние насаждения. Производится 80,2% турецкого оливкового масла, 77,4% нижира, 42% табака, 40% хлопка-волокна, 20,7% винограда.

II. Зона технических культур (хлопок, масличные), субтропических культур и виноградарства в сочетании с зерновым хозяйством и мелкорогатым скотоводством (илы Адана, Ичель, Хатай, Анталья, Газантеп, Мараш). Здесь сосредоточено производство 53% турецкого хлопка-волокна, 92% арахиса, 41% кунжута, 80% цитрусовых, 100% бананов, 15% винограда. В перспективе ведущая роль технических и цитрусовых культур должна увеличиваться.



Зонгулдак и Болу). Здесь производится 16% кукурузы, 4% пшеницы, около 10% лещинного ореха и 2% табака Турции.

VII. Зона зерновых культур (пшеница, ячмень) и виноградарства в сочетании с экстенсивным овцеводством (илы Урфа, Диарбакыр, Сирт, Адыаман, Мардин). Зона становится вторым после Центральной Анатолии производителем зерновых (12% турецкой пшеницы, 11% ячменя). Здесь сосредоточено 21% виноградников страны.

VIII. Зона пастбищного скотоводства (крупный рогатый скот и овцы) в сочетании с зерновым хозяйством (илы Гюмюшане, Эрзинджан, Сивас, Малатья, Элягиз). С повышением местности растет удельный вес скотоводства. Здесь сосредоточено 12% поголовья крупного рогатого скота, 8,5% поголовья овец. Производится 7,4% пшеницы Турции. В последнее десятилетие распространилась культура сахарной свеклы (9% турецкого производства).

IX. Зона горнопастбищного животноводства с очагами земледелия (илы Эрзурум, Карс, Агры, Ван, Муш, Битлис, Бингёль, Тунджели, Хаккяри). 75—80% сельскохозяйственных угодий в этой зоне состоят из горных пастбищ и сенокосов. Здесь сосредоточено 20% поголовья овец Турции, 19% крупного рогатого скота. Земледелие играет подчиненную роль: производится лишь 4% турецкой пшеницы.

Тбилисский государственный университет

(Поступило 3.7.1968)

თარგმანი ზოგადი

რ. ბაჩილაძე

თურქეთის სოფლის მეურნეობის საწარმოო ტიპებისა და
სპეციალიზაციის ზონების საკითხისათვის

რეზიუმე

თურქეთის სასოფლო-სამეურნეო წარმოების სტრუქტურის დასადგენად გაანალიზებულ იქნა 1961—1965 წწ. სტატისტიკური მონაცემები. შედეგობაშია მიღებული მიწისა და შრომითი რესურსების გამოყენების ინტენსივობა, სოფლის მეურნეობის პროდუქციის საქონლურობა ქვეყნის სხვადასხვა რაიონში. სანაპირო რაიონები, ბუნებრივი პირობებისა და ხელსაყრელი სატრანსპორტო-გეოგრაფიული მდებარეობის გამო უფრო მჭიდროდაა დაკავშირებული როგორც საშინაო, ისე საიარო ბაზართან, ვიდრე შიდა რაიონები. უკანასკნელ პერიოდში სასაქონლო სოფლის მეურნეობა მეტნაკლებად ვითარდება მთელ თურქეთში და ეს ხელს უწყობს სპეციალიზებული ზონების გამოკვეთას.

დასოფნობის ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. P. George. Précis de géographie rurale. Paris, 1963, 199, 222, 244.
2. J. Kolars. Tradition, Season and Change in a Turkish Village. Chicago, 1963.
3. Kalkınma planı, II bes yıl. Ankara, 1967, 315.
4. А. Н. Ракитников. В сб.: „Экономическая география СССР“, т. 1. М., 1967.
5. Findik semineri. Ankara, 1966, 160.



ГЕОЛОГИЯ

Р. А. АХВЛЕДИАНИ, З. А. КОКРАШВИЛИ,
 А. Л. ЦАГАРЕЛИ (член-корреспондент АН ГССР)

«АЛЬПИЙСКИЕ» ЖИЛЫ ХРУСТАЛЯ БОЛЬШОГО КАВКАЗА
 И СВЯЗАННЫЕ С НИМИ ВОПРОСЫ ТЕКТОНИКИ

Нами изучались два месторождения кварцевых жил «альпийского» типа, расположенных на территории Грузии.

Одно из них — Хдесцкали находится в Казбегском районе и приурочено к тектонической зоне восточного погружения аспидных сланцев лейаса [1]. Район месторождения сложен слабометаморфизованными породами среднего лейаса (циклаурская свита), представленными плотными, серовато-черными, окремненными аргиллитами с чередующимися сероватыми кварцитами и песчаниками. Свита сильно дислоцирована и собрана в изоклинальные складки с северным падением (угол падения 70—85°) с мелкими разрывами и пережимами. Мощность свиты достигает 1000 м. В районе месторождения она прорвана жилами и дайками диабазов и порфиритов, мощность которых колеблется от 0,5 до 5—6 м. В большинстве случаев дайки внедрены по сланцеватости, но местами угол их падения не совпадает с углом падения сланцев. Простирание даек обычно широтное с углом падения 55—70°, до отвесного.

Все отмеченные породы развиты частыми трещинами, заполненными в большинстве случаев кварцем с горным хрусталем. Среди них выделяются как параллельные простиранию и падению, так и секущие жилы. Последние имеют главным образом, линзообразную форму и, как правило, выклиниваются на контактах с равноименными породами. Наблюдаемый азимут падения кварцевых жил равен 55°, <20—25°; 270°, <35°; 75—80°, <30—35°. Горный хрусталь приурочен в основном к секущим жилам, часто образующим раздувы и камеры от 0,4 до 1,5 м мощности. По протяженности жилы достигают 15, а по падению 5—7 м.

Другое месторождение — Шода расположено в Онийском районе Грузинской ССР и приурочено к Шовско-Пасанаурской подзоне Местийско-Трианетской тектонической зоны [1]. Вмещающими породами являются преимущественно толстослоистые окварцованные тонкозернистые аркозовые песчаники свиты «Геске», местами карбонитизированные, содержащие редкие прослои сланцеватых аргиллитов. Наблюдаемый азимут падения слоев 15—20° с углом падения 35—70°. Поро-



ды сильно разбиты трещинами кливажа и осложнены вторичными складками.

Кварцевые жилы с горным хрусталем часто образуют раздувы и полости мощностью от 0,1 до 1,3 м. Элементы залегания жил колеблются в следующих пределах: простираение от 160 до 220°, падение от 250 до 310° под углом 50—70°.

Различный характер пород месторождений Хдесцкали и Шода обуславливает и различный минералогический состав кварцевых жил. Так, с измененными диабазами и порфиритами Хдесцкали, минералогический состав которых выражен в основном эпидот-клиноцоизитом и хлоритом, связаны кварц-эпидот-хлоритовые жилы; к аркозовым песчаникам Шоды приурочены кварц-альбитовые жилы; если же во вмещающих породах наблюдается под микроскопом карбонат, то в ассоциации всегда присутствует пластинчатый кальцит.

Влияние вмещающих пород на химический состав кварцевых жил подтверждается и полуколичественными спектральными анализами, причем необходимо отметить, что в них отсутствуют такие типичные для гидротермальных растворов, связанных с магматической деятельностью, металлы, как олово, вольфрам, золото, серебро, мышьяк, сурьма и др., что по мнению А. Г. Бетехтина [2], свидетельствует о метаморфогенном генезисе жил.

Если к сказанному добавить, что на месторождениях Хдесцкали и Шода не наблюдается видимой связи хрусталеносных кварцевых жил с кислыми магматическими породами, то налицо будут все основные критерии, выделяемые Е. М. Лазько [3] и характеризующие принадлежность жил к «альпийскому» типу.

Для выяснения физико-химического характера минералообразующих растворов, участвовавших в формировании жил, нами были проведены исследования газовой-жидкой включений в кварцах, причем температуры определялись методом гомогенизации с последующим внесением поправок на давление [4].

Что касается давлений, то они вычислялись с помощью известной экспериментальной $P-t$ -диаграммы Дж. Кеннеди [5] для H_2O с изолиниями удельных объемов, которые определялись нами согласно исследованиям Н. Н. Шефтеля [6].

Полученные нами данные по распределению температур и давлений в процессе формирования жил необходимо рассмотреть с точки зрения последовательности минералоотложения. Так, зальбандовые части кварцевых жил обоих месторождений чаще всего представлены относительно мелкозернистым молочным-белым кварцем, указывающим на смену в сторону уменьшения $P-t$ -условий, в результате которого происходит резкое увеличение концентраций минералообразующего

раствора и образуется много центров кристаллизации. Это явление, по-видимому, связано с начальным моментом приоткрывания трещины [7].

В жилах, секущих диабазы, месторождения Хдесцкали с мелкозернистым кварцем в ассоциации находятся пренит (Pr) и клиноцоизит, образование которых, согласно данным Стренса [8], происходит при температуре 250—350°C и давлении от 500 и до 4500 атм (рис. 1).

Определенные в кварце и клиноцоизите зальбандовой части жил температура гомогенизации и давление дали наивысшие значения, соответствующие 275°C и 1200 атм.

Для зальбандовых зон кварцевых жил Шода характерно присутствие альбита. Максимальные промеренные t и P в альбитах и кварцах равны 210°C и 1000 атм.

Зона мелкозернистого кварца сменяется зоной геометрического отбора с образованием шестоватого кварца, указывающего, согласно исследованиям Г. Г. Лемлейна [7], формирование жил в динамических условиях, когда скорость кристаллизации кварца превышала скорость приоткрывания трещины. В это время, по-видимому, отлагалась основная масса кремнезема при следующих температуре и давлении: 250—260°C и 1000—1200 атм — для Хдесцкали; 185—190°C и 900—1000 атм — для Шода.

Процесс кристаллизации кремнезема заканчивается образованием горного хрустала, кристаллы которого в нижней части имеют молочно-белый цвет из-за большого количества газово-жидких включений. В ассоциации часто наблюдаются пластинчатые кристаллы кальцита, формирование которого, по данным Н. Ю. Икорниковой [9], происходило при температуре 100—500°C и давлении от 200 до 1800 атм. В приведенных промежутках укладываются и замеры температур гомогенизации в кристаллах кварца. Так, для Хдесцкали наименьшая замеренная нами температура равна 236°C при давлении 900 атм, а для Шода 170°C при давлении 700 атм.

Химический анализ водных вытяжек из кварца указывает на их хлоридно-бикарбонатный характер. Из катионов в преобладающем количестве присутствуют Na, Ca, Mg и в незначительном количестве K. Как показали исследования, концентрация минералообразующих растворов была незначительной и колебалась для месторождений Хдесцкали и Шода в пределах 2,7—16 и 4,6—22,4 г/л соответственно с рН-растворов от 6,54 до 8,18.

Магниево-хлоридное отношение $\Sigma Mg^*/\Sigma Cl$, введенное М. Г. Вальяшко [10], для изученных месторождений указывает на большое сходство минералообразующих растворов с маточными рассолами, характерными для солеродных и морских бассейнов (рис. 2), что еще раз

подтверждает метаморфогенный характер как растворов, так и жил месторождений Хдесцкали и Шода.

Эти данные позволяют сделать интересные геологические выводы. Прежде всего ясно, что жилы образуются в условиях быстро понижающихся t и P в постепенно приоткрывающихся трещинах. Это могло происходить при спаде горообразовательного напряжения, с чем согласуется секущий характер жил по отношению к кливажу. Таким образом, возраст жил соответствует окончательному возрасту тектонических структур. Для Хдесцкали это аттический, а для Шода роданский возраст [11].

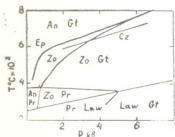


Рис. 1 Зависимость полей устойчивости силикатов Ca—Al от температуры и давления по Стренсу [8]

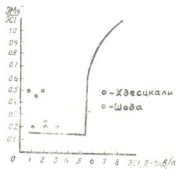


Рис. 2. График зависимости величины магниево-хлоридного отношения от степени минерализации морской воды [10] с нанесением данных водных вытяжек из кварца Хдесцкали и Шода

Приведенные цифры можно суммировать в следующем виде:

Положение замеров в жиле	Хдесцкали	Шода
Зальбанд	$t-250-350^\circ$, $P-500-4500$ (пернит)	—
Зона мелкозернистого кварца	$t-275^\circ$, $P-1200$ (кварц, клиноцоцит)	$t-210^\circ$, $P-1000$ (альбит, кварц)
Зона шестоватого кварца	$t-250-260^\circ$, $P-1000-1200$ (кварц)	$t-185-190^\circ$, $P-900-1000$ (кварц)
Кристаллы хрустала	$t-236^\circ$, $P-900$ (хрусталь)	$t-170^\circ$, $P-700$ (хрусталь)

Далее, имеется возможность восстановить глубины формирования жил. Наименьшие цифры давлений на стадии свободного роста хрустала должны ближе всего соответствовать статической нагрузке пород. Однако имеющиеся у нас цифры дадут явно завышенный

результат, так как самые конечные величины t и P из-за отсутствия включений в вершинах кристаллов хрустала неизвестны. Несколько восполнить этот пробел позволяет геология. Неотектонические данные показывают, что превышение рельефа сарматского возраста над абсолютной высотой жил, находящихся примерно на уровне верхнеплиоценового рельефа, составляет приблизительно на Хдесцкали (6000 м N_1^a —400 м) 2 км и на Шода (5000 м N_1^a —3000 м) тоже 2 км [12, 13]. Однако к моменту формирования жил часть толщи пород на Шода, где жилы моложе и размыв происходил длительно, уже была снесена. Если учесть, что здесь была размыва, вероятно, половина толщи, то останется глубина в 1 км с давлением 270 атм (исходя из 2,7 атм на 10 м глубины). На Хдесцкали, исходя из аттического возраста жил, размывом можно пренебречь и применять глубину в 2 км с давлением 540 атм. Реальность этих глубин подтверждается тем, что они не противоречат возможности существования открытых трещин [14].

Очевидно, что избыток P против величин статической нагрузки в начальных стадиях должен быть отнесен к стрессу, который возможно измерить. Для этого пригодны более полные данные по Хдесцкали. Здесь самые верхние цифры таблицы соответствуют в общем полю устойчивости пренита и непосредственно не замерены. Однако общий ход снижения t на следующих стадиях позволяет принять для первой стадии наиболее вероятную температуру 300°C, которой соответствует давление 2000 атм. Эти условия принято считать характерными для зеленосланцевой стадии метаморфизма [15], что вполне приложимо к аспидным сланцам. За вычетом статической нагрузки на долю стресса приходится около 1500 атм на 1 см².

На Шода нет возможности непосредственного измерения, но поскольку ход снижения t и P там совершенно аналогичен, можно допустить такую же величину стресса. Эта величина характеризует стресс непосредственно перед его резким спадом и является его минимумом. Максимум трудно вычислить. Можно лишь сказать, что он не мог превышать максимальные пределы P поля устойчивости пренита и даже вряд ли приближался к ним, на что указывает наличие метаморфогенных минералов зеленосланцевой фации. Если бы стрессовое давление превышало указанные пределы, в породах образовались бы минералы более глубокой фации. Следовательно, максимум стресса не должен был превышать 2000—2500 атм. И хотя такое давление больше, чем нужно для зеленосланцевой фации, оно вполне допустимо, так как зачаточный метаморфизм аспидных сланцев объясняется кратковременностью воздействия стресса.



Конечно, приведенные расчеты являются первым приближением. Дальнейшие, более систематические замеры t и P в газовой-жидких включениях с применением статических методов позволят еще ближе подойти к решению вопроса.

Академия наук Грузинской ССР
Геологический институт

(Поступило 15.5.1968)

გეოლოგია

რ. ახვლედიანი, ზ. კოკრაშვილი, ა. ცაგარელი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი)

კავკასიონის მთის ბრძოლის „ალპური“ ძარღვები და მასთან დაკავშირებული ტექტონიკის საკითხები

რეზიუმე

დეტალური მინერალოგიური კვლევისა და გეოლოგიური მონაცემების საფუძველზე დგინდება ზღვისწყალის (ყაზბეგის რაიონის) და შოდას (ზემო რაჟის რაიონის) კვარცის ძარღვების საბადოთა „ალური“ (მეტამორფოგენული) გენეზისი. კრისტალებში არსებული გაზურ-თხევადი ჩანართების პომოგენიზაციის შედეგად დადგენილია კვარცის წარმოშობი ხსნარების ტემპერატურა და წნევა, ზღვისწყალის საბადოსათვის: $t=236-300^{\circ}$, $P=900-1200$ ატმოსფერო; შოდას საბადოსათვის: $t=170-210^{\circ}$, $P=700-1000$ ატმოსფერო. აღნიშნული და ნეოტექტონიკური მონაცემების დაპირისპირებით დგინდება ზემოთ დასახელებულ საბადოთა რაიონებისათვის სტრესის წნევა, რაც 2000—2500 ატმოსფერო არ აღემატება.

დასაწყობი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. П. Д. Гамкрелидзе. В кн.: «Глубинное строение Кавказа». М., 1966.
2. А. Г. Бетехтин. В сб.: «Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях». М., 1955.
3. Е. М. Лазько. Минер. сборник, № 10, Львов, 1956.
4. Г. Г. Леммлейн, П. В. Клевцов. Геохимия, № 2, 1961.
5. G. G. Kenedy. Amer. J. Sci., 1950.
6. Н. Н. Шефтал. Труды Ин-та кристаллографии, вып. 12, 1956.
7. Г. Г. Леймлен. В сб.: «Вопросы минералогии, геохимии и петрографии», 1946.
8. J. Strens. Amer. Magazine, vol. 35, 1965, 464.
9. Н. Ю. Икорникова. В сб.: «Рост кристаллов», т. III, 1961.
10. М. Г. Валяшко. В сб.: «Химия земной коры», т. 1, 1963.
11. П. Д. Гамкрелидзе, А. Л. Цагарели. Междунар. геолог. конгресс. XXIII сессия, доклады советских геологов, пробл. 3. М., 1968.
12. А. Л. Цагарели, М. Г. Агабеков и др. Междунар. коллоквиум по тектонике альпийской складчатой области Европы и М. Азии, тезисы докладов. 1965.
13. А. Л. Цагарели. Тезисы докладов выездной сессии ОНЗ АН СССР на Кавказе. М., 1966.
14. А. Е. Карякин. Структуры хрусталеносных полей. М., 1967.
15. Г. М. Заридзе, Н. Ф. Татришвили. Петрология метаморфических образований Северного склона Большого Кавказа. Тбилиси, 1967.

Х. Н. ПУРЦЕЛАДЗЕ

МЭОТИЧЕСКАЯ ФЛОРА БАССЕЙНОВ рр. НАТАНЕБИ И СУПСА ПО ДАННЫМ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

(Представлено членом-корреспондентом Академии А. А. Колаковским 17.6.1968)

Палинологические исследования мэотических отложений Юго-Западной Грузии (Ланчхутский и Махарадзевский районы), до настоящего времени не производились. Данные о составе мэотической флоры района известны лишь по предварительным определениям листовых отпечатков окрестностей с. Чочхати [1, 2].

Фаунистически обоснованные мэотические отложения [3] обнажаются в низовьях рр. Натанеби и Супса и представлены конгломератами, песчаниками, глинами с прослоями тонких мергелей. Они трансгрессивно с угловым несогласием расположены на разных горизонтах третичных отложений. Верхние горизонты верхнего мэотиса размыты трансгрессивным понтом.

Материалом для палинологических исследований послужили образцы из пяти разрезов, составленных в районах сс. Кончкати, Нагбилеви, Джапареули, Шрома и Чочхати. В голубовато-серых глинах обнаружено большое количество спор и пыльцевых зерен хорошей сохранности, принадлежащих нижеследующим растениям (см. таблицу), песчаники и цемент конгломератов спор и пыльцы не содержат.

Характерной особенностью мэотического флористического комплекса является богатство и видовое разнообразие папоротников, среди которых особенно широким распространением пользуются различные виды *Pteris*, *Dicksonia*, *Polypodium*. Наибольшее количество споровых растений отмечается в разрезе у с. Кончкати (до 38%).

Пыльца голосеменных присутствует в большом количестве. Среди них доминирует сем. *Pinaceae*—главным образом *Abies nordmanniana* (Stev.) Sprach. (в некоторых образцах достигая 40%), затем *Cedrus* (26%) и *Pinus* (20%). Наблюдается некоторое своеобразие в распределении пыльцы *Tsuga*. В спектре ее участие ограничивается 5—10%, однако в нижней части разреза Чочхати процентное содержание *Tsuga* возрастает до 20%, а в верхней части разреза Шрома до 34%. В малом количестве отмечаются пыльцевые зерна *Picea*, *Cathaya*, *Pseudolarix*. Из семейства *Taxodiaceae* заметное участие принимает *Cryptomeria japonica* D. Don, достигая иногда 20%. Пыльцевые зерна семейства *Podocarpaceae* встречаются до 10%, оно представлено тремя разными видами *Podocarpus*.



Основную массу флоры составляют покрытосеменные двудольные растения. Среди них наиболее заметны представители семейства *Juglandaceae* *Carya* 13% и *Engelhardtia* (9%). Максимум пыльцы *Engelhardtia* приурочен главным образом к нижним горизонтам. Значительное место занимает также *Betula*, *Alnus*, *Fagus*, *Quercus*, *Ulmus*, *Zelkova* (10%). В некоторых образцах участие родов *Alnus* и *Fagus* увеличивается до 20%.

Растения	Разрез у с. Конькати	Разрез у с. Нагоблиани	Разрез у с. Джанапуანი	Разрез у с. Шрома	Разрез у с. Чоикати
1	2	3	4	5	6
<i>Riccia</i> sp.	+		+		+
<i>Sphagnum</i> sp.					
<i>Lycopodium serratum</i> Tunb.	+	+	+	+	+
<i>Lycopodium</i> sp.	+	+	+		+
<i>Selaginella fusca</i> N. Mch.	+			+	+
<i>Selaginella</i> sp.	+	+			+
<i>Botrychium</i> sp.	+				
<i>Osmunda</i> sp.	+	+		+	+
<i>Lygodium japonicum</i> (Thbg.) Sw.	+	+	+	+	+
<i>Lygodium digitatum</i> Pr.	+	+		+	
<i>Lygodium</i> sp.	+				
<i>Anemia</i> sp.	+				+
<i>Mohria</i> sp.	+	+			+
<i>Gleichenia angulata</i> Naum.	+				
<i>Neogenisporites neogenicus</i> Krutzch.			+	+	+
<i>Matonia</i> sp.	+				
<i>Hymenophyllum</i> sp.	+				+
<i>Dicksonia antarctica</i> A. Br.	+				+
<i>Dicksonia unituberatus</i> sp. nov.	+	+	+	+	+
<i>Dicksonia spanditocinctus</i> sp. nov.	+	+	+	+	+
<i>Dicksonia</i> sp.	+			+	
<i>Cibotium guriensis</i> sp. nov.	+				
<i>Cyathea</i> sp.	+	+	+	+	+
<i>Alsophila</i> sp. 1—2.	+	+			+
<i>Microlepia</i> sp.	+	+			+
<i>Pteris cretica</i> L.	+	+	+	+	+
<i>Pteris longifolia</i> L.	+	+	+	+	+
<i>Pteris</i> sp. 1—4	+	+	+	+	+
<i>Cryptogramma</i> sp.				+	+
<i>Anogramma</i> sp.		+	+		
<i>Adiantum</i> sp.			+		+
<i>Polystichum lonchites</i> Both.	+				
<i>Polypodium</i> sp. 1—2	+	+		+	+
<i>Polypodium aureum</i> L.	+	+	+	+	+
<i>Polypodiaceae</i> gen. ind. 1—2	+	+	+	+	+
<i>Ginkgo</i> sp.	+		+	+	+
<i>Abies nordmanniana</i> (Stev.) Spach.	+	+	+	+	+
<i>Keiskeeria caucasica</i> Ram.	+		+	+	+
<i>Tsuga diversifolia</i> (Maxm.) Mast.	+	+	+	+	+
<i>Tsuga</i> sp.	+	+	+	+	+
<i>Cathaya</i> aff. <i>argiophylla</i> Chun et Kuang	+	+	+	+	+
<i>Picea orientalis</i> (L.) Link	+	+	+	+	+

1	2	3	4	5	6
<i>Picea minor</i> N. Mтч.	+	+	+	+	+
<i>Pseudolarix aff. kaemferi</i> Gord.	+	+		+	+
<i>Cedrus zauerne</i> N. Mтч.	+		+	+	+
<i>Pinus halepensis</i> Mill.	+	+	+	+	+
<i>Pinus</i> sp.	+	+	+	+	+
<i>Cryptomeria japonica</i> D. Don	+	+	+	+	+
<i>Taxodium</i> sp.					+
Cupressaceae gen. ind.		+			
<i>Sciadopitys</i> sp.	+				+
<i>Podocarpus</i> sp. 1—3.	+	+	+	+	+
<i>Ephedra distachia</i> L.	+				
<i>Ephedra equisetina</i> Bge.	+		+	+	
<i>Ephedra strobiliacea</i> Bunge.	+	+	+	+	+
<i>Ephedra</i> sp.					
<i>Myrica</i> sp.	+	+	+	+	+
<i>Comptonia</i> sp.	+	+	+	+	+
<i>Pterocarya pterocarpa</i> (Michx.) Kunth.	+	+	+	+	+
<i>Pterocarya rhoifolia</i> Sieb. et Zuss.					+
<i>Juglans cinerea</i> L.	+	+	+	+	+
<i>Yuglans</i> sp.	+	+	+	+	+
<i>Carya</i> sp.	+	+	+	+	+
<i>Engelhardtia</i> sp.	+	+	+	+	+
<i>Salix</i> sp.	+	+	+	+	+
<i>Alnus</i> sp.	—	+	+	—	+
<i>Betula</i> sp.	+	+	+	+	+
<i>Ostrya</i> sp.	+		+	+	+
<i>Carpinus</i> sp.					+
<i>Carpinus betulus</i> L.	+	+	+	+	+
<i>Carpinus orientalis</i> Mill.	+		+	+	+
<i>Corylus</i> sp.	+		+	+	+
<i>Fagus orientalis</i> Lipsky	+		+	+	+
<i>Fagus</i> sp. 1	+	+	+	+	+
<i>Castanea</i> sp.			+	+	+
<i>Castanopsis</i> sp.	+		+	+	+
<i>Quercus</i> sp. 1—4	+	+	+	+	+
<i>Ulmus foliacea</i> Gilib.	+	+	+	+	+
<i>Zelkova carpinifolia</i> (Pall.) Dipp.					+
<i>Zelkova</i> sp.	+	+	+	+	+
<i>Celtis</i> sp.	+	+	+	+	+
<i>Morus</i> sp.	+	+	+	+	+
<i>Polygonum</i> sp. 1—2	+	+			
<i>Stellaria</i> sp.	+	+	+	+	+
<i>Atriplex</i> sp.			+	+	+
<i>Kochia</i> sp.			+	+	+
Chenopodiaceae gen. ind.	+	+			+
Amarantaceae gen. ind.		+	+		
<i>Magnolia</i> sp.	+		+	+	+
<i>Liriodendron tulipifera</i> L.	+		+	+	
Menispermaceae gen. ind.			+		+
<i>Nuphar</i> sp. 1—3	+	+	+	+	+
<i>Platanus</i> sp.	+	+	+	+	+
<i>Corylopsis</i> sp.					+
<i>Sycopsis colchica</i> Ram.	+	+	+	+	+
<i>Hamamelis</i> sp.				+	
<i>Disanthus</i> sp.					+
<i>Forthergilla</i> sp.					+
<i>Distilium</i> sp.	+				+
<i>Parrotia persica</i> Meyer	+	+	+	+	+



1	2	3	4	5	6
<i>Eustigma</i> —?					+
<i>Liquidambar</i> aff. <i>orientalis</i> Mill.		+			+
<i>Liquidambar</i> aff. <i>formosana</i> Hance	+				
<i>Liquidambar</i> <i>stiraciflua</i> L.	+	+	+	+	+
Leguminosae gen. ind.					+
Geraniaceae gen. ind.	+				+
Euphorbiaceae gen. ind.	+				+
<i>Acer</i> sp. 1—3	+	+	+	+	+
<i>Sapindus</i> sp.	+				+
<i>Ilex</i> sp.					
<i>Euonymus</i> sp.					
<i>Staphylea</i> sp. 1—2					
<i>Buxus sempervirens</i> L.					
<i>Parthenocissus tricuspidata</i> Sieb. et Zucc.	+	+	+	+	+
<i>Parthenocissus</i> sp.	+	+	+	+	+
<i>Vitis</i> sp.	+	+	+	+	+
<i>Tilia</i> sp.	+	+	+	+	+
<i>Sterculia</i> sp.	+				+
<i>Daphne</i> sp.	+				+
<i>Stephanodaphne</i> sp.	+				+
<i>Flaeagnus</i> sp.	+	+			+
<i>Elaeagnus argentea</i> Pursh.	+	+	+		+
<i>Hippophaë rhamnoides</i> L.				+	+
<i>Epilobium</i> sp.		+			+
<i>Alangium bargoorianum</i> Trav.	+	+			+
<i>Nyssa</i> sp.	+				+
<i>Cornus</i> sp.	+	+			+
Araliaceae gen. ind.	+		+		+
<i>Aralia hispida</i> Michx.	+		+		+
Umbelliferae gen. ind.	+	+	+		+
<i>Bifora</i> sp.	+	+	+		+
<i>Rhododendron</i> sp.	+				+
Sapotaceae gen. ind.	+			+	+
<i>Symplocos</i> sp.	+	+			+
<i>Fraxinus</i> sp.	+		+		+
Oleaceae gen. ind.	+		+		+
<i>Viburnum</i> sp.	+	+	+		+
<i>Lonicera</i> sp.	+	+	+		+
<i>Valeriana</i> sp.	+			+	+
<i>Knautia</i> sp.	+	+			+
<i>Scabiosa</i> sp.	+			+	+
Campanulaceae gen. ind.	+				+
<i>Artemisia heteroclita</i> Tym.	+			+	+
<i>Artemisia</i> sp.	+	+			+
<i>Cycoryae</i> sp.					+
<i>Centaurea</i> sp.	+				+
Labiatae gen. ind.		+			+
<i>Potamogeton</i> sp.	+	+			+
Gramineae gen. ind. 1—2	+	+	+		+
<i>Sparganium</i> sp.				+	+
<i>Typha latifolia</i> L.		+		+	+

В составе спорово-пыльцевого комплекса постоянно присутствуют несколько видов рода *Liquidambar* (5%) и разные представители семейства *Hamamelidaceae*, среди которых наиболее часто встречаются *Sycopsis colchica* Ram. и *P. persica* Meyer. Спорово-пыльцевые спектры характеризуются

также присутствием небольшого количества пыльцевых зерен термофильных растений, распространенных почти по всему разрезу: *Magnolia*, *Morus*, *Nyssa*, *Parthenocissus*, *Sapotaceae*, *Sapindus*, *Alangium*, *Daphne*, *Buxus*, *Stephanodaphne*, *Araliaceae*, *Symplocos*. Травянистые растения составляют малый процент (в среднем 10%), отличаясь большим видовым разнообразием в пределах семейства *Chenopodiaceae*, *Umbelliferae*, *Compositae* *Dipsacaceae*.

Из водных растений наиболее часто встречается род *Nuphar* (*Nymphaeaceae*), представленный тремя разными видами.

Из однодольных в небольшом количестве отмечаются представители семейства *Gramineae*.

Детально проследив спорово-пыльцевые спектры изученных разрезов, не удалось обнаружить какой-либо закономерности в распределении ископаемых растений. Все растения, встречающиеся в одних разрезах, могут попасть и в других, на любом уровне. Наблюдаемый рост количества *Tsuga*, *cryptomeria*, *Alnus*, *Fagus* в разрезах Чочхати и Шрома, вызван по-видимому распределением ландшафтных зон и условием захоронения спор и пыльцевых зерен, не имея повсеместного значения. На этом основании для мэотических отложений Гурийской депрессии выделяется один спорово-пыльцевой комплекс лесной растительности, где немногочисленные травянистые и частично папоротники образовывали травяной покров этих лесов. Наличие растений, относящихся к представителям различных экологических групп, позволяет предположить, что эта лесная растительность характеризовалась вертикальной зональностью в соответствии с палеорельефом.

Академия наук Грузинской ССР
Геологический институт

(Поступило 26.6.1968)

პალეობოტანიკა

ბ. ფურცელაძე

მდინარეების—ნატანეგისა და სუფსის—აუზის მეოტური ნალექების ფლორა პალეობოტანიკური მონაცემების მიხედვით

რეზიუმე

გურიის მეოტური ნალექების პალეობოტანიკური მეთოდით შესწავლის შედეგად გამოყოფილი მცენარეული კომპლექსი ასახავს ფარულთესლიან და შიშველთესლიან ხე-მცენარეთა ბატონობას. ფლორისტული კომპლექსი ხასიათდება გვიმრანაირ მცენარეთა სიმრავლით და სახეთა მრავალფეროვნებით. განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით გვხვდება *Dicksonia*, *Pteris* და *Polypodium*-ის სხვადასხვა სახეები.

შიშველთესლიანი მცენარეებიდან ფართოდაა გავრცელებული *Abies nordmanniana*, აგრეთვე *Cedrus*, *Pinus*, *Tsuga*, *Cryptomeria*, *Podocarpus*.

ფლორის ძირითად მასას ქმნიან ფარულთესლიანი ორღებნიანი მცენარეები *Carya*, *Engelhardtia*, *Fagus*, *Quercus*, *Alnus*, *Betula*, *Ulmus*, *Zelkova*, *Liquidambar* და ოჯახ *Hamamelidaceae*-ს სხვადასხვა წარმომადგენლები. მეოტური ნალექების ზედა ნაწილისაკენ შეიმჩნევა *Engelhardtia* მტერის მაცვლების რაოდენობის შემცირება. ჭრილებში მთელ სიგრძეზე, ფლორის ძირითადი კომპონენტების გვერდით ვხვდებით აქცესორულ მცენარეებსაც, რომლებიც ხასიათდებიან მცირე პროცენტული შემცველობით. მათი მონაწილეობა ფლორას ანიჭებს თავისებურ იერს: *Magnolia*, *Morus*, *Nyssa*, *Parthenocissus*, *Sapotaceae*, *Sapindus*, *Sterculiaceae*, *Alangium*, *Daphne*, *Buxus* *Stephanodaphne*, *Araliaceae*, *Symplocos*.

ბალახოვნები წარმოდგენილია ოჯახებით *Compositae*, *Umbelliferae*, *Chenopodiaceae*, *Dipsacaceae*. მათი როლი მცენარეული საფარის შედგენილობაში უმნიშვნელოა. მეოტური დროის ტყის მდიდარი ფორმაციები, რომლებშიც ბალახოვნები და ნაწილობრივ გვიმრანაირები ქმნიდნენ ტყის ბალახოვან საფარს, განიცდიდა ვერტიკალურ ზონალობას.

დასრულებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. M. D. Узнадзе. Труды Геол. ин-та АН ГССР, нов. сер., вып. 2, 1965.
2. П. А. Мchedlishvili. ДАН СССР, т. 107, № 6, 1956.
3. Д. П. Окроемчелидзе, И. А. Метрели. Труды ВНИГНИ, вып. XXXVIII, 1963.



УДК 552.54(47.922)

ПЕТРОГРАФИЯ

Г. С. КИКОДЗЕ

**К ЛИТОЛОГИИ ВЕРХНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ БАССЕЙНА
 р. ПСОУ (СЕВЕРО-ЗАПАДНАЯ АБХАЗИЯ)**

(Представлено академиком Г. С. Дзоцевидзе 1.5.1968)

В связи с проведением комплексного геологического изучения северо-западной Абхазии нам было поручено литологическое исследование верхнеюрских отложений бассейна р. Псоу, входящих в Абхазскую известняковую подзону Гагрско-Джавской зоны складчатой системы Южного склона Большого Кавказа [1]. Собранный в период полевых работ материал изучался в шлифах и иммерсионных препаратах, определялась карбонатность пород; уточнялся их минералогический состав химическим и термическим способами. Ниже представлены некоторые результаты проведенных исследований.

В пределах описываемой территории выделяются три основные структурные единицы (с севера на юг): антиклиналь Козырка, синклиналь Ах-аг и антиклиналь Кацирха [2]. Все указанные складки имеют общекавказское простирание.

В северной части района, в ущелье р. Псоу, в северном крыле синклинали Ах-аг имеется почти полный разрез верхнеюрских отложений. После выходов песчаников и глинистых песчаников битагской свиты (верхний байос-бат?) [2] наблюдается перерыв в обнажениях до 70 м. Далее в восходящей последовательности обнажаются:

1. Серые слабоокремненные массивные обломочные брекчиевидные известняки 30 м.
2. Серые и бордовые тонко- и среднеслоистые доломитизированные известняки с микроскопическими выделениями халцедона 74 м.
3. Серые, зеленоватые и серо-розовые тонко- и среднеслоистые доломитизированные и окремненные известняки с маломощными (до 5—6 см) линзами темно-серого халцедона 53 м.
4. Светло-серые тонко- и среднеслоистые пелитоморфные окремненные известняки 100 м.
5. Бордовые и темно-серые тонкослоистые органогенные и глинистые известняки с линзами темно-серого халцедона 100 м.
6. Темно-серые толстослоистые слабодоломитизированные и окремненные органогенные известняки 71 м.



7. Темно-серые тонкослоистые глинистые известняки с фрагментами аммонитов	0,5 м.
8. Белые и розовые среднеслоистые зернистые доломиты, содержащие двухметровый пласт светло-серого доломитизированного органогенного известняка	30 м.
9. Серые среднеслоистые органогенные слабодоломитизированные известняки	28 м.
10. Светло-серые слоистые органогенные известняки	6 м.
11. Темно-серые тонко- и среднеслоистые органогенные глинистые известняки и мергели	60 м.
12. Серые и бордовые среднеслоистые глинистые известняки	35 м.
13. Чередование белых среднеслоистых зернистых доломитов и зеленовато-розовых доломитизированных известнячков	25 м.
14. Сиреневато-серые слоистые органогенные известняки	8 м.
15. Светло-серые среднеслоистые глинистые известняки	10 м.
16. Темно-серые с синеватым оттенком среднеслоистые мергели	60 м.

Последние совершенно согласно сменяются фаунистически датированными светло-серыми тонкослоистыми мергелями нижнего мела. Мощность отложений верхней юры в этом разрезе достигает 700 м. Слои в основном падают на юго-запад. Углы падения часто меняются, варьируя в пределах 20—60°.

Аналогичные разрезы наблюдаются по ущельям рр. Безымянки и Беш (правый и левый притоки р. Псоу), хотя обнажения, по сравнению с разрезом р. Псоу, в этих ущельях хуже. В ущелье р. Безымянки, в обломках известняков, под коренными выходами, нами обнаружено несколько экземпляров плохо сохранившихся аммонитов. Сопоставление разрезов р. Псоу и ее притоков с разрезами соседних районов дает основание предположить наличие всех ярусов верхней юры.

В южной части исследованного района верхнеюрские отложения, охватывая северный и южный склоны хребта Тепе-Баши, слагают южное крыло синклинали Ах-аг и оба крыла антиклинали Каширха, ядро которой сложено порфириновой свитой байоса. В северном крыле этой антиклинали, в ущелье р. Псоу, по существующим данным [3], на порфиритовую свиту налегает базальный крупногалечный конгломерат мощностью 10 м, сменяющийся вверх по разрезу песчаниками и глинами, содержащими конкреции песчаных известняков. Выше следуют рифогенные известняки. Мощность терригенных пород достигает 40 м. Фауну они не содержат. Сопоставляя эти отложения с разрезом Бзыбской антиклинали, их датировали как келловей-нижний оксфорд [3], что, как будет видно из нижесказанного, не подтверждается нашими наблюдениями.

В ущелье р. Псоу, в северном крыле упомянутой антиклинали на размытую поверхность маделштайнового порфирита в восходящей последовательности налегают:

1. Красновато-розовый гравелит с карбонатным цементом, состоящий из окатанных обломков порфиритов	2 м.
2. Зеленовато-серый граувакковый песчаник с карбонатным цементом, содержащий редкие круглые карбонатно-песчаные конкреции	2,5 м.
3. Розовато-серый массивный органогенно-обломочный известняк	3 м.
4. Зеленовато-голубоватые тонкослоистые плотные мергели	0,5 м.
5. Серые массивные рифогенные известняки с признаками доломитизации (с кораллами)	35 м.
6. Светло-серые массивные органогенные доломитизированные известняки	10 м.

7. Серые массивные рифогенные известняки, местами содержащие слои розовато-зеленоватых (полосчатых) доломитизированных известняков 400 м.

8. Чередование темно-серых тонко- и среднеслоистых граувакковых песчаников 12 м.

9. Розовато-серые массивные органогенные известняки 30 м.

Далее следует перерыв в обнажении до 100 м и начинаются выходы палеогеновых пород. Общая мощность верхнеюрских отложений достигает 500 м.

В рифогенных известняках описанного разреза собрана богатая коралловая фауна, на основании которой выделены лузитанский, киме-ридский и титонский ярусы [4].

Прослеживая верхнеюрские отложения к востоку от р. Псоу, всюду наблюдаем трансгрессивное их залегание на породы порфиритовой свиты байоса. Обращает на себя внимание то обстоятельство, что мощность терригенных образований в этом направлении значительно изменяется: если в разрезе р. Псоу она не превышает 4,5 м, то в верховьях р. Троицкой (правый приток р. Псоу), на южном склоне хребта Тепе-Баши она возрастает до 110 м, в седловине между высотами 1843,6 и 1970,1 м (северный склон хребта Тепе-Баши) достигает 130 м, далее на восток, на водоразделе между рр. Троицкой и Фесонла (левый приток р. Псоу) не превышает 40 м, а еще восточнее у истоков р. Беш снижается до 3 м.

Терригенные отложения представлены крупно- и мелкогалечными конгломератами, гравелитами, песчаниками и глинистыми песчаниками, которые содержат сферические конкреции песчаных известняков.

Терригенные отложения во всех разрезах согласно сменяются карбонатными. В одном самом восточном разрезе (разрез на водоразделе) замечается закономерное чередование грубо- и тонкослоистых известняков. Здесь мощность верхнеюрских отложений достигает 450 м. Они представлены в основном грубослоистыми органогенными известняками, которые в средней (наибольшей) части разреза интенсивно доломитизированы. Разграничиваются эти породы тремя пачками (20—30 м) розовато-зеленоватых тонкослоистых органогенных известняков. В двух верхних пачках известняки доломитизированные, а нижняя представлена чистыми органогенными известняками и только в верхней ее части отбивается семиметровая пачка доломитизированных известняков, не содержащих органических реликтов.

В двух других разрезах (верховья р. Троицкой и седловина между высотами 1843,6 и 1970,1 м) карбонатные породы представлены массивными брекчиевидными органогенными известняками (мощность до 35 м), грубо-, средне- и тонкослоистыми чистыми и слабопесчанистыми органогенными и неорганогенными известняками, которые выше сменяются доломитизированными известняками, как органогенными, так и без органических реликтов. Никакой закономерности в распределении этих пород в восходящем разрезе нами не замечено. Единственное, что можно отметить, это наличие светло-розового зернистого доломита (мощность до 5 м) на одинаковом уровне в обоих разрезах.

Что касается фаунистической характеристики изученных разрезов, то хорошо сохранившиеся кораллы, обнаруженные Ш. А. Адамия, М. В. Какабадзе и М. Г. Лоладзе в конгломератах (на низких уровнях в одном разрезе) и карбонатных породах (в нижних частях в двух разрезах), согласно определениям Н. С. Бендукидзе, датируют нижние части (мощность до 180 м) разрезов как нижний лузитан (арговой). Следовательно, можно считать установленным, что в северном крыле антиклинали Кацирха (в пределах описываемой территории) на байосскую порфиритовую свиту трансгрессивно налегают верхнеюрские терригенные образования нижнего лузитана, а на келлозей — оксфорд, как предполагалось ранее [3].

Исходя из вышесказанного нам кажется обоснованным расчленение исследуемой территории на две части — северную и южную. Сопоставляя эти части, видим, что северная сложена карбонатными породами, для которых характерны тонкая слоистость ($<0,1$ м), резкое изменение углов падения (20—60°), незначительное окремнение почти по всей мощности, наличие двух четко отбивающихся горизонтов, содержащих темно-серые линзы (5—7 см) кремния. Выделяются также два горизонта чистых зернистых доломитов. Ни в одном разрезе не встречены терригенные образования. По простиранию литологический характер пород выдерживается довольно четко.

Микроскопическое изучение пород показывает, что они в нижней части представлены известняками с яснокристаллической структурой. реже встречаются и микрозернистые разности. Выше они сменяются органогенными известняками с органогенно-обломочной и реликтово-органогенной структурой, часто переходящей в мозаичную. Встречаются также глинистые известняки, в которых пелитовый материал достигает 15—20%. В верхних горизонтах развиты мергели. Почти по всей мощности встречаются микроскопические выделения хальцедона и ромбоэдры доломита. Чистые доломиты состоят из мелких ромбоэдров доломита, но в некоторых случаях структура их мозаичная. Линзы кремния состоят из мелкоагрегатного хальцедона (№ 1.539) с характерным радиально-лучистым строением. Породы почти не содержат фауны, если не считать редких находок аммонитов.

В южной части картина иная. Породы в основном массивные с брекчиевидным строением и грубослоистые (>0,5 м), очень редко средне- и тонкослоистые. В двух разрезах встречается чистый доломит. Всюду разрезы начинаются терригенными образованиями. Литологический характер пород не выдерживается по простиранию.

Микроскопическое изучение показывает, что терригенные образования относятся к грауваккам вулкано-терригенного типа [5]. Источником материала для них служила байосская порфириновая свита. Галька представлена окатанными и полуокатанными обломками порфиритов. Структура песчаников псаммитовая, реже встречаются алевритовые разности. Материал, составляющий породы, интенсивно изменен — хлоритизирован, карбонатизирован и ожелезнен. Почти во всех разностях встречаются листочки измененного биотита. Цементируются зерна в основном мелкоагрегатным карбонатом, но реже встречается лимонитовый и глинистый цемент. Карбонатные породы представлены органогенными известняками с доломитизированными разностями и только редко на различных уровнях появляется чистый известняк. Микроструктура как известняков, так и доломитов не отличается от таковой северной части. В низах карбонатов встречаются известняки с включениями листочков биотита и алевритового материала. Фауна представлена в основном кораллами, которые дают возможность коррелировать разрезы.

Резюмируя изложенный материал, можно заключить, что в северной части исследуемой территории развита более глубоководная флишонидная карбонатная фация, отделяющаяся на юге от субплатформенных образований типичными рифовыми отложениями, которые являются частью крупного рифа-барьера Ахцу-Каирха [6].

ბ. კიკოძე

 მდ. ფსოუს აუზის (ჩრდილო-დასავლეთი აფხაზეთი) ზედაიურული
 ნალექების ლითოლოგიისათვის

რეზიუმე

მდ. ფსოუს აუზის ჩრდილო ნაწილში ზედაიურული ნალექები წარმოდგენილია შედარებით ღრმა ზღვის ფლიშოიდური კარბონატული ფაციესით — თხელშრეებრივი ორგანოგენული და ქემოგენური კირქვები, თიხიანი კირქვები, მერგელები, გადოლომიტებული კირქვები და დოლომიტები. ქანები მთელ სიმძლავრეზე სუსტადაა გაკაჟებული, ხოლო ორ დონეზე — ორგანოგენულ და თიხიან კირქვებში მუქი-ნაცრისფერი კაჟის ლინზებიანი ჰორიზონტები გამოიყოფა. წინა მკვლევარების [2] მონაცემების მიხედვით მდ. ფსოუს ტერიტორიაზე გვაქვს ზედა იურის ყველა სართული.

განსხვავებით ჩრდილო ნაწილისაგან, მდ. ფსოუს აუზის სამხრეთ ნაწილში განვითარებულია სანაპირო თხელი ზღვის ნალექები. ტრილი იწყება ბაიოსურ პორფირიტულ წყებაზე ტრანსგრესიულად განლაგებული ბაზალური კონგლომერატით, რომელიც ზევით გრაველიტებსა და გრაუვაკურ ქვიშაქვებში გადადის. უკანასკნელებს აღმავალ ტრილში რიფული მასიური და უხეშშრეებრივი კირქვები მოყვება, რომლებიც იშვიათად თხელ და საშუალოშრეებრივ კირქვებსა და გადოლომიტებულ კირქვებს შეიცავს. აღნიშნული ნალექები, მარჯნების ფაუნის მიხედვით [4], ლუზიტანურით იწყება და კიმერიულ და ტიტონურ სართულებსაც შეიცავს.

დადოებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. П. Д. Гамкрелидзе. Геотектоника, № 3, 1966.
2. С. Г. Букия. Отчет Гагринской ГСП по работам 1952 г., т. I. Фонды ГУ ГССР, Тбилиси, 1953.
3. Д. Г. Иосебидзе. Фауна верхнеюрских карбонатных отложений Абхазии и ее экология. Автореферат, Тбилиси, 1965.
4. Н. С. Бендукидзе. Сборник трудов Геол. ин-та АН ГССР, 1959. (на груз. яз.).
5. Г. С. Дзоценидзе. Изв. Геол. о-ва Грузии, т. III, вып. I, 1963.
6. З. В. Кабанова. Изв. АН СССР, сер. геол., № 3, 1966.

Н. Г. ХОМАСУРИДZE

К РЕШЕНИЮ УРАВНЕНИЙ ПОЛОГОЙ СФЕРИЧЕСКОЙ
 ОБОЛОЧКИ

(Представлено академиком К. С. Завриевым 12.5.1968)

Система дифференциальных уравнений равновесия прямоугольной в плане полой сферической оболочки приводится к уравнениям Коши—Римана и уравнению плиты на упругом основании. Такая запись уравнений равновесия упрощает расчет оболочки для большинства из граничных условий, но особенно эффективной она оказывается при таком закреплении краев оболочки, когда одно из тангенциальных граничных условий статическое, а другое кинематическое.

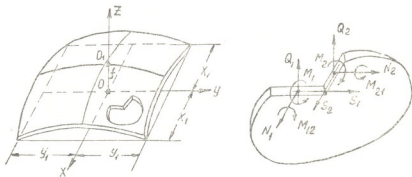


Рис. 1

Согласно технической теории полых оболочек [1], систему дифференциальных уравнений, описывающую напряженно-деформированное состояние полой сферической оболочки (рис. 1), можно записать следующим образом:

$$\begin{aligned}
 \text{а) } D\nabla^2\nabla^2 w + \frac{E\delta}{R^2} w &= Z - \frac{E\delta}{R(1-\nu)} L, \\
 \text{б) } \frac{\partial L}{\partial x} + \frac{\partial F}{\partial y} &= 0, \left(-\frac{1-\nu^2}{E\delta} X \right), \\
 \text{в) } \frac{\partial L}{\partial y} - \frac{\partial F}{\partial x} &= 0, \left(-\frac{1-\nu^2}{E\delta} Y \right)
 \end{aligned} \tag{1}$$

или

$$\begin{aligned}
 \text{а) } D \nabla^2 \nabla^2 w + \frac{E \delta}{R^2} w &= Z - \frac{E \delta}{R(1-\nu)} L, \\
 \text{б) } \nabla^2 u &= -\frac{1+\nu}{R} \frac{\partial w}{\partial x} - \frac{1+\nu}{1-\nu} \frac{\partial L}{\partial x}, \left(-\frac{2(1+\nu)}{E \delta} X \right), \quad (2) \\
 \text{в) } \nabla^2 V &= -\frac{1+\nu}{R} \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{1+\nu}{1-\nu} \frac{\partial L}{\partial y}, \left(-\frac{2(1+\nu)}{E \delta} Y \right),
 \end{aligned}$$

где u, v, w —перемещения вдоль осей Ox, Oy, Oz ; δ —толщина оболочки; R —радиус оболочки; ν —коэффициент Пуассона; E —модуль упругости; Z, X, Y —составляющие внешней нагрузки по координатным осям Oz, Ox, Oy

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}, \quad D = \frac{E \delta^3}{12(1-\nu^2)},$$

$f = OO_1$ — максимальная стрела подъема оболочки,

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{1+\nu}{R} w = \frac{1-\nu}{E \delta} (N_1 + N_2) - \frac{1-\nu}{R} w, \\
 F &= \frac{1-\nu}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x} \right).
 \end{aligned}$$

Внутренние усилия и моменты через перемещения выражаются следующим образом:

$$\begin{aligned}
 \text{а) } N_1 &= \frac{E \delta}{1-\nu^2} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \nu \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{1+\nu}{R} W \right), \\
 \text{б) } N_2 &= \frac{E \delta}{1-\nu^2} \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \nu \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1+\nu}{R} W \right), \quad (3)
 \end{aligned}$$

$$\text{в) } S_1 = S_2 = S = \frac{E \delta}{2(1+\nu)} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right),$$

$$\begin{aligned}
 \text{а) } M_1 &= -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right), \\
 \text{б) } M_2 &= -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right), \quad (4)
 \end{aligned}$$

$$\text{в) } M_{21} = M_{12} = -D(1-\nu) \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y},$$

$$\begin{aligned}
 \text{а) } Q_1 &= -D \frac{\partial}{\partial x} \nabla^2 w, \\
 \text{б) } Q_2 &= -D \frac{\partial}{\partial y} \nabla^2 w, \quad (5)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{а) } T_1 &= -D \left[\frac{\partial^3 w}{\partial x^3} + (2-\nu) \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2} \right], \\
 \text{б) } T_2 &= -D \left[\frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + (2-\nu) \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} \right]. \quad (6)
 \end{aligned}$$

Уравнения б) и в) системы (1) являются уравнениями Коши-Рунге. Поэтому F и L являются сопряженными гармоническими функциями, равными действительной и мнимой частям аналитической функции $F + iL$ в области оболочки. Для рассматриваемых прямоугольных в плане оболочек, так же как и в работе [2], считаем, что задание на одном из краев оболочки, например, на краю $X = X_1$, гармонической функции F , определяет на этом же краю нормальную производную $\frac{\partial L}{\partial x}$ сопряженной с ней гармонической функции L .

Граничные условия при которых функции L и F определяются на краю, будут следующими:

$$\text{а) } L = 0 \text{ при } x = \pm X_1 \text{ если } \omega = v = N_1 = 0, \quad (7)$$

$$\text{б) } L = 0 \text{ при } y = \pm Y_1 \text{ если } \omega = u = N_2 = 0.$$

Четвертое граничное условие, как при $x = \mp x_1$ так и при $y = \pm y_1$, может быть произвольным.

$$\text{а) } F = 0 \text{ при } x = \pm x_1, \text{ если } S = u = 0, \quad (8)$$

$$\text{б) } F = 0 \text{ при } y = \pm y_1, \text{ если } S = v = 0.$$

Третье и четвертое граничные условия, при $x = \pm x_1$ и $y = \pm y_1$, произвольные.

Пусть на оболочку воздействует лишь только вертикальная нагрузка ($X = Y = 0$). Если при этом края оболочки закреплены так, что вдоль по контуру $L = 0$, то, как следует из уравнения

$$\nabla^2 L = 0 \quad (9)$$

полученного из системы (1), $L = 0$ везде внутри области.

Подставив в систему (2) $L = 0$, получим:

$$\text{а) } D \nabla^2 \nabla^2 \omega + \frac{E \delta}{R^2} \omega = Z,$$

$$\text{б) } \nabla^2 u = - \frac{1 + \nu}{R} \frac{\partial \omega}{\partial x}, \quad (10)$$

$$\text{в) } \nabla^2 v = - \frac{1 + \nu}{R} \frac{\partial \omega}{\partial y}.$$

Решив последовательно уравнения (10 а, б, в) с соответствующими граничными условиями, мы определим искомые перемещения в произвольной точке оболочки.

Функция $L = 0$ везде внутри оболочки (т. е. система (10) будет описывать напряженно-деформированное состояние оболочки) и в том случае граничных условий, когда на одних краях $L = 0$, а на других $F = 0$. Покажем это.



1. $L = 0$ на краях $y = \pm y_1$ и $x = -x_1$, а на краю $x = x_1$ $F = 0$, т. е. $\frac{\partial L}{\partial x} = 0$.

При таких граничных условиях из уравнения (9) следует, что везде внутри области и на ее краях $L = 0$.

2. $L = 0$ на краях $y = \pm y_1$, а на краях $x = \pm x_1$ $F = \frac{\partial L}{\partial x} = 0$.

Из уравнения (9) следует, что для произвольной точки оболочки $L = 0$.

3. $L = 0$ на краях $x = x_1$ и $y = y_1$; при $x = -x_1$ и $y = y_1$ $F = 0$, т. е. при $x = -x_1$ $\frac{\partial L}{\partial x} = 0$, а при $y = -y_1$ $\frac{\partial L}{\partial y} = 0$. И в этом случае для произвольной точки области получаем $L = 0$.

4) $L = 0$ на краю $x = x_1$, а при $x = -x_1$ и $y = \pm y_1$ $F = 0$ или $\frac{\partial L}{\partial x} = 0$ при $x = -x_1$ и $\frac{\partial L}{\partial y} = 0$ при $y = \pm y_1$. Вывод тот же $-L = 0$ в произвольной точке оболочки.

В случае, когда везде на краях оболочки $F = 0$, функция $L = L_0 = \text{const}$ везде внутри области и перемещения w, u, v определяются с точностью до постоянной, т. е.

$$w = w(x, y, L_0), \quad u = u(x, y, L_0), \quad v = v(x, y, L_0).$$

Постоянную L_0 можно определить, если решить уравнения безмоментной оболочки и записать выражение для нее в области, наиболее соответствующей безмоментному напряженному состоянию оболочки. Значения $L = L_0$ в этой области должны быть постоянными (как это следует из более точной моментной теории) или мало отличаться друг от друга.

При воздействии на оболочку горизонтальных нагрузок, функцию L ищем из уравнения

$$\nabla^2 L = - \frac{1 - \nu}{E \delta} \left(\frac{\partial X}{\partial x} + \frac{\partial Y}{\partial y} \right). \quad (11)$$

Граничные условия для уравнения (11) рассматриваются такие же, как и в случае отсутствия нагрузок X и Y . Не исключена возможность неоднородных граничных условий, т. е. таких, когда на каждом из краев оболочки L или F (т. е. соответствующая нормальная производная функции L) определяются в виде некоторых известных функций.

Предлагаемое представление уравнений равновесия оболочки, как показано в работе [3], оказывается удобным и при других, не рассмотренных здесь граничных условиях, как то жесткая заделка краев оболочки, шарнирно неподвижное опирание и т. д.

Вышеописанный метод расчета сферических оболочек можно обобщить и на оболочки с неравными кривизнами [3].

В заключение рассмотрим примеры, которые проиллюстрируют удобство предлагаемого метода расчета пологих оболочек и в случае много-связной области.

Примеры

Дана квадратная в плане пологая сферическая оболочка с квадратным вырезом посередине. Сторона вырезанного квадрата $2a = 8$ м, сторона оболочки $2x_1 = 2y_1 = 16$ м. В вырез вставлен абсолютно жесткий при сжатии и растяжении криволинейный квадрат, а внешние края оболочки опираются на абсолютно жесткие в своей плоскости и абсолютно гибкие из нее диафрагмы. Таким образом, на краях оболочки выполняются следующие граничные условия:

$$\text{при } x = \pm a \quad M_1 = T_1 = S = u = 0, \text{ т. е. } F = 0 \text{ или } \frac{\partial L}{\partial x} = 0,$$

$$\text{при } y = \pm a \quad M_2 = T_2 = S = v = 0, \text{ т. е. } F = 0 \text{ или } \frac{\partial L}{\partial y} = 0,$$

$$\text{при } x = \pm x_1 \quad \omega = M_1 = N_1 = v = 0, \text{ т. е. } L = 0,$$

$$\text{при } y = \pm y_1 \quad W = M_2 = N_2 = u = 0, \text{ т. е. } L = 0.$$

При таких граничных условиях, согласно уравнению (9) в произвольной точке оболочки $L = 0$. Поэтому разрешающей системой дифференциальных уравнений для определения перемещений ω, u, v будут служить уравнения (10).

На оболочку действуют: 1) равномерно распределенная вертикальная нагрузка интенсивностью q ; 2) вертикальная нагрузка по контуру внутреннего квадрата.

Параметры оболочки таковы: $R = 24$ м, $\delta = 0,1$ м, $\nu = 0,166$, $\frac{f}{2y_1} = \frac{1}{6}$. Задачу решаем в конечных разностях, „покрывая“ оболочку квадратной сеткой, шагом $h = 2$ м (рис. 2). При этом для определения прогибов ω рассматривается $\frac{1}{8}$ часть оболочки, а для определения перемещений u — $\frac{1}{4}$ часть. Результаты решения представ-

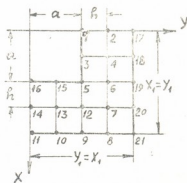


Рис. 2

лены в таблице.

Z	Перемещен.	№ у з л о в													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	w	325	293	326	294	326	296	268	—	—	—	—	296	294	293
	u	—	—	7	14	—	49	169	240	353	400	413	239	270	279
2	w	295	17	297	19	255	23	—4	—	—	—	—	23	19	17
	u	—	—	7	3	—	10	24	12	19	22	24	62	79	82

$$\omega_{17} = \omega_{18} = \omega_{19} = \omega_{20} = \omega_{21} = 0,$$

$$u_{15} = u_{16} = u_{17} = u_{18} = u_{19} = u_{20} = u_{21} = 0,$$

$$\omega_{15} = \omega_3, \quad \omega_{16} = \omega_1, \quad \bar{\omega} = \frac{D \omega 10^4}{h^4 Z}, \quad \bar{u} = - \frac{D R u 10^4}{(1 + \nu) h^3 Z}.$$

Тбилисский государственный университет

(Поступило 14.5.1968)

საშუალო მანძილზე

ბ. ზომასურიძე

ღამრეცი სფერული გარსის განტოლებათა ამოხსნისათვის

რეზიუმე

ღამრეცი სფერული გარსის დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემა და-
 იყვანება ფილის დიფერენციალურ განტოლებათა და კოში-რიმანის განტო-
 ლებებზე. გარსის განტოლებათა ასეთი ჩაწერა აადვილებს მის გათვლას თითქ-
 მის ყველა სასაზღვრო პირობებისათვის, მაგრამ ეს ჩაწერა განსაკუთრებით
 ეფექტურია გარსის ნაპირების ისეთი ჩამაგრების დროს, როდესაც უოველ მათ-
 ჯანზე ტანგენციალური სასაზღვრო პირობებიდან ერთ-ერთი სტატისტიკურია,
 მეორე კი კინემატიკურია.

დადოვილი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Назаров. Основы теории и методы расчета пологих оболочек. М.—Л. 1966.
2. Н. И. Мухелишвили. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М., 1966.
3. Н. Г. Хомасуридзе. Сообщения АН ГССР. Л, № 1, 1968.

ა. პაპუშაძე, ი. მსაძი

სამშენებლო მექანიკის ძალთა მეთოდის ანალოგიური მეთოდის გამოყენება ფილების ბასანაბარივებლად

(წარმოდგინა აკადემიისმა კ. ზავრიევა 17.7.—1968)

სამშენებლო მექანიკის ძალთა მეთოდი საშუალებას იძლევა გავინაგარიშოთ ნებისმიერი მოხაზულობის ფილა, ნებისმიერი საკონტურო პირობების შემთხვევაში. დატვირთვის და სიხისტის ცვლილებების კანონიც ნებისმიერია. ამასთანავე ამოცანის ამოხსნა შეიძლება ანიზოტროპული ფილებისა და გარსებისთვისაც.

ვთქვათ, მოცემული გვაქვს ნებისმიერი მოხაზულობის ფილა ნებისმიერი დატვირთვით [1, 2], საკონტურო პირობები ნებისმიერია. ფილა არის იზოტროპული და მუდმივი სიხისტის. ეს ფილა შემოსაზღვრული გვაქვს (L) კონტურით (მოცემული ფილა). დავამთხვიოთ ის რომელიმე ცნობილ ფილას (ძირითადი ფილა), მისი კონტური იყოს (T). ამ ფილას მოცემული ფილის საზღვრებში დავტვირთავთ (გარე დატვირთვა) იმავე დატვირთვით, როგორც მოცემულ ფილას, მის საზღვრებს გარეთ დატვირთვა კი ნებისმიერია.

ძირითადი ფილის შერჩევა უნდა მოხდეს შემდეგი პირობების დაცვით: 1. მისთვის ცნობილი უნდა იყოს გრინის (გავენის) ფუნქცია; 2. მოცემული ფილისათვის გვაქვს რაღაც სასაზღვრო პირობები. მივაკუთვნებთ მოცემული ფილის (L) კონტურს ძირითად ფილას, ავიღებთ რამდენიმე „საერთო“ წერტილს ამ კონტურზე, რომლებშიც უნდა შესრულდეს მოცემული ფილის სასაზღვრო პირობები. შესაძლებელია, მოცემულ ფილას ჰქონდეს საკუთხო წერტილები (ნახ. 1). თუ ამ წერტილებსაც მივაკუთვნებთ საერთო წერტილებს, აქ გვექნება განსაკუთრებული შემთხვევა. ჩვენ დავადგინეთ ის პირობები, რომლებიც უნდა შესრულდეს დამატებით საკუთხო წერტილებში, და ის კანონიკური განტოლებები, რომლებიც უნდა დაემატოს საერთო კანონიკურ განტოლებებს.

ვთქვათ ავიღებ საერთო წერტილებად $1, 2, \dots, n$ წერტილები. აქედან წერტილები $e, f \dots$ საკუთხო წერტილებია. ავირჩიოთ (L) კონტურზე ასე-ლის დადებითი მიმართულება (როგორც ნახაზზეა ნაჩვენები). ყოველ საერთო წერტილში მოვდებთ უცნობ P_i, M_{ni}, M_{ji} ფაქტორებს, სადაც $j(x_j, y_j)$ ნებისმიერი საერთო წერტილია. P_j შეყურსული ძალაა, მოქმედი ამ წერტილში. M_{ni} მომენტია, მოქმედი (L) კონტურის ნორმალის n_i^- -ს მიმართულებით. M_{ji} კი მომენტია მოქმედი მხების t_j -ს მიმართულებით. საკუთხო წერტილებში ავიღებთ ორ ნორმალს და ორ მხებს. მაგ. n_+ არის ნორმალი საკუთხო წერტილის „შემდეგ“ (ავლის მიმართულების შესაბამისად) ანუ ნორმალი, გავლებული საკუთხო წერტილში ამ წერტილიდან დაწყებული მრუდისა. n_- არის ნორმალი საკუთხო წერტილამდე, ანუ ნორმალი, გავლებული საკუთხო წერტილში ამ წერტილში

დამთავრებული მრუდისა. ძირითადი ფილა შეიძლება ნებისმიერად შეირჩეს, მაგრამ თითოეული მათგანისათვის ცნობილი უნდა იყოს გრინის ფუნქცია $G(x, y, \xi, \eta) = G(\xi, \eta, x, y)$. საერთო $j(x_j, y_j)$ წერტილებისათვის გვაქვს $\xi = x_j; \eta = y_j$; საერთო წერტილი, რომელშიც ჩაღუნვას ვეძებთ, აღნიშნოთ $K(x_k, y_k)$; მაშასადამე გვაქვს $x = x_k; y = y_k$. ცხადია ($j = 1, 2, 3, \dots, n$); ($k = 1, 2, 3, \dots, n$). ვნახოთ ახლა, თუ რა პირობები უნდა იყოს შესრულებული საერთო წერტილებისათვის. ეს ჩანს კანონიკური განტოლებების შედგენიდან, რაც ქვემოდაა მოყვანილი.

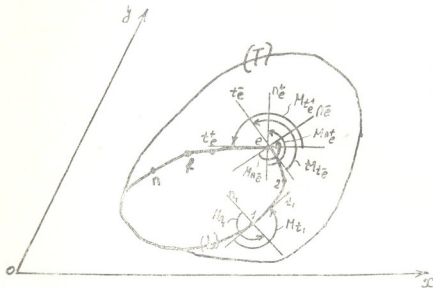


Fig. 1

როგორც ცნობილია, სასაზღვრო პირობების სხვადასხვა შემთხვევებთან გვაქვს საქმე. მაგ. თუ (L) კონტური თავისუფალია, მაშინ სასაზღვრო პირობებია: 1. მლუნავი მომენტი $M_n = 0$; 2. დაყვანილი რეაქცია

$$V = Q_n - \frac{\partial H_n}{\partial S} = 0, \tag{1}$$

სადაც Q_n ვანივი ძალაა, H_n —მგრესხვი მომენტი ისევ n ნორმალის მართობულ კვეთებში, S რკალაა.

ჩვენ მოვდეთ თითოეულ საერთო წერტილში სამ უცნობს P_j, M_{nj}, M_{1j} . მაშასადამე, საჭიროა (1) პირობის გარდა კიდევ ერთი პირობის გამოყენება. თუ კონტური თავისუფალია, მაშინ ვიცით რომ მგრესხვი მომენტი

$$H_n = 0. \tag{2}$$

ეს მეორე პირობა არ არის საჭირო ჩაღუნვების გამოსათვლელად, მაგრამ ის საჭიროა უცნობების განსასაზღვრავად.

ახლა ჩვენ შეგვიძლია დავწეროთ კანონიკური განტოლებები. მაგ. $M_n = 0$ პირობა შემდგენიარად ჩაიწერება (რაც წარმოადგენს ერთ-ერთ კანონიკურ განტოლებას

$$\sum_{j=1}^n (P_j m_{kj} + M_{nj} m_{nkj} + M_{lj} m_{ljk}) + m_{qh} = 0, \quad (3)$$

$$(k = 1, 2, \dots, n)$$

m_{kj} ერთეული მლუნავი მომენტია $k(x_k, y_k)$ წერტილში (L) კონტურის ნორმალის n_k -ს მართობულ კვეთში $j(x_j, y_j)$ წერტილში მოქმედი ერთეული ძალისაგან $P_j=1$. m_{nkj} ერთეული მლუნავი მომენტია n_k ნორმალის მართობულ კვეთში $j(x_j, y_j)$ წერტილში (L) კონტურის n_j -ნორმალის მიმართულეებით მოქმედი ერთეული მომენტისაგან $M_{nj}=1$. m_{ljk} ერთეული მლუნავი მომენტია n_k ნორმალის მართობულ კვეთში $j(x_j, y_j)$ წერტილში (L) კონტურის მხების t_j -ის მიმართულეებით მოქმედი ერთეული მომენტისაგან $M_{lj}=1$. m_{qh} არის მლუნავი მომენტი n_k -ს მართობულ კვეთში გარე დატვირთვისაგან.

შემოვიღოთ სხვა აღნიშვნებიც.

h_{kj} , v_{kj} ერთეული მგრეხავი მომენტია და ერთეული დაყვანილი რეაქცია n_k -ს მართობულ კვეთში $P_j=1$ ძალისაგან გამოწვეული. h_{nkj} , v_{nkj} არის ერთეული მგრეხავი მომენტი და ერთეული დაყვანილი რეაქცია n_k -ს მართობულ კვეთში $M_{nj}=1$ მომენტისაგან გამოწვეული. h_{ljk} , v_{ljk} არის ერთეული მგრეხავი მომენტი და ერთეული დაყვანილი რეაქცია n_k -ს მართობულ კვეთში $M_{lj}=1$ მომენტისაგან გამოწვეული. h_{qh} და v_{qh} არის მგრეხავი მომენტი და დაყვანილი რეაქცია გარე დატვირთვებისაგან. კანონიკური (3) განტოლების ანალოგიურად შეგვიძლია დაწვრილოთ სხვა ორი კანონიკური განტოლებაც მგრეხავი მომენტისა და დაყვანილი რეაქციის მიმართ. მაშასადამე, თუ (L) კონტური თავისუფალია, გვექნება შემდეგი კანონიკური განტოლებები:

$$\sum_{j=1}^n (P_j m_{kj} + M_{nj} m_{nkj} + M_{lj} m_{ljk}) + m_{qh} = 0,$$

$$\sum_{j=1}^n (P_j h_{kj} + M_{nj} h_{nkj} + M_{lj} h_{ljk}) + h_{qh} = 0, \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n (P_j v_{kj} + M_{nj} v_{nkj} + M_{lj} v_{ljk}) + v_{qh} = 0.$$

$$(k = 1, 2, \dots, n)$$

ეს განტოლებები ჩვენ მიერ პირველად არის გამოყვანილი.

განვიხილოთ შემთხვევა, როდესაც (L) კონტური შეიცავს e და f საკუთხო წერტილებს (ნახ. 1). რასაც ვიტყვით ორი საკუთხო წერტილის მიმართ, იგივე შეგვიძლია ვთქვათ, თუ მათი რიცხვი უფრო მეტია. საკუთხო წერტილებში უნდა მოვლოთ შეყურსული ძალები P_e , P_f და მომენტები Mn_e , Mn_f , Mt_e , Mt_f , Mn_e , Mn_f , Mt_e , Mt_f . საერთო n წერტილიდან ჩვეულებრივი წერტილებისათვის ცალკე უნდა დაიწეროს კანონიკური განტოლებები და საკუთხო წერტილებისათვის ცალკე. ყოველ საკუთხო წერტილში გვემატება ორი უცნობი. თუ ჩვეულებრივ j წერტილში გვქონდა P_j , Mn_j , Mt_j უცნობები, საკუთხო წერტილებში (მაგ. e) გვექნება P_e , Mn_e , Mn_e , Mt_e , Mt_e . შემოვიღოთ აღ-

ნიშვნები: $m_{nke-}, m_{nke+}, m_{nhf-}, m_{nhf+}, m_{tke-}, m_{tke+}, m_{tkf-}, m_{tkf+}$ არიან ერთეული მლუნავი მომენტები ჩვეულებრივ k წერტილში გავლებულ n_k ნორმალის მართობულ კვეთებში ($k = 1, 2, 3, \dots, n$) $n_-, n_+, n_-, n_+, t_-, t_+, t_-, t_+$ მიმართულებით მოქმედი ერთეული მომენტებისაგან. ასევე გვაქვს ერთეული მგრეხავი მომენტები და ერთეული დაყვანილი რეაქციები

$$h_{nke-}, h_{nke+}, h_{nhf-}, h_{nhf+}, h_{tke-}, h_{tke+}, h_{tkf-}, h_{tkf+}, \quad (5)$$

$$v_{thf+}, v_{nh+e}, v_{nhf-}, v_{nhf+}, v_{tke-}, v_{tke+}, v_{tkf-}, v_{tkf+}$$

ესენი მოქმედებენ ნორმალის მართობულ სიბრტყეში, რომლებიც გამოწვეული არიან e და h წერტილში გავლებული n_-, n_+, \dots, t_+ ნორმალების და მხებულების მიმართულებით ერთეული მომენტებისაგან. ახლა შეგვიძლია დავეწროთ საკუთხო წერტილების არსებობისას ჩვეულებრივი საერთო წერტილებისათვის კანონიკური განტოლებები:

$$1. \sum_{j=1}^{n-e-f} (P_j m_{hj} + M_{nj} m_{nhj} + M_{tj} m_{thj}) + P_e m_{ne} + P_f m_{hf} +$$

$$+ Mn_e m_{nhe-} + Mn_e m_{nhe+} + Mn_f m_{nhf-} + Mn_f m_{nhf+} + Mt_e m_{tke-} +$$

$$+ Mt_e m_{tke+} + Mt_f m_{tkf-} + Mt_f m_{tkf+} + m_{qh} = 0;$$

$$2. \sum_{j=1}^{n-e-f} (P_j h_{hj} + M_{nj} h_{nhj} + M_{tj} h_{thj}) + P_e h_{ne} + P_f h_{hf} + \quad (6)$$

$$+ Mn_e h_{nhe-} + Mn_e h_{nhe+} + Mn_f h_{nhf-} + Mn_f h_{nhf+} + Mt_e h_{tke-} +$$

$$+ Mt_e h_{tke+} + Mt_f h_{tkf-} + Mt_f h_{tkf+} + h_{qh} = 0;$$

$$3. \sum_{j=1}^{n-e-f} (P_j v_{hj} + M_{nj} v_{nhj} + M_{tj} v_{thj}) + P_e v_{ne} + P_f v_{hf} +$$

$$+ Mn_e v_{nhe-} + Mn_e v_{nhe+} + Mn_f v_{nhf-} + Mn_f v_{nhf+} + Mt_e v_{tke-} +$$

$$+ Mt_e v_{tke+} + Mt_f v_{tkf-} + Mt_f v_{tkf+} + v_{qh} = 0.$$

($k = 1, 2, 3, \dots, n$)

საკუთხო წერტილებისათვის უნდა დაიწეროს ხუთი განტოლება. შემოვიერთო აღნიშვნები $m_{e-j}, m_{e+j}, v_{e-j}, v_{e+j}, m_{f-j}, m_{f+j}, v_{f-j}, v_{f+j}$ არიან ერთეული მლუნავი მომენტები და დაყვანილი რეაქციები n_-, n_+, n_-, n_+ მართობულ კვეთებში გამოწვეული ერთეული ძალისაგან $P_j = 1$ ($j = 1, 2, 3, \dots, n$). $m_{e-e}, m_{e+e}, m_{e-j}, m_{e+j}, m_{f-e}, m_{f+e}, m_{f-j}, m_{f+j}$ არიან ერთეული მლუნავი მომენტები n_-, n_+, n_-, n_+ ნორმალების მართობულ კვეთებში e, f საკუთხო წერტილებში მოქმედი ერთეული ძალისაგან $P_e = 1; P_f = 1; m_{ne-e-}, m_{e+e}, m_{ne-e+}, m_{ne+e+}, m_{nf-j-}, m_{nf+j-}, m_{nf-j+}, m_{ne-f-}, m_{e+f-}, m_{nf+j+}, m_{ne-f+}, m_{e+f+}, m_{nf-e-}, m_{nf+e-}, m_{nf-e+}, m_{nf+e+}$ არიან მლუნავი მომენტები n_-, n_+, n_-, n_+ ნორმალების მართობულ კვეთებში გამოწვეული ისე ამ მიმართულებით მოქმედი ერთეული მომენტებისაგან $Mn_e = 1, Mn_e = 1, Mn_f =$



$= 1, Mn_j = 1$; თუ გამოვთვლით მლუნავ მომენტებს $M_{i_e^-} = 1, M_{i_e^+} = 1, Mt_{i_e^-} = 1, Mt_{i_e^+} = 1$; მომენტებისაგან ისევ $n_e^-, n_e^+, n_f^-, n_f^+$, ნორმალების მართობულ კვეთებში აქ გვექნება ანალოგიური აღნიშვნები. $m_{te-e-}, m_{te+e+}, m_{te-e+}, m_{te+e-}, m_{tf-f-}, m_{tf+f-}, m_{tf-f+}, m_{tf+f+}, m_{te-f-}, m_{te+f+}, m_{tf-f+}, m_{te+f+}, m_{tf-f-}, m_{tf+f-}, m_{tf+f+}$. ასევე გვაქვს: $m_{ne-j}, m_{ne+j}, m_{nj-i}, m_{nj+j}, m_{fe-j}, m_{te+j}, m_{tf-j}, m_{tf+j}$ ერთეული მლუნავი მომენტები $n_e^-, n_e^+, n_f^-, n_f^+$ ნორმალების მართობულ კვეთებში $M_{nj} = 1; M_{tf} = 1$ მომენტებისაგან ($j = 1, 2, 3, \dots, n$) ჩვენ გვჭირდება კიდევ $n_e^-, n_e^+, n_f^-, n_f^+$ ნორმალების მართობულ კვეთებში გამოწვეული ერთეული დაყვანილი რეაქციების და მგრებავი მომენტების გამოთვლა. ისინი ჩვენ აღნიშნული გვექონდა s -ით (სათანადო ინდექსებით) და h -ით (სათანადო ინდექსებით). ცხადია ყველა ეს ფაქტორი ისეთივე აღნიშვნებით გვექნება, როგორც m , მხოლოდ ეს სიმბოლო (m) შეიცვლება s და h -ით შესაბამისად.

ახლა შეგვიძლია დავწეროთ ოთხ-ოთხი განტოლება თითოეული საკუთხო წერტილისათვის. მაგ. საკუთხო e წერტილისათვის შედგება შემდეგი ოთხი განტოლება:

$$\begin{aligned}
 1. \quad & \sum_{j=1}^{n-e-f-} (P_j m_{e-i} + M_{nj} m_{ne-j} + M_{tj} m_{te-j}) + P_e m_{e-e} + P_f m_{e-f} + \\
 & + M_{n_e^-} m_{ne-e-} + M_{n_e^+} m_{ne-e+} + M_{n_f^-} m_{ne-f-} + M_{n_f^+} m_{ne-f+} + \\
 & + M_{t_e^-} m_{te-e-} + M_{t_e^+} m_{te-e+} + M_{t_f^-} m_{te-f-} + M_{t_f^+} m_{te-f+} + m_{qe-} = 0; \\
 2. \quad & \sum_{j=1}^{n-e-f-} (P_j m_{e+j} + M_{nj} m_{ne+j} + M_{tj} m_{te+j}) + P_e m_{e+e} + P_f m_{e+f+} + \\
 & + M_{n_e^-} m_{ne+e-} + M_{n_e^+} m_{ne+e+} + M_{n_f^-} m_{ne+f-} + M_{n_f^+} m_{ne+f+} + \\
 & + M_{t_e^-} m_{te+e-} + M_{t_e^+} m_{te+e+} + M_{t_f^-} m_{te+f-} + M_{t_f^+} m_{te+f+} + m_{qe+} = 0; \\
 3. \quad & \sum_{j=1}^{n-e-f-} (P_j v_{e-i} + M_{nj} v_{ne-j} + M_{tj} v_{te-j}) + P_e v_{e-e} + P_f v_{e-f+} + \\
 & + M_{n_e^-} v_{ne-e-} + M_{n_e^+} v_{ne-e+} + M_{n_f^-} v_{ne-f-} + M_{n_f^+} v_{ne+f+} + M_{t_e^-} v_{te+e-} + \\
 & + M_{t_e^+} v_{te-e+} + M_{t_f^-} v_{te-f-} + M_{t_f^+} v_{te-f+} + v_{qe} = 0; \\
 4. \quad & \sum_{j=1}^{n-e-f-} (P_j v_{e+j} + M_{nj} v_{ne+j} + M_{tj} v_{te+j}) + P_e v_{e+e} + P_f v_{e+f+} + \\
 & + M_{n_e^-} v_{ne+e-} + M_{n_e^+} v_{ne+e+} + M_{n_f^-} v_{ne+f-} + M_{n_f^+} v_{ne+f+} + M_{t_e^-} v_{te+e-} + \\
 & + M_{t_e^+} v_{te+e+} + M_{t_f^-} v_{te+f-} + M_{t_f^+} v_{te+f+} + v_{qe+} = 0. \tag{7}
 \end{aligned}$$

ამას გარდა თითოეული საკუთხო წერტილისათვის უნდა შედგეს თითო განტოლება, რომელსაც ჩვენ დავარქვით „დამატებითი“ და მიიღება ვარიაციული განტოლებიდან [3]

$$H_{en+} - H_{en-} = 0; \quad H_{fn+} - H_{fn-} = 0. \tag{8}$$

მათი დაწერა ადვილია ზემოთ მოყვანილი აღნიშვნების და განტოლებების (ც) საფუძველზე e წერტილისათვის

$$\sum_{j=1}^{n-e-f-} [P_j (h_{e+j} - h_{e-j}) + M_{nj} (h_{ne+j} - h_{ne-j}) + M_{lj} (h_{le+j} - h_{le-j})] +$$

$$+ P_e (h_{e+e} - h_{e-e}) + P_f (h_{e+f} - h_{e-f}) + Mn_- (h_{ne+e-} - h_{ne-e-}) +$$

$$+ Mn_+ (h_{ne+e+} - h_{ne-e+}) + Mn_{-f} (h_{ne+f-} - h_{ne-f-}) + Mn_{+f} (h_{ne+f+} -$$

$$- h_{ne-f+}) + M_{l-} (h_{le+e-} - h_{le-e-}) + M_{l+} (h_{le+e+} + h_{le-e+}) +$$

$$+ M_{l-f} (h_{le+f-} - h_{le-e-}) + M_{l+f} (h_{le+f+} - h_{le-f+}) = h_{qe+} - h_{qe-} = 0. \quad (9)$$

ახლა ამოცანების საბოლოო ამოხსნისათვის საჭიროა ძირითადი ფილები ამორჩევა და ერთეული ფაქტორების ფორმულების მიღება, რაც შესრულებულია ესაძის შემდგომ შრომებში.

ლენინის სახელობის

საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტი

(შემოვიდა 17.5.1968)

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

А. М. КАКУШАДЗЕ, Ю. С. ЭСАДЗЕ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА АНАЛОГИЧНОГО МЕТОДА СИЛ СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ ДЛЯ РАСЧЕТА ПЛИТ

Резюме

В работе изучаются задачи расчета плит произвольного очертания с произвольными граничными условиями и задача изменения нагрузки. Используются идея Н. И. Жемочкина и Л. Т. Синицына [1] и данные работы С. У. Лужина [2], применявших метод сил для расчета плит. С. У. Лужин изучил одну основную систему для одного конкретного случая граничных условий.

В нашей работе обобщен метод сил, получена полная система канонических уравнений (для всех возможных конкретных случаев). В работе изучены особенности, имеющие место в угловых точках контура заданной плиты и составлены обыкновенные уравнения как для обыкновенных, так и для угловых точек, а также особые (дополнительные) уравнения.

Нами же изучены несколько основных систем, которые должны быть подобраны для расчета заданной плиты.

საშუალო ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. И. Жемочкин, А. П. Синицын. Практический метод расчета балок плит на упругом основании. М., 1962.
2. О. В. Лужин. Расчет плит при сложном очертании края. Исследования по теории сооружений, XII, М., 1961.
3. Л. С. Лейбензон. Собрание трудов, т. I, изд. АН СССР, 1957.

М. Я. БРОВМАН

ПРИБЛИЖЕННЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ

(Представлено академиком Ф. Н. Тавадзе 21.4.1968)

Задачу об упругой или пластической деформации часто можно свести к решению уравнений типа (1)

$$F(x, y, z, \tau, u, u_x, u_y, u_z, u_\tau u_{xx} u_{yy}, \dots, u_{xxx}, \dots, \dots, u_{xxx}, \dots, k_{10}, k_{20}, \dots, k_{n0}) = 0, \quad (1)$$

где x, y, z —координаты, τ —время, u —неизвестная функция координат и времени, через которую можно выразить деформации и напряжения (например—функция тока напряжений). Уравнение (1) содержит производные функции $u(x, y, z, \tau)$ по координатам и времени. Обычно, (1) является уравнением в частных производных второго, четвертого или восьмого порядка. Кроме того, (1) содержит „ n “ физических величин $k_{10}, k_{20}, k_{30}, \dots, k_{n0}$, определяемых экспериментально, характеризующих свойства сплошной среды или процесса, описываемого уравнением (1). Они заданы как функции координат и времени. Точность, с которой даны эти коэффициенты, зависит от характера этих величин и методов их экспериментального определения. Так предел текучести обычно задан точностью $10 \div 20\%$, а для некоторых металлов (никель, медь) при высоких температурах— 30% . Если мы для некоторой величины принимаем ее номинальное значение, равное k_{m0} , $1,0 \leq m \leq n$, то следует иметь в виду, что эта величина при экспериментальном определении будет иметь разброс. Проведя ряд экспериментов, можно представить их гистограммой (см. рис. 1) и выравнять это статическое распределение некоторой функцией $f(k_m)$. На рис. 1 показаны теоретическая (пунктир) и экспериментальная функции распределения. Насколько удовлетворительна теоретическая функция, можно судить на основании критерия Пирсона или А. Н. Колмогорова [1].

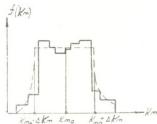


Рис. 1. Представление гистограммы функцией распределения

Во многих практически важных случаях можно использовать закон равномерной плотности $f(k_m)$ на определенном интервале $k_{m0} \pm \Delta k_m$.

Пусть все величины k_1, k_2, \dots, k_n являются равновероятными в интервалах $k_{10} \pm \Delta k_1; k_{20} \pm \Delta k_2; \dots, k_{n0} \pm \Delta k_n$.

Это означает, что при экспериментальном определении величин k_1, k_2, \dots, k_n мы будем в результате замеров получать не обязательно номинальные величины $k_{10}, k_{20}, \dots, k_{n0}$, а любые функции k_1, k_2, \dots, k_n в интервалах $k_{10} \pm \Delta k_1; k_{20} \pm \Delta k_2; \dots, k_{n0} \pm \Delta k_n$. Пусть мы в качестве приближенного решения (1) примем функцию $u^0(x, y, z, \tau)$ (дифференцируемую до производных порядка, равного порядку уравнения (1)) и решим (1) относительно величины k_m . Получим

$$k_m = \varphi_m(x, y, z, \tau, u^0, u_x^0, u_y^0, u_z^0, u_\tau^0, \dots, k_1, k_2, \dots, k_{m-1}, k_{m+1}, \dots, k_n).$$

Если $u^0 = u_1$ — точному решению (1), то k_m равно заданной функции $k_{m0}(x, y, z, \tau)$. Но поскольку u_0 не является точным решением, $k_m \neq k_{m0}$. Если, однако, функция k_m расположена в интервале равновероятных величин $k_{m0} - \Delta k_m \leq k_m \leq k_{m0} + \Delta k_m$, то можно принять, что с физической точки зрения, $u^0(x, y, z, \tau)$ равноправно с точным решением $u_1(x, y, z, \tau)$. Действительно, приняв k_{m0} , мы, решив (1), получим $u_1(x, y, z, \tau)$; а приняв k_m , получим $u^0(x, y, z, \tau)$. Очевидно, что увеличивать точность решения в области, где измерения не дают оснований для предпочтения какой-либо функции из интервала $k_{m0} \pm \Delta k_m$, нецелесообразно. С физической точки зрения также нет оснований утверждать, что функция $u_1(x, y, z, \tau)$ дает более точное решение, чем $u^0(x, y, z, \tau)$. Уравнение (1) можно решить и относительно какой-либо другой физической величины — k_l . Здесь следует руководствоваться во-первых тем, чтобы выбор k упрощал в наибольшей степени расчеты, а во-вторых тем фактом, что чем больше интервал Δk_l , тем легче подобрать „решение“. Следует выбирать наиболее „неопределенную“ из величин k_1, k_2, \dots, k_n , так как именно она определяет целесообразную точность при расчетах. Если заданы граничные и начальные условия $u_z, u_0(x, y, z, 0)$ с точностью $\pm \Delta u_z, \pm \Delta u_0$, то приближенным решением выражения (1) следует считать любую функцию, обращающую (1) в тождество, при любых функциях $k_1, k_2, \dots, k_m, \dots, k_n$, расположенных в интервалах

$$k_{10} \pm \Delta k_1, k_{20} \pm \Delta k_2, \dots, k_{m0} \pm \Delta k_m, \dots, k_{n0} \pm \Delta k_n,$$

для которой граничные и начальные значения лежат в интервалах

$$u_z \pm \Delta u_z, u_0(x, y, z, 0) \pm \Delta u_0.$$

При таком подходе единственность решения отсутствует, так как выражение (1) имеет бесконечное множество решений. Все они равновероятны и могут быть обнаружены при экспериментальной проверке. Для очень многих задач допущение о том, что физические величины заданы точно, не соответствует действительности.

В ряде случаев целесообразно выбирать неизвестную функцию зависящей от ряда неопределенных параметров, которые выбираются из усло-

вия наилучшего приближения функции k_m к k_{m0} . Например, можно определять эти параметры из условия минимума функционала

$$J = \iiint (k_m - k_{m0})^2 dx dy dz.$$

Рассмотрим пластическую деформацию трубы внутренним радиусом a и наружным b под действием внутреннего давления p . Решение этой задачи известно. Оно сводится к решению уравнения равновесия [3]

$$\frac{d\sigma_r}{dr} + \frac{1}{r} (\sigma_r - \sigma_\theta) = 0. \quad (2)$$

Совместно с условием пластичности $\sigma_r - \sigma_\theta = 2k$, где k —предел текучести при срезе; σ_r, σ_θ —компоненты напряжения; $\sigma_r = 0$; при $r = b$; точное решение $\sigma_r = -2k \ln \frac{b}{r}$, при $\frac{b}{a} = 2,0$ величина p , необходимая для пластического течения, равна $1,41k$.

Представим σ_r в виде линейной функции, удовлетворяющей краевому условию $\sigma_r = 0$, при $r = b$, $\sigma_r = -c(b-r)$. Отсюда, из выражения

$$(2) \quad 2k = cr. \text{ Если номинальное значение } k_0 \text{ при } r = a, \text{ то } c = \frac{2k_0}{a};$$

$k = k_0 \frac{r}{a}$. График $k(r)$ приведен на рис. 2 (линия 1). Видно, что ошибка велика и превышает область разброса 15% (на рис. 2 заштрихована). Примем σ_r в виде полинома второй степени

$$\sigma_r = -c_1(b-r) - c_2(b-r)^2; \quad k(r) = \frac{r}{2} (c_1 + 2c_2r).$$

Если c_1, c_2 определить из условий $k = k_0$, при $r = a, r = b$, то

$$k = k_0 \left(\frac{a+b}{ab} r - \frac{r^2}{ab} \right);$$

$k(r)$ имеет максимум при $r = \frac{a+b}{2}$, равный $k_{\max} = k_0 \frac{(a+b)^2}{4ab}$; при

$\frac{b}{a} = 2,0$; $k_{\max} = 1,13k_0$. Поскольку функция $k(r)$ лежит в диапазоне $k_0 + \Delta k = k_0 + 0,15k_0$, то квадратичная функция при данной точности определения k может быть принята в качестве приближенного решения. Если определить c_1, c_2 из условия минимума

$$J = \int_a^b \int_0^{2\pi} (k - k_0)^2 r dr d\varphi,$$

то

$$k = k_0 \left(1,34 \frac{r}{a} - 0,43 \frac{r^2}{a^2} \right).$$

Эта функция показана на рис. 2 (кривая 2). Расхождение с точным решением для величины σ_r нигде не превышает 10%, а для p —4%. Если представить σ_r в виде полинома третьей степени, то при $\frac{b}{a} = 2,0$ получим:

$$k(r) = k_0 \left[2,1 \left(\frac{r}{a} \right) - 1,4 \left(\frac{r}{a} \right)^2 + 0,3 \left(\frac{r}{a} \right)^3 \right];$$

этот график на рис. 2 показан пунктиром (кривая 3); отклонение от номинальной величины k_0 нигде не превышает 3%.

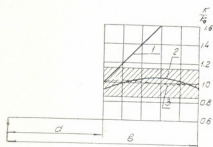


Рис. 2. Графики функций k для различных σ_r

Теперь рассмотрим задачу о сжатии плоского длинного пластического слоя толщиной $2h$ между шероховатыми плитами, движущимися со скоростью v_0 . Вследствие неравномерного нагрева предел текучести выше в поверхностных слоях и $k_0(y) = k_1 + (k_2 - k_1) \frac{y^2}{h^2}$; где $k_1 = \text{const}$; $k_2 =$

$= \text{const}$ значения $k_0(y)$ при $y = 0$; $y = \pm h$. Методы решения таких задач изложены в работе [3]. Согласно

описанному выше, выберем кинематически допустимое поле скоростей и статически допустимое поле напряжений.

$$v_x = c_1 + \frac{v_0}{h} x + v_0 m_1 \frac{y^2}{h^2}; \quad v_y = -\frac{v_0}{h} y;$$

$$\tau_{xy} = \frac{k_2}{h} y; \quad \sigma_x = k_2 \left[c_2 - \frac{x}{h} + m_2 \left(\frac{y}{h} \right)^2 \right];$$

$$\sigma_y = k_2 \left(c_3 - \frac{x}{h} \right);$$

$$c_1 = \text{const}; \quad c_2 = \text{const}; \quad c_3 = \text{const}.$$

Уравнения равновесия и несжимаемости удовлетворены. Из уравнений Генки [3]

$$\tau_{xy} = \frac{k_3(y)}{H} \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right); \quad \sigma_x - \sigma_y = \frac{2k_4(y)}{H} \left(\frac{\partial v_x}{\partial x} - \frac{\partial v_y}{\partial y} \right),$$

$$H = \sqrt{4 \left(\frac{\partial v_x}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right)^2}$$

определим $k_3(y)$; $k_4(y)$:

$$k_3(y) = \frac{k_2}{m_1} \sqrt{1 + m_1^2 \frac{y^2}{h^2}};$$

$$k_4(y) = k_2 \left(c_2 - c_3 + m_2 \frac{y^2}{h^2} \right) \sqrt{1 + m_1^2 \frac{y^2}{h^2}}. \quad (3)$$

Если бы решение было точным, то имело бы место $k_3(y) = k_4(y) = k_0(y)$. $k_0(y)$ —номинальная функция. Примем $C_2 - C_3 = \frac{1}{m_1}$; $m_2 = 0$; (принимаем, что напряжения σ_x постоянны по толщине полосы), тогда

$$k_3(y) = k_4(y) = \frac{k_2}{m_1} \sqrt{1 + m_1^2 \frac{y^2}{h^2}}. \quad (4)$$

Если $k = k_0$ при $y = 0$, то $m_1 = \frac{k_2}{k_1}$;

$$k(y) = k_1 \sqrt{1 + \frac{k_2^2}{k_1^2} \frac{y^2}{h^2}}; \quad (5)$$

наибольшее расхождение между величинами $k(y)$ и $k_0(y)$ имеет место при $y = h$; $k - k_0 = k_2 \left[\sqrt{1 + \left(\frac{k_2}{k_1}\right)^2} - 1 \right]$.

Если $k_1 = 0,5 k_2$; т. е. предел текучести в центральных слоях в 2 раза ниже, чем на поверхности, то $k - k_0 = 0,12 k_0$. Это решение приемлемо, если полоса разброса равна $\Delta k = \pm 0,15 k_0$. На рис. 3 кривая 1—номинальный график функции $k_0(y)$; кривая 2 построена по формуле (5). Если определить параметр m_1 из условия минимума функционала J , который равен:

$$J = \int_0^h [k(y) - k_0(y)]^2 dy,$$

при $\frac{k_1}{k_2} = 0,5$,

$$J = k_2 h \left[0,8 + \frac{1}{m_1^2} - \frac{\sqrt{1 + m_1^2}}{2 m_1} - \frac{\ln(m_1 + \sqrt{1 + m_1^2})}{2 m_1^2} - \frac{(1 + m_1^2)^{3/2}}{4 m_1^2} + \frac{\sqrt{1 + m_1^2}}{8 m_1} + \frac{\ln(m_1 + \sqrt{1 + m_1^2})}{8 m_1^2} \right],$$

то в результате расчетов имеем $\frac{dJ}{dm_1} = 0$; при $m_1 = 2,37$

$$k(y) = 0,423 k_2 \sqrt{1 + 5,7 \frac{y^2}{h^2}}; \quad (6)$$

$$\sigma_y = k_2 \left(C_2 - \frac{x}{h} \right); \quad \sigma_x = k_2 \left(C_2 - 0,423 - \frac{x}{h} \right).$$

Кривая по формуле (6) приведена на рис. 3 (кривая 3—пунктир). Можно доказать, что если во всем теле имеет место пластическая деформация, и всюду $k \geq k_0$, то мощность деформации выше мощности N_0 ,

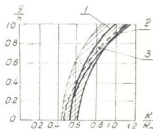


Рис. 3. Графики изменения предела текучести по толщине полосы

соответствующей точному решению, а если всюду, то мощность $N \leq N_0$. Это, в ряде случаев, позволяет получить верхнюю и нижнюю оценки мощности, а для многих процессов и усилия. Физический смысл этого заключается в том, что если нам известна мощность пластического деформирования при данном пределе текучести, как функции координат $k_0(x, y, z)$, то переход к новой функции $k(x, y, z) \geq k_0$ всюду в заданном объеме не может привести к уменьшению N , ибо повышение прочности материала не может привести к уменьшению мощности (а для таких процессов, как сжатие между параллельными плитами—и усилия). Данный метод применим также к расчету теплопередачи и других процессов.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт металлургии

(Поступило 24.4.1968)

მეტალურგია

ა. ბროვმანი

პლასტიკურობის თეორიის ამოცანების მიახლოებითი
 გადაწყვეტის მეთოდი

რეზიუმე

მრავალი ექსპერიმენტის საფუძველზე დადგენილია უწყვეტი ტანის თვისებების განმსაზღვრელი ფიზიკური სიდიდეების ნომინალური მნიშვნელობები. აგებულია პისტოგრამები, რის საფუძველზეც შესაძლებელი ზდება თეორიული ფუნქციების ვარგისიანობის საზღვრების დადგენა. შემუშავებული მიახლოებითი გადაწყვეტის მეთოდით ამოხსნილია ზოგიერთი კერძო ამოცანა, როგორცაა მილის პლასტიკური დეფორმაცია, გამოწვეული შიგა წნევის ზემოქმედებით და დიდი სიგრძის პლასტიკური სხეულის კუმშვა პარალელურ ბორკლიან ფილებს შორის.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Е. С. Вентцель. Теория вероятностей. М., 1958.
2. Н. И. Безухов. Теория упругости и пластичности, М., 1953.
3. Р. Хилл. Математическая теория пластичности. М., 1956.

ОБРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИИ

Б. И. ЕСЬМАН, Г. И. ЛОБЖАНИДЗЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В КОЛЬЦЕВОМ
ПРОСТРАНСТВЕ ПРИ ЭКСЦЕНТРИЧНОМ РАСПОЛОЖЕНИИ
ТРУБ

(Представлено членом-корреспондентом Академии А. А. Дзидзигури 24.6.1968)

В практике бурения часто встречаются случаи, когда буровая жидкость движется по каналу эксцентричного кольцевого сечения, образованному трубами различных диаметров. Однако теоретические разработки и экспериментальные исследования по данному вопросу весьма ограничены.

Согласно формуле Дарси—Вейсбаха для кольцевого пространства имеем

$$h = \lambda \frac{V^2}{2g(D-d)}, \quad (1)$$

что теоретически справедливо как для эксцентричного, так и для концентричного расположения труб.

Однако на практике такое решение вопроса с физической точки зрения не всегда справедливо, поскольку в реальных условиях при эксцентричном расположении труб внутренняя труба всегда будет находиться в соприкосновении с наружной трубой по какой-то поверхности, вследствие чего должны меняться живое сечение и тем самым смоченный периметр и гидравлический радиус. Кроме того, характер распределения скоростей по сечению, очевидно, во многом будет отличаться от распределения скоростей в случае концентричного расположения труб, особенно при движении таких жидкостей, как глинистые и цементные растворы. Высказанным предположениям были посвящены работы [1—3].

Для проверки влияния эксцентричности труб на величину гидравлических потерь в кольцевом сечении были проведены опыты [4] на специальной натурной гидравлической установке, смонтированной нами на стендовой буровой АзНИИБурнефть.

Схема установки показана на рис. 1. Основными узлами данной установки являлись два прямолинейных трубопровода, соединенных между собой U-образным патрубком. Один конец трубопровода присоединялся к насосу, другой был подведен к замерному чану. Трубопроводы собирались с помощью фланцевых соединений, что позволяло при на-



добности легко демонтировать и переходить на трубы другого диаметра.

Замеры расхода жидкости производились объемным способом, при котором относительная ошибка не превышала 0,1%. Перепад давлений

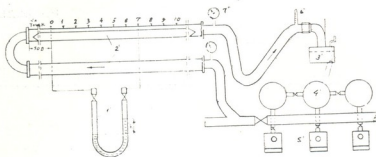


Рис. 1. Схема гидравлической установки: 1'—дифманометр ДТ-50; 2'—трубопроводы; 3'—замерный чан; 4'—приемные чаны; 5'—поршневые насосы; 6'—термометр; 7'—образцовые манометры; 0—10—номера отбора давлений

измерялся с помощью дифманометров марки ДТ-50. С этой целью по длине трубопровода были просверлены отверстия и к ним приварены

муфты для присоединения импульсных трубок дифманометра. На каждом режиме производилось от трех до пяти замеров, после чего полученные данные осреднялись. Затем расход жидкости изменялся и вся операция повторялась. Контроль за течением жидкости осуществлялся с помощью двух образцовых манометров, установленных в начале и конце опытного участка. Температура жидкости измерялась с по-

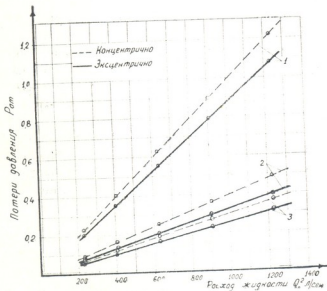


Рис. 2. Кривые зависимости давления от квадрата расхода: 1—трубы 146×89 мм с замками; 2—трубы 146×73 мм с замками; 3—трубы 146×73 мм без замков

мощью термометра, установленного в конце опытного участка.

Опыты проводились при различном взаимном расположении труб 146×89 мм, 146×73 мм с замками и 146×73 мм без замков. Длина опытных участков во всех случаях была равна 10 м.

В качестве рабочей жидкости служила морская вода вязкостью $\nu = 0,0089 \text{ см}^2/\text{сек}$ при температуре 26—30° и удельным весом $\gamma = 1,03 \text{ г/см}^3$.

По полученным данным построены кривые (рис. 2) изменения перепада давления от квадрата расхода жидкости $h = f(Q^2)$.

Принимая одинаковой величину гидравлического радиуса для концентричного и эксцентричного кольцевых сечений, имеем

$$h_k = \lambda_k a Q^2, \quad (2)$$

$$h_s = \lambda_s a Q^2, \quad (3)$$

где

h_k, h_s — перепады давления соответственно при концентричном и эксцентричном расположении внутренних труб;

λ_k, λ_s — коэффициенты гидравлического сопротивления соответственно для концентричного и эксцентричного кольцевых сечений;

Q — расход рабочей жидкости.

Строго говоря, условие (3) справедливо только для идеального случая. В реальных условиях оно может быть нарушено за счет того, что, как указывалось ранее, для эксцентричного кольца может наблюдаться касание трубы не по линии, а по некоторой площади. Однако учесть все это затруднительно, и поэтому в первом приближении всю погрешность можно увязать с величиной λ . Тогда, определяя отношение $\lambda_k : \lambda_s$, найдем величину некоторого поправочного коэффициента K_s , который покажет сравнительное изменение потерь в зависимости от эксцентриситеты расположения внутренней трубы и который необходимо ввести в теоретическую формулу (1) в случае использования ее для эксцентричного кольцевого сечения.

Средние экспериментальные значения λ_k, λ_s , рассчитанные для всех опытных точек исходя из формул (2) и (3), а также соответствующие значения указанного коэффициента K_s представлены в таблице.

Размеры труб, мм	С замком		Без замка
	146×89 мм	146×73 мм	146×73 мм
λ_k	0,04000	0,036255	0,027434
λ_s	0,03624	0,029360	0,02363
K_s	1,1034	1,234	1,16

Из таблицы следует, что средние значения K_s для труб при сочетании диаметров 146×89 мм и 146×73 мм с замком составляют соответственно 1,1034 и 1,234. Для труб с соотношением диаметров 146×73 мм без замка величина K_s равна 1,16. Следовательно, потери давления при



концентричном. кольцевом сечении во всех случаях больше, чем при эксцентричном.

Аналогичные результаты были получены в экспериментах [3], проведенных при других сочетаниях поперечных размеров труб и несколько отличных реологических свойствах жидкости.

Академия наук Грузинской ССР
Институт горной механики
Тбилиси

(Поступило 26.6.1968)

საბადოთა დაფუძავება

ბ. ესმანი, გ. ლობჯანიძე

რგოლურ სივრცეში მიღების ექსცენტრული განლაგებისას
ჰიდრავლიკური დანაბარების განსაზღვრა

რ ე ზ ი უ მ ე

შრომაში განხილულია ჰიდრავლიკის ზოგიერთი საკითხი ბურღვაში, კერძოდ რგოლურ სივრცეში მიღების ექსცენტრული განლაგების ზეგავლენა წნევის კარგეებზე.

ექსპერიმენტების საფუძველზე წნევის კარგეების წინასწარი პროგნოზისათვის რეკომენდებულია ფორმულა. დადგენილია აგრეთვე ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის კოეფიციენტები მიღების რგორც ექსცენტრულია იაე კონცენტრული განლაგებისას.

შრომაში აჩვენებია, რომ რგოლურ სივრცეში წნევის კარგეები დამოკიდებულია შიგა მიღების განლაგებაზე და უფრო მეტია იგი კოლონის კონცენტრული მდებარეობისას, ექსცენტრულთან შედარებით.

დამოუყვებელი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Б. И. Есьман. Труды нефтяной экспедиции АН АзССР, т. 1, 1963.
2. Б. И. Есьман, Т. А. Кирия. Изв. вузов, «Нефть и газ», № 8, 1964.
3. С. М. Кулиев, Б. И. Есьман, М. А. Абдиев. НХ, № 11, 1960.
4. Г. И. Лобжанидзе, С. М. Кулиев и др. АНХ, № 1, 1965.

А. Г. ЖОРЖОЛИАНИ

АНАЛИЗ МЕХАНИЗМА ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ПРОЦЕСС КИПЕНИЯ

(Представлено членом-корреспондентом Академии В. И. Гомелаури 10.5.1968)

Как показывают результаты выполненных экспериментальных исследований [1—3], электростатическое поле оказывает существенное влияние на процесс кипения диэлектрических жидкостей. Это влияние обусловлено действием пондеромоторных сил.

При анализе механизма этого явления представляется целесообразным исходить из уравнения плотности пондеромоторных сил, записанного в том виде, в каком оно дано в работе [4]. Это уравнение, если в нем отбросить первый член в правой части, как составляющую пондеромоторной силы неэлектростатического происхождения, запишется следующим образом:

$$\vec{f} = \frac{1}{8\pi} \Delta \left[E^2 \rho \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial \rho} \right)_T \right] - \frac{1}{8\pi} E^2 \nabla \varepsilon. \quad (1)$$

Можно считать, что вблизи поверхности нагрева среда является однородной. В этом случае градиент диэлектрической проницаемости определится из выражения [4]

$$\nabla \varepsilon = \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial T} \right)_\rho \nabla T + \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial \rho} \right)_T \nabla \rho. \quad (2)$$

Подставляя значение $\nabla \varepsilon$ в уравнение (1), получаем

$$\vec{f} = \frac{1}{8\pi} \nabla \left[E^2 \rho \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial \rho} \right)_T \right] - \frac{1}{8\pi} E^2 \left[\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial T} \right)_\rho \nabla T + \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial \rho} \right)_T \nabla \rho \right]. \quad (3)$$

Напряженность E зависит не только от неоднородности поля, но и от неоднородности температуры и плотности среды.

Так как индукция $D = \varepsilon E$ не зависит от температуры и плотности, то в первый член уравнения (3) вместо E целесообразно ввести D .

Стрикционный коэффициент давления $\rho \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial \rho} \right)_T$ для нейтральных жидкостей по Дебаю [5] имеет вид

$$\rho \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial \rho} \right)_T = \frac{(\varepsilon - 1)(\varepsilon + 2)}{3}, \quad (4)$$

а для полярных жидкостей после упрощения выражения, полученного Цаном [5], определяется равенством

$$\rho \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial \rho} \right)_T \approx \frac{5}{3} \varepsilon. \quad (5)$$



Поскольку для нейтральных жидкостей диэлектрическая проницаемость зависит от плотности среды, но не зависит от температуры, то

$$\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial T} \right)_\rho = 0. \quad (6)$$

Для полярных жидкостей, если пренебречь зависимостью ε от плотности согласно Г. И. Сканава [6],

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial T} = - \frac{\varepsilon}{T}. \quad (7)$$

Рассчитанные по этой формуле значения $\frac{\partial \varepsilon}{\partial T}$ для ацетона и спиртов в $1,5 \div 1,6$ раз меньше их действительного значения [6]. Поэтому вместо уравнения (7) можем написать

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial T} = - 1,5 \frac{\varepsilon}{T}. \quad (8)$$

Входящие в уравнение (3) градиенты температуры и плотности можно представить следующим образом:

$$\nabla T = - \frac{q}{\lambda}, \quad (9)$$

$$\nabla \rho = \frac{\partial \rho}{\partial T} \frac{\partial T}{\partial r} = (-\beta \rho) \cdot \left(- \frac{q}{\lambda} \right) = \rho \beta \frac{q}{\lambda}. \quad (10)$$

Как известно, в процессе развитого пузырьчатого кипения, в пристеночном слое жидкости имеются значительный температурный градиент, а следовательно, и значительные градиенты плотности и диэлектрической проницаемости среды. Считая, что среда помещена между двумя коаксиальными цилиндрами с радиусами r_1 и r_2 , можно написать в случае неоднородного поля

$$E = - \frac{\partial \varphi}{\partial r} = \frac{2 \lambda_s}{\varepsilon r}, \quad (11)$$

где

λ_s — линейная плотность заряда;

r — радиус, отсчитанный от оси внутреннего цилиндра и изменяющийся в пределах $r_1 \leq r \leq r_2$.

Следовательно,

$$\varphi_1 - \varphi_2 = - 2 \lambda_s \left(\int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{\varepsilon r} + \int_{r_2}^{r_1} \frac{dr}{\varepsilon r} \right), \quad (12)$$

где $r_2 - r_1$ — толщина пристеночного слоя.

Поскольку можно считать, что за пределами пристеночного слоя температура жидкости остается постоянной и равной температуре насыщения, то можно принять, что в этой области диэлектрическая проницаемость остается постоянной и равной ε_n . Считая, кроме того, толщину пристеночного слоя очень малой, т. е. принимая, что $r_2 \approx r_1$, получаем

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{2\lambda_s}{\varepsilon_n} \ln \frac{r_2}{r_1}. \quad (13)$$

Следовательно, зависимость (11) можно представить в виде

$$E = \frac{\varepsilon_n}{\varepsilon} \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{r \ln \frac{r_2}{r_1}}. \quad (14)$$

Так как максимальная напряженность для коаксиальных цилиндров

$$E_S = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{r_1 \ln \frac{r_2}{r_1}}, \quad (15)$$

то окончательно

$$E = \frac{\varepsilon_n}{\varepsilon} \frac{E_S r_1}{r}. \quad (16)$$

Поскольку на границе проводник-диэлектрик в однородной среде тангенциальная составляющая напряженности поля равняется нулю, то между коаксиальными цилиндрами силовые линии направлены вдоль радиусов.

В соответствии со сказанным считаем, что в пределах пристеночного слоя зависимость (16) справедлива и для поля между цилиндром и пластиной, расположенной параллельно ее оси, с той разницей, что в этом случае E_S определяется как

$$E_S = \frac{0,9(\varphi_1 - \varphi_2)}{r_1 \ln \frac{r_1 + a}{r_1}}, \quad (17)$$

где a —кратчайшее расстояние от наружной поверхности цилиндра с радиусом r_1 до пластины.

Когда к пластине приложено напряжение u и цилиндр заземлен, в уравнении (17) разность потенциалов ($\varphi_1 - \varphi_2$) заменяется приложенным напряжением u .

На основе уравнения (3), учитывая зависимости (4), (5), (6), (8), (9), (10) и (16), получаем следующие выражения для плотности ponderomotorных сил в нейтральной $\hat{f}_{n,n}$ и полярной $\hat{f}_{n,n}$ жидкостях:

$$\hat{f}_{n,n} = -0,03 \frac{(\bar{\varepsilon} - 1)(\bar{\varepsilon} + 2)}{\bar{\varepsilon}^2} \varepsilon_n^2 E_S^2 \left(\frac{1}{r} + \frac{2}{3} \frac{(\bar{\varepsilon} - 1)}{\bar{\varepsilon}} \beta \frac{q}{\lambda} \right) \left[\frac{\text{н}}{\text{м}^3} \right], \quad (18)$$

$$\hat{f}_{n,n} = -0,15 \frac{\varepsilon_n^2}{\varepsilon} E_S^2 \left(\frac{1}{r} + 1,26 \frac{q}{\lambda T} \right) \left[\frac{\text{н}}{\text{м}^3} \right]. \quad (19)$$

В выражениях (18) и (19) напряженность поля дана в [кв/см], радиус в [м]. Относительная диэлектрическая проницаемость взята по средней температуре пристеночного слоя жидкости $0,5(t_{ст} + t_n)$.

Приняв, что $r_1 = r = \infty$, из выражений (18), (19) можно непосредственно получить формулы для вычисления плотности ponderomotorных сил в случае однородного поля:

$$f_{n,0} = -0,02 \frac{(\bar{\epsilon} - 1)^2 (\bar{\epsilon} + 2)}{\bar{\epsilon}^3} \epsilon_n^2 E_S^2 \beta \frac{q}{\lambda} \left[\frac{H}{M^3} \right], \quad (20)$$

$$f_{n,0} = -0,12 \frac{\epsilon_n^2}{\bar{\epsilon}} \frac{q}{\lambda T} E_S^2 \left[\frac{H}{M^3} \right], \quad (21)$$

При пузырьчатом кипении пондеромоторная сила способствует выталкиванию паровых пузырей из пристеночного слоя жидкости, в связи с чем уменьшается их отрывной диаметр. При переходном и устойчивом пленочном режимах кипения, а также при первом критическом режиме пондеромоторная сила способствует разрушению паровой пленки. Из сказанного следует, что действие пондеромоторной силы по своему характеру аналогично действию силы тяжести. Как известно, тепловой поток в критической области возрастает пропорционально корню четвертой степени из ускорения силы тяжести. В случае воздействия поля обобщение опытных данных приводит к зависимости

$$\frac{q}{q_{кр,1}} = 0,86 \left(\frac{j + \gamma_{ж}}{\gamma_{ж}} \right)^{0,14},$$

где f —плотность пондеромоторной силы; q —тепловая нагрузка при воздействии поля.

Научно-исследовательский институт
стабильных изотопов
Тбилиси

(Поступило 14.5.1968)

შემაჯობით

ა. შორჯოლიანი

დუღილის პროცესში ელექტროსტატიკური ველის ზეგავლენის
მექანიზმის ანალიზი

რეზიუმე

შრომში მიღებულია საანგარიშო ფორმულები (18), (19), (20), (21), რომელთა საშუალებით შეიძლება გამოვიყვალათ დუღილის პროცესში მყოფი ნეიტრალური და პოლარული დიელექტრული სითხეების ხურკების ზედაპირთან შეხებაში მყოფ შრეში მოქმედი პონდერომოტორული ძალები, აღძრული როგორც ერთგვაროვანი, ისე არაერთგვაროვანი ელექტროსტატიკური ველის ზემოქმედებით.

ნახვევებია ანალოგთა მდულარე სითხეზე სიმძიმის ძალებისა და ხსენებული პონდერომოტორული ძალების ზემოქმედებას შორის, განზოგადებულია არსებული ექსპერიმენტული მონაცემი [1, 3] და მიღებულია დამოკიდებულება, რომელიც აკავშირებს კრიტიკული თბური დატვირთვის ფარდობით ზრდას მასური ძალების ფარდობით ზრდასთან.

დასრულებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. Г. Жоржолани, Б. И. Гомелаури. Труды ГПИ, № 7, 1967.
2. E. Bonjour, J. Bochirol... Chemical Engineering Progress, vol. 58, № 7, 1962.
3. M. Sr. Markels, R. L. Durfee. A. J. Ch. E. J., vol. 10, № 1, 1964.
4. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Электродинамика сплошных сред. М., 1959.
5. W. Zahn. Die electrostriktion in dipollüssigkeiten. Zeitschrift für Physik. 1962, 166.
6. Г. И. Сканапи. Физика диэлектриков. М., 1949.



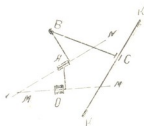
დ. თავხელიძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი).
 ჯ. უფლინაშვილი, ზ. ნაცვლინაშვილი

ერთ-ერთი მოდიფიკაციის სივრცითი ოთხზოგოლა მქანაში
 რგოლების მდებარეობების აგება

სივრცითი მექანიზმების შესწავლისას ერთ-ერთ აქტუალურ საკითხს წარმოადგენს წამყვანი რგოლის ნებისმიერი მდებარეობის შესაბამისი ამყოლი რგოლის მდებარეობის მონახვა. მექანიზმების კინემატიკური კვლევის გრაფიკულმა მეთოდებმა დართო გამოყენება ჰპოვა პრაქტიკაში. ამ მეთოდებიდან რიგითი ინჟინერ-კონსტრუქტორისათვის ყველაზე თვალსაჩინო და ხელმისაწვდომია აგებები მონქის სისტემაში.

ავიღოთ $OABC$ ოთხზოგოლა სივრცითი სახსროვანი მექანიზმი, რომელიც შეიცავს ორ— O და A —ბრუნვით, B —სფერულ და C —ცილინდრულ კინემატიკურ წყვილებს (ნახ. 1).

განვიხილოთ შემთხვევა, როდესაც A კინემატიკური წყვილის $N-N$ ღერძი პარალელურია O კინემატიკური წყვილის $M-M$ ღერძისა. მექანიზმი ორთოგონალურ გვემილებში გამოეხაზოთ ისეთნაირად, რომ OA წამყვანი რგოლის A წერტილის მოძრაობის სიბრტყე პარალელური იყოს თარაზული გვემილთ სიბრტყისა (ე. ი. $M-M$ ღერძი თარაზული სიბრტყის მართობული იქნება), ხოლო C წერტილის მოძრაობის $K-K$ ღერძი პარალელური იყოს შვეული გვემილთ სიბრტყისა (ნახ. 2). მაშინ A წერტილის მოძრაობის ტრაექტორია თარაზულ გვემილთ სიბრტყეზე გამოისახება წრეხაზად, ხოლო შვეულ გვემილთ სიბრტყეში—სწორ ხაზად. $K-K$ ღერძის თარაზული $k-k$ გვემილი OX გვემილთ ღერძის პარალელურად გაივლის, შვეული $k'-k'$ გვემილი კი OX გვემილთ ღერძისადმი დაბრლი იქნება გარკვეული კუთხით.

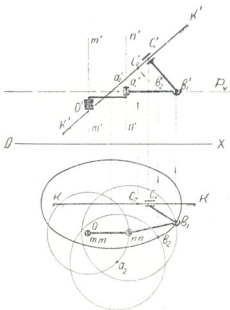


ნახ. 1

როდესაც გარკვეულია რგოლების ორიენტირება გვემილთ სიბრტყეების მიმართ, შეგვიძლია დავადგინოთ A წერტილის ერთ-ერთი (a_1a_1') მდებარეობის შესაბამისი B წერტილის (b_1b_1') მდებარეობა. ამისათვის ჯერ გავარკვეოთ B წერტილის ტრაექტორიის გეომეტრიული ადგილი. B წერტილი მოძრაობს წრეხაზზე, რომლის ცენტრია A და რადიუსი AB . მეორე მხრივ B წერტილის მოძრაობის გეომეტრიული ადგილია ცილინდრი BC რადიუსით და $K-K$ ღერძით, ე. ი. B წერტილის ტრაექტორია მდებარეობს აღნიშნული ცილინდრისა და იმ წრეხაზების

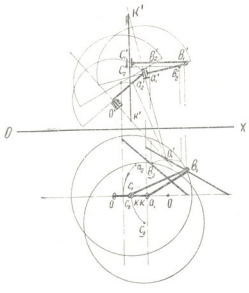


კვეთაზე, რომელთა ცენტრებია A_1, A_2, \dots ეს წრეხაზები იხ თარაზულ გეგმილთ სიბრტყის პარალელურ P_v სიბრტყეში მდებარეობენ ($M-M$ პარალელურია $N-N$). ვიზოვით ამ P_v სიბრტყით იმ ცილინდრის კვეთა, რომელიც B წერტილის მოძრაობის გეომეტრიულ ადგილს წარმოადგენს, შვეულ გეგმილში კვეთის მრუდი P_v კვალზე დევს, თარაზულ გეგმილში კი ელიფსს წარმოადგენს. ამ ელიფსის კვეთა იმ წრეხაზებთან, რომლის ცენტრებია a_1, a_2, a_3, \dots კვაძლევს B წერტილის თარაზულ გეგმილებს b_1, b_2, b_3, \dots ; შვეული გეგმილის მოსაძებნად b_1, b_2, \dots გეგმილებიდან აღე-მართავთ მართობს P_v კვალამდე, მივიღებთ b'_1, b'_2, \dots შვეულ გეგმილებს. თუ b'_1, b'_2, \dots -დან $k'-k'$ ხაზზე დავუშვებთ მართობებს, მივიღებთ C წერტილის შვეულ c'_1, c'_2, c'_3, \dots გეგმილებს. C წერტილის თარაზუ-ლი გეგმილების მისაღებად c'_1, c'_2, \dots -დან თუ დავუშვებთ მართობებს $k-k'$ -ზე, მივიღებთ c_1, c_2, c_3, \dots



ნახ. 2

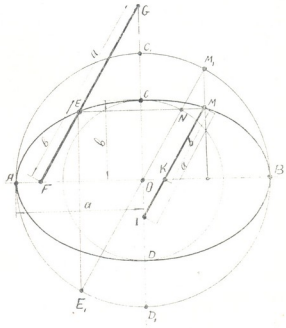
განვიხილოთ შემთხვევა, როცა $N-N$ ღერძი ჰკვეთს $M-M$ ღერძს (ნახ. 3). ამ შემთხვევაში უმჯობესია $M-M$ ღერძი თარაზული სიბრტყის მართობულად დავაყენოთ, ხოლო წამყვანი რგოლის მოძრაობის სიბრტყე შვეულ გეგმილთ სიბრტყის მართობულად. ამოცანა ისეთნაირად გადაწყდება, როგორც პირველ შემთხვევაში ე. ი. წრეხაზებისა (რომლის ცენტრებია A_1, A_2, A_3, \dots) და ცილინდრის (რომლის ღერძია $K-K$ და რადიუსი BC), ურთიერთ კვეთით. ამ შემთხვევაში ამოცანა რამდენადმე რთულდება, რადგან წრეხაზები თარაზულ გეგმილში სხვადასხვა ზომის ელიფსებად გამოისახებიან. ამ ელიფსების აგება და კვეთის წერტილის პოვნა ცილინდრთან, რომლის თარაზული



ნახ. 3

გვემოლი წრეხაზი (CB რადიუსით), საკმაოდ შრომატევადია. გადაწყვეტით ამოცანა ელიფსების აგების გარეშე, რისთვისაც გამოვიყენოთ ელიფსის დამახასიათებელი თვისება, რაც მდგომარეობს მასში, რომ, თუ ავიღებთ FG მონაკვეთს (ნახ. 4), რომლის სიგრძე ელიფსის დიდი და მცირე ნახევარღერძების ჯამის ტოლია, და ბოლოებით გამოძრავებთ ელიფსის ღერძებზე, მაშინ მისი E წერტილი აღწერს ელიფსს.

ელიფსის ეს თვისება გამოვიყენოთ დასმული ამოცანის გადასაწყვეტად. ავიღოთ წამყვანი რგოლის ერთ-ერთი (a_1, a'_1) მდებარეობა (ნახ. 3), რომლისთვისაც B -ს მიერ აღწერილი ტრაექტორია შეველად მაგვემოლებელ სიბრტყეშია მოთავსებული. ამიტომ მისი გვემოლი გამოისახება სწორ ხაზად, თარაზული გვემოლი კი იქნება ელიფსი, რომლის კვეთა წრეხაზთან (რაც ზემოხსენებული ცილინდრის თარაზულ გვემოლს წარმოადგენს) გვაძლევს B_1 წერტილის თარაზულ b_1 გვემოლს. ამ შემთხვევაში a_1 ელიფსის ცენტრია, დიდი ღერძი მოთავსებულია a_1 წერტილში გამავალ OX გვემოლთ ღერძის პარალელურ ხაზზე, ხოლო მცირე ღერძი OX გვემოლთ ღერძის მართობულ ხაზზე. ავიღოთ FG მონაკვეთი, რომლის სიგრძეა ელიფსის დიდი და მცირე ნახევარღერძების ჯამი და მასზე დავნიშნოთ E წერტილი (სადაც $GE = a$ და $EF = b$). თუ ამ მონაკვეთს



ნახ. 3

თავისი ბოლოებით ვასრიალებთ ელიფსის ღერძებზე, მაშინ E წერტილის შესაბამის წრეხაზთან შეთავსებით მივიღებთ B_1 წერტილის თარაზულ b_1 გვემოლს. შეველი გვემოლის საპოვნელად b_1 -დან დავუშვებთ მართობს B_1 წერტილის მიერ შემოწერილ წრეხაზის შეველ გვემოლზე. ეს იქნება შეველი b'_1 გვემოლი. C წერტილის საპოვნელად b'_1 -დან დავუშვათ მართობი ცილინდრის $k-k'$ ღერძზე, მივიღებთ c'_1 -ს, ე. ი. თარაზული გვემოლი მოთავსებული იქნება $k-k$ გვემოლზე, რაც წერტილად გამოისახება. ვიპოვოთ მექანიზმის რგოლების გვემოლები მის ახალ $A_2 B_2 C_2$ მდებარეობაში. წრეხაზი, რომელსაც B_2 შემოსწერს $N-N$ ღერძის ირგვლივ, ამ შემთხვევაში გვემოლდება ელიფსად როგორც შეველ, ისე თარაზულ გვემოლთ სიბრტყეებზე. საჭიროა ეს წრეხაზი დავაყენოთ მაგვემოლებელ სიბრტყეში და შემდეგ ვიმოქმედოთ პირველი მდებარეობის აგების ანალოგიურად.

$a_1 a_2$, ე. ი. $n' - n'$ ღერძი ვაბრუნოთ და გავხადოთ შვეულთ გვეგმილთ სიბრტყის პარალელური. ამისათვის P_1 ცენტრიდან $O_1 a_2$ რადიუსით შემოვხაზოთ რკალი. მივიღებთ ამ ღერძის ახალ მდებარეობას ($o_1 a_2 o_1' a_2'$), ე. ი. იგი გავხადოთ შვეულ გვეგმილთ სიბრტყის პარალელური; სათანადოდ ზემოაღნიშნული წრეხაზი დავმთხვევა მაგვეგმილებელ სიბრტყეს. რა კუთხითაც შემოვაბრუნეთ ღერძი, იმავე კუთხით უნდა შემოვაბრუნოთ ცილინდრი. შემობრუნების შემდეგ ის ისევ წრეხაზია c_2 ცენტრით. ელიფსის იმავე თვისების გამოყენებით b_2 -ს თუ მოვაბრუნებთ საწინააღმდეგო მიმართულებით, მივიღებთ b_2 -ს. ახლა ვიპოვოთ b_2' . ამისათვის ჯერ b_2 -დან დაუშვათ მართობი B_2 მიერ შემოწერილ წრეხაზზე, რაც შვეულ გვეგმილში სწორ ხაზადაა გამოსახული (მაგვეგმილებელ სიბრტყეში). მივიღებთ b_2' -ს; აქედან, თუ გავატარებთ OX ღერძის პარალელურ ხაზს b_2 -დან აღმართული მართობის შეხვედრამდე, მივიღებთ b_2' -ს.

ასე ვიქცევით ყველა დანარჩენი მდებარეობისადმი და ვღებულობთ B -ს მოძრაობის ტრაექტორიას.

ამგვარად, ზემოთ მოყვანილი სივრცითი ოთხრგოლა მექანიზმის კინეტიკური კვლევა აღწერილი მეთოდით, გამოირჩევა აგების სიმარტივით, თვალსაჩინოებითა და პრაქტიკისათვის საკმაო სიზუსტით.

ე. ლენინის სახელობის
 საგარეო ელვის პალიტექნიკური
 ინსტიტუტი

(შემოვიღა 17.7.1968)

МАШИНОВЕДЕНИЕ

Д. С. ТАВХЕЛИДЗЕ (член-корреспондент АН ГССР), Д. М. УПЛИСАШВИЛИ,
 З. С. НАЦВЛИШВИЛИ

ПОСТРОЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЗВЕНЬЕВ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЧЕТЫРЕХЗВЕННОГО МЕХАНИЗМА

Резюме

В статье определено положение звеньев четырехзвенного пространственного механизма с двумя O и A вращательными, B сферической и C цилиндрической, кинематическими парами.

Механизм представлен в двух плоскостях проекции, для нескольких положений точки A кривошипа построены соответствующие положения точки B , т. е. найдены положения ведомого звена.



УДК 621.83

МАШИНОВЕДЕНИЕ

И. И. БАКРАДЗЕ, Э. В. КУЦЕР

МЕТОДИКА ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА МЕТАЛЛО-ПОЛИМЕРНЫХ
 ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

(Представлено академиком В. В. Махалдiani 3.6.1968)

Внедрение в машиностроение деталей из полимерных материалов требует создания методов расчета, отличных от таковых для металлических деталей и учитывающих специфические свойства этих материалов. Опыты показали, что одним из важнейших факторов, определяющих эксплуатационные характеристики полимерных и металло-полимерных зубчатых передач, является температура зуба.

Настоящая работа ставит своей целью изучение температурных режимов работы пластмассовых зубчатых колес.

Для решения поставленной задачи зуб колеса рассматривается как самостоятельное тело, теплоизолированное от обода колеса. Во всем объеме зуба действуют внутренние источники тепла от циклического контактного сжатия и изгиба, а на рабочей поверхности имеется наружный источник тепла от трения контактирующих тел. Используя принципы, принятые в работе [1], температуру зуба находим в виде

$$\vartheta - \vartheta_c = \vartheta_1 + \vartheta_2 + \vartheta_3, \quad (1)$$

где ϑ_1 ; ϑ_2 ; ϑ_3 — температуры в данной точке зуба, возникающие соответственно от циклического изгиба, циклического контактного сжатия и трения; ϑ_c — температура окружающей среды;

Каждое слагаемое правой части (1) определяем решением уравнения теплопроводности при соответствующих граничных условиях. Представляя зуб в виде прямоугольника $ABCD$, построенного на его основании, температурную задачу для зуба сводим к задаче о нагревании ограниченной пластины толщиной $2a$ и длиной l (рис. 1). Для установившегося режима уравнение теплопроводности имеет вид

$$\frac{\partial^2 \vartheta(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vartheta(x, y)}{\partial y^2} + \frac{1}{\lambda} f(x, y) = 0, \quad (2)$$

где $f(x, y)$ — интенсивность внутреннего источника тепла; λ — коэффициент теплопроводности.

Нагрузка, приложенная к зубу, вызывает одновременное контактное сжатие, изгиб и осевое сжатие зуба. Используя известную методику [2], переносим точку приложения силы P_p вдоль линии ее действия на ось симметрии зуба. Раскладываем P_p на составляющие и определяем напряжения в любой точке зуба, возникающие от действия этих сил.

$$\sigma_{\text{из}} = \frac{M_{\text{из}}}{W} = 1,5 \frac{P_p \cos \gamma}{a^3} (l - y) x,$$

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{P_{\text{сж}}}{S} = \frac{P_p \sin \gamma}{2a},$$

где P_p —расчетная нагрузка, приходящаяся на единицу длины зуба. P_p определяется с учетом распределения нагрузки между парами зубьев одновременно находящихся в зацеплении.

Складывая эти напряжения, получаем

$$\sigma_0 = \sigma_{\text{из}} \pm \sigma_{\text{сж}} = 1,5 \frac{P_p \cos \gamma}{a^3} [(l - y) x \pm A], \quad (3)$$

где знак плюс берется для сжатых волокон; знак минус—для растянутых,

$$A = \frac{a^2 \operatorname{tg} \gamma}{3}.$$

Согласно работе [1], интенсивность источника тепла от циклического контактного сжатия определится по формуле

$$f_2(x, y) = W_h = W_{h_0} [\rho_0(y)]^2 \exp [k(x - a)], \quad (4)$$

а от циклического изгиба с учетом (3) — по формуле

$$f_1(x, y) = W_{\text{из}} = \frac{\omega}{2} \cdot \frac{\sin \varphi}{Eg} \sigma_0^2 = W_{\text{из} \cdot 0} [(l - y) x - A]^2, \quad (5)$$

где

$$W_{h_0} = d_0 \frac{\omega}{2} \cdot \frac{\sin \varphi}{Eg} J; \quad W_{\text{из} \cdot 0} = \frac{\omega}{2} \cdot \frac{\sin \varphi}{Eg} \left(1,5 \frac{P_p \cos \gamma}{a^3} \right)^2 J; \quad k = \frac{k_0}{b};$$

ω —угловая скорость; φ —угол сдвига фаз между напряжениями и деформацией; Eg —динамический модуль упругости; $\rho_0(y)$ —максимальное контактное давление на площадке контакта, зависящее от положения точки контакта, т. е. от координаты y ; b —полуширина площадки контакта; d_0, k_0 —постоянные; J —термический эквивалент работы.

Граничные условия ставим исходя из следующих соображений:

1. На поверхностях AB , BC и CD имеем теплообмен с окружающей средой, т. е.

$$\text{при } x = a \quad \lambda \frac{\partial \vartheta(x, y)}{\partial x} + \sigma_1(x, y) \vartheta(x, y) = 0,$$

$$\text{при } x = -a \quad \lambda \frac{\partial \vartheta(x, y)}{\partial x} - \sigma_2(x, y) \vartheta(x, y) = 0,$$

$$\text{при } y = l \quad \lambda \frac{\partial \vartheta(x, y)}{\partial y} + \sigma_3(x, y) \vartheta(x, y) = 0,$$

где $\sigma_1(x, y)$; $\sigma_2(x, y)$; $\sigma_3(x, y)$ —коэффициент теплоотдачи.

2. Ввиду малой теплопроводности пластмасс, в обод зубчатого колеса распространяется незначительное количество тепла и им можно пренебречь. Тогда на границе AD теплового потока не будет:

при $y = 0$

$$\frac{\partial \vartheta(x, y)}{\partial y} = 0.$$

Решения уравнения (2) для $f_1(x, y)$ и $f_2(x, y)$ нами найдены методом конечных разностей и для конкретных условий вычислены на электро-вычислительной машине БЭСМ-2. Вычисления показали, что зона максимальной температуры находится у основания зуба. Поэтому для определения наибольшей температуры задачу несколько упрощаем следующими допущениями:

1. Ввиду малой теплопроводности пластмасс, тепловым потоком вдоль оси зуба можно пренебречь.

2. Теплоотдачу с поверхностей зуба считаем одинаковой, не зависящей от координат и равной σ .

Приемлемость этого допущения проверялась экспериментально на механическом пульсаторе. В зубе шестерни из капролона B были установлены 12 медь-константановых термопар (места расположения термопар указаны цифрами на рис. 1). Нагрузка прикладывалась поочередно к вершине зуба (1), полюсу (II) и ножке (III). Данные, приведенные в табл. 1, показывают, что температура на боковых поверхностях зуба почти симметрична относительно оси, поэтому и коэффициенты теплоотдачи можно считать в первом приближении постоянными.

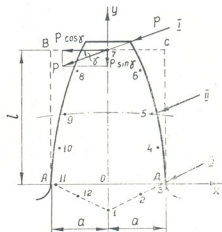


Рис. 1

Таблица 1

Точка приложения нагрузки	Температура в точках, °C											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Вершина	27,0	27,0	28,2	32,5	32,8	31,0	30,2	31,5	33,3	33,0	30,9	28,6
Полюс	27,4	27,4	27,7	30,0	29,0	27,5	25,7	26,7	27,8	29,5	28,7	27,6
Ножка	24,2	24,8	26,5	25,0	24,2	23,9	23,7	23,8	24,1	24,7	24,7	24,3

Исходя из сказанного уравнение (2) запишется следующим образом:

$$\frac{d^2 \vartheta}{dx^2} + \frac{1}{\lambda} f(x) = 0. \quad (6)$$

Так как величина A очень мала, тепловой источник от изгиба можно считать симметричным относительно оси зуба и граничные условия для него примут вид

$$\text{при } x = a \quad \lambda \frac{d\vartheta}{dx} + \sigma\vartheta = 0,$$

$$\text{при } x = 0 \quad \frac{d\vartheta}{dx} = 0.$$



Для контактного сжатия

$$\text{при } x = a \quad \lambda \frac{d\vartheta}{dx} + \sigma\vartheta = 0,$$

$$\text{при } x = -a \quad \lambda \frac{d\vartheta}{dx} - \sigma\vartheta = 0.$$

Интенсивность источника тепла будет

$$f_1(x) = W'_{из} = W'_{из,0} \cdot (x - A)^2,$$

$$f_2(x) = W'_k = W'_{k,0} \exp[k(x - a)],$$

где

$$A = \frac{a^2 \operatorname{tg} \gamma}{3l}; \quad W'_{k,0} = d_0 \frac{\omega}{2} \cdot \frac{\sin \varphi}{Eg} p_0^2 J; \quad W'_{из,0} = \frac{\omega}{2} \cdot \frac{\sin \varphi}{Eg} \left(1,5 \frac{P_p l \cos \gamma}{a^3} \right)^2 J.$$

Решая уравнение (6) для обоих источников тепла, получаем соответственно температуру в основании зуба от изгиба и контактного сжатия

$$\vartheta_1 = \frac{W'_{из,0}}{\lambda} \left[\frac{a^3 \lambda}{3\sigma} + \frac{a^4}{12} - \frac{x^4}{12} - A \left(\frac{a^2 \lambda}{\sigma} + \frac{a^3}{3} - \frac{x^3}{3} \right) + A^2 \left(\frac{a \lambda}{\sigma} + \frac{a^2}{2} - \frac{x^2}{2} \right) \right], \quad (7)$$

$$\vartheta_2 = \frac{W'_{k,0}}{2 \lambda k^2} \left\{ e^{-2ak} + 1 - \frac{k \lambda}{\sigma} (e^{-2ak} - 1) + \frac{\lambda k x}{\lambda + \sigma a} \times \right. \\ \left. \times \left[e^{-2ak} + 1 - \frac{\sigma}{\lambda k} (e^{-2ak} - 1) \right] - 2 e^{k(x-a)} \right\}. \quad (8)$$

Температура от трения на рабочей поверхности равна

$$\vartheta_3 = \frac{\alpha q}{\lambda} \left(\frac{\lambda}{\sigma} + a + x \right), \quad (9)$$

где α —коэффициент распределения тепловых потоков между контактирующими телами; q —тепловой поток на рабочей поверхности зуба

$$q = \frac{f P_p V_{ch} B}{S Z^2} J;$$

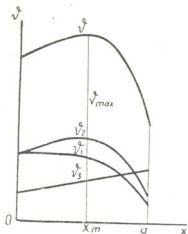


Рис. 2

f —коэффициент трения; V_{ch} —относительная скорость скольжения профилей; B —длина зуба; S —площадь рабочей поверхностей зуба; Z —число зубьев.

На рис. 2 приведены графики зависимостей (7), (8), (9) и их сумма (кривая ϑ) для правой половины зуба.

Вместо вычисления максимальной температуры ϑ_{max} по температурным полям, определяемым по формулам (7), (8) и (9), с достаточной для практики точностью ϑ_{max} ее можно найти по предлагаемой полуэмпирической формуле

$$\vartheta_{\max} = 0,39 \cdot 10^{-2} \frac{\omega P_p^2 \cdot \sin \varphi}{\lambda \cdot Eg} \left[1 + \frac{k\lambda}{\sigma} + \frac{0,2\lambda}{\lambda + \sigma a} \left(k + \frac{\sigma}{\lambda} \right) \right] + \vartheta_c, \quad (10)$$

где $[\vartheta] = [\vartheta_c] = \text{град}$, $[P_p] = \text{кг/см}$, $[Eg] = \text{кг/см}^2$, $[\omega] = 1/\text{сек}$, $[a] = \text{см}$, $[k] = 1/\text{см}$, $[\lambda] = \text{кал/см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}$, $[\sigma] = \text{кал/см}^2 \cdot \text{сек} \cdot \text{град}$.

В табл. 2 приведены результаты вычислений, произведенных по формулам (1) и (10), и данные экспериментальных исследований, проведенных авторами в лаборатории прочности зубчатых передач при Ленинградском механическом институте. Испытывались зубчатые колеса из капrolана В—Ст. 45 (с параметрами $z_1 = z_2 = 26$; $m = 5 \text{ мм}$; $B = 30 \text{ мм}$; $\alpha_0 = 20^\circ$; $f_0 = 1$; $\xi_h = \xi_{sh} = 0$) на стенде с замкнутым силовым потоком. Смазка производилась окунанием и поливанием маслом—веретенное 3. Число оборотов колес составляло 1920 об/мин.

Таблица 2

№№ п/п	Погонная нагрузка кг/см	Приращение температуры $\vartheta - \vartheta_c$, °C					Примечание
		по формуле (1)			по ф. (10) эксперим.		
		$x=0$	<i>max.</i>	$x=a$	<i>max.</i>	$x=a$	
1	30,25	7,53	9,12	6,61	9,16	8,0	Смазка поливанием
2	36,30	10,25	12,04	9,90	12,80	11,0	
3	42,40	13,47	16,49	12,96	16,60	15,0	
4	54,50	29,02	34,33	27,09	36,10	27,0	
5	66,60	47,88	55,50	47,05	65,00	49,0	
1	30,25	17,63	20,40	14,18	20,80	18,0	Смазка окунанием
2	42,40	37,70	42,60	31,53	42,50	34,0	
3	54,50	106,15	115,90	95,10	112,20	72,0	

Из рис. 2 и табл. 2 видно, что зона максимальной температуры находится между осью зуба и рабочей поверхностью, а не на последней, как считалось ранее [3, 4]. Этот вывод подтверждается экспериментами.

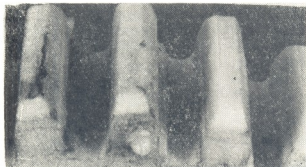


Рис. 3

На рис. 3 показаны зубья вышеуказанных зубчатых колес, которые вышли из строя в результате теплового разрушения (передаваемая нагрузка 66,6 кг/см, смазка окунанием). На рисунке отчетливо видна расположенная на ножке зона, в которой произошло расплавление материала с последующим выдавливанием расплавленной массы через торцы зуба.

Выводы

1. Получены аналитические зависимости для определения температуры в основании зуба пластмассовых зубчатых колес.
2. Допускаемые напряжения и зазоры в металло-полимерной зубчатой передаче необходимо определять с учетом максимальной температуры зуба, которая возникает у его основания между осью и рабочей поверхностью.
3. На величину установившейся температуры зуба большое влияние оказывают условия теплообмена зубчатых колес с окружающей средой. Так, теплонпряженность полимерных зубчатых колес снижается в 2,5÷3,0 раза при замене смазки окунанием смазкой интенсивным поливанием тем же маслом.
4. Предлагаемая методика позволяет с достаточной для практики точностью производить тепловой расчет металло-полимерных зубчатых передач.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт механики машин и
 полимерных материалов
 Тбилиси

(Поступило 4.6.1968)

მანქანათმშენებლობა

ი. ბაკრაძე, ე. კუცერი

ლითონ-პოლიმერული კბილაბადაცემების თბური ბაზნბარეშების
 მეთოდები

რ ე ზ ი ე მ ე

პლასტმასური კბილაბელების კბილის ტემპერატურა, გარემო პირობებთან სითბოს ურთიერთ გაცვლის შემთხვევაში, განისაზღვრება შინაგანი და გარეგანი სითბოს წყაროების გათვალისწინებით.

თეორიული კვლევის შედეგად დადგენილია, რომ მაქსიმალური გახურების ზონა მდებარეობს კბილის შიგნით ძირთან, რაც ეთანხმება ცდებზე მონაცემებს.

დასოფილი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. И. Бакрадзе, Э. В. Куцер. К вопросу о тепловом расчете металло-полимерных узлов трения. Сообщения АН ГССР, L, № 3, 1968, 701.
2. В. Н. Кудрявцев. Зубчатые передачи. М.—Л., 1967.
3. В. А. Белый, А. И. Свириденко, С. В. Щербakov. Зубчатые передачи из пластмасс. Минск, 1965.
4. H. Nachmann, E. Striele. Polyamide als Zahnradwerkstoffe. Konstruktion, 18, № 3, 1966.



УДК 62—561

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Л. С. ХАРАТИШВИЛИ, Д. Л. БЕРИДЗЕ, Н. Г. ХАРАТИШВИЛИ

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОСОБЫХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ
ИССЛЕДОВАНИЯ ЧАСТОТНОГО СПЕКТРА НЕЛИНЕЙНЫХ
РЕАКТИВНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. Г. Абелишвили 12.5.1968)

В различных радиоэлектронных устройствах в качестве нелинейных реактивных элементов широко используются ферромагнитные и сегнетоэлектрические материалы различных марок и типов. При разработке аппаратуры испытания вышеуказанных материалов, с целью уменьшения частотных и фазовых искажений, вносимых различными узлами измерительной аппаратуры, необходимо знание частотного спектра выходных сигналов сегнетоэлектрических конденсаторов (варикондов) и измерительных обмоток тороидальных ферромагнитных сердечников при их соответственно переполяризации и перемагничивании.

Обычно, при исследовании частотных спектров выходных сигналов, для аппроксимации последних, используются степенные и экспоненциальные функции [1, 2]. Однако в этом случае не учитывается влияние на спектральный состав закругленной формы вершин реального сигнала, а также пологих участков у ее основания.

В данной работе для аппроксимации выходных сигналов использованы предложенные в работе [3] функции, в частности, функция $Cik\varphi$, форма которой весьма близка к форме э. д. с. измерительной обмотки ферромагнитных сердечников и выходных сигналов варикондов при синусоидальном внешнем воздействии.

Поскольку в данном случае ряд Фурье содержит только нечетные гармоники, то для амплитуд гармонических составляющих будем иметь

$$a_{2n+1} = \frac{4}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} Cik\varphi \cos(2n+1)\varphi d\varphi.$$

Учитывая, что

$$Cik^k\varphi = C\Phi ik\varphi$$

и

$$\frac{dSuk\varphi}{d\varphi} = \sqrt{\frac{k+1}{2k}} N(k) Cik\varphi,$$

$$\frac{dCik^k\varphi}{d\varphi} = -\sqrt{\frac{2k}{k+1}} N(k) Suk\varphi,$$

где k —коэффициент нелинейности, получаем, что

$$a_{2n+1} = \frac{4}{\pi} \left\{ \frac{(2n+1)^2}{[N(k)]^2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} Cfik\varphi \cos(2n+1)\varphi d\varphi \right\}. \quad (1)$$

Таким образом, задача сводится к определению коэффициентов разложения в ряд Фурье функции $\eta(\varphi) = Sfik\varphi$. Представим $\eta(\varphi)$ в виде степенного ряда. Причем, согласно работе [3], в окрестностях точки $\varphi = 0$ будем иметь разложение в виде

$$\eta(\varphi) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{Q_{2m,m}}{(2m)!} \varphi^{2m}, \quad (2)$$

а в окрестностях $\varphi = \frac{\pi}{2}$

$$\eta(\varphi) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{Q_{m\left(\frac{1}{k}+1\right)+1,m}}{\left[m\left(\frac{1}{k}+1\right)+1\right]!} \left(\frac{2[N(k)]^2 k}{k+1}\right)^{\frac{m\left(\frac{1}{k}+1\right)+1}{2}} \times$$

$$\times \left(\varphi - \frac{\pi}{2}\right)^{\left[m\left(\frac{1}{k}+1\right)+1\right]}. \quad (3)$$

Входящие в уравнения (2) и (3) величины $Q_{2m,m}$; $Q_{m\left(\frac{1}{k}+1\right)+1,m}$ и $N(k)$ вычисляются по приведенным в работе [3] выражениям для соответствующих значений k . Окончательно, для вычисления амплитуд гармонических составляющих частотного спектра функции $Cik\varphi$ будем иметь

$$a_{2n+1} = \frac{4(2n+1)^2}{\pi [N(k)]^2} \left\{ \sum_{m=0}^{\infty} \frac{Q_{2m,m}}{(2m)!} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \varphi^{2m} \cos(2n+1)\varphi d\varphi + \right.$$

$$\begin{aligned}
 & + \sum_{m=0}^{\infty} \frac{Q \left(\frac{1}{k}+1\right)+1, m}{\left[m \left(\frac{1}{k}+1\right)+1\right]!} \left(\frac{2[N(k)]^2 k}{k+1}\right)^{\frac{m \left(\frac{1}{k}+1\right)+1}{2}} \times \\
 & \times \int_{\alpha}^{\frac{\pi}{2}} \left(\varphi - \frac{\pi}{2}\right)^{\left[m \left(\frac{1}{k}+1\right)+1\right]} \cos(2n+1)\varphi d\varphi \}. \quad (4)
 \end{aligned}$$

Значение угла $\varphi = \alpha$ определяется путем приравнивания правых частей выражений (2) и (3) при заданном k . Вычисление выражения (4) было проведено на ЭВМ „Арагац“ в Вычислительном центре АН ГССР. По результатам вычислений на рис. 1 построены частотные спектры функции $Cik\varphi$, для различных значений коэффициента нелинейности k .

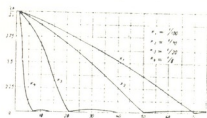


Рис. 1

Для установления связи между коэффициентом нелинейности функции $Cik\varphi$ и коэффициентом формы k_{ϕ} выходных сигналов ферромагнитных сердечников и варикондов, определим действующее и среднее значения $Cik\varphi$.

Так как

$$(Cik\varphi)_A = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} Cik^2\varphi d\varphi} = \sqrt{\frac{2k}{3k+1}},$$

а

$$(Cik\varphi)_{cp} = \frac{2}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} Cik\varphi d\varphi = \frac{2}{\pi N(k)} \sqrt{\frac{2k}{k+1}},$$

то для искомой связи будем иметь

$$k_{\phi} = \frac{(Cik\varphi)_A}{(Cik\varphi)_{cp}} = \frac{\pi}{2} N(k) \sqrt{\frac{k+1}{3k+1}}. \quad (5)$$

В нижеследующей таблице приведены значения k_{ϕ} , рассчитанные по выражению (5) для различных значений k . Там же приведены значения $N(k)$.



Таблица 1

$\frac{1}{k}$	1	2	3	5	10	15	20	40	100
k_{ϕ}	1,11	1,31	1,44	1,85	2,5	2,9	3,27	4,7	7,0
$N(k)$	1,0	1,09	1,18	1,34	1,67	1,95	2,2	2,98	4,5

Таким образом, при известном значении k_{ϕ} по табл. 1 можно найти соответствующее значение k и далее по рис. 1 определить частотный спектр выходного сигнала.

Вполне естественно, представляет интерес связать активную ширину спектра выходных сигналов с параметрами материала и величиной внешнего воздействия. Попытаемся установить эту связь для случая ферромагнитных материалов с ППГ. Для этого заменим функцию $Sik\varphi$ треугольной функцией $f(\psi)$, причем, при аппроксимации будем исходить из равенства амплитуд и площадей, ограниченных этими функциями.

Итак,

$$f(\psi) = \begin{cases} \frac{\psi}{\beta}, & 0 \leq \psi \leq \beta, \\ 2 - \frac{\psi}{\beta}, & \beta \leq \psi \leq 2\beta. \end{cases} \quad (6)$$

Для определения k_{ϕ} треугольной функции учтем, что ее действующее и среднее значения соответственно равны

$$f(\psi)_{\Sigma} = 0,46 \sqrt{\beta}, \quad \text{а} \quad f(\psi)_{\text{ср}} = \frac{\beta}{\pi};$$

тогда

$$k_{\phi} = \frac{1,45}{\sqrt{\beta}}. \quad (7)$$

В табл. 2 приведены значения k_{ϕ} , рассчитанные по выражению (7) для различных значений β .

Таблица 2

β°	1	3	5	7	9	10	20	30	90
k_{ϕ}	11	6,4	4,9	4,15	3,68	3,48	2,45	2,0	1,16

Как видим, значения k_{ϕ} для треугольной функции и $Sik\varphi$ при $k=1$ отличаются друг от друга на 4,5%, что, по-видимому, и будет определять погрешность вышеприведенной аппроксимации.

С другой стороны, длительность выходных сигналов по основанию 2β связана с параметрами ферромагнитного сердечника и амплитудой напряженности приложенного поля следующим равенством из работы [2]:

$$2\beta = \frac{H_c}{H_m} \frac{2(D-d)}{(D+d) \cos \left(\arcsin \frac{H_c}{H_m} \right)},$$

где D и d —внешний и внутренний диаметры сердечника; H_c —коэрцитивная сила; H_m —амплитуда напряженности приложенного поля.

На рис. 2 построена зависимость $\beta = F \left(\frac{H_c}{H_m} \right)$ для различных значений параметра $p = \frac{D}{d}$.

На основе вышеизложенного можно предложить следующий порядок определения активной ширины спектра выходных сигналов измерительных обмоток тороидальных ферромагнитных сердечников. По рис. 2 при заданных значениях величины p и отношении

$\frac{H_c}{H_m}$ определяется угол β . Далее по табл. 2 находится соответствующее значение k_Φ , а по табл. 1—соответствующая ему величина коэффициента нелинейности k . Наконец, по рис. 1 по известной величине k определяется активная ширина спектра выходных сигналов. Уровень учитываемых гармоник устанавливается в соответствии с требуемой точностью воспроизведения формы исследуемых сигналов.

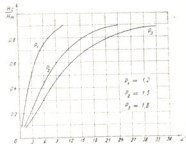


Рис. 2

В заключении авторы выражают благодарность ведущему инженеру Вычислительного центра АН ГССР А. Э. Катамадзе за помощь при проведении расчетов на ЭВМ.

Грузинский политехнический институт
им. В. И. Ленина
Тбилиси

(Поступило 14.5.1968)

ელექტროტექნიკა

ლ. ხარაბიშვილი, ჯ. ბარსო. ნ. ხარაბიშვილი

ერთი კლასის ფუნქციების გამოყენება არახაზური რეაქტიული
წინალოგების სინთირული სპექტრის განსაზღვრისათვის

რ ე ზ ი უ მ ე

წერილში სეგნეტოელექტრული კონდენსატორებისა და ტორიდალურ
ფერომაგნიტური გულანების გამოსავალი სიგნალების სინთირული სპექტრის

გამოთვლისათვის გამოყენებულია სპეციალური ფუნქცია $Cik \varphi$. დადგენილია კავშირი სპექტრის აქტიურ სიგანესა და არაბაზური წინაღობის პარამეტრებსა და გარეშე ველებს შორის. მოყვანილია სიხშირული სპექტრის გამოთვლის მეთოდოლოგია სწორკუთხა ჰისტერეზისის მარყუქის მქონე ფერომაგნიტური გულანებისათვის.

დამოწმებული წიგნბატონა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. П. Горячев. Труды НИИТС, вып. 15, 1965.
2. Д. Л. Бериძე, Л. С. Хარატიშვილი, Н. Г. Хარატიшвили. Сообщения АН ГССР, XLIX, № 1, 1968.
3. И. Т. Турбович. Метод близких систем. Физматгиз, 1961.

Э. Г. ДЖИМШЕЛЕИШВИЛИ

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НЕКОТОРЫМИ ДВУХМЕРНЫМИ
 ТЕПЛОВЫМИ ОБЪЕКТАМИ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ
 ПАРАМЕТРАМИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. В. Габашвили 10.5.1968)

Широкий класс объектов с распределенными параметрами может быть описан в каждый момент времени t , $0 \leq t \leq T$ функцией распределения $Q(x, y, t)$. Под действием управляющего воздействия $u(t)$, на которое наложены дополнительные условия $A_1 \leq u(t) \leq A_2$, состояние управляемой системы меняется по закону

$$Q(x, y, t) = \int_0^t k(x, y, t, \tau) u(\tau) d\tau, \quad 0 \leq x \leq S_1, \quad 0 \leq y \leq S_2. \quad (1)$$

В данной работе рассматривается подкласс таких объектов, функция распределения которых может быть представлена следующим образом:

$$Q(x, y, t) = \int_0^t k_1(x, t, \tau) u(\tau) d\tau + \int_0^t k_2(y, t, \tau) u(\tau) d\tau, \quad (2)$$

либо

$$Q(x, y, t) = \int_0^t k_1(x, t, \tau) u(\tau) d\tau + \int_0^t k_2(y, t, \tau) v(\tau) d\tau. \quad (3)$$

Пример таких объектов рассмотрен ниже. Пусть функция $Q(x, y, t)$ описывает распределение температуры в массивном теле в зависимости от пространственных координат x, y и времени t , а уравнения нагрева имеют вид

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 Q}{\partial y^2} \right), \quad (4)$$

$$Q(x, y, 0) = Q_0 = \text{const},$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0, \quad \frac{\partial Q}{\partial y} \Big|_{y=0} = 0, \quad (5)$$

$$\lambda \frac{\partial Q}{\partial x} \Big|_{x=S_1} = u(t), \quad \lambda \frac{\partial Q}{\partial y} \Big|_{y=S_2} = v(t).$$



$u(t)$, в данном случае тепловой поток, направленный в толщу тела, является управляющим воздействием на объект;

$v(t)$ в зависимости от конкретной задачи равно $u(t)$, либо является определенной функцией времени. В этом случае решение уравнения (4) можно представить в виде

$$Q(x, y, t) - Q_0 = Q_1(x, t) - Q_0 + Q_2(y, t) - Q_0 \quad (6)$$

или, выбирая систему координат таким образом, чтобы $Q_0 = 0$,

$$Q(x, y, t) = Q_1(x, t) + Q_2(y, t), \quad (7)$$

где

$$Q_1(x, t) = \int_0^t k_1(x, t, \tau) u(\tau) d\tau, \quad Q_2(y, t) = \int_0^t k_2(y, t, \tau) v(\tau) d\tau. \quad (8)$$

Здесь $Q_1(x, t)$ является решением следующих одномерных уравнений:

$$\frac{\partial Q_1}{\partial t} = a \frac{\partial^2 Q_1}{\partial x^2}, \quad (9) \quad \frac{\partial Q_1}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0, \quad (10)$$

$$\lambda \frac{\partial Q_1}{\partial x} \Big|_{x=S_1} = u(t), \quad (11) \quad Q_1(x, 0) = Q_0 = 0, \quad (12)$$

и соответственно $Q_2(y, t)$

$$\frac{\partial Q_2}{\partial t} = a \frac{\partial^2 Q_2}{\partial y^2}, \quad (13) \quad \frac{\partial Q_2}{\partial y} \Big|_{y=0} = 0, \quad (14)$$

$$\lambda \frac{\partial Q_2}{\partial y} \Big|_{y=S_2} = v(t), \quad (15) \quad Q_2(y, 0) = Q_0 = 0. \quad (16)$$

Подставляя (6) в уравнения (4)–(5) и учитывая (9)–(16), легко видеть, что правая часть уравнения (6) удовлетворяет исходной системе (4)–(5).

На практике $v(t)$ обычно представляет собой отрицательную величину, т. е. потери тепла в процессе нагрева; причем $v(t) = 0$ до тех пор, пока не начнет изменяться $Q(x, y, t)$, т. е. если на отрезке времени $t, 0 - t_1$, $u(t) = 0$, то и $v(t) = 0$.

Рассмотрим следующие задачи оптимального управления.

1. Задано уравнение теплопроводности (4) с граничными условиями (5). $v(t)$ удовлетворяет условию, рассмотренному выше, уравнение $u(t)$ подчиняется ограничению $A_1 \leq u(t) \leq A_2$. Требуется найти $u(t)$, которое обеспечивало бы за минимальное время T_0 выполнение равенства

$$Q(x, y, T_0)|_{y=0} = Q(x, 0, T_0) = Q^* = \text{const}, \quad (17)$$

где

Q^* —заданное распределение.

Отметим, что для рассматриваемых объектов невозможно добиться равномерного распределения по всей области $D(x, y)$. Действительно, функция $Q(x, y, t)$ определяется из уравнения (4)–(5) или, что то же самое, из интегрального уравнения

$$Q(x, y, t) = \int_0^t k_1(x, t, \tau) u(\tau) d\tau + \int_0^t k_2(y, t, \tau) v(\tau) d\tau, \quad (18)$$

где второй интеграл в правой части не зависит от управления, т. е. коэффициент $\frac{\partial Q(x, y, t)}{\partial y}$ не зависит от $u(t)$. Для простоты последующих рассуждений будем считать $v(t) = v_0$ постоянной величиной. Тогда интегральное уравнение (18) примет вид

$$Q(x, y, t) = \int_0^t k_1(x, t, \tau) u(\tau) d\tau + Q_2(y, t, v_0). \quad (19)$$

2. Задано уравнение теплопроводности (4) с граничными условиями (5). Для заданного времени T требуется найти управление $u(t)$ $0 \leq t \leq T$, удовлетворяющее ограничению $A_1 \leq u(t) \leq A_2$ и минимизирующее функционал

$$J = \iint_D |Q^*(x, y) - Q(x, y, T)|^2 dx dy. \quad (20)$$

Для нашего случая данный функционал можно представить в виде

$$J = \iint_D |Q^*(x, y) - Q_1(x, T) - Q_2(y, T)|^2 dx dy, \quad (21)$$

где $Q^*(x, y) = Q^*(y) = Q^*(x) = \text{const.}$ (22)

Рассмотрим задачу 1—задачу быстрогодействия. Как уже отмечалось, получить равномерное распределение по всей области $D(x, y)$ невозможно. Поэтому фиксируя y , например $y = 0$, ставим задачу получить равномерное распределение по данному сечению области D ; Из выражения (19) запишем

$$Q(y, 0, t) = \int_0^t k_1(x, t, \tau) u(\tau) d\tau + Q_2(0, t, v_0). \quad (23)$$

Предположим, что $u(t)$ оптимально, т. е. за минимально возможное время T_0 достигнуто равенство

$$Q(x, 0, T_0) = Q^*(x, 0) = \int_0^{T_0} k_1(x, T_0, \tau) u(\tau) d\tau + Q_2(0, T_0, v_0) = \text{const.} \quad (24)$$

Тогда можно утверждать следующее. Если $u(t)$ оптимально в рассматриваемом смысле, то оно одновременно минимизирует неравномерность функции распределения $Q(x, y)$ в направлении y .

Действительно, величина $v(t)$ представляет собой тепловой поток (тепловые потери), а функция $Q_2(y, t, v_0)$ является решением задачи (13)—(16):

$$Q_2(y, t, v_0) = \frac{v_0 a}{\lambda S_2} t + \frac{v_0 \cdot 2a}{\lambda S_2} \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k \frac{1 - \exp\left(-\frac{\pi^2 k^2 a t}{S_2^2}\right)}{\frac{a \pi^2 k^2}{S_2^2}} \cos \frac{\pi k}{S_2} y, \quad (25)$$

где a, λ —постоянные, характеризующие данный тепловой объект.



Зафиксируем какие-либо два значения y , например $y=0$ и $y=S_2$. Тогда можно записать

$$Q(x, 0, t) - Q(x, S_2, t) = \frac{v_0 \cdot 2a}{\lambda S_2} \left[\sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k \frac{1 - \exp(-ht)}{h} - \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k \frac{1 - \exp(-ht)}{h} \cos \frac{\pi k}{S_2} \right]. \quad (26)$$

Из рассмотрения последнего выражения видно, что разность $Q(x, 0, t) - Q(x, S_2, t)$ монотонно растет с течением времени. Следовательно, температурный градиент в направлении y будет тем меньше, чем меньше время протекания процесса и оптимальное по быстродействию в рассмотренном выше смысле управление обеспечивает одновременно и минимальную неравномерность функции распределения в направлении y .

Пусть T_0 —время, определенное для поставленной задачи быстродействия. Тогда справедливо равенство (24). Если v_0 отрицательно (только этот случай представляет интерес), то величина $Q_2(0, T_0, v_0) = -C$ в момент времени T_0 . Это означает, что интеграл в равенстве (24) должен быть равен

$$\int_0^t k_1(x, T_0, \tau) u(\tau) d\tau = Q^*(x, 0) + C. \quad (27)$$

Если бы величина C была известна заранее, то оптимальное управление определилось бы известными методами [1, 2], как решение следующей задачи.

Определить такое $u(t)$, чтобы система, описываемая уравнениями (9)–(12) или, что то же самое,

$$Q(x, t) = \int_0^t k(x, t, \tau) u(\tau) d\tau, \quad (28)$$

перешла из состояния $Q_0(x, 0) = Q_0 = 0$ в новое состояние $Q^*(x, 0) + C$ за минимальное время.

Однако, так как T_0 неизвестно, то неизвестна и величина C . Здесь можно воспользоваться следующей процедурой: пусть каким-либо из неизвестных методов определяется $u(t)$ оптимальное в смысле быстродействия для одномерной задачи (9)–(12) при переводе системы из начального состояния в заданное. Фиксируя полученное время процесса T_1 , определяем второй член в равенстве (24). Тогда полученное в действительности распределение будет

$$Q(x, 0, T_0') = Q_1(x, T_0') - c' = Q^*(x, 0) - c', \quad (29)$$

где

$$-c' = Q_2(0, T_0').$$

Теперь, если v_0 таково, что $u(t)$ позволяет получить $Q(x, T_0) - c' > 0$ (в противном случае достижение заданного распределения вообще невозможно), вновь определяем оптимальную функцию $u(t)$ и время T_0^* для задачи (9)–(12), где требуемое распределение берем равным $Q^*(x, 0) + c' = Q_1(x, T_0^*)$. Вновь определяем $-c'' = Q_2(0, T_0^*)$ и $Q(x, 0, T_0^*) = Q_1(x, T_0^*) - c''$.

Таким образом, можно получить $Q^*(x, 0) - Q(x, 0, T_0^*) \leq \varepsilon$, где ε достаточно малая величина. При практическом применении данного метода всегда есть возможность задаться каким-то временем T_0^0 заведомо меньшим T_0^* , что сильно сокращает число повторных расчетов $u(t)$.

Перейдем к рассмотрению задачи 2. Отметим следующее: при решении задачи быстродействия для данного класса тепловых объектов, выше произвольно фиксировалось некоторое значение координаты y . При минимизации же квадратичного функционала вида (21) за конечный промежуток времени такой метод непригоден. Действительно, фиксируя y (например, какое-то значение y'), тем самым однозначно определяется значение $Q_2(y', T)$ в выражении (21).

Имеем

$$J = \iint_D [Q(x, y', T) - Q(x, T)]^2 dx dy, \quad (30)$$

где

$$Q(x, y', T) = Q^*(x, y) - Q_2(y', T) = \text{const}. \quad (31)$$

Выбрав произвольно y' и решив поставленную задачу для одномерного объекта (9)–(12) в смысле минимизации (30), тем самым определяем оптимальное управление $u(t)$, сообщающее минимум функционалу J при фиксированном значении y' . Однако, давая какое-то новое значение y'' и определяя тем самым величину

$$Q(x, y'', T) = Q^*(x, y) - Q_2(y'', T), \quad (32)$$

входящую в (30), в результате получаем новую оптимальную функцию $u(t)$ и, вообще говоря, новую величину минимума J . Таким образом, различным значениям координаты y соответствуют различные управления и минимумы функционала. Поэтому в данном случае приходится проводить усреднение функции $Q_2(y, T)$ по y :

$$\overline{Q_2}(y, T) = \frac{1}{S_2} \int_0^{S_2} Q_2(y, T) dy; \quad (33)$$

тогда минимизируемый функционал примет вид

$$J = \iint_D [Q^*(x, y) - Q_1(x, T) - \overline{Q_2}(y, T)]^2 dx dy. \quad (34)$$

Оптимальное управление определяется из известного [1] интегрального уравнения где для данного конкретного случая $\gamma = 2$ и

$$Q^*(x) = Q^*(x, y) - \overline{Q_2(y, T)} = Q^*(x, y) - \frac{1}{S_2} \int_0^{S_2} Q_2(y, T) dy = \text{const.} \quad (35)$$

Грузинский политехнический
институт
им. В. И. Ленина
Тбилиси

(Поступило 14.5.1968)

ავტომატიკა და ტელემექანიკა

მ. ჯიმშელიშვილი

განაწილებული პარამეტრებიანი ზომიერითი თბური რეგულირების
ოპტიმალური მართვა

რეზიუმე

შრომში განხილულია სპეციალური კლასის ობიექტის მართვის სინთეზი. ამგვარი ობიექტის მაგალითად შეიძლება განვიხილოთ სითბოს განაწილება მასიური სხეულის კვეთში, როდესაც გათბობა ხდება სხეულის მასაში მიმართული სითბური ნაკადით. მოცემული საწყისი პირობების მიხედვით ფორმირდებიან უმცირეს დროში მოცემულ ტემპერატურამდე, ან მინიმალური ენერჯით გახურების ოპტიმალური ამოცანები.

ამ ამოცანის გადასაწყვეტად გამოიყენება მაქსიმუმის პრინციპი, რაც იძლევა ფუნქციონალის ექსტრემუმისათვის აუცილებელი პირობების მიღების საშუალებას. ოპტიმალური მართვა მოიქმნება მიმდევრობითი მიახლოებით, რომელთა კრებადობა მტკიცდება.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. Г. Бутковский. Теория оптимального управления системами с распределенными параметрами. М., 1965.
2. Ю. Н. Андреев, А. Г. Бутковский. Техническая кибернетика, № 5, 1964.
3. Г. Карслоу и Д. Егер. Теплопроводность твердых тел. М., 1964.
4. А. В. Лыков. Теплопроводность нестационарных процессов М., 1958

АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА

Н. В. ГАБАШВИЛИ (член-корреспондент АН ГССР), Т. А. КИРИЯ,
Н. Р. МОМЦЕЛИДZE, А. Г. ЧАЧАШВИЛИ, Л. Л. ЧХАИДZE,
А. Г. ЭДИБЕРИДZE

НЕКОТОРЫЕ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ
ПРОЦЕССАМИ ГЛУБОКОГО БУРЕНИЯ

Разработка способов оптимального управления технологическим процессом глубокого бурения требует решения ряда взаимосвязанных задач, касающихся как проектирования оптимальной конструкции скважины и режимов бурения, так и управления отдельными этапами непосредственно в процессе проводки скважины.

Задается общий критерий оптимальности, обеспечивающий единую технологическую целесообразность принятых решений. В цикле задач, рассмотренных в настоящей работе, в качестве такого критерия принимаются минимальные затраты времени на выполнение операций, связанных с проходкой скважины.

1. При проходке скважины в процессе разрушения породы происходит износ бурового долота. Интенсивность износа зависит от свойств породы и показателей технологического режима, которые являются управляемыми параметрами, определяющими как текущую механическую скорость, так и конечные результаты, достигнутые в каждом долблении—проходку за рейс и затраты времени на бурение. При этом целесообразно рассматривать только те затраты, которые собственно определяют продолжительность цикла износ—замена. В данном случае это время механического бурения в каждом долблении и время выполнения операций по замене изношенного долота. Тогда общее время проходки выразится суммой

$$T = t_{\delta_1} + t_{\text{сп}_1} + t_{\delta_2} + t_{\text{сп}_2} + \dots + t_{\delta_N} + t_{\text{сп}_N}, \quad (1-1)$$

где t_{δ_i} и $t_{\text{сп}_i}$ ($i = 1, 2, \dots, N$) — время соответственно механического бурения и спуско-подъемных операций в i -ом долблении; N —количество рейсов (заранее неизвестное).

Необходимо определить продолжительность и величину проходки в каждом долблении таким образом, чтобы минимизировать целевую функцию (1-1) с учетом ограничения

$$H = h_1 + h_2 + \dots + h_N, \quad (1-2)$$

где h_i — проходка на долото в i -ом долблении.

Учитывая циклическую структуру процесса, используем метод динамического программирования [1,2].



Математическая модель процесса позволяет для любого фиксированного значения проходки (h) в пределах возможности одного долота найти такую функцию управления, при которой время проходки минимально. Тогда для каждого долбления можно построить дискретную зависимость $t_i = f(h)$ (здесь t_i —минимальное время бурения); $t_{св}$ считаем известной функцией глубины.

Назовем условной оптимальной траекторией для любой фиксированной глубины H_n и количества рейсов (n), оставшихся до конца проходки, такую тактику проходки, при которой интервал ($H_n - H$) разбуривается за минимальное время

$$T_n(H_n) = \min_{H_n - h_n + h_{n-1} + \dots + h_1} \{t_n(h_n) + t_{n-1}(h_{n-1}) + \dots + t_1(h_1)\} \quad (1-3)$$

где

$$t_i(h_i) = t_{\delta_i} + t_{сп_i} \quad (i = n, n-1, \dots, 1).$$

Ввиду ограниченных возможностей долота, для любого рейса величина h_i может принимать множество значений $h_{i \min} \leq h_i \leq h_{i \max}$, где $h_{i \min}$ и $h_{i \max}$ — предельные значения проходки на долото в i -ом долблении. Используя принцип оптимальности можно построить последовательно семейство условных оптимальных траекторий с помощью рекуррентного соотношения, определяющего переход от любого этапа к предшествующему:

$$T_n(H_n) = \min_{h_n \min \leq h_n \leq h_n \max} \{t_n(h_n) + T_{n-1}(H_n - h_n)\}. \quad (1-4)$$

Выбирая на конечном этапе траекторию, исходящую из начальной точки ($H = 0$) и характеризующуюся минимальными затратами времени, получаем оптимальную тактику проходки, которая представится упорядоченным набором чисел

$$[(h_N, t_N); (h_{N-1}, t_{N-1}); \dots; (h_1, t_1)].$$

При этом, поскольку число рейсов заранее не фиксировано, необходимо дополнительно перебрать все оптимальные траектории, исходящие из начальной точки.

2. Эта задача включает в себя определение количества обсадных колонн, их диаметров и длин в сочетании с диаметрами бурильных колонн для каждой глубины.

Важнейшим ограничением, накладываемым на число обсадных колонн и интервалы обсадки, является необходимость перекрытия неустойчивых пластов, водогазопроявлений и т. д. Учеты этих ограничений предлагается производить путем введения предельного времени нахождения участка ствола в необсаженном состоянии—наибольшего времени проходки от рассматриваемого участка до момента спуска следующей обсадной колонны и перехода на долото меньшего диаметра

$$\tau(x) \geq t_{\text{обс}} - t(x). \quad (2-1)$$

Величина τ может быть указана для каждой глубины, исходя из геологического разреза конкретной скважины. Другим ограничением яв-

ляется минимальная скорость восходящего потока буровой жидкости, необходимая для выноса частиц выбуренной породы из забоя

$$q \geq q_{\min}. \quad (2-2)$$

Ограничение накладывается также в виде предельной мощности и производительности применяемого бурового насоса и наибольшего допустимого давления на его выкиде:

$$P_n \leq P_{\max}; \quad q \leq q_{\max}; \quad P_n \cdot q \leq W_{\max}. \quad (2-3)$$

Принимается, что скорость механического бурения пропорциональна подводимой к турбобуру мощности и обратно пропорциональна диаметру долота, зависящему от обсадной колонны, под которую ведется бурение:

$$v = \lambda \cdot \frac{R_{\tau 6}}{R_{\tau 6} + R} \cdot \frac{1}{D} \cdot W, \quad (2-4)$$

где $R_{\tau 6}$ —гидравлическое сопротивление турбобура; R —гидравлическое сопротивление колонны труб; W —мощность на выкиде насоса; D —диаметр долота (обсадной колонны); λ —коэффициент, учитывающий буримость породы на данной глубине.

Расход времени на спуско-подъемные операции принимаем зависящим только от глубины забоя.

Гидравлическое сопротивление колонны труб однозначно определяется геометрическими размерами бурильной колонны и кольцевого зазора, а также реологическими свойствами бурового раствора и может быть вычислено по известным формулам [3]. Представим конструкцию скважины в дискретной форме.

Разобьем проектную глубину скважины на N равных участков, считая конструкцию колонн неизменяющейся внутри каждого участка.

Выражение для целевой функции примет вид

$$t = \Phi_1(R_1, D_1) + t_{\text{св}1} + \dots + \Phi_N(R_N, D_N) + t_{\text{св}N}, \quad (2-5)$$

где $\Phi_n(R_n, D_n)$ —время, затрачиваемое на механическое бурение n -го участка; при помощи зависимости (2-4) оно выражается через соответствующий диаметр обсадной колонны D_n и гидравлическое сопротивление колонны на данной глубине R_n .

Задача решается методом динамического программирования, причем определение толщин стенок бурильных труб производится путем последовательных приближений, что позволяет сократить размерность перебора. Условную целевую функцию для минимального времени проходки до конца n -го участка определим следующим образом (ограничения (2-1), (2-2) предполагаются выполненными):

$$T_n(D_n, R_n, \theta_n) = \min \sum_i^n \Phi_i(R_i, D_i) + t_{\text{св}i}, \quad (2-6)$$



где в качестве аргументов выбраны: текущий диаметр обсадной колонны D_n , гидравлическое сопротивление колонны R_n , наибольшее время θ_n , через которое должен быть произведен спуск обсадной колонны.

Основное рекуррентное соотношение динамического программирования для рассматриваемой задачи принимает следующий вид:

$$T_n(D_n, R_n, \theta_n) = \min_{D_{n-1}, d_{n-1}, \theta_{n-1}} \{ \Phi_n(R_n, D_n) + t_{сп_n} + T_{n-1}(D_{n-1}, R_{n-1}, \theta_{n-1}) \}, \quad (2-7)$$

где минимум ищется по таким $d_n, D_{n-1} \geq D_n$ которые подходят к D_n по технологическим необходимым зазорам и ограничению (2-2): если $D_{n-1} = D_n$, то θ_{n-1} может принимать любые значения, для которых определена условная целевая функция предыдущего шага; если же $D_{n-1} > D_n$, то $\theta_{n-1} = \theta_n + \Phi_n(R_n, D_n) + t_{сп_n}$ или $\theta_{n-1} \geq \tau_n$.

3. Осуществление процесса спуска бурильных и обсадных колонн за кратчайшее время неразрывно связано с опасностью возникновения аварий и осложнений, вызванных изменениями гидродинамического давления на забой. Известно, что $P_{гз}$ находится в прямой функциональной связи с величинами скорости и ускорения спуска колонны:

$$P_{гз} = AW + Bv^2, \quad (3-1)$$

где A и B — коэффициенты, зависящие от конструкции скважины, спускаемой колонны и реологических свойств буревой жидкости [4].

Выход значения $P_{гз}$ за определенные границы влечет за собой тяжелые аварии и осложнения

$$P_{\min} \leq P \leq P_{\max}. \quad (3-2)$$

Другой вид ограничений, накладываемый на тактику спуска-ограничения на предельную величину ускорения при разгоне и торможении колонны, определяемые прочностью оборудования

$$W_{\text{торм}} \leq W \leq W_{\text{отп}}. \quad (3-3)$$

Задача формулируется в следующем виде. Необходимо перевести систему, состоящую из подвешенной колонны труб, из состояния $[x_1]_{t=0} = s_1$ в состояние $[x_1]_{t=T} = s_2$, причем скорость перемещения колонны $\frac{dx_1}{dt} = v = x_2$ в начале и в конце траектории должна равняться нулю. При этом управляющим параметром является ускорение. С учетом ограничений (3-2), (3-3) задача примет вид задачи об оптимальном быстрейшем действии с закрепленными концами:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 & [x_1]_{t=0} = s_1 & [x_2]_{t=0} = 0 \\ \dot{x}_2 = W & [x_1]_{t=T} = s_2 & [x_2]_{t=T} = 0 \\ -G_2 \leq W \leq G_1 \\ -P_2 \leq AW + Bx_2^2 \leq P_1. \end{cases} \quad (3-4)$$

Для решения поставленной задачи применим принцип максимума [5].

Составим гамильтониан H :

$$H = \psi_1 \dot{x}_1 + \psi_2 \dot{x}_2 = \psi_1 x_2 + \psi_2 W. \quad (3-5)$$

Сопряженные уравнения для определения ψ_1 и ψ_2

$$\dot{\psi}_1 = -\frac{\partial H}{\partial x_1} = 0; \quad \dot{\psi}_2 = -\frac{\partial H}{\partial x_2} = -\psi_1. \quad (3-6)$$

Решением этих уравнений является

$$\psi_1 = c_1; \quad \psi_2 = -c_1 t + c_2. \quad (3-7)$$

Из анализа решения (3-7) видно, что ψ_2 меняет знак только один раз, так как $\dot{x}_2 = W$ и поэтому для максимизации гамильтониана H необходимо выбрать при $\psi_2(t) > 0$ максимально допустимое управление W , при $\psi_2(t) < 0$ — соответственно минимально допустимое управление.

Рассмотрим ограничения в (3-4). На рис. 1 построена область допустимых значений W и x_2 , которая получена из неравенств

$$AW + Bx_2^2 \leq P_1;$$

$$AW + Bx_2^2 \geq -P_2 \quad (3-8)$$

$$G_1 \geq W, \quad -G_2 \leq W; \quad x_2 \geq 0$$

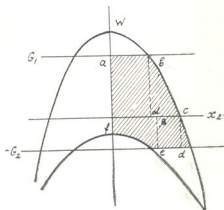


Рис. 1. Область допустимых значений W и x_2

Из выпуклости этой области следует, что значения управления W , при которых гамильтониан H достигает максимума, находятся на границе контура допустимых управлений.

Найдем W при $\psi_2(t) > 0$. В начальный момент времени при $t = 0$ $x_2 = 0$; поэтому $W = G_1$. Как видно из рис. 1, значение $W = G_1$ необходимо поддерживать на участке $[a, b]$, определяемом условием $x_2 < a$. Отсюда семейство фазовых траекторий на участке $[a, b]$ представляет собой семейство парабол

$$x_1 = \frac{1}{2} x_2^2 + s_1. \quad (3-9)$$

На следующем участке $[b, c]$ максимальное значение W определяется ограничением $AW + Bx_2^2 = P_2$. Семейство фазовых траекторий будет:

$$x_2 = \sqrt{\frac{P_1 - \exp\left[-\frac{B}{A}(x_1 - a_3)\right]}{B}}. \quad (3.10)$$

Анализ управления W показывает, что ни при каких x_1 , т. е. ни при каких конечных $t > 0$, значение W на участке $[a, c]$ не станет

равным нулю. Следовательно, в какой-то момент ψ_2 станет отрицательным. При этом, для максимизации H необходимо выбрать наименьшее из до-

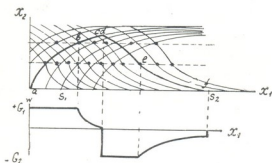


Рис. 2. Синтез оптимальных траекторий

пустимых значений W , определяемого ограничениями на участке $[d, f]$. Рассуждая аналогично предыдущему, получаем фазовую траекторию на участке $[e, f]$:

$$x_2 = \sqrt{\frac{P_2}{B}} \operatorname{tg} \arccos \exp \left[-\frac{B}{A} (s_2 - x_1) \right] \quad (3-11)$$

и на участке $[d, e]$

$$x_1 = 1/2 x_2^2 + d_1. \quad (3-12)$$

Результирующую фазовую траекторию, удовлетворяющую (3-4), находим путем стыковки решений на различных участках (рис. 2). Таким образом, решение задачи удается получить в аналитической форме.

Грузинский политехнический институт

(Поступило 11.9.1968)

აბსტრაქტია და ბალეზაქანია

ბ. ბაბაშვილი (საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი).

ბ. ჭირია, ბ. მომცველიძე, ა. ჩახაშვილი, ლ. ჩხაიძე, ა. ელიზბერიძე

ღრმა ბურღვის პროცესების ოპტიმალური მართვის ზომიერითი ამოცანა

რეზიუმე

განხილულია ნავთობისა და გაზის ჰაბურღილების ღრმა ბურღვის ოპტიმალური მართვის სხვადასხვა ტექნოლოგიური პროცესის ამოცანათა ციკლი. ამ ციკლის ამოცანები გადაწყვეტილია დინამიური პროგრამირების მეთოდისა და მოდიფიცირებული მაქსიმუმის პრინციპის მეთოდის საშუალებით.

საოქოფაბული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Р. Беллман. Прикладные задачи динамич. программирования. М., 1965.
2. С. Робертс. Динамическое программирование в процессах химической технологии и методы управления. М., 1965.
3. В. И. Мительман. Справочник по гидравл. расчетам в бурении. М., 1963.
4. А. А. Мовсумов. Гидродинамические причины осложнения при проводке нефтяных и газовых скважин. Баку, 1965.
5. Л. С. Понтрягин, В. Г. Болтянский, Р. В. Гамкрелидзе, Е. Ф. Мищенко. Математическая теория оптимальных процессов. М., 1961.



ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ

К. С. ЗАВРИЕВ (академик АН ГССР), Ю. Я. ШТАЕРМАН

ОБ ОДНОМ ЗАБЛУЖДЕНИИ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОСТАВА БЕТОНА

Как известно, при проектировании состава бетона используются две кривые—пустотности и удельной поверхности заполнителя. Последняя кривая определяется простым подсчетом. Пустотность же определяется опытным путем.

Рассмотрим простейший случай проектирования состава бетона на двухфракционном заполнителе. Основной задачей является определение дозировки смеси заполнителя, при которой содержание в бетоне цементного теста при заданном ц. в. отношении доводится до минимума.

Тесто идет на заполнение пустот заполнителя и на смазку поверхности его зерен слоем, толщина которого обеспечивает требуемые реологические показатели замеса.

Пустотность заполнителя α , устанавливающаяся в замесе, зависит от пустотности сухой смеси (β).

Определение пустотности β в зависимости от дозировки составляющих заполнителя проводится опытным путем. Введем обозначения: v , v_a и v_k —объемы тела заполнителя, песка и крупной составляющей. Обозначим отношение объема тела песка к объему тела крупной составляющей через

$$n = \frac{v_a}{v_k} \quad (1)$$

Смешивая песок и крупную составляющую при разных n , находим соответствующую пустотность β и строим кривую

$$\beta = f(n).$$

Эта кривая обладает минимумом β_0 при n_0 , причем в области минимума она весьма пологая.

В отличие от кривой пустотности кривая удельной поверхности (u) является монотонной функцией от n и она определяется простым подсчетом, так как удельная поверхность смеси не зависит от расположения частиц заполнителя в пространстве.

Введем обозначения: F , F_a и F_k —поверхности зерен смеси, песка и крупной составляющей, u , u_a и u_k —удельные поверхности зерен смеси, песка и крупной составляющей.



Очевидно

$$F = F_n + F_k;$$

$$F = u \cdot v, \quad F_n = u_n \cdot v_n \quad \text{и} \quad F_k = u_k \cdot v_k.$$

Следовательно,

$$u \cdot v = u (v_n + v_k) = u_n v_n + u_k \cdot v_k,$$

откуда

$$u (n + 1) = n u_n + u_k$$

или

$$u = \frac{n u_n + u_k}{n + 1}. \quad (2)$$

При $n = 0$, т. е. $v_n = 0$

$$u = u_k.$$

При $n = \infty$, т. е. $v_k = 0$

$$u = \frac{u_n + \frac{u_k}{n}}{1 + \frac{1}{n}} = u_n.$$

Приравнивая нулю значение производной u по n , можем убедиться, что в области положительных значений n кривая u не обладает кульминацией.

Расчет пустотности заполнителя β иногда выполняют на основании следующих упрощающих допущений: 1) в смеси заполнителя песок сохраняет свою пустотность; 2) в таком виде песок заполняет все пустоты крупной составляющей, а избыток его, если таковой окажется, располагается снаружи.

Ниже покажем, что такие допущения могут привести к ошибочным заключениям. Обозначая соответственно через \bar{v}_n и \bar{v}_k объемы песка и крупной составляющей, включая сюда объемы тел и пустот, записываем отношение

$$\bar{n} = \frac{\bar{v}_n}{\bar{v}_k}.$$

При этом могут встретиться два случая.

1. $\bar{n} \leq \beta_k$. В таком случае весь песок идет на заполнение пустот крупной составляющей, и объем смеси заполнителя остается равным объему крупной ее части: $\bar{v} = \bar{v}_k$. Объем же ее пустот уменьшится на величину объема тела песка, т. е. на величину $\bar{v}_n - \bar{v}_n \beta_n = \bar{v}_n (1 - \beta_n)$. Отсюда объем пустот смеси заполнителя

$$\bar{v} \beta = \bar{v}_k \beta - \bar{v}_n (1 - \beta_n) = \bar{v}_k [\beta_k - \bar{n} (1 - \beta_n)],$$

$$\beta = \beta_k - \bar{n} (1 - \beta_n). \quad (1)$$

Уравнение (1) показывает, что в этом случае пустотность β заполнителя находится в линейной зависимости от \bar{n} , причем

$$\text{при } \bar{n} = 0, \beta = \beta_k, \text{ при } \bar{n} = \beta_k, \beta = \beta_k \beta_n. \quad (1)$$

2) $\bar{n} > \beta_k$. В таком случае часть песка расположится снаружи смеси, именно такая часть, которая показывает, насколько объем песка \bar{v}_n превышает объем пустот крупного заполнителя $\bar{v}_k \beta_k : \bar{v}_n - \bar{v}_k \beta_k = \bar{v}_k (\bar{n} - \beta_k)$, и весь объем окажется равным:

$$\bar{v} = \bar{v}_k + \bar{v}_k (\bar{n} - \beta_k) = \bar{v}_k (1 + \bar{n} - \beta_k).$$

Объем же пор смеси по-прежнему будет равен объему пор песка, т. е. $\bar{v}_n \beta_n$ или $\bar{v}_k \bar{n} \beta_n$. Обозначая пустотность смеси через β , получаем

$$\bar{v} \cdot \beta = \bar{v}_k (1 + \bar{n} - \beta_k) = \bar{v}_k \bar{n} \beta_n,$$

откуда

$$\beta = \frac{\bar{n} \beta_n}{1 + \bar{n} - \beta_k}. \quad (3)$$

Значение $(\bar{n} - \beta_k)$ обычно весьма мало по сравнению с единицей. Пренебрегая им, получаем

$$\beta = \bar{n} \beta_n.$$

Таким образом, при $\bar{n} > \beta_k$ кривая зависимости β от \bar{n} аппроксимирована прямой, ординаты которой в начале участка равны

$$\beta_k \cdot \beta_n.$$

Вся зависимость β от \bar{n} представлена на рис. 1, причем наименьшая пустотность смеси получается при $\bar{n} = \beta_k$ и равна $\beta_k \cdot \beta_n$.

Ввиду того, что цементное тесто должно, во-первых, заполнить пустоты смеси заполнителя и, во-вторых, образовать вокруг всех зерен слой достаточной толщины, чтобы обеспечить заданную подвижность бетонной массы, на основании рис. 1 создается впечатление, что наименьший расход цементного теста получится при $\bar{n} = \beta_k$, т. е. при $\bar{v}_n = \bar{v}_k \beta_k$, когда объем песка равен объему пустот крупной составляющей. Это значительно облегчает подбор состава бетона: зная пористость β_k крупного заполнителя, мы смешиваем его с песком, придерживаясь отношения объемов $\frac{\bar{v}_n}{\bar{v}_k} = \beta_k$, после чего добавляем такое количество цементного теста заданного водоцементного фактора, при котором получится необходимая подвижность бетонной массы.

Однако весьма сомнительно, что при составлении смеси заполнителя мы получаем плотное расположение песка в пустотах крупной составляющей. Конечно, песок в них распределяется неравномерно, оставляя некоторый объем незаполненных пустот, и действительная зависимость пустотности заполнителя β от соотношения объемов песка и крупной составляющей представится не в виде ломаной, построенной на

основании сделанных допущений о плотном заполнении песком пустот крупной составляющей, а в виде какой-то кривой. Экстремум этой кривой, соответствующий минимуму пустотности заполнителя, расположится справа от точки $\bar{n} = \beta_k$, так как добавляя некоторое количество песка,

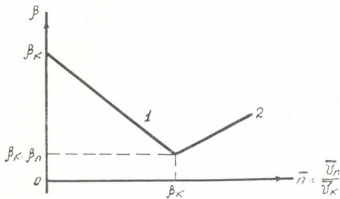


Рис. 1. 1 прямая $\beta = \beta_k - \bar{n}(1 - \beta_n)$, 2 прямая $\beta = \bar{n} \cdot \beta_n$

мы сначала достигаем уменьшения объема „незаполненных“ пустот, т. е. уменьшения пустотности. Поэтому наименьший расход цементного теста получится при некотором увеличении доли песка против объема пор крупного заполнителя. Такое заключение подтверждается всей практикой подбора

состава бетона в лабораториях и на производстве: наименьший расход цемента получается всегда при значении \bar{n} , существенно превышающем величину β_k —пустотности крупного заполнителя. Оптимальное соотношение объемов песка и крупной составляющей необходимо в каждом случае определять опытным путем, с учетом того, что полный расход цементного теста зависит от действительной пустотности всей смеси заполнителя и смазывающейся поверхности зерен.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт строительной механики
 и сейсмостойкости

(Поступило 24.7.1968)

ბასალათა ტექნოლოგია

ა. ზაპრიევი (საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის აკადემიკოსი), ი. შტაერმანი

ბეტონის შემადგენლობის პროექტირების სფეროში ერთ-ერთი ცდომილების შესახებ

რეზიუმე

სრომაში მოყვანილია შედარება ბეტონის შემადგენლობის მიღებული ორი სხვადასხვა მეთოდით და რეკომენდებულია შემავსებლის სიცარიელის გამორკვევა ცდებით, ყოველგვარი დამამახინჯებელი დაშვების გარეშე.



ლ. ალოიშა

ბგარ გვლერძას (*ASTRAGALUS L.*) შესწავლისათვის

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. კეცხოველმა 5.5.1968)

საქართველოში გავრცელებული ტრაგაკანტიანი ასტრაგალუსების ანატომიური აგებულება თითქმის შეუსწავლელია. ვ. გულისაშვილი [1] ეხება ამ გვარის წარმომადგენელს *Astragalus caucasicus* Pall. და იძლევა მისი ფოთოლაკის, მეზოფილის და ეპიდერმისის სისქის განაზომებს, რის საფუძველზედაც ასახელებს ედაფიურ ეკოტიპებს შორის განსხვავებას. მ. შანიძე [2] სხვადასხვა პირობებში მოზარდ ეკოტიპებში ზოგიერთი პარკოსნების ფოთლებში იდიობლასტების თანაბრწიერების შესწავლისას მიუთითებს, რომ კავკასიური გვლერძა იდიობლასტებს არ შეიცავს. ამგვარად, კავკასიური გვლერძის შინაგანი აგებულების შესახებ გამოკვლევები არ არსებობს. თუ მხედველობაში დასახელებულ შრომებს არ მივიღებთ.

ჩვენ მიერ შესწავლილია აღმოსავლეთ საქართველოს ზოგიერთი მშრალ ადგილსამყოფელის ტრაგაკანტიანი ასტრაგალუსების ორი სახეობა: *Astragalus caucasicus* Pall. და *A. micrcephalus* Willd. (ოჯ. *Leguminosae*, ქვეოჯ. *Papilionaceae*, სექცია *Olyganthos* Boriss.)

დასახელებული მცენარეების შინაგანი აგებულების შესწავლისათვის მასალა შეგროვილია აღმოსავლეთ საქართველოში.

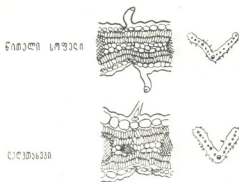
სხვადასხვა ადგილსამყოფელოდან აღებული *Astragalus*-ის ფოთოლაკის აგებულების ერთმანეთთან შედარებისას ვიყენებდით შესატყვის ადგილებს — შუა ფოთოლაკის მთავარი ძარღვის ახლო მდებარე ნაწილს.

Astragalus caucasicus — კავკასიური გვლერძას ფოთოლი, როგორც ცნობილია, რთულია [3]. ფოთოლაკის მეზოფილში ორივე მხარეზე კარგად გამოხატული შესრისებური უჯრედების ორი მწკრივია მოცემული (ნახ. 1). ხოლო მათ შორის ღრუბლისებურ პარენქიმას მცირე ადგილი უჭირავს. მეზოფილში სხვადასხვა ზომის გამტარი კონაა ჩართული. კონაში მეტი ადგილი ფლოემის თხელგარსიან ელემენტებს უჭირავს, მხოლოდ ლაფნის თავზე მექანიკური ქსოვილის სიჭარბე იპყრობს ყურადღებას. კონის ირგვლივ კარგად არის გამოხატული კონის პარენქიმული ბუდე. ზედა და ქვედა ეპიდერმისის უჯრედების გარსი დაახლოებით თანაბრად სქელდება. ზოგჯერ ეს პროცესი მაინც მეტადაა გამოხატული ზედა ეპიდერმისში. ეპიდერმისში ბაგის აპარატი ფოთოლაკის ორივე მხარეზე გვხვდება. მისი რაოდენობა ყოველთვის მეტია ზედა მხარეზე. ფოთლის ორივე მხარეზე ბაგეთა თანაბრწიერება ქსეროფიტული მცენარეებისათვის მითითებული აქვთ მთელ რიგ ავტორებს [4—7]. რასაც მშრალი პირობების შეგუების ნიშნად მიიჩნევენ.



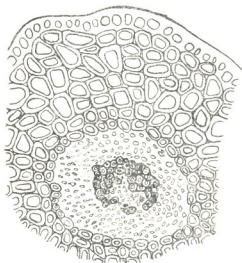
ყურადღებას იპყრობს ფოთოლაკის ზედაპირზე ძლიერი შებუსება. ვარკვენი
კუთრებით ქვედა მხარეზე. ბუსუსები სხვადასხვაგვარია: გვხვდება როგორც
ერთუჯრედიანი, ისე მრავალუჯრედიანი, კავკასიური გვლერძის ფოთოლაკის
ყუნწის ფუძეში და თანაფოთლის იღებესა და წვერზე გვხვდება ჭირკვლო-

Astragalus caucasicus Pall.



ნახ. 1.

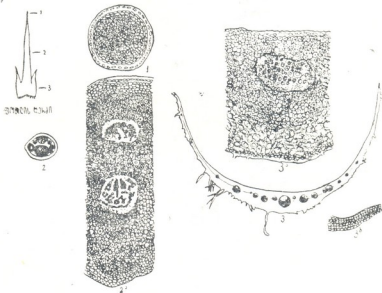
ვანი ბუსუსები, მრავალუჯრედიანი მოკლე ფეხით და თავით. აღნიშნული ბუსუსები ა. ნიკიტინს [8] მოჰყავს ასტრაგალუსების სხვა სახეობებისათვის-



ნახ. 2.

სხვადასხვა ადგილიდან აღებული კავკასიური გვლერძის შესწავლისას გამოიჩინა, რომ ყველა კავკასიურ გვლერძას ფოთოლაკის სისქის მეტი ნაწილი მესრისებურ პარენქიმას უჭირავს. ავტორთა უმრავლესობა მესრისებური პარენქიმის ძლიერ განვითარებას და ფოთლის ფირფიტის სისქეს უკავშირებს ძლიერ განათებას [5, 9].

კავკასიური გვლერძას ფოთლის ღერძზე ფოთოლაკები მიმაგრებულია მოკლე ყუნწით. მიუხედავად მისი სიმციროსა, მას გარკვეული მნიშვნელობა აქვს მცენარისათვის მშრალ პირობებთან შეგუების მხრივ, რადგან იგი მთლიანად წარმოდგენილია სქელი ცელულოზგარსიანი უჯრედებით (ნახ. 2), როგორც ა. ნიკიტინი [8] მიუთითებს, უჯრედთა სქელ ცელულოზოვან გარსს წყლის დიდი რაოდენობით შეკავება შეუძლია. ყუნწის ცენტრში ერთი გამტარი კონაა. კონაში ფლოემაც სქელგარსიანია, კონის ირგვლივ კოლენქიმის



ნახ. 3

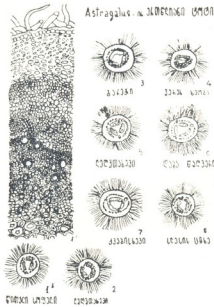
ტიპის უჯრედებია განვითარებული, ისინი კონის ირგვლივ კოლენქიმის ბუდეს ქმნიან. ა. ნიკიტინის [8] მიუთითებით ასტრაგალუსების ფოთოლაკის ყუნწში გამტარი კონის ირგვლივ არსებული კოლენქიმური რგოლის კლასიფიკაციას იძლევა დიუშენი და კოლენქიმურ ბუდეს წყლის დაჭერის უნარს მიაწერს.

როგორც ცნობილია, კავკასიური გვლერძას ფოთოლაკები ყუნწით მიმაგრებულია ფოთლის ღერძზე (ნახ. 3). ფოთლის ღერძი წვერისაკენ ბოლოვდება ეკლით, ბოლო ფუძისაკენ შეზრდილია თანაფოთლებთან და ამ ნაწილით მიმაგრებულია ღეროზე. ფოთლის ღერძი კენწრულ ნაწილში ეკლადაა ქვეული (ნახ. 3—1). აქ დიდი ნაწილი გახევებული და სქელგარსიანია, სადაც ბოჭკოს ტიპის უჯრედებია მოცემული. ეპიდერმისი და მის ქვეშ ქლორენქიმის ორი წყება უჯრედებისა თხელი და ცელულოზგარსიანია. ეკლის ცენტრში ერთი რედუცირებული კონაა.

კავკასიური გვლერძას ფოთლის შუა ნაწილის (ნახ. 3—2, 2ა) ეპიდერმის ქვეშ მთელ რგოლზე ქლორენქიმული ქსოვილია. ეს ქსოვილი თავისი აგებულებით ღრუბლისებრ პარენქიმის მსგავსია (ნახ. 3—2ა). ფოთლის ღერძის დანარჩენი ნაწილი სქელგარსიან, გახევებულ ქსოვილებს უჭირავს, სადაც ჩარ-
13. „მოამბე“. ტ. 52. № 1, 1968



თულია სხვადასხვა ზომის გამტარი კონები (ნახ. 3—2). კონის რგულ-
ნიკური ქსოვილი ბოჭკოების ტიპისაა. მათი გარსი ძალიან სქელი და გახე-
ვებული (ნახ. 3—2ა), კონის მექანიკური ქსოვილი ვასსაკუთრებით ძლიერა-
დაა განვითარებული ფლოემის თავზე.



ნახ. 4

კავკასიური გვლერძის ფოთლის ღერძის ფუძეში თანაფოთლები შეზრდი-
ლია. ფოთლის ღერძის თანაფოთლის განივი განაკვეთი ნაჩვენებია ნახ. 3—3-ზე.
იგი რკალის მოყვანილობისაა. შუა ნაწილში განიერია, კიდევებისაგან თანდა-
თან ვიწროვდება. ამ ნაწილების აგებულება არ არის ერთნაირი. გაგანიერე-
ბულ შუა ნაწილში ერთი დიდი კონაა; დიდი კონის ორივე მხარეს უფრო პა-
ტარა გამტარი კონებია. კონებს შორის მანძილი მით უფრო დიდია, რაც უფ-
რო კიდევებისაგან მდებარეობს კონა. ამავე მიმართულებით კონების მოცუ-
ლობა თანდათან მცირდება. კონებში ფლოემა ყოველთვის თანაფოთლების
ამოზნექილ-გარეთა მხარეზეა, ქსილემა კი შიგნითა-ჩაზნექილ მხრისკენ. თანა-
ფოთლის შუა ნაწილში ყველაზე დიდი კონაა მოთავსებული. აქ ფლოემას ქსი-
ლემასთან შედარებით მცირე ადგილი უჭირავს. ფლოემის თავზე ბოჭკოს ტი-
პის მექანიკური ქსოვილი ჭარბად არის მოცემული (ნახ. 3—3ა). თანაფოთლის
მხოლოდ გარეთა მხარეა შეზუსტებული. თანაფოთლის შიგნითა მხარე სხვა ნიშ-
ნითაც განსხვავდება. შიგნითა მხარეზე ეპიდერმისის ქვეშ მთელ სიგრძეზე
უამდენიმე წყება ბოჭკოს ტიპის უჭრედებია. თანაფოთლების შუა ნაწილის
აგებულებიდან განსხვავებულია მისი კიდე. აქ ეპიდერმისი და მის ქვეშ მდებ-
არე ძირითადი ქსოვილის უჭრედები თბელგარსიანია და გაუხევებელი (ნახ.

3—3 ბ). მცირეა მისი შემადგენელი ძირითადი ქსოვილის უჯრედთა რაოდენობა და ზომა. ბოჭკოს ტიპის უჯრედები უფრო პატარებია და მხოლოდ ერთ მწკრივადაა წარმოდგენილი.

კავკასიურ გვლერძას ერთწლიანი ტოტი (ნახ. 4—1ა, 1ბ) გარედან დაფარულია ეპიდერმისით. ეპიდერმისის უჯრედები ყომრალი ფერისაა. დერო ძლიერ შებუსხილია კავკასიური გვლერძასათვის დამახასიათებელი მარტივი ბუსუსებით. ეპიდერმისის ქვეშ ძირითადი ქსოვილი კოლენქიმის ტიპის გასქელებილია (ნახ. 4—1ა). იგი ღეროს პერიფერიულ ნაწილში უფრო მკვეთრადაა გამოხატული. ქერქში გახევებული ბოჭკოები ლაფნია თავზეა მოთავსებული. ლაფნის ფართო ადგილი უჭირავს. მერქანი სხვადასხვა დიამეტრის ქურჭლებს შეიცავს. მერქანი მთლიანად გახევებულია. გულგულის პერიმედულარული ზონა სქელგარსიანი უჯრედებით ხასიათდება. მათ შორის ზოგიერთი უჯრედი გაქვევებულ უჯრედებს მოგვაგონებს. გულგულიდან გამოსული პირველადი რადიალური სხივები სხვადასხვა სიგანისაა. ცენტრალურ ცილინდრში თავისებური ცვლილებები შეაქვს ფოთლის კვლებს.

ასეთია როგორც ბოლნისის (წითელი სოფელი), ისე თბილისის მიდამოების (ლეღთახევი) კავკასიური გვლერძას ერთწლიანი ტოტის აგებულება. ეს მსგავსება კარგად ჩანს ამ მცენარეების ღეროს სქემატურ ნახატებზე (ნახ. 4—1ბ, 2).

ამგვარად, კავკასიური გვლერძას ღეროს შინაგან აგებულებაში მშრალ პირობებთან შეგუება წყლის შეკავების მაღალი თვისებების თვალსაზრისით გამოხატულია უჯრედთა ცელულოზოვანი გარსის გასქელებაში, აგრეთვე მისთვის დამახასიათებელი მექანიკური ქსოვილის კარგად განვითარებაში და ძლიერ შებუსხვაში.

ტრაგაკანტიან ასტრაგალუსებიდან განხილული იყო აგრეთვე მეორე სახეობა *Astragalus microcephalus* Willd.—თავპატარა გვლერძა სხვადასხვა ადგილებიდან (გარეჯი, თბილისის მიდამოები, ბორჯომის ხეობა), თავპატარა გვლერძას ანატომიურმა შესწავლამ კავკასიურ გვლერძასთან დიდი მსგავსება გვიჩვენა. მიუხედავად ამ მსგავსებისა, მთელი რიგი ანატომიური მახვევებლებით განსხვავება შესამჩნევია. ასე მაგალითად *Astragalus microcephalus*-ის ფოთოლაკებში შეიიმჩნევა უფრო წვრილუჯრედიანობა, მესრისებური ქსოვილის სიჭარბე (მრავალშრიანიობა), ბაგეათა რიცხვი ფართობის ერთეულზე მეტია და ბაგის მკეტავი უჯრედებიც უფრო პატარებია ვიდრე *Astragalus caucasicus*-ისათვის არის დამახასიათებელი.

Astragalus caucasicus Pall. და *A. microcephalus* Willd. შორის მსგავსება გამოხატულია ღეროს აგებულებაშიც (ნახ. 4—3, 4, 5, 6, 7, 8).

შესწავლამ გვიჩვენა, რომ *Astragalus microcephalus* Willd. მეტად ამელანებს ქსეროპორფულმონისათვის დამახასიათებელ აგებულებას.

ჩვენ მიერ ჩატარებული მუშაობის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ რომ ტრაგაკანტიანი ასტრაგალუსების სხვადასხვა ორგანოს აგებულებაში (ფოთოლაკი, ყუნწი, ღერო) გარემოსთან შეგუების სტრუქტურული მახვევებელი ნიშნები განსხვავებულია. ფოთოლაკებში ამ მხრივ ყურადღებას იმსა-

ხურებს ეპიდერმისი და მესრისებური პარენქიმა. ეპიდერმისიდან განსაკუთრებით უჩრდეთა ზომა, ბაგეთა რაოდენობა ფართობის ერთეულზე და ბაგეთა მკეტავ უჩრდეთების ზომა, ფოთოლაკის მეზოფილში მესრისებური პარენქიმის რაოდენობა და მისი შეფარდება ღრუბლისებურ პარენქიმასთან. ფოთოლაკის ყუნწში საყურადღებოა სქელგარსიანი პარენქიმის სიჭარბე. ღეროშიც მნიშვნელოვანია ცელულოზოვანი სქელგარსიანი უჩრდეთები (პირველადი ქერქი, გულგული), მექანიკური ქსოვილის სიუხვე და ძლიერი შებუსვა.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(შემოვიდა 7.5.1968)

БОТАНИКА

Л. М. АЛОЕВА

К ИЗУЧЕНИЮ РОДА *ASTRAGALUS* L.

Резюме

Целью нашей работы было изучение анатомических признаков двух видов трагакантовых астрагалов (*Astragalus caucasicus* Pall. и *A. microcephalus* Willd. секция *Olyganthos* Boriss), собранных с некоторых сухих местообитаний Восточной Грузии.

Проведенная работа показывает, что в строении различных органов (листочки, черешки, однолетний побег) изученных астрагалов структурные признаки приспособления к внешним условиям различны. С этой точки зрения заслуживают внимания эпидермис и палисадная ткань листочков; в эпидермисе — размер клеток, количество устьиц на единицу площади и размер замыкающих клеток устьиц; в мезофилле листочков — количество палисадной паренхимы и ее соотношение к губчатой паренхиме. В черешке же листочка заслуживают внимания клетки с толстой целлюлозной оболочкой, характеризующиеся водоудерживающей способностью. В строении стебля (однолетнего побега) также обращают на себя внимание толстостенные клетки с целлюлозной оболочкой (первичная кора, сердцевина), которым присписывается высокая водоудерживающая способность. В стебле признаками ксероморфности являются также мощное развитие водопроводящих элементов, сильное развитие механической ткани и опушение.

დაბოლოს აღნიშნული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ვ. გულისაშვილი. მცენარეთა ეკოლოგია. თბილისი, 1960.
2. М. А. Шанидзе. Изв. Главн. бот. сада. 1936.
3. საქართველოს ფლორა, ტ. V, თბილისი, 1952.
4. П. А. Баранов. Бюллетень САГУ, 2, 1923.
5. П. А. Баранов. Бюллетень САГУ, 3, 1925.
6. Г. И. Подлавская. ДАН СССР, т. LXVI, № 5, 1949.
7. Л. И. Сергеев. Выносливость растений. М., 1953.
8. А. А. Никитин. Труды Бот. ин-та им. Комарова, сер. 5, вып. 10, 1962.
9. В. К. Василевская. Проблемы ботаники, вып. 1, М.—Л., 1950.



УДК 581.143.4

მცენარეთა ფიზიოლოგია

ლ. ჯაფარიძე

(საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი)

ფოთლის ფირფიტის ასაკობრივი შემცირება

უმაღლეს მცენარეების ფოთოლში მიმდინარე ასაკობრივი ცვლილებები მრავალმა მკვლევარმა შეისწავლა. ამ ცვლილებებისადმი დიდი ყურადღება აიხსნება არა მხოლოდ ფოთლის წამყვანი ფიზიოლოგიური დანიშნულებით, არამედ აგრეთვე მისი მნიშვნელობით ადამიანის სამეურნეო საქმიანობისათვის. მოგვეპოვება ფართო გამოკვლევები იმ ფიზიოლოგიურ, ბიოქიმიურ თუ ანატომიურ ცვლილებებზე, რომლებსაც განიცდის ფოთოლი თავისი განვითარებისა და მოპერების მსვლელობაში. მაგრამ, ჩვენი შეხედულებით, ფოთლის ასაკობრივი დინამიკის უფრო თვალსაჩინო მაჩვენებლად ფოთლის ფირფიტის ზომის ცვლილებები უნდა ჩაითვალოს. ამ მოვლენამ პირველად ჩვენი ყურადღება მიიპყრო 1942 წელს, დეკას (*Rhododendron caucasicum* Pall.) ფოთლის ტანიღშემცველობის შესწავლისას. მას შემდეგ არაერთხელ დავრწმუნდით იმაში, რომ აქ საქმე გვაქვს ზოგადი ხასიათისა და სრულიად კანონზომიერ მოვლენასთან, რომელიც ჩატომლაც ლიტერატურაში არაა აღნიშნული. ეს გარემოება გვაზღვინებს აღვნიშნოთ ფოთლის ფირფიტის ზომის ასაკობრივი შემცირების ზოგიერთი მაგალითი. ეს შემცირება გვხვდება როგორც ფოთოლცვენია, ისე მარადმწვანე ხემცენარეებში, მაგრამ აქ შევებებით მხოლოდ უქანასკნელთ, რომლებშიც ეს ცვლილებები უფრო თვალსაჩინოდ მიგვაჩნია.

ამგვარი გამოკვლევების დროს გათვალისწინებული უნდა იყოს, რომ არსებობს პირობების ნორმიდან არახელსაყრელ გადახრებს შეუძლიათ მნიშვნელოვნად შეცვალონ ასაკობრივი პროცესების მიმდინარეობა. ამისათვის მოგვყავს მონაცემები დაფნაზე, შქერსა და ბზაზე, რაც ავიღეთ სოხუმში, ე. ი. ამ მცენარეების ტიპურსა და ბუნებრივ ადგილსამყოფელის ზონაში. ცხრილში მოგვყავს ფოთლის ფირფიტის ზომები, გამოხატული სმ-ით (ციფრობრივი მასალის მათემატიკური დამუშავების შედეგები და მონაცემები სხვა მცენარეების შესახებ, ცალკე იქნება მოცემული).

დაფნის (1) და შქერის (2) ფოთლები სრულ განვითარებას აღწევენ შესამე წელიწადს, რის შემდეგ იწყება ფოთლის სიბერესთან დაკავშირებული ფირფიტის შეუქცევადი შემცირება. ბზის ფოთოლი (3) შედარებით მალე ასრულებს ზრდას, ამასთანავე ის უფრო დღეგრძელიც აღმოჩნდა. სიცოცხლის

ტბილისი

ფოთლის ფორფიტის ზომა (სმ²)

ფოთლის წარმოქმნის წელა	1968	1967	1966	1965	1964	1963	შეფუთვის %
ფოთლის ასაკი (წლ)	1	2	3	4	5	6	
1. <i>Laurus nobilis</i> L.	11	13	14	13	12	—	14
2. <i>Rhododendron ponticum</i> L.	90	92	99	93	69	—	30
3. <i>Buxus colchicca</i> Pojark	1,1	1,2	1,1	0,9	0,8	0,7	42

ნეორე ნახევარში, ოთხი წლის განმავლობაში მისი ზომა მცირდება ოთხი მეათედით.

ეჭვს გარეშეა, რომ ფოთლის ასეთი მნიშვნელოვანი შემცირება მჭიდროდაა დაკავშირებული აღნაგობასა, ცხოველმოქმედებასა და ქიმიურ თვისებებში მიმდინარე ასაკობრივ ცვლილებებთან. ცხადია აგრეთვე, რომ არსებული წარმოდგენა ფოთლის ფოტოსინთეზზე, ტრანსპირაციაზე და საერთოდ ცხოველმოქმედების იმ მხარეებზე, რომელთა გამოსახვა ფოთლის ზედაპირის ერთეულზე გადაანგარიშებით ხდება ხოლმე, საჭიროებს დაზუსტებას, ერთგვარ „ასაკობრივ კოეფიციენტს“, რაც განსხვავებული იქნება მცენარეებისდა მიხედვით. მაგალითად, ფოტოსინთეზის მწარმოებელი უჯრედების რაოდენობა, ფოთლის ფართის ერთეულზე გაანგარიშებული, ასაკთან დაკავშირებით, ბზის შემთხვევაში შეიძლება თითქმის ერთი-ორად. ხოლო დაფნის შემთხვევაში — მხოლოდ ერთი მეათედით განსხვავდებოდეს.

ქაქარტელის სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ბოტანიკის ინსტიტუტი

(შეშვიდა 10.9.1968)

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Л. И. ДЖАПАРИДЗЕ

(академик АН ГССР)

ВОЗРАСТНОЕ СОКРАЩЕНИЕ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ

Резюме

Возрастные изменения, происходящие в листе высших растений, изучаются многими исследователями. Большой интерес к этим изменениям объясняется не только ведущей физиологической ролью листа, но и значением последнего в хозяйственной деятельности человека. Имеются обширные исследования о физиологических, биохимических и анатомических изменениях, претерпеваемых листом по мере его разви-

ტია და სტარენია. ოდნაკო ნაიბოლესე ნაგლადნიმ პოკაზატელმ ვოზრასნიო დინამიკი ლესა, ნა ნაშ ვზგლად, ჯალესია იზმენენე რაზმერ ვლისოვოი პლასტინკი, ოსობენო ეე სტარესკოე სოკრასენენე. ვპერვესე ეტო პროცესე პრევლეს ნაშე ვნიმანიე ვ 1942 გ. ვ სვასი ს იზუჯენიემ ტაინი-დონოსნოსი ლესევ კავკასიკო როდოდენდრონო (*Rhododendron caucasicum* Pall). ს ტეხ პორ მი ნეოდნოკრატო უბესდალეს ვ ტომ, ჭო ვ დანიმ სლუჯაე იმეს ტესო ვპოლნე ჯაკონომეროე ჯალენენე ობესოე ხარაქტერი და ჭო, ვმესე ს ტემ, ვ ლიტერატურე ნე ვსტრესაესე უკაზანიე ნა ეო სუესტვონენე. ეტო ობესოასტელვო პობუჯდაეს ნას სოობესიშე ო ნეკოტორი პრემერა ვოზრასნიო სოკრასენენე ლესოვოი პლასტინკი. ონო ნაბლადესია კაკ უ ლესოპადნი, ტაკ და უ ვენოჯელენე დრევსენე რასენიე, ნო ჯდესე მი კოსენესე ტოლკო პოსლედნი, კოტორესე კაჯუსე ბოლეს პოკაზატელნიმი.

იმიე ვ ვიდი ჭო ნებლავოპრიასნიე უსოვონი სუესტვონენი მოგუტ სილენო იზმენიშე ხოვ ვოზრასნიე პროცესოვ, პრევოდიმ დანიეს პო ლავრუ ბლავოროდნო, სამსიშუ კოლხიდსკო და როდოდენდრონო პონტიესკო, ვჯაე ტ ვ სუხუმი, ტ. ე. ვ ზონე იხ ტიპიჩნო და ესესტვენოე პრეოზრასტანიე. ვ პრევოდიმოი ტაბლიცე დანიე რაზმერს ლესოვოი პლასტინკი ვ სმ². (რესულტაე მათემატიკესკოი ობრავოტკი ციფროვოი მასერიალად და დანიეს პო დრუგირ რასენიე ბუდუტ პრესტავლენე ოდელნი).

უ ლავრ და როდოდენდრონო ლესეა დოსეგაეუტ სვოეო პოლნო რაზმერ ნა ტრეეეე გოვ, პოსლე ჭო ნაჩინასესია ნეობრავიშე სტარესკოე უმენესენე ლესოვოი პლასტინკი. ლესეა სამსიშა სრავნიტელნო ბესტრესე დოსეგაეუტ ვზროსლო სოსოასნიე და, ვმესე ს ტემ, ოკაჯვასენესე დოლგოვეჩნეე. პრე სტარენიე ვ ტენენე 4 ლეს იხ რაზმერ უმენესაესია ნა ჭესერე დესაეე.

გოვ ობრავონიე ლესა	1968	1967	1966	1965	1964	1963	სოკრასენენე, %
ვოზრასტ ლესა ვ გოვად	1	2	3	4	5	6	
1. <i>Laurus nobilis</i> L.	11	13	14	13	12	—	14
2. <i>Rhododendron ponticum</i> L.	90	92	99	93	69	—	30
3. <i>Buxus colchica</i> Pojark	1,1	1,2	1,1	0,9	0,8	0,7	42

ნესომნენო, ჭო ტაკოე ბოლესოე სოკრასენენე რაზმერს ლესა ტესო სვასიანო ს ვოზრასნიე იზმენენიე ვ სტროენი, ჯიზნედეასტელნოსი და ხიმიკესკი ოსობენოსეა პოსლედნეო. ოვედიმნი ტაკჟე, ჭო ნაში პრესტავლენიე ო ფოტოსინტეზე, ტრანსპირასიე და დრუგირ სტორონა ჯიზნედეასტელნოსი ლესა, კოტორესე ვიჯისლესენესე ვ პერესესე ნა ესინიეცე პლ-

շաճի լիստա, նշաճալոսն ւո կորրեկտիւե, ւո նեկոտոր «ւոզրաճտոմ կոեֆֆիցիենտե», կոտորն ւոճտ ռազլիկոն ռազնոն ռազնոնոն. Կաւ, իսն լո ֆոտոսինտեզիւոնոնոն կլեոտոկ, քրիոճալոսնոն ւո ոճն ւո տն ճննիկն ւո լիստոյ քլոսաճն, ոոճտ ւո սաճնիտա ռազլիկալոսն իւո լի ոն ւո 2 ռազա, տոճտա կաւ ւո լաւրա — լիսն ւո ոճն ճեսաոյոն, ւո ճաւիսնոսնոն ոտ ճոզրաճտ լիստա.



С. В. ДУРМИШИДZE
(академик АН ГССР)

УСВОЕНИЕ РАСТЕНИЯМИ НЕКОТОРЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ И СПИРТОВ ИЗ ВОЗДУХА

Усвоение листьями растений летучих соединений из воздуха является одним из звеньев их физиолого-биохимического взаимодействия [1]; вещества, выделяемые одними растениями, могут усваиваться другими и в таком случае обмен метаболитами будет оказывать существенное влияние на жизнедеятельность растений.

Исследование путей превращения усвоенных листьями соединений должно также раскрыть некоторые важные стороны метаболизма ряда веществ в растениях [2].

Поглощение летучих веществ листвой может сыграть известную роль и в решении проблемы очистки загрязненного воздуха. В атмосфере многих городов обнаруживается довольно много токсических соединений [3]. Одни только отработанные газы бензиновых и дизельных транспортных двигателей содержат не один десяток токсичных компонентов [4]. Выявление отношения разных видов растений к токсичным веществам будет способствовать разработке биологического метода очистки воздуха.

Изучение усвоения и превращения растениями летучих соединений, имея в виду все эти три аспекта, проводится в Лаборатории биохимии растений АН Грузинской ССР.

Настоящая статья содержит данные относительно усвоения некоторых органических кислот и спиртов эфиросами.

Задачей нашего исследования было выяснить: могут ли листья усваивать содержащиеся в воздухе спирты и кислоты, и если могут, то включаются ли они в обмен веществ растения?

Установление соответствующих фактов свидетельствовало бы также о возможности метаболизма компонентов эфирных масел до их выделения в атмосферу.

Эксперименты были проведены с радиоактивными веществами (^{14}C -муравьиной, ^{14}C -валерьяновой, ^{14}C -масляной и ^{14}C -ацетоуксусной кислотами, ^{14}C -изопропиловым, ^{14}C -амиловым, ^{14}C -гексилловым, ^{14}C -октиловым и ^{14}C -бензиловым спиртами) на базилике, герани и мяте.

Опыты проводились в темноте, при температуре 20°C как на цельном растении, так и на срезанных побегах. Каждому виду растения давались в основном те кислоты и спирты, которые обнаруживаются обычно в их выделениях.

Перед опытом растение обрабатывалось 0,1% раствором сулемы. В окружающую атмосферу радиоактивные вещества вносились в количестве от 0,006 до 0,01% объема камеры. Продолжительность опыта составляла 45 часов. После опыта материал фиксировался; затем посредством 80% этанола из него извлекались вещества и радиоактивность различных соединений определялась хроматографией на бумаге при помощи автордиограмм [5].

Первые же результаты показали, что листья усваивают внесенные в воздух радиоактивные органические кислоты и спирты и их радиоактивный углерод передвигается в другие органы растения. Например, при условии листьями мяты ^{14}C -валерьяновой кислоты удельная радиоактивность (на 1 г сырого веса) побегов, находившихся вне радиоактивной камеры, составляла, в сравнении с листьями, 18,8%, а корней — 102,2%; после поглощения ^{14}C -изопропилового спирта листьями герани удельная радиоактивность в ее побегах равнялась 31,7%.

Однако передвижение радиоактивного углерода органических кислот и спиртов из листьев в другие органы растения — это все же лишь косвенное доказательство их метаболизма. Поэтому особое внимание было уделено идентификации образующихся веществ, в частности органических кислот, поскольку они принадлежат к числу первичных продуктов превращения.

При усвоении валерьяновой кислоты и гексилового, октилового и бензилового спиртов листьями базилика из них идентифицированы: гликолевая, яблочная, янтарная, малоновая и изолимонная кислоты (табл. 1).

Таблица 1
Усвоение некоторых спиртов и валерьяновой кислоты из воздуха листьями базилика

№	Усвоенные вещества	Радиоактивность ткани в тыс. имп/мин на 1 г сырого веса	Количество усвоенного ^{14}C -вещества в мг на 1 г сырого веса	Радиоактивность органических кислот и аминокислот в % от общей	Идентифицированные кислоты
1	Валерьяновая кислота	1400	7,6	10,3	Яблочная, изолимонная
2	Гексильный спирт	3800	10,0	15,0	Гликолевая, яблочная, янтарная, малоновая
3	Октиловый спирт	3750	32,1	4,1	Гликолевая
4	Бензиловый спирт	180	1,0	9,3	Гликолевая, яблочная

Идентификация радиоактивных органических кислот с очевидностью показывает, что вещества, поглощенные листьями, подвергаются превращениям.

Усвоение и превращение каждого соединения обнаруживает некоторое своеобразие. Например, если за 45 часов 1 г сырых листьев базилика поглощает 1 мг бензилового спирта, то усвоенного октилового спирта оказывается 31,1 мг. В продуктах превращения бензилового спирта радиоактивность органических кислот и аминокислот оказалась в два раза большей, чем в веществах превращения октилового спирта; в случае же гексилового спирта радиоактивность фракций органических и аминокислот еще выше.

Состав идентифицированных органических кислот также различен. Например, из радиоактивных соединений метаболизма октилового спирта идентифицирована только одна гликолевая кислота, а при превращении гексилового спирта, кроме нее, были выделены яблочная, янтарная и малоновая кислоты.

Таблица 2

Усвоение некоторых кислот и спиртов из воздуха листьями герани

№	Усвоенные вещества	Радиоактивность ткани в тыс. имп/мин на 1 г сырого веса	Количество усвоенного C^{14} -вещества в мг на 1 г сырого веса	Радиоактивность органических кислот и аминокислот в % от общей	Идентифицированные кислоты
1	Муравьиная кислота	44	0,25	6,0	Яблочная
2	Масляная кислота	600	6,8	3,0	Яблочная
3	Валериановая кислота	1560	8,4	10,4	Яблочная, янтарная
4	Ацетоуксусная кислота	11000	25,2	38,0	Гликолевая, яблочная, янтарная
5	Изопропиловый спирт	142	1,0	11,1	Гликолевая, яблочная, янтарная
6	Октиловый спирт	1700	15,0	16,0	Гликолевая, яблочная, янтарная

В процессе превращения муравьиной, масляной, валериановой и ацетоуксусной кислот и изопропилового и октилового спиртов из листьев герани идентифицированы гликолевая, яблочная и янтарная кислоты (табл. 2).

Особенность растений в связи с метаболизмом летучих соединений обнаруживается при сопоставлении результатов усвоения октило-



вого спирта базиликом и геранью (табл. 1 и 2). Листья герани усваивают в два раза меньше октилового спирта и включают в органические кислоты и аминокислоты в четыре раза больше радиоактивности, чем листья базилика.

Иная картина наблюдается при усвоении и превращении валерьяновой кислоты листьями базилика, герани и мяты; в этом случае мы имеем показатели радиоактивности органических кислот и аминокислот одного и того же порядка (табл. 3).

Таблица 3

Усвоение некоторых кислот и спиртов из воздуха листьями мяты

№	Усвоенные вещества	Радиоактивность ткани в тыс. имп/мин на 1 г сырого веса	Количество усвоенного C^{14} -вещества в мг на 1 г сырого веса	Радиоактивность органических кислот и аминокислот в % от общей	Идентифицированные органические кислоты
1	Валерьяновая кислота	2400	13,3	12,3	Гликолевая, янтарная, яблочная, фумаровая
2	Ацетоуксусная кислота	5500	25,6	4,4	Яблочная, янтарная
3	Изопропиловый спирт	1240	8,4	7,5	Яблочная, янтарная
4	Амиловый спирт	5200	25,2	3,4	Яблочная

Среди кислот своей метаболитической активностью выделяется ацетоуксусная кислота. В продолжение 45 часов листья герани и мяты усваивают ее в количестве 25 мг на 1 г сырого веса. Следует отметить также, что листья герани и мяты значительно отличаются друг от друга в отношении включения радиоактивного углерода ацетоуксусной кислоты во фракции органических кислот и аминокислот (табл. 2 и 3); радиоактивность этих фракций в листьях герани оказалась приблизительно в девять раз больше, нежели в листьях мяты.

Листьями мяты было также усвоено большое количество амилового спирта. Наименьшей усвояемостью характеризуется муравьиная кислота (0,25 мг на 1 г сырого веса листьев). Возможно, это явление связано с ее токсичностью.

При метаболизме валерьяновой и ацетоуксусной кислот и изопропилового и амилового спиртов из листьев мяты идентифицированы гликолевая, фумаровая, янтарная и яблочная кислоты (табл. 3).

Обнаружение высокорadioактивной фракции органических кислот и аминокислот и идентификация некоторых соединений цикла трикарбонных кислот и глиоксилатного цикла позволяют заключить, что усвоенные листьями кислоты и спирты включаются в метаболизм главным образом путем их аэробного окисления.

Таким образом, экспериментально показано, что выделяемые эфирносами в атмосферу спирты и кислоты могут усваиваться этими же растениями обратно. В то же время листья одного вида поглощают вещества, выделяемые другими видами.

Усвоенные листьями из воздуха летучие спирты и кислоты включаются в общий метаболизм вещества и продукты их превращения передвигаются во все органы растения. По-видимому, в какой-то мере с этим явлением связан и давно известный факт влияния компонентов эфирных масел на рост и развитие растений. Надо полагать также, что взаимное влияние растений в ценозах обуславливается постоянным обменом выделяемых ими соединений и через листья.

На основании наших данных выявляется возможность и подбора таких видов растений, которые могли бы уменьшить количество вредных веществ в воздухе.

Академия наук Грузинской ССР
Лаборатория биохимии растений

(Поступило 25.9.1968)

გეოგრაფია

ს. ლურჯინიძე

(საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი)

ზოგიერთი ორგანული მჟავისა და სპირტის ათვისება ჰაერშიდან მცენარეთა მიერ

რადიოაქტიურ ნაერთთა გამოყენებით ნაჩვენებია, რომ რეჰანის ფოთლები ჰაერიდან ითვისებს ვალერიანის მჟავას, ჰექსილის, ოქტილისა და ბენზილის სპირტებს. გერანის ფოთლები — ჭიანჭველას, ერბოს, ვალერიანისა და აცეტომჟრის მჟავებს, იზოპროპილისა და ამილის სპირტებს, პიტნის ფოთლები — ვალერიანისა და აცეტომჟრის მჟავებს და იზოპროპილისა და ამილის სპირტებს. ფოთლების მიერ ათვისებული მჟავები და სპირტები ირთვება საერთო მეტაბოლიზმში, ხოლო მათი გარდაქმნის პროდუქტები ვრცელდება მცენარეთა ყველა ორგანოში.

შთანთქმულ ნაერთთა რაოდენობა და მათი გარდაქმნის პროდუქტთა ბუნება დაშოკიდებულია როგორც თვით ნაერთზე, ისე მცენარის სახეობაზე.

დასრულებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Физико-биохимические основы взаимного влияния растений в фитоценозе. М., 1966.
2. С. В. Дурмишидзе. Вопросы метаболизма компонентов эфирных масел. 4-й Международный конгресс по эфирным маслам. Краткое содержание докладов. Тбилиси, 1968.
3. Air Pollution, v. 1, Edited by Arthur C. Stern. Acad. Press, 1968.
4. И. Л. Варшавский. Современное состояние вопроса обеспечения малотоксичной работы транспортных двигателей. Токсичность двигателей внутреннего сгорания и пути ее снижения (доклады). М., 1966.
5. Р. Я. Школьник, Н. Г. Доман. Биохимия, 25, 2, 1960, 276.



М. А. БОКУЧАВА (член-корреспондент АН ГССР), Г. Н. ПРУИДZE

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИФЕНОЛОКСИДАЗЫ И ПЕРОКСИДАЗЫ ПРИ ХРОМАТОГРАФИИ СУММАРНОГО БЕЛКА ЛИСТЬЕВ ЧАЙНОГО РАСТЕНИЯ

Исследование ферментов относится к числу актуальнейших вопросов современной биохимии, имеющих большое теоретическое и практическое значение. Общеизвестна та исключительно важная роль, которая принадлежит ферментам в биологическом обмене веществ и в производственных процессах при переработке сырья растительного и животного происхождения [1—7].

Целью данной работы является исследование полифенолоксидазы и пероксидазы чайного листа. Использовались свежие молодые 2—3-летние побеги чайного растения, которые замораживались сухим льдом, измельчались и обрабатывались 4 раза очищенным ацетоном [8] в гомогенизаторе. В работе принимали участие Т. Х. Шаламберидзе и Г. А. Грибина.

Выделение суммарного белка из ацетонового препарата производили по Грегори и Бэндаллу [9] путем последовательного экстрагирования белка глициновым буфером, удаления экстракта центрифугированием, гомогенизации осадка, полученного после диализа подкисленного экстракта, в цитратном буфере. Из гомогената белок высаливали сульфатом аммония (60—90% насыщения), затем растворяли в воде и освобождали от солей диализом. Полученный препарат фермента хроматографировали на КМ-целлюлозе при 4°C. Фракционирование белка проводили ступенчатым способом изменения состава элюата на колонке (2,25×18,0 см), уравновешенной 0,05 М ацетатным буфером, pH 5,4. Элюирование проводили с применением следующих растворов: 1) 0,05 М ацетатный буфер; 2) 0,1 М; 3) 0,15 М; 4) 0,2 М; 5) 0,3 М; 6) 0,4 М; 7) 0,5 М; 8) 0,8 М; 9) 1,0 М NaCl в 0,05 М ацетатном буфере, pH 5,4.

Отдельные фракции фермента, полученные после хроматографии суммарного белка на КМ-целлюлозе, пропускали через свежеприготовленную колонку (1,2×2,0 см) гидроксилпатита [10], уравновешенную 0,01 М фосфатным буфером, pH 6,8. Элюирование проводили ступенчато 0,01—0,3 М фосфатным буфером, pH 6,8.

Элюаты собирали по 3 мл на коллекторе. Концентрацию белка в них определяли спектрофотометрически (СФ-4А) при 280 мкм и тол-

щине слоя 1 см. О полифенолоксидазной активности в пробах судили по поглощению O_2 в аппарате Варбурга. Активность полифенолоксидазы выражали в единицах — количестве фермента, которое катализирует поглощение 1 мМ кислорода в 1 мин, а удельную активность — в единицах фермента на 1 мг белка. Пероксидазную активность определяли по В. Р. Попову [11], белок — общепринятым методом [12] и по Лоури [13].

Для опыта было взято 7 кг свежего чайного листа, из которых вышеуказанным методом получили 365 мг суммарного белка. Изучение активности окислительных ферментов в белке показало, что удельная активность полифенолоксидазы в 82, а пероксидазы в 63 раза превышала их удельную активность в исходном листе (табл. 1). Полученный суммарный белок фракционировали на КМ-целлюлозе. Результаты представлены на рис. 1. Из приведенных на рисунке данных видно, что белок листьев чая состоит из разных компонентов. Отдельные компоненты не представляют собой индивидуальных белков, на что указывает многовершинность отдельных зон, а также их хроматография на гидроксилпатите. Перехроматография № 2 зоны белка на КМ-целлюлозе дала возможность разделить ее на два пика (0,05 М и 0,1 М NaCl). Максимальное содержание белка наблюдается в первой зоне.

Таблица 1

Сравнительная активность полифенолоксидазы и пероксидазы свежего чайного листа и очищенных препаратов фермента

Наименование	Полифенолоксидаза	Пероксидаза
	Поглощение O_2 , мкл на 1 мг белка за 1 час	Оптическая плотность раствора пирогаллола при 360 мкм за 1 час
Свежий чайный лист	1,8	0,048
Очищенный препарат суммарного белка	145,2	0,858
Очищенная фракция фермента после хроматографии на гидроксилпатите	5760,0	40,2

Исследование полифенолоксидазы и пероксидазы полученных пиков белка показало, что их активность проявляется многократно в нескольких зонах (рис. 1 и 2). Активность полифенолоксидазы обнаруживается в семи зонах. Наибольшая активность полифенолоксидазы появляется при элюировании 0,05 М и 0,1 М NaCl. Активность фермента исчезает после 0,5 М NaCl. Такео и Уритани [14] при выделении полифенолоксидазы из листьев чая обнаружили три пика, обладающих полифенолоксидазной активностью. Указанные авторы брали только растворимую фракцию фермента и сравнительно малое ко-

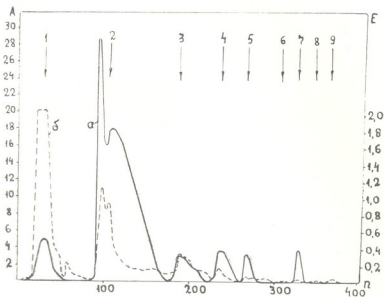


Рис. 1. Фракционирование суммарного белка листьев чая на КМ-целлюлозе: а—полифенолоксидаза; б—оптическая плотность при 280 мμ; 1—9—элюирующие растворы; А—удельная активность фермента; н—номер проб

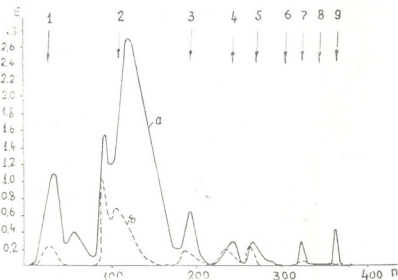


Рис. 2. Активность пероксидазы и полифенолоксидазы при фракционировании суммарного белка листьев чая на КМ-целлюлозе: а—пероксидаза; б—полифенолоксидаза; 1—9—элюирующие растворы; Е—оптическая плотность при 360 мμ; н—номер проб

ლიეხტოვანი იხოდნოი ლისტა. ეტიმ, ვიდიმო, იხილნისიეტი თოტ ფაქტი, ცჷო ინი ნაშლი თოლკო ტრი აქტიური პიკა ბელკა.

В настоящее время установлена многокомпонентность полифенолоксидаз, выделенных из клубней картофеля [15], табака [16], кожуры яблок [17], батата [18], грибов [19]. Считают, что эти компоненты являются изоферментами.

Как видно из рис. 2, пероксидазная активность появляется в восьми зонах, причем наиболее сильно в первой и второй зоне. Активность пероксидазы исчезает после элюирования 1 М NaCl. Из приведенных на рис. 2 данных следует также, что соотношение активностей полифенолоксидазы и пероксидазы неодинаково в разных пиках.

Хроматография полученных отдельных белков фракций на гидроксилатите дала возможность разделить ферменты полифенолоксидазы и пероксидазы. При этом резко увеличилась удельная активность указанных ферментов. Грегори и Бэндалл [9] получали полифенолоксидазу и пероксидазу вместе. Им не удалось разделить эти ферменты.

Изучение удельной активности выделенных нами ферментов показало, что активности очищенной фракции полифенолоксидазы и очищенных препаратов пероксидазы превышали активность исходного чайного листа соответственно в 3200 и 850 раз (табл. 1).

Установлена многокомпонентность полифенолоксидазы и пероксидазы молодых листьев чайного растения. Этот факт позволяет предположить о существовании изоферментов указанных ферментов в чайном растении. Разделены ферменты полифенолоксидаза и пероксидаза чайного листа.

Для выяснения природы этих ферментов возникает необходимость дальнейшего изучения их специфичности и физико-химических свойств. Работа в этом направлении нами продолжается.

Институт биохимии АН СССР

(Поступило 24.7.1968)

ბიოქიმიკა

მ. ბოკუჩავა (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრი-კორესპონდენტი), გ. ფრუძე

პოლიფენოლოქსიდაზასა და პეროქსიდაზას ზამოკვლევა ჩაის მცენარის ფოთლის საერთო ცილის ქრომატოგრაფიის დროს

რეზიუმე

ჩატარებული ექსპერიმენტული გამოკვლევის საფუძველზე დადგენილია ჩაის ფოთლის პოლიფენოლოქსიდაზასა და პეროქსიდაზას მრავალკომპონენტურობა. ჩვენი აზრით, ეს კომპონენტები წარმოადგენენ იზოფერმენტებს.

დაცილებულ იქნა ერთმანეთისაგან ფერმენტები პოლიფენოლოქსიდაზა და პეროქსიდაზა. მიღებულია პოლიფენოლოქსიდაზას გასუფთავებული ფრაქცია 3200-ჯერ უფრო აქტიური და პეროქსიდაზას პრეპარატი 850-ჯერ აქტიუ-

რი, საწყის ფოთლოვან შედარებით. აღნიშნული ფერმენტების ბუნების და-სადგენად საჭიროა მათი სპეციფიურობისა და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების შემდგომი შესწავლა. ამ მიმართულებით მუშაობას ვაგრძელებთ.

დაამუშავებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. Н. Бах. Изв. АН СССР, сер. биол., № 4, 1936, 527.
2. А. И. Опарин. Биохимия чайного производства, 1, 1935, 6.
3. А. И. Опарин. В кн.: «Ферменты». М.—Л., 1940.
4. А. Л. Курсанов. Биохимия чайного производства, I, 1935, 88.
5. М. А. Бокучава. Биохимия, 13, 1948, 2.
6. М. А. Бокучава. Биохимия чайного производства, 6, 1950, 100.
7. В. Л. Кретович. Введение в энзимологию. М., 1967.
8. К. Вейганд. Методы эксперимента в органической химии, I, М., 1950, 148.
9. R. P. F. Gregory, D. S. Bendall. J. Bioch. 101, № 3, 1966, 569.
10. O. Levin. Methods in Enzymology, vol. 5, 1962, 27.
11. В. Р. Попов. В кн.: «Биохимия и прогрессивная технология чайного производства», 106, М., 1966.
12. А. Н. Белозерский, Н. И. Проскуряков. Практическое руководство по биохимии растений. М., 1951.
13. Дж. Бэйли. Методы химии белков. М., 1965.
14. Т. Такео, J. Uritani. Agr. and Biol. Chem., 30 № 2, 1966, 155.
15. А. С. Вечер, В. Н. Решетников, О. К. Василькевич. ДАН БССР, XI, № 3, 1967.
16. R. A. Clayton. Bioch. and Biof. 81, № 2, 1958, 404.
17. G. R. L. Walker, A. C. Hulme. Phytochemistry, 5, № 2, 1966, 259.
18. H. Nyodo, J. Uritani. J. Biochem. 58, № 4, 1965.
19. S. Bouchillonx, P. Memahill, H. Mason. J. Biol. Chem., 238, 5, 1963, 1699.

Э. Г. КИРТАДЗЕ, Н. А. КАЛИЧАВА

ВКЛЮЧЕНИЕ 1,2C¹⁴-АЦЕТАЛЬДЕГИДА, 1C¹⁴-ЭТИЛОВОГО СПИРТА И 1 И 2C¹⁴-ГЛИЦЕРИНА В БИОМАССУ ДРОЖЖЕЙ ПРИ ВТОРИЧНОМ СПИРТОВОМ БРОЖЕНИИ

(Представлено академиком С. В. Дурмишидзе 7.5.1968)

Представления о механизме образования и превращения вторичных продуктов спиртового брожения за последние годы заметно расширились и углубились. Использование меченых соединений дало возможность по новому подойти к рассмотрению химизма спиртового брожения виноградного сока.

Весьма важным является тот факт, что некоторые продукты брожения вновь вовлекаются в сложный метаболизм веществ дрожжей и используются в синтезе определенных компонентов вина и клеток дрожжей [1—6]. Как известно, образование большой группы вторичных продуктов брожения связано с разными реакциями превращения ацетальдегида, образующегося вместе с глицерином в ходе глицеропировиноградного брожения [7—12]. Однако пути биохимического превращения составных компонентов вина при вторичном спиртовом брожении остаются пока недостаточно изученными. Между тем, изменения химического состава вина, а также соотношения между отдельными его компонентами за счет превращений продуктов первичного брожения в процессе вторичного брожения могут сыграть важную роль в производстве шампанских вин.

Мы задались целью изучить возможности включения в биомассу дрожжей радиоактивного ацетальдегида, этилового спирта и глицерина при вторичном спиртовом брожении. Результаты включения некоторых органических кислот и аминокислот в биомассу дрожжей были опубликованы нами ранее [13].

Вторичное брожение проводилось в приготовленной тиражной смеси. В качестве бродильного агента были использованы винные дрожжи *Sacch. vini* Кахури-7. Растворы отдельных радиоактивных веществ добавлялись в тиражную смесь через 24—30 часов с момента посева дрожжей. Радиоактивный углерод вносился во все опытные образцы в количестве около 0,5 мс на 1 мл вина. Смесь разливали в бутылки и ставили на шампанизацию при температуре 14—16°C.

Анализ шампанского для определения радиоактивности дрожжей,



вина и выделенного углекислого газа производили спустя 3 месяца после закладки опытных образцов вин по ранее опубликованной методике [13].

В табл. 1 приведены результаты одного из опытов. Как видно из этих данных, радиоактивный углерод всех изученных соединений с различной интенсивностью включается в биомассу дрожжей при вторичном спиртовом брожении. Активнее других усваивается $1,2C^{14}$ -ацетальдегид. Удельная активность дрожжей при усвоении $1,2C^{14}$ -ацетальдегида в 4 раза больше, чем при усвоении $1C^{14}$ -этилового спирта, и в 16 раз больше, чем при усвоении $1C^{14}$ -глицерина.

Аналогичные результаты имели место при изучении превращений веществ разложения сахара в процессе первичного брожения [3—5]. Высокая активность дрожжей была получена из радиоактивного ацетальдегида также при брожении пивного сусла [14, 15]. Кроме того, оказалось, что даже незначительные количества ацетальдегида заметно стимулируют нарастание биомассы дрожжей в течение всего процесса брожения [16, 17].

Интересно отметить, что и в наших опытах при внесении в среду $1,2C^{14}$ -ацетальдегида количество образовавшихся дрожжей заметно увеличивалось, хотя условия жизнедеятельности дрожжей при первичном и вторичном брожениях значительно отличались.

Сравнивая результаты включения в биомассу дрожжей $1,2C^{14}$ -ацетальдегида, $1C^{14}$ -этилового спирта и $1C^{14}$ -глицерина с аналогичными данными, полученными в процессе первичного брожения [3—5], можно заключить, что при вторичном брожении наблюдается менее интенсивное включение этих соединений в биомассу дрожжей. Однако относительный порядок интенсивности их усвоения при первичном и вторичном брожении одинаков.

Включение в биомассу дрожжей радиоактивных углеродов ацетальдегида, этилового спирта и глицерина сопровождается выделением радиоактивного углекислого газа. Удельная активность $C^{14}O_2$ при усвоении $1C^{14}$ -этилового спирта в 2 раза больше, чем при усвоении $1,2C^{14}$ -ацетальдегида, и почти в 4 раза больше, чем при усвоении $1C^{14}$ -глицерина. Сравнительно низкая удельная радиоактивность $C^{14}O_2$, выделенного при усвоении $1,2C^{14}$ -ацетальдегида, по-видимому, обуславливается также нарастанием биомассы дрожжей.

Радиоактивность выделенного CO_2 при вторичном брожении по отношению к первоначальной радиоактивности внесенного соединения довольно низкая и не превышает сотых долей процента.

Окисление же в процессе первичного брожения ацетальдегида, этилового спирта и глицерина при их включении в биомассу протекает более усиленно и выражается в процентах целыми числами [4, 5].

Включение меченых углеводов ацетальдегида, этилового спирта и глицерина в биомассу дрожжей (1—14—16)

Соединения, внесенные в питательную смесь до начала брожения	Первоначальная активность соединения, тыс. имп/мин в 400 мл	Количество дрожжей после опыта, мг	Удельная активность дрожжей после опыта, тыс. имп/мин на 10 мг	Суммарная активность выделенного углекислого газа тыс. имп/мин	Удельная активность выделенного углекислого газа, тыс. имп/мин. на 10 мг дрожжей	Радиоактивность дрожжей, % от первоначальной активности	Радиоактивность углекислого газа, % от первоначальной активности
1^{14}C -ацетальдегид	260039	326,6	97	81	2,4	1,18	0,04
1C^{14} -этиловый спирт	249698	280,5	24	137	4,8	0,27	0,03
1C^{14} -глицерин	258412	276,0	6	24	1,8	0,06	0,01

Таблица 2

Включение 2C^{14} -глицерина в биомассу дрожжей

Соединения, внесенные в питательную смесь до начала брожения	Время внесения 2C^{14} -соединения в среду после посева дрожжей, час	Температура брожения, °C	Первоначальная активность соединения, тыс. имп/мин в 400 мл	Количество дрожжей после опыта мг	Удельная активность дрожжей после опыта, тыс. имп/мин на 10 мг	Суммарная активность выделенного углекислого газа тыс. имп/мин	Радиоактивность дрожжей, % от первоначальной активности
2C^{14} -глицерин	24—30	14—16	278127	252,7	9	0	0,08
2C^{14} -глицерин	48—55	24—26	249213	271,0	12	0	0,13



При включении в биомассу дрожжей $2C^{14}$ -глицерина $C^{14}O_2$ не выделяется. Окисление $2C^{14}$ -глицерина с выделением радиоактивного углекислого газа не обнаруживается ни при внесении его в среду до начала основного размножения дрожжей, ни при повышении температуры брожения, хотя второй углерод глицерина более интенсивно включается в биомассу дрожжей, чем первый (табл. 1 и 2).

Интенсивность включения в биомассу дрожжей $2C^{14}$ -глицерина усиливается с повышением температуры, так как даже при внесении в среду $2C^{14}$ -глицерина после основного размножения дрожжей их удельная активность оказалась больше (табл. 2).

Результаты включения $1C^{14}$ и $2C^{14}$ -глицерина в биомассу дрожжей показывают, что продукты их превращения не подвергаются дальнейшим окислениям по циклу Кребса в заметном количестве. По-видимому, часть пировиноградной кислоты, образовавшейся из глицерина, декарбоксилируется и выделяется радиоактивный углекислый газ, а радиоактивность биомассы дрожжей обуславливается усвоением продуктов превращения глицерина: глицеринового альдегида, пировиноградной кислоты, ацетил-КоА, ацетальдегида и др.

Выводы

1. В процессе вторичного спиртового брожения $1,2C^{14}$ -ацетальдегид, $1C^{14}$ -этиловый спирт и $1C^{14}$ и $2C^{14}$ -глицерин включаются в биомассу дрожжей с разной интенсивностью. Активнее других усваивается $1,2C^{14}$ -ацетальдегид.

2. Включение $1,2C^{14}$ -ацетальдегида, $1C^{14}$ -этилового спирта и $1C^{14}$ -глицерина сопровождается выделением радиоактивного углекислого газа.

3. При включении $2C^{14}$ -глицерина в биомассу дрожжей выделение радиоактивного углекислого газа не наблюдается. Интенсивность включения в биомассу дрожжей $2C^{14}$ -глицерина усиливается с повышением температуры брожения.

4. Усвоение и превращение ацетальдегида, этилового спирта и глицерина при вторичном спиртовом брожении протекает менее активно, чем в процессе первичного брожения, хотя особенности включения каждого из этих соединений в биомассу дрожжей при первичном и вторичном брожениях носят одинаковый характер.

Академия наук Грузинской ССР
Лаборатория биохимии растений

(Поступило 15.5.1968)

მ. კირთაძე, ნ. ხალიჩავა

1,2 C¹⁴-აცეტალდეჰიდის, 1 C¹⁴-ეთილის სპირტისა და 1 C¹⁴. და
 2 C¹⁴-გლიცერინის ჩართვა საფუძვრის ბიომასაში მემორეული
 სპირტული დუღილის დროს

რეზიუმე

შესწავლილია 1,2 C¹⁴-აცეტალდეჰიდის, 1 C¹⁴-ეთილის სპირტის და 1 C¹⁴-
 და 2 C¹⁴-გლიცერინის გარდაქმნა მეორეულ სპირტულ დუღილში. დად-
 გინდა, რომ 1,2 C¹⁴-აცეტალდეჰიდის, 1 C¹⁴-ეთილის სპირტის და 1 C¹⁴. და
 2 C¹⁴-გლიცერინის რადიექტიური ნახშირბადი სხვადასხვა ინტენსივობით ერ-
 თევა საფუძვრის ბიომასაში მეორეული სპირტული დუღილის დროს. ყველაზე
 ინტენსიურად შეითვისება 1,2 C¹⁴-აცეტალდეჰიდი.

1,2 C¹⁴-აცეტალდეჰიდის, 1 C¹⁴-ეთილის სპირტის და 1 C¹⁴-გლიცერინის
 ჩართვას საფუძვრის ბიომასაში თან სდევს რადიექტიური C¹⁴O₂-ის გამოყო-
 ფა. 2 C¹⁴-გლიცერინის ჩართვისას საფუძვრის ბიომასაში რადიექტიური C¹⁴O₂
 არ გამოიყოფა. 2 C¹⁴-გლიცერინის საფუძვრის ბიომასაში ჩართვის ინტენსივობა
 იზრდება დუღილის ტემპერატურის აწევასთან ერთად.

1,2 C¹⁴-აცეტალდეჰიდის, 1 C¹⁴-ეთილის სპირტის და 1 C¹⁴-გლიცერინის
 ჩართვა საფუძვრის ბიომასაში უფრო ნაკლები ინტენსივობით ხდება მეორეუ-
 ლი სპირტული დუღილის პროცესში, ვიდრე პირველადი დუღილის დროს.
 თუმცა აღნიშნული ნაერთების საფუძვრის ბიომასაში ჩართვის თავისებურე-
 ბანი ორივე პროცესში ერთნაირია.

დასომავალი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. Я. Веселов, Н. В. Покровская. Труды Всесоюзного и.-и. ин-та пивоваренной промышленности., вып. VI, 1957, 32.
2. И. Я. Веселов, Н. В. Покровская, С. С. Рылкин. Труды Всесоюзного и.-и. ин-та пивоваренной промышленности, вып. VI, 1957, 141.
3. С. В. Дурмишидзе. Сообщения АН ГССР, т. XXIX, № 3, 1962.
4. С. В. Дурмишидзе. Пути превращения основных и вторичных продуктов спиртового брожения. Тбилиси, 1962.
5. С. В. Дурмишидзе. В сб.: «Проблемы эволюционной и технической биохимии». М., 1964.
6. ტ. ლომკაცი, ლ. ბოჭორიძე. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XXXIX, № 1, 1965.
7. В. З. Гваладзе. Корреляция между продуктами алкогольного брожения. Тбилиси, 1936.
8. L. Genevois. Bull. Soc. Chim. Biol., vol. 18, 1936.
9. E. Peunaud. Ind. Agric. Alem., vol. 65, 1948.
10. M. Lafon. Ann. Inst. nat. rech. S. E. Ann. tenh. agric., vol. 4, № 2, 1955.
11. L. Genevois. Ind. Agric. Alem., vol. 69, № 1, 1952.
12. L. Genevois. Bull. Soc. Chem., vol. 21, 1954.



13. Э. Г. Киртадзе. Сообщения АН ГССР, т. XLIX, № 2, 1968.
14. И. Я. Веселов, В. М. Левачева. Труды ВНИИППа, вып. IV, 1954.
15. И. Я. Веселов, В. М. Левачева, Э. Т. Фролова. Сессия АН СССР по мирному использованию атомной энергии, заседание отд. биол. наук, 1955, 270.
16. И. М. Грачева. Труды Центр. н.-и. ин-та спиртовой и ликеро-водочной промышленности, XI, 1961, 42.
17. И. Я. Веселов, И. М. Грачева. Труды V МБК, Симпозиум VIII. М., 1962.

К. И. ЧОЧИЕВА

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ПОЗДНЕПЛИОЦЕНОВОЙ- ПОСТПЛИОЦЕНОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЗАПАДНОЙ ГРУЗИИ

(Представлено академиком Л. Ш. Давиташвили 20.5.1968)

Летом 1965 г., составляя разрез по левому притоку р. Хора, сотрудники Грузинской лаборатории ВНИГНИ З. А. Имнадзе и Т. Г. Китовани на южном крыле Хварбетской синклинали (Западная Грузия, Махарадзевский район) обнаружили голубовато-серые тонкопесчанистые глины, переполненные остатками растений. Фауна не была найдена, поэтому, исходя из их стратиграфического положения этих отложений, З. А. Имнадзе и Т. Г. Китовани датируют их пока что условно в широких пределах — поздний плиоцен-постплиоцен.

В конце того же года Т. Г. Китовани передала нам несколько небольших образцов на предварительное заключение. Все образцы были промыты на палеокарпологический анализ, так как содержали исключительно мелкие остатки растений. Результаты анализа оказались более чем неожиданными: из породы весом менее 1 кг было отмыто такое множество разнообразнейших остатков хвойных, главным образом *Taxodiaceae* и *Cupressaceae*, равного которому не известно еще ни в одной, даже хорошо изученной палеофлоре Кавказа. В том, что обилие хвойных в пробных образцах не было случайным, убедило непосредственное знакомство с разрезом. Порода оказалась настолько насыщенной хвоей, обломками облиственных побегов, шишками и семенами *Taxodiaceae* и *Cupressaceae*, хвоей *Pinaceae*, что не удалось взять ни одного образца, не повредив их.

Наиболее многочисленны, массовы, остатки *Chamaecyparis* — рода, очень редко встречающегося в ископаемом состоянии. В Европе, например, *Chamaecyparis* отмечался только один раз — в плиоценовой флоре Кросценко [1]. Несколько небольших обломков облиственных побегов кипарисовика было найдено нами ранее в чаудинских отложениях Западной Грузии [2]. Все остальные указания на находку *Chamaecyparis* в ископаемом состоянии относятся исключительно к плиоцену и постплиоцену Японии [3] — стране, в растительном покрове которой этот род поныне широко представлен.



По обилию остатков в исследуемых отложениях *Chamaecyparis* не может идти в сравнение ни с какими другими хвойными. Обломки облиственных побегов кипарисовика, например, уже не поддаются количественному учету. Несравненно реже, чем *Chamaecyparis*, но тем не менее в обилии встречаются также шишки, семена, хвоя и обломки облиственных побегов *Sequoia* и *Cupressus*. Все остальные хвойные встречаются намного реже этих родов. Характерно при этом, что, в отличие от чаудинских отложений, в ныне исследуемых очень редка хвоя тсуги. Возможно, это обусловлено редкостью тсуги в лесах основной территории сноса, но может быть, и общим сокращением ее ареала произрастания. Судя по данным спорово-пыльцевого анализа [4], сокращение ареала произрастания тсуги в Западной Грузии прослеживается к концу чаудинского же века. В дальнейшем, как известно, она полностью исчезла с этой территории.

Следует отметить, также, что, в отличие от *Taxodiaceae* и *Cupressaceae*, остатки которых не только многочисленны, но и разнообразны, *Pinaceae* в исследуемых отложениях представлены только хвоей. Пока не удалось найти не то что шишки или семена, но даже их обломки. Не найдено здесь, кстати, и ни одного отпечатка листа покрытосемянного растения, обнаружены исключительно плоды и семена. Как показал анализ пробных же образцов, остатки покрытосемянных в исследуемых отложениях очень немногочисленны. В сущности, они встречаются лишь в виде небольшой примеси к хвойным, примерно в соотношении 1:100. Характерно при этом, что особенно малочисленны, если не сказать единичны, остатки древесных и кустарниковых пород. *Aesculus*, например, установлен по одному обломку створки плода. По 2—3 семенам определены *Betula* и *Ulmus*. Не многим больше плодов и семян *Pterocarya*, *Carpinus*, *Alnus*, *Eurya*, *Stuartia*, *Symplocos* и т. д. Относительно многочисленны (до 10 и немногим больше) плоды и семена травянистых растений, таких как *Carex*, *Polygonum*, *Lycopus* и, пожалуй, *Rubus*.

Обилие и разнообразие остатков *Taxodiaceae* и *Cupressaceae* при их однотипности и малочисленности, несмотря на систематическое разнообразие, остатков *Pinaceae* и покрытосемянных невольно склоняет к предположению о доминировании в растительном покрове основной территории сноса первых из них. Это, однако, отнюдь не исключает вероятности участия в лесах из *Taxodiaceae* и *Cupressaceae* представителей как *Pinaceae*, так и покрытосемянных. Вместе с тем предполагаем, что однотипность и малочисленность остатков *Pinaceae* и покрытосемянных обусловлено главным образом сравнительной отдаленностью темнохвойных и широколиственных лесов от исследуемого места захоронения. К настоящему времени нами уже собрана довольно большая и богатая коллекция разнообразнейших остатков растений, но, тем не-

мее, она представляет незначительную часть захороненного материала, ибо отмыта, быть может, лишь из сотой доли породы, подлежащей промывке. Принимая во внимание объем предстоящей работы и трудоемкость самого процесса палеокарпологического анализа [5], естественно предполагать, что изучение хварбетского захоронения ископаемых растений займет, по-видимому, еще не один год, тем более, что значительные трудности возникли и при определении самой коллекции. Как показали первые же годы ее изучения, большая часть остатков растений, в особенности хвойных, принадлежит семействам и родам, естественные ареалы произрастания которых ныне ограничены преимущественно Восточной Азией и Северной Америкой. Гербарный же материал по хвойным этих стран у нас, к сожалению, скуден. Отсутствие достаточного сравнительного материала вынуждает нас пока что воздержаться от определения ряда остатков, а большую часть других определить до рода: *Bryales*, *Abies*, *Tsuga*, *Picea*, *Pinaceae* gen. indeter., *Sequoiadendron* (?), *Sequoia*, *Metasequoia*, *Cryptomeria*, *Taxodiaceae* gen. indeter., *Cupressus*, *Chamaecyparis* sp. 1-3, *Juniperus*, *Cupressaceae* gen. indeter., *Carex*, *Pterocarya*, *Carpinus*, *Betula*, *Alnus*, *Ulmus*, *Stuartia*, *Eurya*, *Symplocos*, *Lycopus*.

Академия наук Грузинской ССР
Институт палеобиологии

(Поступило 25.5.1968)

პალეობიოლოგია

ბ. ჩოჩივაძე

ახალი მონაცემები დასავლეთ საქართველოს ზედა პლიოცენური-პოსტპლიოცენური დროის მცენარეული საფარის შესახებ

რეზიუმე

დასავლეთ საქართველოში (გურია) აღმოჩენილია გვიანპლიოცენურ-პოსტპლიოცენური დროის მცენარეული ნაშთების ძლიერ მდიდარი და თავისებური ადგილსამყოფელი. ფლორაშემცველი ქანები გაქედილია *Taxodiaceae*-ის და *Cupressaceae*-ს წიწვებით, გირჩებითა და თესლებით. *Pinaceae* წარმოდგენილია შედარებით ღარიბად მხოლოდ წიწვებით. კიდევ უფრო ნაკლებად გვხვდება ფარულთესლიან (განსაკუთრებით ხე და ბუჩქნარ) მცენარეთა ნაშთები. მიუხედავად ამისა, მათი სისტემატიკური შემადგენლობა ძლიერ საინტერესო და თავისებურია.

მცენარეული ნაშთების ასეთი შეფარდება გვაფიქრებინებს, რომ ჩამოტანის ტერიტორიაზე გვიანპლიოცენურ-პლეისტოცენური დროის მცენარეულ საფარში ძირითადად გაბატონებული უნდა ყოფილიყო *Taxodiaceae* და *Cupressaceae*-ს წარმომადგენლები.

შემოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. W. Szafer. Rozpr. Wyzd. matem.-przyr. Abt. V., 12, 1947.
2. К. И. Чочиева. Флора и растительность чаудинского горизонта Гурии, 1965.
3. S. Miki. Journ. of the Institute of Polytechnics, Osaka City Univ. Ser. D., vol 9, 1958.
4. И. И. Шатилова. Палинологическая характеристика куяльницких, гурийских и чаудинских отложений Гурии, 1967.
5. И. А. Ильинская, П. И. Дорофеев и др. Ботанический журнал. 50, № 10, 1965, 1494.



ПАЛЕОБИОЛОГИЯ

В. А. ШАРАШИДЗЕ

К ИСТОРИИ ФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ИХТИОФАУНЫ
 ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМОВ ГРУЗИИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Л. К. Габуния 23.7.1968)

Современная ихтиофауна внутренних водоемов Грузии начала складываться в нижнем плиоцене на основе морской фауны Понтического века. В Понтическом бассейне жили многие близкие к современным проходные и пресноводные формы, что подтверждается находками ископаемых остатков *Huso*, *Acipenser*, *Clupeonella*, *Clupea*, *Rutilus frisii*, *Scardinius*, *Tinca*, *Pelecus*, *Cyprinus*, *Cobitis*, *Silurus glanis fossilis*, *Perca*, *Varicorhinus* и др. [1]. Примечательна, в частности описанная В. В. Богачевым [1] *Varicorhinus nuntius* из нижнего или среднего плиоцена Ахалцихского района, которую он считает предком современных закавказских хамуль.

По данным В. Н. Яковлева (1961) в неогеновое время в северном полушарии не было какой-либо единой фауны пресноводных рыб, и зоогеографические области в современных границах существуют по крайней мере, с миоцена. Фауна рыб Палеарктики в неогене отличалась исключительным однообразием и имела характер современной средиземноморской или, выражаясь словами этого автора, арало-понтотасийской ихтиофауны.

По мнению ряда исследователей [2—4] основу современной ихтиофауны Европы, Кавказа и Западной Сибири, северной части Европы и Азии, а также Средней Азии составляют рыбы, которые были широко распространены в северном полушарии до плиоцена. Естественно, что и ихтиофауна Грузии складывалась за счет таких форм.

Во внутренних водоемах Грузии распространены, за исключением *Pseudoscaphirhynchus* и *Aspiolucius*, рыбы, указанные Г. В. Никольским для верхнетретичного комплекса рыб Амура (*Huso*, *Gobio*, *Rhodeus*, *Cyprinus*, *Silurus*) и Средней Азии (*Acipenser*, *Pseudoscaphirhynchus*, *Rutilus*, *Leuciscus*, *Scardinius Aspiolucius*, *Gobio*, *Alburnoides*, *Cyprinus*, *Esox*); к этому следовало бы добавить *Caspiomyzon*, заходившую в водоемы Грузии до зарегулирования стока Куры.

Известно, что ихтиофауна горных рек является производной от фауны равнинных водоемов [2, 3].

Ю. А. Абдурахманов [5] считает, что «основной причиной заселения горных рек в условиях Азербайджана могли быть процессы горообразования, в результате которых рыбы вместе с водоемами, где они обитали, поднялись на большие высоты и постепенно приспособились к жизни в горных условиях». По нашему мнению, в условиях Грузии формирование рыбного населения носило несколько разнородный характер, но основным фактором и здесь, вероятно, были горообразовательные процессы. Подтверждением этому служат обнаруженные на больших высотах Южной Грузии (как, впрочем, и Армении и горной системы Эльбруса), реликтовые колонии рыб (густеры, сазана, сома, обыкновенной щиповки), оторванные от коренных, широко распространенных ареалов. Подобные колонии рыб существуют в оз. Табацкури (храмуля, озерная форель, сазан) и оз. Паравани (севанская храмуля, сазан, восточная быстрянка, озерная форель), оз. Сагамо. Тектоническими движениями, видимо, обусловлено во многих случаях и разделение ихтиофауны по участкам рек в верховьях и низовьях, сопровождавшееся соответствующими приспособительными реакциями популяций рыб.

Есть основание считать первыми вселенцами рек группу пресноводных рыб, происшедших от рыб верхнетретичной фауны, которые развивались в Понто-Каспийском бассейне.

Сазан оз. Паравани представлен формой *Cyprinus carpio morpha hungaricus* Неск, и встречается на высоте более 2000 м и размножается в условиях сравнительно пониженной температуры, чем обыкновенный сазан в водах Западной и Восточной Грузии. Щука, щиповка и сом заселялись в водах Грузии сравнительно недавно и в настоящее время поднимаются незначительно высоко. По всей вероятности, предки этих рыб проникли в Восточную Грузию со стороны Каспийского моря.

Л. С. Берг (1949) расчленил ихтиофауну Куры на следующие элементы: 1) фауна автохтонная, родственная фауне Передней Азии, а также южных полуостровов Европы и 2) фауна вторичная, состоящая из понто-каспийских пришельцев, какими являются роды *Abramis*, *Lucioperca*, *Acipenser*, проходные, *Barbus*.

Появление пресноводных эндемичных форм Грузии относится к плиоцену. Таковы: *Rutilus*, *Leuciscus*, *Aspius*, *Chondrostoma*, *Varicorhinus*, *Barbus*, *Alburnus filippii*, *Acanthalburnus*, *Alburnoides*, *Blicca*, *Nemachilus*, *Cobitis aurata*, *Neogobius cephalarges constructor*.

Многие виды рыб в водах Грузии, как и любой горной страны, отличаются некоторым своеобразием, обусловленным жизнью на разных высотах. Условия обитания здесь различны, даже в одной и той же реке, чем и вызваны особенности процесса формирования и развития речной ихтиофауны Грузии.



Из проходных рыб для Грузии более древними по происхождению являются: лосось, белуга, шип, севрюга, плотва, кутум, колхидский усач, куринский усач, батумская шема, куринская шема, калинка, белоглазка, малый рыбец. Эти рыбы за время существования в относительно обособленном регионе успели измениться и образовали новые таксономические единицы. Можно предполагать, что происходили также изменение ареала и смещение мест нереста таких эндемиков, как кавказский голавль, колхидский подуст, куринский подуст, колхидский пескарь, куринский пескарь, храмуля, усач, укля, куринский голец, ангорский голец и переднеазиатская щиповка.

В сравнительно недавнем геологическом прошлом воды Грузии заселили линь, красноперка, щука, окунь, трехглая колюшка, которые обитают только в прибрежных водоемах Колхидской низменности.

Следуя Г. В. Никольскому [3], мы признаем основной единицей современного зоогеографического исследования фаунистический комплекс.

Среди рыб внутренних водоемов Грузии можно различить шесть генетических групп (фаунистических комплексов), связанных общностью своего географического распространения.

Это — бореально-равнинный, арктический пресноводный, понто-каспийский пресноводный, третичный равнинный пресноводный, средиземноморской и переднеазиатский комплексы.

Из рыб бореально-равнинного комплекса, сохранившихся после ледникового похолодания в полосе от Западной Европы до Дальнего Востока, в воды Грузии проникли *Esox lucius* L.—щука, *Cobitis taenia* L.—щиповка и *Perca fluviatilis* L.—окунь. Из них щиповка распространена по всей Грузии, остальные только в Западной Грузии.

Рыбы этого комплекса размножаются ранней весной и принадлежат к фитофильным.

Автохтонные рыбы внутренних водоемов Грузии входят в понто-каспийский комплекс. Это представители родов *Rutilus*, *Scardinius*, *Aspius*, *Tinca*, *Chondrostoma*, *Gobio*, *Barbus*, *Chalcalburnus*, *Alburnus*, *Acanthalburnus*, *Albornoides*, *Abramis*, *Blicca*, *Vimba*, *Pelecus*, *Protherorhinus*, *Neogobius*, *Nemachilus* и *Cobitis*—всего 44 вида, что составляет 61,9 % всех пресноводных рыб Грузии.

Рыбы этого комплекса по образу жизни не отличаются от представителей равнинного бореального комплекса, если их нерестовая стация также связана с растительностью и они также принадлежат обычно к числу эвриоксифонтных обитателей озер и медленно текущих речек» (Г. В. Никольский, 1949).



Понто-каспийский фаунистический комплекс представлен, в основном, карповыми рыбами. Представители рода *Barbus* из этого комплекса эндемичны для каспийского моря.

К древнему верхнетретичному фаунистическому комплексу в пределах Грузии относятся представители родов *Huso*, *Acipenser*, *Salmo*, *Silurus*, *Rutilus*, *Leuciscus*, *Blicca*, *Aspius*, *Cyprinus*, *Rhodeus*, *Lucioperca*, *Pungitius* и, по мнению Ю. А. Абдурахманова, *Caspiomyzon*. Некоторые представители этих родов обнаружены в понтических известняках.

Формирование древнего верхнетретичного комплекса шло, как отмечает Г. В. Никольский (1953), в водоемах со значительными колебаниями содержания кислорода и мутной водой. На это указывает наличие рыб с хорошо развитыми сейсмочувствительными органами и маленькими глазами. Д. А. Козловский (1953) справедливо признавал за мутностью воды существенную роль раздражителя, порождающего у рыб соответствующие ответные реакции.

Группа средиземноморских элементов во внутренних водоемах Грузии представлена тремя видами: *Pomatoschichtus caucasicus*, *Azherina tochon pontica*, *Syngnathus nigrolineatus* Eichwald. Эти мелкие рыбки обитают в морской, реже — в пресной воде.

К переднеазиатскому комплексу относятся храмули, усач — *Barbus lacerta cyri*, голец — *Nemachilus angorae*. Все перечисленные виды обитают в средних и верхних зонах гор, некоторые из них опускаются до устья рек (Риюни, Чорох, Ингури и пр.).

Арктический пресноводный комплекс представлен лишь одним видом — налимом, который был обнаружен в нижнем течении р. Куры.

Количество видов рыб в фаунистических комплексах внутренних водоемов Грузии

Показатели	Фаунистические комплексы						
	древний верхне- третич- ный	пonto- каспий- ский пресно- водный	бореаль- но-рав- нинный	арктиче- ский пресно- водный	средиз- земно- морский	передне- азиатский	всего
Число видов	13	42	4	1	3	4	67
%	19,5	62,7	5,9	1,5	4,6	5,9	100

Из таблицы видно, что подавляющее большинство видов приходится на представителей автохтонного понто-каспийского пресноводного комплекса.

Необходимо также отметить, что общие для бассейнов Черного и Каспийского морей роды рыб сформировались до полного разведения этих морей, поэтому они не моложе древней группы верхнетре-

ტიჩიონი ფაუნა. უფრო ახალ ასაკში იმყოფებიან ავტონომური ქვესახეობები, რომლებიც ჩამოყალიბდნენ უკვე უფრო ახალ ასაკში. მათგან უფრო ახალ ასაკში ჩამოყალიბდნენ უკვე უფრო ახალ ასაკში.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
ბიოლოგიური ინსტიტუტი
იმ. ა. ს. პუშკინის

(დამტკიცდა 24.7.1968)

ბიოლოგიის მეცნიერებათა დარგი

3. შავი ზღვის

საქართველოს შიდა წყალსატენიანების ისტორიისათვის
ისტორიისათვის

ჩვენს დროში

საქართველოს შიდა წყალსატენიანების თევზების სახეობათა უმრავლესობა მოდის ავტონომური პონტო-კასპიის აუზის მტკნარი წყლის ფაუნისტურ წარმომადგენელთა კომპლექსზე (62,7%). ასევე დიდი ადგილი უკავია ზედამესამეული ფაუნისტური კომპლექსის წარმომადგენლებს (19,5%). ხოლო დანარჩენ ფაუნისტურ კომპლექსთა როლი საქართველოს შიდა წყალსატენების ისტორიის ფორმირების საქმეში უმნიშვნელოა.

შავი და კასპიის ზღვების თევზთა საერთო გვარები ამ აუზების გათიშვამდე ჩამოყალიბებული და ამიტომ გეოლოგიური ასაკით ისინი ზედამესამეულზე ახალგაზრდა არ უნდა იყოს. უფრო გვიანდელია შავი ზღვისა და კასპიის ზღვის ავტონომური ქვესახეობები, რომლებიც ამ ზღვებში ჩამოყალიბდნენ გაყინვარების დროსა და მის შემდეგ.

საქართველოს შიდა წყალსატენიანების ისტორიისათვის ხმელთაშუაზღვის ფორმები ამ ფაუნის უახლოეს კომპონენტებს შეადგენენ.

დასაწყისად ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Богачев. Труды Азерб. нефт. и иссл. ин-та геол., отд. XV, 1933.
2. Г. В. Никольский. Изв. Всесоюзного географ. о-ва, т. 77, вып. 5, 1945.
3. Г. В. Никольский. Зоол. журнал, т. XXVI, вып. 3, 1947.
4. В. Д. Лебедев. Пресноводная четвертичная ихтиофауна Европейской части СССР. Изд. МГУ, 1960.
5. Ю. А. Абдурахманов. Рыбы пресных вод Азербайджана. Баку, 1962.



ზოოლოგია და პარაზიტოლოგია

ბ. შუბაშვილი, ძ. ბურჩინი

ცხვრის ექინოკოკოზის ბამოვლინება ალერგიული რეაქციით

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ვლ. ელენტმა 18.5.1968)

ექინოკოკოზით შეიძლება დაავადდეს ყველა სასოფლო-სამეურნეო ცხოველი. ამ ინვაზიისაგან, რომელსაც იწვევს პარაზიტული ჭია *Echinococcus granulosus* (Batsch, 1786), ჩვენი სახალხო მეურნეობა დიდ ეკონომიურ ზარალს განიცდის. ასე, მაგალითად, ექინოკოკოზით დაავადებული ცხვრისაგან ეკარგავთ 10,4% ხორცს, 19% ცხიმს, 9,5% მატყლს, 10 ბატკანს 100 ცხვარზე, 57—62% I და II კატეგორიის სუბპროდუქტებს და სხვა [1].

საქართველოში ექინოკოკოზი ფართოდაა გავრცელებული. სასოფლო-სამეურნეო ცხოველებისაგან ამ ინვაზიით საგრძნობი რაოდენობითაა დაავადებული ცხვარი. შემდეგ მოდის მსხვილფეხა რქიანი პირუტყვი, ღორი, კამენი [2].

ყოველივე ზემოთქმულიდან ნათელია, რომ ექინოკოკოზის წინააღმდეგ ბრძოლა დიდმნიშვნელოვანი სახელმწიფოებრივი საქმეა. დღეისათვის ექინოკოკოზის საწინააღმდეგო ეფექტური სამკურნალო საშუალებები არ გაგვაჩნია. აღამიანის ექინოკოკოზის დროს მკურნალობის ერთ-ერთ რადიკალურ საშუალებად ითვლება ქირურგიული ჩარევა, ხოლო სასოფლო-სამეურნეო ცხოველთა ექინოკოკოზის დროს (გარდა კომპლექსური ღონისძიებების) ეფექტურ საშუალებად შეიძლება მივიჩნიოთ პროფილაქტიკური ღონისძიებების გატარება — ალერგიული მეურნეობის თანმიმდევრული გაჯანსაღება ექინოკოკოზით ინვაზირებული ცხოველების გამოვლინება და დასაყლავად მათი გადაცემა გზით.

ამ მიზნით ჩვენს მიერ გამოცდილ იქნა ყაზახეთის სამეცნიერო-კვლევითი ევტერიწარული ინსტიტუტის პელმინთოლოგიური განყოფილების მიერ დამზადებული ანტიგენის მშრალი ფხვნილი, რომელიც მიღებული იყო ცხვრის ექინოკოკის ბუშტის სითხეში არსებული ჩანასახოვანი სკოლექსებოსაგან. ცდები ჩატარებულ იქნა თბილისის ხორცკომბინატში დასაყლავად მოყვანილ ცხვრებში.

ცდების ჩატარების წინ ანტიგენის მშრალი ფხვნილი გავხსენით ფიზიოლოგიურ ხსნარში 1 : 5000 შეფარდებით. ცდა ტარდებოდა შემდეგნაირად: საერთო ფარადან ვარჩევდით ზრდასრულ ცხვრებს (ცნობილია, რომ ცხვრის ზრდასთან ერთად ინვაზიის ექსტენსივობაც იზრდება), გამოვაცალეკვებდით და თითოეულად გადაგვყავდა ცალკე შემოღობილ ფარეხში, სადაც ცხვრის კულისქვეშა ერთ-ერთი ნაოკის კანში (სათანადო დეზინფექციის შემდეგ) ერთკრამიანი შპრიცით შეგვყავდა დამზადებული ალერგენი 0,2 მილიგრამის რაოდენობით.

აღერგიული რეაქციის აღრიცხვა ხდებოდა ანტიგენის შეყვანიდან 1—2 საათის შემდეგ. ანტიგენის შეყვანის ადგილას (დადებითი რეაქციის დროს) წარმოიქმნება მუხტულის მარცვლის ოდენა მოთეთრო, ანემიური შესივება. ნაოჭის სისქის გაზომვის პირველ ხანებში ვახდენდით კუტიმეტრით (სანამ თვალი შეეჩვეოდა). რეაქციის წაითხვისას (შეფასებისას) ვხელმძღვანელობდით შემდეგი პრინციპით: თუ იყო შესივება ერთერვითი 2.1 სმ-ზე მეტი—თვლილით შევეთრად დადებით რეაქციად; შესივება 1.6×2.0 სმ-მდე — დადებით რეაქციად, ხოლო შეუსივებლობას ან ოდნავ შესივებას უერთგემოდ ვთვლიდით უარყოფით რეაქციად. საკონტროლოდ ვღებულობდით კუდისქვეშა მეორე ნაოჭს. ცხვრებსაც ამ მაჩვენებლებს მიხედვით ვახარისხებდით. დადებითს ვნიშნავდით ერთი ფერით, სუსტად დადებითს ანუ საექვოებს მეორე ფერით და ა. შ. სამი დღის განმავლობაში ჩვენ მიერ ცდები დაყენებულ იქნა 350 ცხვარზე. პირველ დღეს გამოვიყენეთ მშრალი ანტიგენის განზავება ფიზიოლოგიურ ხსნარზე 1:5000, ხოლო მეორე და მესამე დღეს—1:750.

მიღებული შედეგები

პირველ ცდაში ანტიგენი შევეყვანეთ 50 ცხვარს (49 თოხლი და 1 ზრდასრული ცხვარი). მკვეთრად გამოხატული შესივება მივიღეთ სწორედ ამ ერთ ზრდასრულ ცხვარზე. 18 თოხლს ჰქონდა შესივება 1—1.5 სმ-ის მოცულობით, ხოლო 31-მა უარყოფითი შედეგი გვიჩვენა.

დაკვლის შემდეგ გამოირკვა, რომ მკვეთრად გამოხატული შესივების მქონე ცხვრის ღვიძლი და ფილტვები მთლიანად ექინოკოკის ბუშტებად იყო ქცეული. თითქმის არ ჩანდა ღვიძლისა და განსაკუთრებით ფილტვების ქსოვილი. სუსტად დადებითი რეაქციის მქონე თოხლიდან 10-ს აღმოაჩნდა ექინოკოკი მცირე რაოდენობით ან ჩაკრული კერების სახით, ხოლო ამავე ჯგუფიდან დანარჩენ 8-ს ექინოკოკი არ აღმოაჩნდა.

უარყოფითი რეაქციის მქონე 31 ცხოველიდან დაკვლის შემდეგ ექინოკოკი აღმოაჩნდა 3-ს.

მეორე ცდის ქვეშ იყო დამაკმაყოფილებელი (საშუალო) შეზორცების 100 ცხვარი, მათ შორის 15 თოხლი.

100 პირტყვიდან დადებითი რეაქცია მოგვცა 56 ცხვარმა, სუსტად დადებითი — 20-მა, ხოლო უარყოფითი—24-მა. დაკვლის შემდეგ გამოირკვა, რომ ექინოკოკის მოზრდილი ბუშტები აღმოაჩნდა 62 ცხვარს, 18-ში რეგისტრირებულ იქნა ექინოკოკის ჩაკრული კვანძები, ე. ი. ცოცხალ ცხვრებზე დადებით და სუსტად დადებითი რეაქცია მოგვცა 76-მა, ხოლო დაკვლის შემდეგ ექინოკოკი აღმოაჩნდა 80-ს. 4 ცხვარი დაემატა უარყოფითი რეაქციის მქონე ცხოველებიდან. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ამ ცხოველებს ჰქონდათ ძლივს შესამჩნევი ჩაკრული ექინოკოკოვანი წერტილები.

მესამე ცდას ქვეშ იყო საშუალო შეზორცების 200 ზრდასრული ცხვარი. დადებითი რეაქცია რეგისტრირებული იქნა 114 ცხვარში, სუსტად დადებითი — 43. უარყოფითი—43 ცხვარში.

დაკვლის შედეგად გამოირკვა, რომ მკვეთრად გამოხატული ექინოკოკოს ბუშტები ჰქონდა 139 ცხვარს. ექინოკოკოს ჩაკირული კვანძები—17-ს, ხოლო 44 ცხვარი ექინოკოკოს გარეშე აღმოჩნდა.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, პირველი ცდის დროს გამოყენებულ იქნა 1:5000 განზავებული ანტიგენი, ხოლო შემდეგ ცდებში—1:750. როგორც რეაქციის შედეგებიდან ჩანს, უკეთესი მაჩვენებლები მიღებულ იქნა 1:750 განზავების დროს. ამავე დროს იაიცი მისაღება ა მხედველობაში, რომ მასობრივი გამოყენების დროს ეს უკანასკნელი განზავება უფრო პრაქტიკულია, ვინაიდან ექინოკოკოს ანტიგენი ფიზიოლოგიურ ხსნარში ძლიერ ცუდად იხსნება. 1 გრამი კი 5 ლიტრზე ცოტაა, უთუოდ ვერ ყოფნის და ამის გამო ნაკლებად ეფექტურია.

პირველი ცდის მაგალითზე, როდესაც რეაქციის მაჩვენებლები შედარებით არაზუსტი იყო, შეიძლება დავასკვნათ, რომ დაბალი კონსისტენციისა და ანალგაზრდა ცხვრების შემთხვევაში აღერგიული რეაქცია ყოველთვის ზუსტ სურათს არ იძლევა.

ჩვენ მიერ ჩატარებული ცდების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ შემდეგი: 1) აღერგიული რეაქცია უნდა ჩატარდეს ზრდასრულ და კარგად გამოკვებულ ცხოველებზე, ვინაიდან სუსტმა და ანალგაზრდა ცხოველებმა შეიძლება მოგვეცნო ცრუ რეაქცია; 2) უმჯობესია გამოვიყენოთ მშრალი ანტიგენის განზავება ფიზიოლოგიურ ხსნარში 1:750; 3) აღერგიული რეაქციის შედეგები შეიძლება ჩაითვალოს დამაკმაყოფილებლად და რეკომენდაცია გაეწიოს წარმოებაში მასობრივად დანერგვისათვის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ზოოლოგიის ინსტიტუტი

ЗООЛОГИЯ И ПАРАЗИТОЛОГИЯ

Б. Е. КУРАШВИЛИ, К. Р. ГУРЧИАНИ

ВЫЯВЛЕНИЕ ЭХИНОКОККОЗА ОВЕЦ АЛЛЕРГИЧЕСКИМИ РЕАКЦИЯМИ

Резюме

Эхинококкоз сельскохозяйственных животных, вызываемый гельминтом *Echinococcus granulosus* (Batsch, 1786), широко распространен в условиях Грузии и наносит большой экономический ущерб народному хозяйству республики.

Эта инвазия особенно широко распространена среди овец Грузии, в связи с чем своевременное выявление зараженности животных эхинококкозом и борьба с ним приобретают важное значение.

Одним из эффективных мероприятий в этом направлении считается выявление зараженных эхинококком животных аллергическими реакциями и выбраковка их на убой.

На Тбилиском мясокомбинате на убойных овцах нами проведен опыт по выявлению эхинококкоза при помощи аллергической реакции. Для опыта был использован сухой антиген, изготовленный гельминтологической лабораторией Казахской НИВИ.

Всего нами было проведено три опыта на 350 овцах, из которых на ввод аллергена в подхвостовую кожную складку положительную и слабоположительную реакцию дали 252 овцы, а после убоя животных зараженными эхинококком оказались 247. Анимая реакция была показана в группе слабых овец.

При опыте мы пользовались разведением сухого антигена на 1:5000 и 1:750 в физрастворе. Считаем нужным отметить, что сухой антиген крайне трудно растворяется в физрастворе и поэтому при широком, производственном употреблении аллергической реакции целесообразнее применять разведение 1:750.

Исходя из наших данных, можно заключить следующее: 1) аллергическую реакцию должны проводить на хорошо упитанных и взрослых животных, так как слабые животные могут дать ложную реакцию; 2) лучше применить разведение сухого антигена в физрастворе 1:750; 3) результаты аллергической реакции можно считать удовлетворительными и рекомендовать к внедрению в производство.

დასრულებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендации по искоренению эхинококкоза сельскохозяйственных животных и человека. Казсельхозгиз, Алма-Ата, 1962.
2. ბ. ყურაშვილი, ცხოველებისა და ადამიანის ექინოკოკოზი და ალერგიკოზი და მათთან ბრძოლა, თბილისი, 1964.



ПАТОЛОГИЧЕСКАЯ АНАТОМИЯ

Т. Е. МИКЕЛАДЗЕ

СТРУКТУРНЫЕ И НЕКОТОРЫЕ ГИСТОХИМИЧЕСКИЕ
 ИЗМЕНЕНИЯ ПОЧЕК КРОЛИКОВ В ДИНАМИКЕ
 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЛИТОГЕНЕЗА

(Представлено академиком И. Я. Татишвили 5.7.1968)

Нефролитиаз — очень распространенное заболевание. Он известен с незапамятных времен, и, хотя его изучением давно и тщательно занимаются многие исследователи, до сих пор некоторые связанные с ним вопросы остаются нерешенными.

Современное развитие медицины, достижения в области физики, химии, техники, применяемые в медицине, не позволяют и далее заниматься лишь простым удалением камня или почки при нефролитиазе, заставляют искать новые, радикальные пути его лечения, полностью устраняющие причину камнеобразования.

Для успешного разрешения этой проблемы необходимо научное содружество представителей различных теоретических и практических медицинских и других специальностей, в котором немаловажная роль отводится патоморфологии и, особенно, гистохимии.

Литература по гистохимическому исследованию почечной ткани при нефролитиазе до настоящего времени изучена недостаточно. Работ, посвященных этой проблеме, мало [1—3] и они противоречивы.

Почечнокаменную болезнь общепринято считать болезнью обмена, и, естественно, гистохимические исследования должны способствовать познанию и раскрытию некоторых сторон механизма камнеобразования.

Поэтому мы решили в динамике изучить те структурные и гистохимические сдвиги почек, которые характерны для нефролитиаза не только во время его возникновения и течения, но и в скрытый период, предшествующий литогенезу. Для этого нами был избран эксперимент, который довольно часто применяется различными исследователями [1, 4, 5] и заключается в кормлении подопытных животных оксамидом. Он прост технически и почти во всех случаях вызывает камнеобразование.

Исследованию подверглись 68 кроликов обоего пола породы шиншилла весом 2000—2400 г. 60 животных ежедневно в одно и то же время дня получали peros 1 г оксамиды. Кролики забивались ежеднев-



но, начиная со 2-го дня эксперимента в течение 58 дней. Два кролика получали оксамид в течение 4 месяцев. Контрольными были восемь здоровых кроликов, которые содержались в аналогичных условиях с той только разницей, что не получали оксамида.

Материал брался из обеих почек кроликов и после соответствующей фиксации изучался гистологически (окраска гематоксилин-эозином, пикрофуксинном по Ван-Гизону, выявление аргирофильного вещества по Гомори, коллагеновых волокон по Маллори, эластических по Вейгерту) и гистохимически (выявление так называемых нейтральных мукополисахаридов методом ШИК по Мак-Манусу и Хочкиссу, кислых мукополисахаридов реакцией метахромазии с толуидиновым синим при различных значениях pH, методом Хейла с применением коллоидального железа и по Стивдену альциановым синим, солей кальция методом Косса, РНП по Шабашу при различных показателях pH ДНП по Фельгену—Россенбеку).

Перечисленные реакции проводились самостоятельно и, большинство из них, в комплексе с соответствующими контрольными химическими (ацетилирование с омылением, метилирование с деметилированием, сульфатация, мягкий кислотный гидролиз) и ферментативными (обработка срезов амилазой, тестикулярной и бактериальной гиалуронидазами, коллагеназой, рибонуклеазой) реакциями.

В результате экспериментального исследования установлено, что общая доза оксамида от 1 до 3 г не только не вызывает камнеобразования у кроликов, но недостаточна даже для микроскопически обнаруживаемой кальцификации почек. Микроморфологически эти почки в большинстве случаев интактны: представлены нормальной структурой, лишь в некоторых препаратах кое-где встречаются расширенные и переполненные кровью сосуды.

При постановке ШИК-реакции почечная ткань дает позитивную окраску, гораздо более интенсивную, по сравнению с нормой. Увеличение содержания ШИК-положительного вещества наблюдается исключительно в канальцевой системе почек. Много «нейтральных» мукополисахаридов обнаруживается в базальных мембранах канальцев, преимущественно в проксимальных, ярко-малиновые зерна и глыбки ШИК-позитивного материала отмечаются в просветах некоторых канальцев, мелкие зерна ШИК-положительного вещества содержатся в цитоплазме эпителиальных клеток. Кислые мукополисахариды в почечной ткани этих кроликов не выявляются. Количество РНП и ДНП не выходит за пределы нормы.

Почки кроликов, получивших от 4 до 8 г оксамида, хотя и не содержат конкрементов, но при специальной окраске срезов методом Косса проявляют диффузную кальцификацию эпителиальной системы.

Мелкие пылинки и зернистые массы минеральных отложений, иногда принимающие форму бляшек, содержатся на поверхности канальцевого эпителия, в просветах некоторых канальцев, особенно проксимальных извитых и собирательных трубок на границе коркового и мозгового веществ. Пылеобразные массы Косса-положительного материала наблюдаются и в цитоплазме эпителиальных клеток. Микроморфологически в этих почках отмечается расширение и гиперемия внутрипочечных кровеносных сосудов, местами слушивание эндотелия. В межтубулярной ткани кое-где разбросаны небольшие участки воспаления, интенсивность воспалительного процесса нарастает от коркового слоя к мозговому. Базальные мембраны канальцев неравномерно утолщены и неравномерно импрегнированы серебром. Многие эпителиальные клетки, особенно в дистальных сегментах нефронов, находятся в состоянии легкой белковой дистрофии.

«Нейтральные» мукополисахариды в почках этих кроликов выявляются в еще большем количестве. При постановке ШИК-реакции базальные мембраны канальцев утолщены и неравномерно окрашены в темно-малиновый цвет. Много ШИК-положительного материала в просветах канальцев, сравнительно меньше на поверхности и в цитоплазме канальцевого эпителия. Стенки кровеносных сосудов, преимущественно крупных, в средних и наружных слоях содержат большое количество ШИК-положительных веществ.

Постановка комплекса реакций на кислые мукополисахариды обнаруживает эти вещества в участках, соответствующих очагам воспаления интерстиция. Кислые мукополисахариды выявляются также в виде примеси к ШИК- и отчасти Косса-положительному внутрисветловому материалу. Количество РНП заметно снижено в канальцевой системе почек. Зерна РНП начинают выявляться в эпителиальных клетках и соединительнотканых элементах канальцев на более высоких, по сравнению с нормой показателях рН. ИЭТ выявления РНП смещена в эпителиальной системе в щелочную сторону. Клубочковый аппарат остается интактным к указанным структурным и гистохимическим сдвигам.

Кролики, получившие от 9 до 58 г (два кролика—по 120 г) оксамида, содержат почечные конкременты, всегда множественные и двусторонние. Гистологическая картина почечной ткани в этих случаях включает в себя более частые и довольно крупные очаги межтубулярного воспаления. Вся сосудистая сеть почки, за исключением капиллярных петель клубочков, расширена и переполнена кровью, эндотелий местами слушен. Стенки кровеносных сосудов часто утолщены, в поздних случаях—коллагенизированы. В периваскулярной ткани в далекозашедших случаях иногда отмечаются явления склероза. Дистрофиче-

ские изменения в клетках встречаются на всем протяжении нефрона. Степень дистрофии легкая. Аргирофильное вещество базальных мембран выявляется неравномерно, местами исчезает. В просветах некоторых канальцев отмечаются лейкоциты и белковый материал, окрашенные то в розовые тона, то пикринофильно. Клубочки кое-где гиалинизированы и окрашены в фиолетовый цвет.

При постановке ШИК-реакции отмечается увеличение количества ШИК-позитивных веществ в основных мембранах канальцев, которые значительно утолщены и неравномерно окрашены в темно-малиновый цвет, крупные зерна и глыбки ШИК-позитивного материала в большом количестве содержатся в просветах многих канальцев. Эпителиальные клетки заполнены материалом, дающим ШИК-положительную реакцию. Идентификация веществ, дающих позитивную окраску при постановке ШИК-реакции, показала, что они не содержат гликосген и представляют собой комплексные соединения белково-углеводной природы типа «нейтральных» мукополисахаридов (глюко- и мукопротеины) с постоянным содержанием в виде компонента сиаловой кислоты.

При постановке реакций на выявление высокомолекулярных несulfатированных и sulfатированных кислот мукополисахаридов выяснилось, что в почках этих кроликов они содержатся в сравнительно большом количестве, но опять-таки в участках межпочечного воспаления, которых в этих случаях сравнительно много, и внутри просветов некоторых канальцев, где кислые мукополисахариды примешиваются к более объемистым ШИК- и Косса-позитивным веществам. При дифференцировке кислых мукополисахаридов обнаружилось, что имеет место накопление всех видов их с преобладанием накопления несulfатированных форм (гиалуриновая кислота).

Соли кальция в почечной ткани в этих случаях обнаруживаются в наибольшем количестве. Их особенно много внутри просвета собирательных трубок в кортико-медулярном переходе. Коричневато-черные пылинки или зерна минеральных отложений содержатся в цитоплазме эпителиальных клеток и на поверхности канальцевого эпителия, но постоянно только в участках с предварительно повышенным содержанием ШИК-позитивного материала.

Количество РНП в эпителиальной системе этих почек значительно понижено. В клубочках РНП выявляются при тех же показателях рН и с такой же степенью базофилии, как в норме. В канальцевой системе ИЭТ выявления РНП смещается в щелочную сторону, степень базофилии понижена и РНП выявляются позже, по сравнению с нормой. Аналогичные, но выраженные в гораздо меньшей степени, изменения происходят и с ДНП.



Таким образом, в течение экспериментального литогенеза почек по характеру структурно-гистохимических изменений и в зависимости от количества полученного кроликами оксаида можно заметить определенную этапность.

Изменения, развивающиеся в почечной ткани кроликов, получивших оксамид в количестве (от 1 до 3 г), недостаточном для камнеобразования и кальцификации, мы условно назвали прекальцинозными изменениями. Они заключаются в основном в неравномерном пятнистом увеличении количества «нейтральных» мукополисахаридов в эпителиальной системе почек.

Стадия диффузного нефрокальциноза соответствует состоянию почечной ткани кроликов, получивших от 4 до 8 г оксаида, и заключается в расширении и гиперемии внутрпочечных сосудов, дистрофических изменениях эпителиальных клеток, диффузной кальцификации канальцевой системы, резком увеличении в ней количества «нейтральных» мукополисахаридов, появлении кислых мукополисахаридов и незначительном уменьшении содержания РНП в канальцевой системе.

Стадия нефролитиаза, отмечаемая у кроликов, получивших 9 г и более оксаида, характеризуется появлением у этих животных почечных конкрементов, наличием частых и сравнительно крупных очагов интерстициального воспаления, расширением и переполнением кровью сосудов, дистрофическими изменениями эпителиальных клеток, значительным увеличением количества «нейтральных» мукополисахаридов, повышением содержания кислых мукополисахаридов, отложением солей кальция, умеренным уменьшением содержания РНП и незначительным ДНП.

На основании анализа собственного материала нам представляется возможным изложить следующий механизм экспериментального почечного камнеобразования.

Оксамид — материал, чужеродный моче животных, — постоянно вызывает диффузную кальцификацию почек с последующим образованием конкрементов. В связи с этим можно полагать, что оксамид эндогенным путем воздействует на метаболические процессы организма, изменяет основное вещество почечных канальцев, переводя его из полимеризованного состояния в деполимеризованное, в результате чего создается предрасположение почечной ткани к отложению кальция (прекальциноз).

Деполимеризованная соединительная ткань, в частности освобожденные при деполимеризации глюко- и мукопротеиды, начинает усиленно краситься методом ШИК. Глюко- и мукопротеины постоянно имеют отрицательный заряд и притягивают из крови положительно заряженные электролиты кальция, вследствие чего из аннона муко-

протенна и катиона кальция в базальных мембранах проксимальных извитых канальцев образуется первичный конкремент — сферолит, который, продвигаясь ниже по нефрону, присоединяет определенное количество кислых мукополисахаридов, свежие слои минеральных веществ и превращается в микролит, который, продвигаясь все дальше, в виде оформленного макролита обнаруживается в чашечке или в лоханке почки.

Институт урологии
им. А. П. Цулукидзе

Тбилиси

(Поступило 9.7.1968)

კათოლოგიური ანაბოზი

თ. მიქელაძე

თირკმლის სტრუქტურული და ჰისტოქიმიური ცვლილებები
მაკსარიმენტული ლითოგენეზის დინამიკაში

რეზიუმე

შესწავლილია თირკმლის სტრუქტურულ-ჰისტოქიმიური თავისებურებები შინაური კურდღლების ექსპერიმენტული ლითოგენეზის დროს დინამიკაში. გამოკვლევა ჩატარდა 68 კურდღელზე. 60 კურდღელი ყოველდღიურად იღებდა 1 გ ოქსამიდს, ხოლო 8 იყო საკონტროლო. მასალას ვიღებდით ორივე თირკმელიდან. მას ვღებავდით ჰისტოლოგიურად და ჰისტოქიმიურად.

საკუთარი გამოკვლევების საფუძველზე დადგენილია, რომ მიღებული ოქსამიდის რაოდენობის მიხედვით განვითარებულ სტრუქტურულ-ჰისტოქიმიური ძვრების შესაბამისად ექსპერიმენტული ლითოგენეზის დინამიკაში ადგილი აქვს სტადიურობას. თავდაპირველად ვითარდება თირკმლის პრეკალცინოზური მდგომარეობის სტადია, რასაც მოსდევს დიფუზური ნეფროკალცინოზი. მესამე სტადიაში წარმოიშევა კონკრემენტები. ამიტომ მას პირობით ნეფროლითიაზის სტადია ეწოდა.

დაზოგადებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. R. Baker, F. Sison, J. Urol., 72, 6, 1954, 1032—1045.
2. И. Эпштейн, В. В. Серов, Э. Г. Асламазов, А. М. Тонгур, Влад., Вопросы нефрологии и географической патологии мочекаменной болезни, М., 1966.
3. Т. В. Свиридова, Изменения почек при экспериментальном нефрокальциозе (электронномикроскопическое и гистохимическое исследования), Автореферат, Душанбе, 1968.
4. L. D. Keyser, J. Urol. 31, 1934, 219—255.
5. Fr. E. Koch, Minerva chir., 9, 1955, 389—393.



УДК 612.825.1

НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

С. П. НАРИКАШВИЛИ (член-корреспондент АН ГССР),
 В. С. АРУТЮНОВ, В. И. МАЛОЛЕТНЕВ

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАЗДРАЖЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ
 СЕНСОРНОЙ ЗОНЫ НА АССОЦИАТИВНУЮ ОБЛАСТЬ КОРЫ
 БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА КОШКИ

В наших предыдущих работах [1, 2] при стрихнинизации первичной соматосенсорной зоны было обнаружено значительное изменение как спонтанной, так и вызванной активности отдельных нейронов ассоциативной области коры больших полушарий кошки. С целью дальнейшего выяснения особенностей взаимодействия между означенными областями коры, настоящее исследование было проведено при электрическом раздражении соответствующих корковых областей.

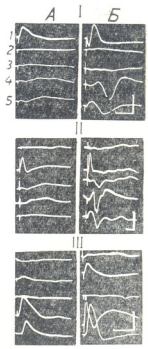


Рис. 1. Сверху вниз в каждой группе осциллограмм (I—III) регистрируются потенциалы: задней крестовидной (1), средней (2) и передней краевой (3), передней (4) и задней (5) участков средней супрасильвиевой извилины. А—эффекты слабого (5 в) раздражения коры; Б—сильного (15 в) раздражения.

I. Раздражается первая соматосенсорная кора, при малой силе (А)—нет ответов в других областях; при интенсивном раздражении (Б) в ассоциативной коре (супрасильвиева извилины, 4 и 5) возникает потягательный потенциал (подобный ассоциативному ответу) с латентным периодом 15—18 мсек.

II. Раздражается первичная зрительная кора при тех же параметрах, развертка меньше, чем в I. Ассоциативные ответы в супрасильвиевой и передней краевой извилинах возникают только при сильном раздражении (Б).

III. Раздражается передний участок средней супрасильвиевой извилины; дендритный потенциал распространяется на задний участок данной извилины, а также на зрительную кору (слабее); ответы в соматосенсорной коре нет. Калибрация времени 20 мсек, амплитуды 0,4 мв.

Опыты были проведены на взрослых кошках под хлоралозным наркозом (60—70 мг/кг) с добавлением необходимого количества релаксанта (листенон). Потенциалы отводились с пиальной поверхно-



сти коры монополярно и регистрировались на пяти- и двухлучевом катодном осциллографе. Для микроотведения использовались стеклянные капилляры диаметром 1—2 мк, заполненные 3М раствором хлористого калия или 1,5М раствором цитрата натрия. Поверхность коры раздражалась прямоугольными импульсами (0,1 мсек) от генератора с высокочастотным выходом через биполярные игольчатые электроды.

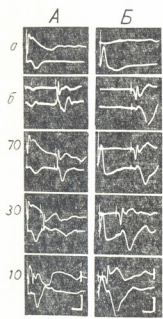


Рис. 2. Влияние кондиционирующего одиночного раздражения (15 в) задней крестовидной извилины (А) и переднего участка средней супрасильвиевой извилины (Б) на ответы, вызванные раздражением кожи контралатеральной передней лапы; в каждой паре кривых верхняя—соматосенсорная, нижняя—ассоциативная кора; а—эффект кондиционирующего раздражения коры, б—тестируемый ответ на раздражение кожи до их сочетаний. Цифры слева отмечают интервалы времени (в мсек-ах) между парой импульсов: А) хорошо видно полное угнетение (30) и облегчение (10) ассоциативного ответа после раздражения сенсорной коры; Б) первичный ответ при этих же интервалах от кондиционирующего раздражения ассоциативной коры не меняется. Калибрация времени 20 мсек, амплитуды 0,4 мв.

При слабых раздражениях сенсорной области (зрительной или соматосенсорной), когда здесь возникал типичный дендритный потенциал, в ассоциативной коре ответы не обнаруживались (рис. 1 А, I и II). Они возникали только при интенсивных раздражениях сенсорной коры (рис. 1Б I, II; 2А), возбуждающих не только поверхностный слой, но и более глубокие структуры коры. Ответ регистрировался в любом участке ассоциативной коры, но не в другой сенсорной области. Он имел такую же конфигурацию, какая наблюдается при периферических раздражениях, т. е. состоял главным образом из хорошо выраженного положительного потенциала.

В случае раздражения (при тех же параметрах) ассоциативной области ответ в сенсорной коре (за исключением распространяющегося иногда дендритного потенциала) не обнаруживался (рис. 1Б III; 2Б). Для установления характера (возбуждающее или тормозящее) этого влияния, исходящего из первичных сенсорных зон, в следующей серии опытов изучалось влияние одиночного кондиционирующего раздражения первичной сенсорной зоны на тестируемые ответы, вызван-

ные в ассоциативной коре периферическим раздражением (АО). Результаты одного из таких опытов приведены на рис. 2, на котором хорошо видно, что при малых интервалах времени между парой раздражений (до 10—15 мсек) АО, из-за суммации, облегчаются (рис. 2 А и Б, 10), но при больших интервалах они испытывают угнетение (рис. 2 А, 30). Следует отметить, что при раздражении любой сенсорной зоны АО угнетаются почти одинаково (возникающие как на кожное, так и на световое раздражения).

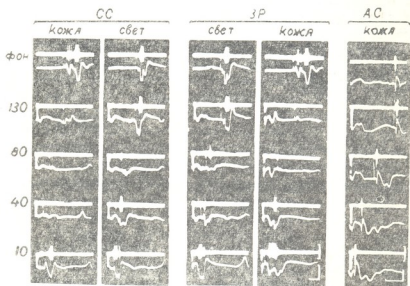


Рис. 3. Кондиционирующим импульсом раздражается кора (не регистрируется), а тестирующим—кожа контралатеральной передней лапы (кожа) или глаз—световой вспышкой (свет). Слева цифрами отмечается интервал времени (в мсек-ах) между парой раздражающих импульсов. Буквы сверху отмечают кондиционирующее раздражение (15 в) коры: СС—соматосенсорной, ЗР—зрительной и АС—ассоциативной (супрасильвиевой извилины). В каждой осциллограмме регистрируются активность нейрона (III слой) и потенциалы поверхности коры (снизу) переднего участка средней супрасильвиевой (под СС и ЗР) и задней крестовидной (под АС) извилины. Хорошо видно угнетение тестируемого разряда, когда раздражается первичная сенсорная зона (СС и ЗР) и отсутствие изменений при раздражении ассоциативной (АС) коры. Калибрация времени 60 мсек, амплитуды 1 мв (микроотведение) и 0,4 мв (макроотведение).

В этих же условиях опыта тестируемые первичные ответы совершенно не меняются под влиянием кондиционирующего раздражения ассоциативной коры (рис. 2Б).

Такие же отношения обнаруживаются и при регистрации активности отдельных нейронов (рис. 3).

Таким образом, несмотря на возможность возникновения АО независимо от соответствующей первичной сенсорной зоны [3—5], резуль-



таты описанных выше опытов, в соответствии с ранее полученными данными [1, 2, 6], свидетельствуют о том, что первичные сенсорные зоны оказывают значительное влияние на активность, протекающую в ассоциативной коре. Если, как считают [7], в ассоциативной коре происходит сложный интегративный процесс, лежащий в основе восприятия и тонкой дискриминации раздражителей, то этот процесс не должен протекать без непосредственного участия импульсов, поступающих из первичных зон во время действия раздражения.

Что касается механизма, по которому осуществляется влияние из первичной сенсорной области, то на интактном мозге он, видимо, включает как возможность транскортикального действия [8, 9] так и действия через подкорковые образования.

Академия наук Грузинской ССР
Институт физиологии

(Поступило 10.9.1968)

ნორმალური ფიზიოლოგია

ს. ნარიკაშვილი (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ვ. არუთიუნოვი, ვ. მალოლეტნევი

კატის დიდი ტვინის ქორქის პირველადი სენსორული ზონის ელექტრული გალიზიანების ჰავონა ასოციაციურ უბანზე

რეზიუმე

ქლორალოზით დანარკოზებულ კატებზე პირველადი სენსორული არეს (სომატოსენსორული და მხედველობითი ქორქის) ერთელობრივი ელექტრული გალიზიანება ასოციაციურ უბანში (შუა სუპრასილივიურ ხევულში) იწვევს საპასუხო პოტენციალს, რაც თითქმის არ განსხვავდება იმ პასუხებისაგან, რომელიც აქ პერიფერიულ გალიზიანებაზე აღიძვრის. ასოციაციურ უბნის გალიზიანებისას პირველად უბანში პასუხი არ ვითარდება. პირველადი სენსორული არეს გალიზიანება, წყვილ გალიზიანებაზე შორის მცირე ინტერვალისას (10—15 მსეკ-მდე), აადვილებს, ხოლო შედარებით დიდ ინტერვალისას თრგუნავს პერიფერიული გალიზიანებით გამოწვეულ მომდევნო ასოციაციურ პასუხს. უკუშეუღლებით პირველადი სენსორული არეს პასუხი არ იცვლება.

დაკოფიკაციური ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. С. П. Нарикашвили и др. ЖВНД, 17, 1967, 669.
2. С. П. Нарикашвили, Э. Гума и др. Физиол. журн. СССР, 54, 1968, 521.
3. D. Albe-Fessard, A. Fessard. Progr. Brain Res., 1, 1963, 115.
4. R. E. Thompson at al. J. Neurophysiol., 26, 1963, 343.
5. P. Buser at al. Progr. Brain Res., 1, 1963, 294.
6. K. E. Bignall at al. Exp. Neurol., 18, 1967, 194.
7. N. Geschwind. Brain, 88, 1965, 585.
8. M. Imbert at al. J. Neurophysiol., 29, 1966, 382.
9. K. E. Bignall at al. J. Neurophysiol., 29, 1966, 396.

Л. И. МЧЕДЛИШВИЛИ

ОБ ОДНОМ СВОЙСТВЕ АДЕКВАТНЫХ МАТРИЦ ДЛЯ ИСЧИСЛЕНИЙ СТРОГОЙ ИМПЛИКАЦИИ АККЕРМАНА И СЛЕДОВАНИЯ АНДЕРСОНА И БЕЛНАПА

(Представлено академиком А. Т. Бочоришвили 30.31.1968)

С целью устранения парадоксов материальной импликации и построения удовлетворительной теории модальностей предлагались различные исчисления нематериальных импликаций. Наиболее удачными среди них следует признать пропозициональное исчисление строгой импликации (Π') Аккермана [1] и исчисление следования (E) Андерсона и Белнапа [2] (E было предложено как модификация Π'), которые и рассматриваются в этой статье. В этих исчислениях устранены не только парадоксы материальной импликации, но и парадоксы строгой импликации. Исчисления Π' и E строятся следующим образом: понятие формулы определяется индуктивно обычным способом в алфавите пропозициональных переменных p, q, r, p_1, q_1, \dots и пропозициональных связок: \wedge (конъюнкция), \vee (дизъюнкция), \neg (отрицание), \rightarrow (строгая импликация в Π' и следование в E); схемами аксиом Π' являются нижеуказанные схемы (1,1), (2)–(15), а правилами вывода – (α), (β), (γ), (δ), схемами аксиом E – схемы (1,2), (2)–(15), а правилами вывода – (α), (β), где A, B, C произвольные формулы (принимаются обычные соглашения об опускании скобок).

Схемы аксиом

- (1.1) $A \rightarrow A$, (1,2) $((A \rightarrow A) \wedge (B \rightarrow B) \rightarrow C) \rightarrow C$,
 (2) $(A \rightarrow B) \rightarrow ((B \rightarrow C) \rightarrow (A \rightarrow C))$,
 (3) $(A \rightarrow B) \rightarrow ((C \rightarrow A) \rightarrow (C \rightarrow B))$,
 (4) $(A \rightarrow (A \rightarrow B)) \rightarrow (A \rightarrow B)$,
 (5) $A \wedge B \rightarrow A$,
 (6) $A \wedge B \rightarrow B$,
 (7) $(A \rightarrow B) \wedge (A \rightarrow C) \rightarrow (A \rightarrow B \wedge C)$,
 (8) $A \rightarrow A \vee B$,
 (9) $B \rightarrow A \vee B$,
 (10) $(A \rightarrow C) \wedge (B \rightarrow C) \rightarrow (A \vee B \rightarrow C)$,
 (11) $A \wedge (B \vee C) \rightarrow B \vee (A \wedge C)$,
 (12) $(A \rightarrow B) \rightarrow (\neg B \rightarrow \neg A)$,
 (13) $A \wedge \neg B \rightarrow \neg(A \rightarrow B)$,
 (14) $A \rightarrow \neg \neg A$,
 (15) $\neg \neg A \rightarrow A$.

Правила вывода

$$(\alpha) \frac{A, A \rightarrow B}{B}, \quad (\beta) \frac{A, B}{A \wedge B}, \quad (\gamma) \frac{A, \neg A \vee B}{B}, \quad (\delta) \frac{A \rightarrow (B \rightarrow C), B}{A \rightarrow C}.$$

Понятие доказуемой формулы определяется обычным образом. Следующие формулы являются доказуемыми в исчислении $\Pi'(E)$ (при опускании скобок учитывается ассоциативность дизъюнкции): 1.1 $p \rightarrow p$, 1.2 $q \vee (p \rightarrow p)$, 1.3 $(p \rightarrow p) \vee r$, 1.4 $q \vee (p \rightarrow p) \vee r$.

II. 1. Пусть дана матрица $M = \langle S, S^*, \neg, \wedge, \vee, \rightarrow \rangle$, где S — произвольное множество (множество значений переменных), S^* — подмножество S (множество выделенных значений), \neg — одноместная, $\wedge, \vee, \rightarrow$ — двуместные операции на S . Будем говорить, что формула A является M -тавтологией, если при любом распределении значений из S по входящим в A переменным формула A принимает выделенное значение из S^* . Матрицу M будем называть $\Pi'(E)$ -матрицей, если все формулы, доказуемые в исчислении $\Pi'(E)$, являются M -тавтологиями; A всякую $\Pi'(E)$ -матрицу M , все M -тавтологии которой являются доказуемыми в исчислении $\Pi'(E)$ формулами, будем называть адекватной $\Pi'(E)$ -матрицей.

II. 2. Рассмотрим построенную в работе [3] последовательность Π' -матриц

$$M_n = \langle S_n, S_n^*, \neg, \wedge, \vee, \rightarrow \rangle \quad (n \geq 1),$$

где

$$S_n = \{-n, -(n-1), \dots, -1, 1, \dots, n\}, \quad S_n^* = \{1, \dots, n\},$$

а операции определены следующим образом:

$$m_1 \wedge m_2 = \min(m_1, m_2),$$

$$m_1 \vee m_2 = \max(m_1, m_2),$$

$$\neg m = -m,$$

$$m_1 \rightarrow m_2 = \begin{cases} \max(|m_1|, |m_2|) & \text{если } m_1 \leq m_2 \\ \min(-|m_1|, -|m_2|) & \text{если } m_1 > m_2. \end{cases}$$

Легко показать, что эти матрицы являются и E -матрицами. Для этого достаточно показать, что каждая формула, имеющая вид схемы (1.2), является M -тавтологией при любом n . В самом деле, пусть дана формула вида $((A \rightarrow A) \wedge (B \rightarrow B) \rightarrow C) \rightarrow C$ и произвольное распределение значений из S_n по переменным этой формулы.

В силу того что M_n является Π' -матрицей, $A \rightarrow A$ и $B \rightarrow B$ принимают выделенные (положительные) значения. Тогда по определению операции \wedge и формула $(A \rightarrow A) \wedge (B \rightarrow B)$ принимает положительное значение, скажем k . Пусть при этом C принимает значение e ; имеем либо $k \leq e$ (тогда e положительное) и тогда $(k \rightarrow e) \rightarrow e = e$ по определе-

нию операции \rightarrow , либо $k > e$ и тогда, если e положительное, то $(k \rightarrow e) \rightarrow e = -k \rightarrow e = k$, если же e отрицательное, то либо $k \geq |e|$, либо $k < |e|$, в первом случае $(k \rightarrow e) \rightarrow e = -k \rightarrow e = k$, а во втором случае $(k \rightarrow e) \rightarrow e = e \rightarrow e = |e|$.

II. 3. Пусть A — формула исчисления $\Pi'(E)$, содержащая единственную переменную. Легко установить по определению матрицы M_n , что при любом значении m этой переменной из S_n формула A принимает значение либо m , либо $-m$.

III. Пусть $T_1(p_1), \dots, T_{n+1}(p_{n+1})$ (где $n \geq 1$) — произвольные доказуемые формулы исчисления $\Pi'(E)$, каждая $T_i(p_i)$ из которых содержит единственную переменную p_i .

С помощью этих формул построим формулу (F) :

$$[T_{n+1}(p_{n+1}) \rightarrow T_n(p_n)] \vee [T_{n+1}(p_{n+1}) \rightarrow T_{n-1}(p_{n-1})] \vee \dots \vee \\ \vee [T_{n+1}(p_{n+1}) \rightarrow T_1(p_1)] \vee [T_n(p_n) \rightarrow T_{n-1}(p_{n-1})] \vee \dots \vee \\ \vee [T_n(p_n) \rightarrow T_1(p_1)] \vee \dots \vee [T_2(p_2) \rightarrow T_1(p_1)]$$

(т. е. для любых i и j , если $i > j$, импликация $[T_i(p_i) \rightarrow T_j(p_j)]$ содержится в (F) в качестве дизъюнкта). Формула (F) не является доказуемой формулой исчисления $\Pi'(E)$ ни для какого n . Для доказательства этого утверждения согласно II. 2, достаточно показать, что (F) не является M_{n+1} -тавтологией. В самом деле, если каждой переменной p_i формулы (F) припишем значение i (i является элементом S_{n+1} и S_{n+1}^*), то каждое выражение $T_i(p_i)$ примет значение i в силу II. 3 и того, что $T_i(p_i)$ — доказуемая формула, но тогда по определению матрицы M_{n+1} все выражение примет значение

$$[n+1 \rightarrow n] \vee \dots \vee [n+1 \rightarrow 1] \vee \dots \vee [n \rightarrow 1] \vee \dots \vee \\ \vee [2 \rightarrow 1] = -(n+1) \vee \dots \vee -2 = -2$$

Следовательно, (F) не является M_{n+1} -тавтологией и поэтому доказуемой формулой $\Pi'(E)$.

IV. Теорема. Не существует адекватной $\Pi'(E)$ -матрицы с конечным множеством выделенных значений.

В самом деле, допустим, что существует адекватная $\Pi'(E)$ -матрица

$$M_0 = \{S_0, S_0^*, \neg, \wedge, \vee, \rightarrow\},$$

где S_0^* конечно, скажем, содержит n элементов. Рассмотрим формулу (F) и любое распределение значений из S_0 по переменным (F) . При этом распределении каждая формула $T_i(p_i)$ примет выделенное значение в силу того, что M_0 является $\Pi'(E)$ -матрицей, причем будут существовать хотя бы два числа i и j таких, что $T_i(p_i)$ и $T_j(p_j)$ примут одинаковые выделенные значения, скажем a , так как S_0^* содержит всего n элементов, а число доказуемых формул вида $T_k(p_k)$, входящих в (F) , равно $n+1$. Пусть $i > j$. Тогда формула $[T_i(p_i) \rightarrow T_j(p_j)]$ при этом распределении примет значение $a \rightarrow a$, которое в силу I.1 и того, что M_0 — $\Pi'(E)$ -

матрица, является выделенным. Тогда в зависимости от i и j вся формула примет одно из трех следующих значений: $b \vee (a \rightarrow a)$, $(a \rightarrow a) \vee c$, $b \vee (a \rightarrow a) \vee c$. Но каждое из этих значений также является выделенным в силу 1.2—1.4 и того, что M_0 является $\Pi'(E)$ -матрицей. А тогда формула (F) была бы M_0 -тавтологией и, следовательно, доказуемой формулой исчисления $\Pi'(E)$ в силу адекватности M_0 . Но, как было показано выше, (F) не является доказуемой формулой в $\Pi'(E)$.

Из этой теоремы в качестве следствия получается положение о несуществовании конечной адекватной $\Pi'(E)$ -матрицы, которое для Π' было доказано в работе [3].

Тбилисский государственный университет

(Поступило 16.4.1968)

ფილოსოფია

ლ. მხედლიშვილი

საკრებანის მკაცრი იმპლიკაციისა და ანდერსონისა და ბელნანის გამომდინარეობის ალრიცხვებისთვის ადექვატური მატრიცების ერთი თვისების შესახებ

რეზიუმე

შრომაში მტკიცდება თეორემა, რომ აკერმანის მკაცრი იმპლიკაციისა და ანდერსონისა და ბელნანის გამომდინარეობის (შესატყვისად Π' და E) აღრიცხვებისთვის არ არსებობს ადექვატური მატრიცა. გამოყოფილი ფასების სასარგებლო სიმრავლით (მატრიცას ადექვატური ეწოდება მოცემული აღრიცხვებისთვის, თუ ამ აღრიცხვის დამტკიცებადი ფორმულები და მატრიცის ტავტოლოგიები ერთმანეთს ემთხვევა).

თეორემის დამტკიცების იდეა შემდეგში მდგომარეობს: მტკიცდება, რომ ფორმულა

$$\begin{aligned} & [T_{n+1}(p_{n+1}) \rightarrow T_n(p_n)] \vee [T_{n+1}(p_{n+1}) \rightarrow T_{n-1}(p_{n-1})] \vee \dots \vee \\ & \vee [T_{n+1}(p_{n+1}) \rightarrow T_1(p_1)] \vee [T_n(p_n) \rightarrow T_{n-1}(p_{n-1})] \vee \dots \vee \\ & \vee [T_n(p_n) \rightarrow T_1(p_1)] \vee \dots \vee [T_2(p_2) \rightarrow T_1(p_1)], \end{aligned}$$

სადაც $n \geq 1$ და $T_1(p_1), \dots, T_{n+1}(p_{n+1})$ არის $\Pi'(E)$ აღრიცხვის ისეთი დამტკიცებადი ფორმულები, რომლებიც მხოლოდ თითო, p_i ცვლადს შეიცავენ, არცერთი n -სთვის არ არის $\Pi'(E)$ აღრიცხვის დამტკიცებადი ფორმულა; შემდეგ ნაჩვენებია, რომ თუ დავუშვებდით ამ აღრიცხვებისათვის ადექვატური მატრიცის არსებობას n ცალი გამოყოფილი ფასით (ე. ი. გამოყოფილ ფასთა სასარგებლო სიმრავლით), მაშინ ეს ფორმულა ამ მატრიცის ტავტოლოგია და, მაშასადამე, $\Pi'(E)$ აღრიცხვის დამტკიცებადი ფორმულა გახდებოდა, რაც ზემოთქმულს ეწინააღმდეგება.

დაყოფილი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. W. Ackermann. J. Symbolic Logic 21, 2, 1956, 113.
2. A. R. Anderson, N. D. Belnap; J. Symbolic Logic, 23, 4, 1958, 457.
3. В. В. Донченко. В сб.: „Проблемы логики“. М., 1963.



З. И. ХОДЖАВА

«ПОСЛЕ-ЭФФЕКТ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ» В ОПЫТАХ КЕЛЕРА И ВОЛАХА КАК КОНТРАСТНАЯ ИЛЛЮЗИЯ УСТАНОВКИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии А. С. Прангишвили 10.9.1968)

«Последующие эффекты» восприятия фигуры («Фигурные после-эффекты») систематически изучались Келером и Волахом [1].

Испытуемому показывается начерченная на белой бумаге фигура («Инспекционная фигура»-1), например, круг с фиксационным крестом, и от него требуют смотреть только на крест. После одномоментного рассматривания ему показывают пару равных, но маленьких по величине квадратов («тестовые фигуры»-Т) с фиксационным знаком в середине между ними и обязывают, смотря тоже на крест, сообщить, отличаются ли эти (тестовые) квадраты друг от друга и если отличаются, то чем именно. Расстояние между знаком и фигурами рассчитано так, что при фиксации совпадающих между собой знаков один из маленьких Т-квадратов попадает (ретинарно!) внутри контура большого I-круга. Получаются следующие «после-эффекты».

После рассматривания I-карточки с большим кругом, воспринимаемым, конечно, периферическим зрением, попадающий внутри него маленький Т-квадрат кажется меньшим (эффект размера), более бледным и более отдаленным, чем другой, «нейтральный» Т-квадрат.

Описанные эффекты авторы установили и в «опытах с соприкосновением I-Т фигур друг с другом», а в опытах с дистанцией они констатировали существование и нового фигурного эффекта — «эффекта перемещения». Остановимся на последнем.

Из приведенной схемы опыта Келера (рис. 1) видно, что в качестве инспекционной (I) фигуры испытуемому дается заполненный (черный) прямоугольник слева от знака, а в качестве Т-фигур даются четыре симметрично расположенных квадрата, маленьких по размеру и со знаком в середине, совпадающим со знаком I-прямоугольника. После рассмотрения I-карточки левые квадраты помещаются вблизи горизонтальных сторон прямоугольника на одинаковых дистанциях от них, а правые попадают на свободные места сетчатки. И что же происходит? — испытуемому кажется, что расстояние между левыми Т-квадратами больше, чем между правыми; т. е., говоря словами Келера, Т-квадраты, попадая вблизи прямоугольника, под влиянием последнего как бы перемещаются от него и поэтому кажутся более отдаленными друг от друга, чем правые их партнеры.

Эту иллюзию перемещения авторы считают основным видом «гурного после-эффекта» и, подвергая ее особо тщательному исследованию, констатируют так называемый «закон парадокса дистанции»: перемещения нет, когда I—T фигуры соприкасаются друг с другом, оно впервые возникает при дистанции в 2,5 мм между ними, достигает максимума на дистанции в 6,35 мм, а на дистанции в 1 см и дальше эффект прекращается.

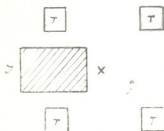


Рис. 1.

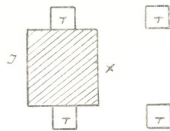


Рис. 2.

Келер дает электрофизиологическое толкование описанных фигурных эффектов. Действие всякой фигуры, как раздражителя, сопряжено с образованием в зрительной коре мозга определенных «токов действия», («фигурные токи»), концентрирующихся на определенном месте и создающих электрически «насыщенное поле». Но когда восприятие фигуры длится долго, «поле насыщения» поляризуется, в нем понижается электропроводность и наступает состояние электротонуса. А электротонус характеризуется следующим свойством: он отталкивает от себя новые приходящие фигурные токи, заставляя их течь обратно по линиям наименьшего сопротивления (по закону Ома). И все после-эффекты «размера» и «перемещения» Т-фигур являются продуктом этого «отталкивающего свойства» электротонуса.

Эффект перемещения в наших опытах

Совершенно бесспорно, что с точки зрения теории установки Д. Н. Узнадзе «фигурный эффект размера» является типичной контрастной иллюзией фиксированной установки. Но что собой представляет в частности «перемещение»?

Мы задались целью экспериментально изучить условия возникновения этого эффекта, и нам думается, есть полное основание считать его тоже контрастной иллюзией фиксированной установки.

Общезвестно, что контраст есть утрирование в восприятии количественного различия между раздражителями, и, как иллюзия, он возникает всегда, если это различие дано: после восприятия большого по величине раздражителя объективно меньший раздражитель воспринимается иллюзорно как еще более маленький, чем он

есть на самом деле и наоборот, после восприятия меньшего, большой раздражитель кажется больше своей естественной величины. Приступая с этой точки зрения к анализу вышеописанного опыта Келера, мы обнаруживаем следующее.

Фиксируя знак на I-карточке субъект воспринимает не только прямоугольник как фигуру, но и его размеры — высоту и ширину — и, следовательно, воспринимает и определенные расстояния между его сторонами. Затем показываются T-квадраты с одинаковыми расстояниями между ними. Но так как высота прямоугольника, как расстояние между его горизонтальными сторонами, объективно меньше расстояния между левыми квадратами, то поэтому последнее увеличивается контрастно-иллюзорно и субъекту кажется, что левые квадраты более отдалены друг от друга, чем правые. Словом, иллюзорная оценка расстояния, наблюдаемая в данном опыте Келера, есть типичная контрастная иллюзия восприятия расстояния.

Это положение хорошо подтверждается и следующими опытами. 1. Мы проводим вышеописанный опыт Келера, но уже с прилеганием фигур друг к другу (см. рис. 2). Как видно, здесь нет промежутка между I—T фигурами, т. е. нет так называемого «парадокса дистанции», существенно необходимого по Келеру для перемещающего действия электротонуса. Но несмотря на это, эффект — иллюзия увеличения расстояния между левыми квадратами — возникает и в данном случае. Спрашивается, почему так происходит? Опыт позволяет рассуждать лишь следующим образом.

Несмотря на «прилегание», различие в расстояниях, данных на I-T карточках слева от знака, все же имеется: высота прямоугольника воспринимается как расстояние между его горизонтальными сторонами, но так как эта высота (расстояние) меньше расстояния между внешними горизонтальными сторонами прилегающих T-квадратов, то поэтому последнее увеличивается контрастно и более длинным, чем расстояния между правыми квадратами. Словом наше положение правильно: иллюзия оценки расстояния в опытах Келера, именуемая им словом «перемещение», порождается не действием электротонуса, а объективным различием в расстояниях, и поэтому она есть обыкновенная контрастная иллюзия восприятия расстояния.

2. Раз установлено, что так называемое перемещение — это по существу контрастная иллюзия восприятия расстояния, возникающая в результате сукцессивного действия на субъекта двух различных по длине расстояний, то это должно означать и следующее: двухмерность I-фигуры, имеющая место во всех опытах Келера с «перемещением фигур», не должна быть обязательной, и возникновение той же ил-

люзии должно быть возможным и в том случае, если на испытуемого действовать одной лишь инспекционной линией. С этой целью мы проводим следующий опыт.

Имеются те же Т-квадраты, что и в опыте Келера, но I-прямоугольник заменен простой вертикальной линией, длина которой равна высоте прямоугольника и концами прилегающая к обоим левым квадратам. И что же происходит? Вслед за восприятием линии, как меньшего расстояния слева от знака, расстояние между левыми Т-квадратами увеличивается контрастно-иллюзорно, и субъекту кажется, будто оно длиннее расстояния между правыми квадратами.

3. Наконец, не менее показателен и следующий опыт. На I-карточке слева от знака испытуемый видит две параллельные линии, а на Т-карточке — те же четыре квадрата, что и в опыте Келера. Но левые квадраты прилегающие: верхний квадрат прилегает к линии нижней стороной, а нижний — верхней стороной. Действие электротонуса исключается и в данном случае и, следовательно, исключается влияние и самых линий, а то, что фактически влияет — это лишь пустой пространственный промежуток между линиями: как расстояние от «пункта до пункта», он короче расстояния между крайними горизонтальными сторонами квадратов, вследствие чего на левой стороне Т-карточки это расстояние увеличивается контрастно и поэтому кажется длинным, чем промежуток между правыми квадратами.

Выводы

1. «После-эффект перемещения» в опытах Келера — это по существу контрастная иллюзия восприятия расстояния: объективно равные расстояния Т-фигур испытуемому кажутся неравными потому, что одно из этих расстояний изменяется контрастно величине предварительно воспринятого на I-карточке другого расстояния (большого или меньшего). «Эффект размера» — это тоже контрастная иллюзия восприятия, и различие лишь в том, что он является контрастной иллюзией восприятия расстояний, представляющих размеры двухмерной фигуры.

2. Положение Келера о том, что дистанция между I—Т фигурами («парадокс дистанции») есть условие, необходимое для возникновения эффекта перемещения, экспериментально не подтверждается: опыты показывают, что перемещение, как контрастно-иллюзорное увеличение или уменьшение расстояния между Т-фигурами замечается и тогда, когда одна из них полностью прилегает к I-фигуре.

3. «Поле насыщения» и «электротонус» не совместимы с фактом возникновения эффекта в «опытах с I-линиями» и «пустыми пространственными промежутками»; ибо нелепо, чтобы электротонус тонкой I-линии смог переместить токи несколько раз большей по площади



двухмерной Т-фигуры, и чтобы «пустой пространственный промежуток» между I-объектами тоже создавал бы свое «поле насыщения» или электротонус, это и фактически невозможно.

4. Эффект размера и перемещения, как по существу контрастные иллюзии восприятия величины раздражителей не являются собственно «фигурными эффектами». Установлено, что контрастные иллюзии возникают не только в восприятии фигур и не только в зрительной области, но буквально во всех модальностях раздражителей, имеющих различные степени интенсивности; например, в зрительной сфере они возникают и при восприятии различных степеней освещенности, цвета, а в других модальностях — при восприятии звуков, тяжести, объема предметов, давления на кожу, температуры, запаха, вкуса и пр. А все это означает, что «эффекты размера» и «перемещения», как иллюзорные восприятия величины раздражителя, не являются специфичной только фигуры и, следовательно, их нельзя считать собственно «фигурными эффектами». Иначе говоря, нет «фигурных эффектов» как только фигурных; «перемещение» и «эффект размера» могли быть таковыми лишь в том случае, если бы они не были иллюзиями восприятия и, будучи фактами иной природы, представляли «личную собственность» только мира фигурных раздражителей. Но в действительности они обыкновенные контрастные иллюзии восприятия величин раздражителей, а такие иллюзии имеют место и во всех других модальностях чувствительности.

5. Известно, что в теории установки Д. Н. Узнадзе методика экспериментального изучения процессов образования и действия установки построена на фактах возникновения и затухания перцептивных иллюзий; и это потому, что в них установка видна более ясно и непосредственно, чем в неиллюзорных, адекватных актах психической деятельности человека. Этот момент замечается и в «фигурных после-эффектах».

В каждом опыте Келера на испытуемого действуют два пространственных промежутка или расстояния: одно, скажем, маленькое расстояние на I-карточке и другое — сравнительно большое расстояние на Т-карточке. В результате длительного восприятия первого расстояния, второе (Т-расстояние) изменяется контрастно-иллюзорно и кажется больше, чем он есть на самом деле. Следовательно, оставаясь верным показаниям наблюдения, мы должны констатировать факт влияния предшествующего акта на последующее, а психологически это может означать лишь следующее: восприняв определенное расстояние на I-карточке, субъект как бы изменяется психически: он настраивается на восприятие только данного расстояния, становится и впредь предуготовленным к нему, и только под влиянием

такой настроенности или установки его на восприятие определенного расстояния другие расстояния воспринимаются уже иллюзорно.

Опытами фиксированной установки доказано, что в области количественных явлений установка порождает контрастные иллюзии тогда, когда различие между установочными и критическими раздражителями сверхпороговое, а в случае минимальных различий она порождает и ассимилятивные иллюзии восприятия. Эта закономерность вполне приложима и к опытам Келера, где различие в расстояниях между фигурами I—T карточек значительно больше порогового и поэтому установка, фиксированная на восприятие I-расстояний, контрастно изменяет восприятие расстояний T-фигур.

Академия наук Грузинской ССР

Институт психологии им. Д. Н. Узнадзе

(Поступило 10.9.1968)

ფსიქოლოგია

ზ. ხოჯავა

„გადაადგილების მომდევნო ეფექტი“ კილეჩისა და ვოლახის
 ცდებში როგორც ბანწყობის კონტრასტული ილუზია

რეზიუმე

1. ფიგურის გადაადგილების ეფექტი არსებითად მანძილის კონტრასტული ილუზიაა: თანასწორი მანძილები სატესტო ფიგურებს შორის ცდისპირს ეჩვენება არათანასწორად იმიტომ, რომ ერთ-ერთი ამ სატესტო მანძილებიდან კონტრასტულად იცვლება საინსპექციო (დიდი ან პატარა) მანძილის გავლენით.

2. ე. წ. „ზომის ეფექტი“ მანძილის აღქმის კონტრასტული ილუზიაა, მაგრამ იმ მანძილისა, რომელიც თვით ფიგურის ზომას (სიდიდეს) საზღვრავს და არა მის დაშორებას მეორე ფიგურისგან.

3. „გადაადგილება“ არ წარმოადგენს განწყობის თეორიისათვის უცხო პეტეროგენულ ფაქტს. ისე როგორც ზომის ეფექტი, იგიც „ფიქსირებული განწყობის“ ილუზიაა.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. W. Köhler, H. Wallach. Figural after-effects. Proceedings of the american philosophical society, vol. 88, № 4, 1944.

პრ. ჩიქობავა

(საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი)

ზოგადი ენათმეცნიერების საკვანძო საკითხები და
იბერიულ-კავკასიური ენათმეცნიერება⁽¹⁾

აზრთა სხვაობა მეცნიერებაში ბუნებრივი მოვლენაა და განვითარების ერთ-ერთ პირობას ქმნის. მაგრამ ენათმეცნიერებაში არასოდეს ყოფილა ძირითად საკითხთა გაგებაში ისეთი ნაირგვარობა, როგორმაც თავი იჩინა უკანასკნელი ორმოცი წლის მანძილზე.

ამას იწვევს, ერთის მხრით, ზოგადი ტენდენციები, რაც მეცნიერულ აზროვნებაში შეიჩნევა; ბევრი რამ დაკავშირებულია იმასთან, რომ მათემატიკური მეთოდების გამოყენების არეალი გაფართოვდა; რიგი მიზეზიც საკუთრივ ენათმეცნიერული, შინაგანია.

ეს მოითხოვს ენის მკვლევარს ჰქონდეს გარკვეული პოზიცია თეორიული ენათმეცნიერების საკვანძო საკითხთა გაგებაში.

ეს საკითხებია: ენათმეცნიერებისა და ენის ფილოსოფიის ურთიერთობა; ენათმეცნიერება და კიბერნეტიკა; ენა და მეტყველება, მათი ურთიერთობა; დიაქრონია და სინქრონია, მათი ადგილი და ურთიერთობა; სტრუქტურალიზმი და ფუნქციონალიზმი თანამედროვე ენათმეცნიერებაში; ენათმეცნიერების ადგილი მეცნიერებათა სისტემაში (ჰუმანიტარული მეცნიერებათა იგი თუ საბუნებისმეტყველო).

ამ საკითხებზე აზრი გამოვითქვამს წერილობით [1]. აქ მხოლოდ დასკვნითს დებულებებს აღვნიშნავთ, მასთან სქემატურად.

ენათმეცნიერება და ენის ფილოსოფია. ენებში საერთო სა და განსხვავებულის საკითხი ძირითადი ფილოსოფიური საკითხია, ყველა სხვა საკითხი ბოლოს და ბოლოს ამ ძირითად საკითხს უკავშირდება უშუალოდ თუ უშუალოდ.

ენის ფილოსოფია საერთოს გამოვლენას ცდილობს ენის იდეის ანალიზის მეშვეობით. დედუქტიურად.

ენათმეცნიერება საერთოს ეძიებს განსხვავებულ ენათა ანალიზის მეშვეობით. ცალ-ცალკე და შედარებით, ინდუქციის გზით.

უკანასკნელ წლებში თვით უნივერსალიათა საკითხის კვლევისას ენათმეცნიერები ინდუქციას აძლევენ უპირატესობას.

ენის ფილოსოფია ფილოსოფიის ნაწილია. თეორიული ენათმეცნიერება — ენათმეცნიერებისა, იგი კონკრეტულ ენათა ძიების შედეგებს ემყარება, ამ

(1) მოხსენა უნივერსიტეტის საჩარო სხდომას 1968 წ. 14 ივნისს.

შედგებეს თეორიულად განაზოგადებს, რათა კონკრეტულ ენათა შემდგომი კვლევა-ძიების პრაქტიკას წაადგეს. ასეთი ამოცანა კი ენის ფილოსოფიისათვის უცხოა.

კიბერნეტიკა და ენათმეცნიერება. ენის ფილოსოფიისა და ენათმეცნიერების ურთიერთობის საკითხი იმათათვე იდგა. კიბერნეტიკულ ენათმეცნიერებასთან მიმართების საკითხი ახლა დაისვა.

კიბერნეტიკული ენათმეცნიერება გამოყენებითი დისციპლინაა. მას ესაზღვრება ენობრივი ფაქტის სპეციფიკურა წესით დამუშავება.

პრაქტიკული მიზნები, რომელთა მიღწევას კიბერნეტიკული ენათმეცნიერება ისახავს, უადრესად მნიშვნელოვანია. საკმარისია დავასახელოთ მანქანური ანუ ავტომატური თარგმნის საკითხი.

ეს საკითხი პრინციპში დადებითად არის გადაწყვეტილი. საკმარისია პრაქტიკულადაც განხორციელდეს, რომ სიმწვავე დაეკარგება მრავალენიანობასთან დაკავშირებულ სიძნელეებს, პრინციპულად ახალი გადაწყვეტა დაეძებნება ადამიანთა ურთიერთობას, რომელთაც ერთმანეთის ენა არ იციან, ესე იგი, მოიხსნება ერთიანი ენის საკითხი, რასაც მომავლისათვის აუცილებლად მიიჩნევდნენ და რასაც მრავალგვარი სირთულე ახლავს — შესაძლებლობის თვალსაზრისითაც და სასურველობის მხრივაც.

მოუხედავად დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობისა, რაც კიბერნეტიკულ ენათმეცნიერებას აქვს, მას არ ძალუძს შეცვალოს ენათმეცნიერება, როგორც პუბლიცისტური მეცნიერება, რომელიც ადამიანში ყველაზე ადამიანურ მოვლენას, ენას, სწავლობს. გამოყენებითს დისციპლინას თეორიული მეცნიერება არასოდეს შეუცვლია.

კიბერნეტიკული ენათმეცნიერებისაგან უნდა განვასხვავოთ ენის შესწავლა მათემატიკური მეთოდებით. კვანტიტატიური მეთოდების გამოყენება ენის მიმართ პრინციპულად კანონზომიერია. ყოველ ენაში ნიშანთა სიმრავლესთან გვაქვს საქმე. სიმრავლის კანონზომიერებათა შესწავლა ბუნებრივია ენის სინამდვილეზედაც გავრცელდეს.

ოლონდ ეს იქნება დამხმარე მეთოდი: კვანტიტატიური მხარე ვერ შეცვლის კვალიტატიურს: ენობრივი ფაქტის შესწავლისას არ შეიძლება დავივიწყოთ ფუნქცია — საკომუნიკაციო, ექსპრესიულ-ემოციური.

საკმარისია ენობრივი ფაქტის შესწავლისას ფუნქცია გამოირიცხოს, რომ ენათმეცნიერება საბუნებისმეტყველო მეცნიერება აღმოჩნდება. ეს კი შესწავლილი ობიექტის სპეციფიკის უგულვებლყოფა იქნებოდა.

ენისა და მეტყველების დაპირისპირებამ სინქრონიისა (აღწერისა) და დიაქრონიის (ისტორიის) დაპირისპირება გამოიწვია და ანტიისტორიზმის საყრდენ დებულებად იქცა, თვით სინქრონიაში სტრუქტურა ფუნქციას დაუპირისპირა. ეს დაპირისპირება საფუძველს მოკლებულია; აღწერითი ენათმეცნიერება ვერ გაითიშება ისტორიული ენათმეცნიერებისაგან, ისევე როგორც ენა შეუძლებელია მოვწყვიტოთ მეტყველებას. განასხვავო არ ნიშნავს დაუპირისპირო.

სტრუქტურისა და ფუნქციის განმარტებისას არ შეიძლება უგულვებლყოთ ის ფუნდამენტური ფაქტი, რომ ენაში სტრუქტურაცა და ფუნქციაც

მიმართებას წარმოადგენს: ფუნქცია მიმართებაა რეალობის ფაქტთან (აღსანიშნთან), სტრუქტურა ამგვარ მიმართებათა ურთიერთობას უდრის.

ამრიგად: ენათმეცნიერება, როგორც ინტეგრალური მეცნიერება ენის შესახებ, ორგანულად აკავშირებს ფუნქციისა და სტრუქტურის შესწავლას, ენის აღწერასა და ენის ისტორიას.

ენის ისტორიის შესწავლა შინაგანი განვითარების კანონზომიერების პრინციპს ემყარება. ეს პრინციპი საბჭოთა ენათმეცნიერების ნიშანდობლივ თვისებად იქცა მის შემდეგ, რაც ენის ზედნაშენურობის დებულება მოიხსნა.

შინაგანი განვითარების კანონზომიერების პრინციპი არ არის საკონიუნქტურო არც საკითხის დასმისა და არც მოხსნის თვალსაზრისით.

იმავე დროს შინაგანი განვითარების კანონზომიერების პრინციპი არც იმას ნიშნავს, თითქოს ენობრივი ცვლა დეტერმინირებული არ იყოს, და არც იმას გულისხმობს, რომ ყოველგვარი ცვლა ენობრივი სისტემის შინაგანი განვითარების გამოვლინებად მიეიჩნით.

გარეგანად, მეტ-ნაკლები, ყველა ენის ისტორიაში შეიმჩნევა. ენის განვითარების ნამდვილი ისტორია შინაგანისა და გარეგანის ზემოქმედების ტოლფარდია.

ზნორად იტყვიან: თანამედროვე მეცნიერება სპეციალობათა სინთეზისკენ ისწრაფვისო. ასეც რომ არ იყოს, გაუმართლებელია პარცელაციის ის პროცესი, რასაც თანამედროვე ენათმეცნიერებაში აქვს ადგილი.

ენათმეცნიერება ჰუმანიტარული მეცნიერებაა. ენათმეცნიერება, როგორც ინტეგრალური მეცნიერება ენის შესახებ, მიზნად ისახავს შეისწავლოს ენა, მისი სტრუქტურაცა და ფუნქციაც, სტატიკაშიც და დინამიკაშიც, შეისწავლოს აზროვნებასთან და კულტურის ისტორიასთან მიმართებაში.

ესაა არსებითი, — ყოველ შემთხვევაში, უფრო არსებითი ენის რაობის თვალსაზრისით არც ერთს საენათმეცნიერო კონცეფციაში არ ყოფილა გამოვლენილი.

* * *

ეს ზოგადი თვალსაზრისი ყველა ენის შესწავლისას გასათვალისწინებელია. ჩვენ წინ, პირველ ყოვლისა, იბერიულ-კავკასიური ენების საკითხი დგას. ქართველური, აფხაზურ-აღილური, ნახურ-ქისტური და დაღესტნური ენები — სულ 12 სამწერლო და 20 უმწერლო ენა მხოლოდ კავკასიის მიწა-წყალზე გვხვდება ამჟამად. სულ 4 მილიონ 350 ათასი კაცი ლაპარაკობს ამ ენებზე (აქედან 2 მილიონ 600 ათასი ქართულზე მოდის, მილიონ შვიდას ორმოცდაათი ათასი 29 ენაზე).

იბერიულ-კავკასიური ენები არქაული წყობისად ითვლება. მათი სტრუქტურა თავისებურია და ზოგადი ენათმეცნიერების თვალსაზრისით საინტერესოა. პირველ ყოვლისა, ამიტომ სწავლობენ იბერიულ-კავკასიურ ენებს უცხოეთის, კერძოდ, დასავლეთ ევროპის სამეცნიერო ცენტრებში (პოლონეთსა

და ჩეხოსლოვაკიაში, დემოკრატიულსა და ფედერატიულ გერმანიაში, საფრანგეთში, პოლანდიაში, ნორვეგიაში).

კიდევ უფრო მეტ ინტერესს აღძრავს იბერიულ-კავკასიურ ენათა სამყაროს ისტორიის თვალსაზრისით. დღესაც ძალაშია დებულებები, რომლებიც ამ ასიოდე წლის წინ (1864 წ.) წამოაყენა ავსტრიელმა ენათმეცნიერმა ფრიდრიხ მიულერმა [2]. სახელდობრ: 1. ეს ენები არც ინდოევროპულია და არც სემიტური; 2. ეს ენები ისევე, როგორც ბასკური, გადმონაშთია ენათა დიდი ჯგუფისა, რომელიც კავკასიასა და მის სამხრეთით იყო გავრცელებული ვიდრე აქ ინდოევროპული, სემიტური და ურალ-ალთაური ენები გამოჩნდებოდა. ამრიგად, ეს ენები ძველი სამყაროს თავისთავადი ენებია.

ფრ. მიულერის ამ დებულებას შემდეგში არა ერთი მკვლევარი დაბრუნების ხსენასხვა კონტექსტში (ფრ. პომელი, ჰუგო შუხარდტი, ალფ. ტრომბეტი, ად. დირი, ნ. მარი, ივ. ჯავახიშვილი) და ამ დებულებათა დაზუსტება თუ განვითარება უცდია.

არასემიტური და არაინდოევროპული რიგი ენა წინა აზიისა და მცირე აზიის მიწაწყალზეც იყო აღმოჩენილი წარწერებში და თიხის ფილებზე (იგულისხმება: ურარტული, ჰურიტული, პროტოხეთური, შუმერული).

იტალიელმა ენათმეცნიერმა ალფ. ტრომბეტიმ დაადასტურა, რომ ერგატის (მოთხრობითის) ნიშანი ურარტულისა -შ(ე)- ჰ(ე) იგივეა, რაც ბაც-ბურ-ქისტური -ს, -s [3]; უნგრელმა ორიენტალისტმა მეშაროშმა სცადა პროტოხეთურას მორფოლოგია ეკვლია უბიხური ენის მონაცემთა მიხედვით [4] და სხვა და სხვა.

ეს ნიშნავს: დღის წესრიგში დადგა იბერიულ-კავკასიური ენობრივი სამყაროს ისტორიულ-გენეზისური ურთიერთობის საკითხი მცირე აზიის, წინა აზიისა და ხმელთაშუაზღვეთის არაინდოევროპულ და არასემიტურ ძველ, აწმკვდარ, ენებთან და დღემდე ცოცხალ ბასკურთან.

დაისვა კავკასიონისა და პირენეს მთების ლინგვისტური სამყაროს დავშირების საკითხი, უფრო ზუსტად: კავკასია—წინა აზია—ხმელთაშუაზღვეთის ძველის-ძველი ლინგვისტური სამყაროს ისტორიული ერთიანობის საკითხი.

ესაა დიდმნიშვნელოვანი კულტურულ-ისტორიული პრობლემა. ენათმეცნიერთა გარდა იგი ორიენტალისტთა ფართო წრეების ყურადღებას იპყრობს, არქეოლოგთა და ეთნოგრაფთა ძიების საგანიცაა.

მაგრამ არქეოლოგიურ ინვენტარს ისტორიულ-ეთნოგრაფიული იდენტიფიკაცია ესაჭიროება. მკვდარ ენათა წარწერები ფრაგმენტური ხასიათისა; სიმძიმის ცენტრი ცოცხალ ენებზე გადმოდის. ეს ენებია: იბერიულ-კავკასიური ენები აღმოსავლეთში, კავკასიის მიწა-წყალზე, ბასკური — დასავლეთში, პირენეს ნახევარკუნძულზე.

დიდი პრობლემა დიდ მეცნიერულ პასუხისმგებლობას ვულისხმობს, და ეს პასუხისმგებლობა, პირველ ყოვლისა, იბერიულ-კავკასიურ ენათა მეცნიერულმა ისტორიამ უნდა იყოს.

ამ ისტორიას მრავალგვარი სირთულეთა დაძლევა მოუწევს. აქამდე რაც გაკეთებულა, მხოლოდ დასაწყისია, და ეს დასაწყისი ძიებას პერსპექტივანს ხდის. პირველი რიგის ძირითადი საკითხია იბერიულ-კავკასიურ ენათა ის-

ტორიულ-გენეზისური ურთიერთობის საკითხი. ამ საკითხის გადაწყვეტისათვის ჯერ კიდევ დიდი სამუშაო უნდა შესრულდეს. ამჟამად ერთი რამ მაინც ცხადია: წინეთ იბერიულ-კავკასიური ენები ბევრად უფრო ახლოს ყოფილან ერთმანეთთან, ვინემ ამჟამად: ლექსიკა, სტრუქტურა, ფონეტიკა, რამდენადაც მათი ისტორია არის გარკვეული. ამას გვაფიქრებინებს, ე. ი. სიანლოვე — ძველ ვითარებას ახასიათებს, სხვაობა-დაშორება — მეორეული, უფრო ახალი მოვლენაა.

ევგ. ბოკარევი და გ. კლიმოვი შესავალ წერილში კრებულისა «იბერიულ-კავკასიური ენები» წერენ: კავკასიისმცოდნეთა მეტი წილი ვარაუდობს, რომ იბერიულ-კავკასიური ენები წარმოშობით მონათესავე არიანო [5].

ენათმეცნიერთა, არქეოლოგთა, ეთნოგრაფთა კოლექტივების გეგმაშეწონილი შეთანხმებული მუშაობა არის ერთადერთი გზა ისეთი დიდი კულტურულ-ისტორიული პრობლემის გადაწყვეტის შესამზადებლად, როგორცაა იბერიულ-კავკასიურ ენათა ისტორიულ-გენეზისური ურთიერთობა წინა აზიისა და მცირე აზიის ძველ ენებთან (ურარტულთან, ჰურიტულთან, შუმერულთან, პროტოხეთურთან...), ერთის მხრივ, და ბასკურთან, მეორე მხრივ.

ამ პრობლემაზე მრავალი ქვეყნის სპეციალისტები მუშაობენ. არ ივარგება ამ მუშაობაში კავკასიის ხალხთა სპეციალისტების ხმა არ ისმოდეს.

ნათქვამია: ცნება შინაარსის გარეშე ცარიელია, შინაარსი ცნების გარეშე ბნელიაო.

ენათმეცნიერების ვითარებასთან შეფარდებით შეიძლებაოდა გვეთქვა: ენათმეცნიერული თეორია კონკრეტული ენობრივი კვლევის გარეშე უშინაარსო იქნებოდა, როგორც ყოველი სპეკულაციური დედუქცია.

კონკრეტული ენობრივი ნაკვლევი შესაბამისი ენათმეცნიერული თეორიის გარეშე უსინათლო ემპირიზმის ფარგლებს ვერ გასცილდებოდა.

დიდმნიშვნელოვანი პრობლემები, რაც იბერიულ-კავკასიური ენათმეცნიერების წინაშე დგას — ამ ენათა ისტორიის კვლევისა თუ სტრუქტურის აღწერის მხრივ — გულისხმობს და მოითხოვს რთული სინამდვილის ზუსტ კვლევას და თეორიულ-ენათმეცნიერული აზრის მაღალ დონეს.

რთული სამეცნიერო საკითხი არასოდეს გადაწყდება, თუ ის არ დაიწევა საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში ენათმეცნიერების ინსტიტუტ კავკასიურ ენათა კათედრა

(შემოვიდა 10.9.1968)

ЯЗЫКОЗНАНИЕ

Ари. ЧИКОБАВА (академик АН ГССР)

УЗЛОВЫЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ ОБЩЕЙ ЛИНГВИСТИКИ И ИБЕРИЙСКО-КАВКАЗСКОЕ ЯЗЫКОЗНАНИЕ

Резюме

Несмотря на актуальность задач, которые призвана решать кибернетическая лингвистика, как прикладная дисциплина, несмотря на правомерность использования количественных мето-

დოვ применительно к определенным явлениям языковой действительности, лингвистика была и остается гуманитарной наукой.

Лингвистика, как интегральная наука о языке, призвана изучать язык, его структуру и функцию как в статике, так и в динамике, изучать язык в его отношении к культуре и ее истории, в его отношении к категориям мысли и истории процессов мышления.

Определяя функцию как отношение к обозначаемому, а структуру как отношение между отношениями (к обозначаемым), естественно элиминируется принципиальное противопоставление структурного функциональному.

Иберийско-кавказское языкознание, как учение о специфических языках Кавказа, ставит целью выявление структурных особенностей данных языков с полным учетом их своеобразия, разработку их научной истории с перспективой уяснения их внутрigrупповых и междугрупповых генетических связей с дальнейшей постановкой вопроса об историко-генетических связях живых иберийско-кавказских языков с баскским живым реликтовым языком Пиренейского полуострова, с одной стороны, и с неиндоевропейскими, несемитическими языками древней Передней и Малой Азии (каковы, урарт., хуррит., протохет.), с другой стороны.

დავითიანური ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. არნ. ჩ ი ქ ი ბ ა ე ა. ზოგადი ენათმეცნიერება. I. თბილისი, 1935, გვ. 158—168; მისივე: ზოგადი ენათმეცნიერება. II. ძირითადი პრაბლემები, თბილისი, 1945, გვ. 138—198; 352—356. მისივე: ენათმეცნიერების შესავალი, თბილისი, 1952, გვ. 210—220. მისივე: „Проблема языка, как предмета языкознания“, მოსკოვი, 1959, გვ. 111—125; 129—151; 169—175. მისივე: გრამატიკის აგებულების ძირითადი საკითხები, სსრკ შვედ. აკად. საქართველოს ფილოლოგის შიკაშვიტ, ტ. I, 1940, № 2, გვ. 157—162; № 3, გვ. 241—248. მისივე: „О двух основных вопросах изучения иберийско-кавказских языков“, ეურნ. „Вопросы языкознания“, მოსკოვი, 1955, № 6, გვ. 66—92. მისივე: „К вопросу о путях развития современной лингвистики“, ეურნ. „Вопросы языкознания“, № 4, 1966. მისივე: „К вопросу о взаимоотношении мышления и речи в связи с ролью коммуникативной функции“, კრებულში „Язык и мышление“, მოსკოვი, 1967, გვ. 16—30. მისივე: „Лингвистика, как интегральная наука о языке“, კრებულში „Проблемы языкознания“, მოსკოვი, 1967, 15—19.
2. Fr. Müller: Über die sprachwissenschaftliche Stellung der kaukasischen Sprachen—*კრებ.* „Orient und Occident“, Bd. II, 1864. გვ. 535.
3. Alf. Trombetti. Elementi di glottologia, Bologna, 1928.
4. Jul. Mészárosz. Die Päkhy Sprache. Chicago, 1934.
5. Языки народов СССР, т. IV, «Иберийско-кавказские языки», 1967. გვ. 7.



ზ. სარჯველაძე

ჰაემეტროვის ბადმონაშთები X საუკუნის სინურ ხელნაწირობებში

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ი. აბულაძემ 8.7.1968)

ჰაემეტროვის გადმონაშთებზე IX — X სს. ხელნაწერებში მიუთითებდნენ: ა. შანიძე ([1], 297—301; [2], 317), მ. შანიძე ([3], 146—147), ი. იმნაიშვილი ([4], 193). ჰაემეტრობა გადმონაშთის სახით გვხვდება რამდენსაემ სინურ ხელნაწერში, რომელთა ფოტოპირები დაცულია საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის კ. კეკელიძის სახელობის ხელნაწერთა ინსტიტუტში. ესენია: Sin.-6, 982 წელს გადაწერილი, შეიცავს წმიდათა ცხოვრებებს; Sin.-15, 978 წლისა, შეიცავს ოთხთავის ტექსტს; Sin.-30, X საუკუნისა, ოთხთავი; Sin.-38, 979 წლისა, ნაკლები ოთხთავი, შეიცავს ლუკას და იოანეს თავებს; Sin.-37, X საუკუნისა, ლექციონარი; Sin.-66, X საუკუნისა, კურთხევანი...

აღნიშნულ ხელნაწერებში ჰ S_2 ან O_3 პირების ნიშნად გვხვდება ხმოვნებისა და დ თ ტ ძ ც წ ჯ (ჩ) ჰ თანხმოვანთა წინ.

ა) ხმოვანთა წინ გვაქვს ჰ :

S_2 : „საფლავთა მათთა ჰაშენებთ“, Sin.-15, 178 r, 1.

O_3 : „რომელი ღმერთმან შეაულღნა, კაცი ნუ განჰაშოვრებნ“, Sin.-30, 101 r, 15-17 b; „ხოლო იესუ გულისგმა-ყო და განჰეშორა მიერ და წარვიდა“ იქვე 27 r, 17—19 a.

ჰ გვაქვს ერთპირიან ვნებითი გერის ზმნაში: „და ღმერთ ჰიყო სიტყუა იგი“, Sin.-15, 225 r, 4. ჰ გვხვდება აგრეთვე გარდამავალ ორპირიან ზმნათა II სერიის ფორმებთან: „და აღდგეს და განჰაძეს იგი გარეშე ქალაქისა“, Sin.-30, 137 r, 7—9 b; რამეთუ განჰადიდა უფალმან წყალობაჲ თჳსი“, იქვე 126 v, 23 b—127 r, 2a.

ბ) ჰ გვაქვს წინაენისმიერ თანხმოვნებთან:

ჰ -დ: S_2 : „ხოლო შენ წარვედ და მიმოჰდევე სასუფეველი ღმერთისაჲ“, Sin.-30 159 r, 18—20 b. O_3 : „მიჰდევედა მას ერი მრავალი“, Sin.-30, 50 r, 4—6 a; ხოლო იგინი „მოჰდედეს მას“, იქვე 103 r, 3—4 a; „იგინი უფროჲს მიმოჰდებდეს“, Sin.-30, 94 v, 10—12 b; Sin.-15, 106 v, 11—12.

ჰ -თ: „უფალო, ანუ არა თესლი კეთილი დაჰთესე ავარაკსა შენსა“, Sin.-30 31 v, 21 a—31 v, 2 b; „ჰრქუა მას იესუ: შენ ჰთქუ“, იქვე 66 r, 14—15 b; „ჰრქუა მას: შენ ჰთქუ“, იქვე 117 v, 20—21 a; „ხოლო თქვენ ჰთქუთ“, იქვე 93 r, 14 a; „მეყსეულად ჰთქვთ, ვითარმედ წვმაჲ მოაქუს“, Sin.-30, 183 r, 5—6.

პ — ტ: S₂: „და მათგანნი „პტანჯნეტ შესაკრებელთა შორის“; Sin.-15, 64 r, 4—5; Sin-30, 58 v, 12—14 a.

პ — ძ: S₂: „შვილო ჩემო, ნუ შეპძრწუნდები სატანჯველთაგან“, Sin.-6, 387, 16—17.

პ — ც: S₂: „ამისთვის უკუე პცთებით თქუენ“, Sin.-30, 108 r, 17—18 b; „გარდაპცვალენ ესენი“, Sin.-66, 9 r, 12; ნუ პცოდაეთ“, Sin.-6, 444, 19—20. O₃: „თაყუანის — პცემდა მას და ეტყოდა“, Sin-30, 38 r, 1—3a; „და პცემდეს მას თავსა ლერწმითა“, იქვე 118 r, 21—22 b; „პური ზეცით მოპცა მათ ჰამად“, Sin.-38, 53 r, 21—23 b, Sin.-15, 243 r, 4—5; „რამთა ნაყოფისა მისგან მოპცენ მას“, Sin.-15, 205 r, 3—4; „და მოთვარემან არა გამოპცეს ნათელი თუხი“, იქვე 66v, 8—9; დაპცნეს მვედარნი მართლუკუნ“, Sin.-37, 79, 19—20 a. „და გამოპცდიდეს მას“, Sin.-15, 108 r, 4; Sin.-30, 39 r, 19—20 a; 101 r, 11—12 a; „და თელი იგი აღმოპცენდის“, Sin.-30, 84 v, 3—4 a; „და სხუად დაპვარდა კლდესა ზედა, აღმოპცენდა და განგმა“, იქვე 150 v, 6—9 a; „და აღმოპცენდეს ეკალნი“, იქვე 150 v, 12—13 a.

პ — წ: S₂: „და თქუენ პწუხდეთ“, Sin.-15, 277 r, 7—8; Sin. 38, 84 r, 19—20 b; „ნუ ცოლსა პწამებ“, Sin-30, 102 r, 2—3 ა; „აჰა ლელუ იგი, რომელი პწყევე, განგმა“, იქვე 105 v, 14—15 b; „და მათგანნი მოპწყუდნეთ“, იქვე 58 v, 9—11 a; „იერუსალსმ, იერუსალსმ, რომელმან მოპწყუდენ წინაწარმეტყუელნი“, იქვე 58 v, 9—10 b; „და ცოდვათა შინა თქუენთა მოპწყუდეთ“, Sin.-15, 250 r, 16—17; „მოპწყუდეთ ცოდვათა შინა თქუენთა“, იქვე 250 v, 7—8.

პ — ჯ: O₃: „და არა დაპჯერდების პირველ მოგსენებულსა მას წურთად, Sin.-6, 431, 27.

პ — ჰ: S₂: „რამასათვის მეზუერეთა და ცოდვილთა თანა პჰამთ“, Sin. 15, 89 v, 6—7; Sin.-30, 80 r, 12—15 a; 141 r, 10—14 a; „რომელნი შეპჰამთ სახლებსა ქურიეთასა“, Sin.-15, 57 r, 4—6; „რამათა პჰამდეთ და პსუმიდეთ“, Sin.-15, 218 v, 16; Sin.-38, 26 v, 13—15 a; Sin.-37, 124, 15—16 b; „რამეთუ პჰამეთ პურთა მათგან“, Sin.-15, 242 v, 16; Sin.-38, 53 r, 14—16 a; „რამათა პჰამო ვნებად ესე“, Sin.-30, 113 r, 19—20 b; „რამ პჰამოთ და პსუათ“, Sin.-30, 14 r, 16—17 a; „ნუ პჰრუნავთ სულისა თქუენისა, რამ პჰამოთ“, Sin.-15, 180 r, 19—21; „ნუ ეძიებთ, რა (!) პჰამოთ“, იქვე 181 r, 3; „უკუეთუ არა პჰამოთ ჯორცი ძისა კაცისაჲ“, Sin.-15, 244 v, 6—7; Sin.-38, 54 r, 7—8 b.

O₃: „რომელნი შეპჰამენ სახლებსა ქურიეთასა“, Sin.-15, 124 r, 2—3, 207 v, 16—17; Sin.-30, 109 v, 13—14 a; Sin.-38, 22 r, 4—6 b; „ხოლო მოწაფენი მისნი მოპჰრიდეს თავსა ჯოვილისასა“, Sin.-15, 150 v, 1—3; Sin.-30, 141 v, 14—18 b; „არარაჲ პჰირნ მას ცხოვართა მათთვის“, Sin.-15; 257 r, 15—16.

ეს ჰემეტი ფორმები ჰემეტი ხელნაწერებიდან იღებენ სათავეს. ჰემეტობის გადმონაშთები დადასტურებულია სხვა სინურ ნუსხებშიაც ([3], 146—147;

[4] 193). ჰემეტობის ნათები დასტურდება ოთხთავში, ფსალმუნში, კურთხევანში, ლექციონარში, წმიდათა ცხოვრებებში. ეს იმის მაჩვენებელია, რომ „ჰემეტ“ დიალექტზე, რომელიც ქართული სალიტერატურო ენის ფუძე-დიალექტს წარმოადგენდა VIII საუკუნეში ([5], 361; [6], 91 — 94), საკმაოდ მრავალფეროვანი ლიტერატურა მოიპოვებოდა. ცნობილია, რომ სინას მთაზე დაცული ხელნაწერები უმთავრესად საბაწმიდის ლავრიდან მომდინარეობენ ([7], 91). ეს იძლევა გარკვეულ საფუძველს გამოითქვას ვარაუდი—ხომ არ იგულისხმება გიორგი მთაწმიდისეულ ტერმინში: საბაწმიდური („ხანმეტი და საბაწმიდური“) ისეთი ხელნაწერები, სადაც S_2 ან O_3 პირების ნიშნად მხოლოდ ჰ გვქონდა ([7], გვ. 413; შტრ. [2], 316).

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
კ. კეკელიძის სახელობის ხელნაწერთა ინსტიტუტი

(შემოვიდა 10.7.1968)

ФИЛОЛОГИЯ

3. А. САРДЖВЕЛАДЗЕ

ПЕРЕЖИТКИ НАЭМЭТНЫХ ФОРМ В СИНАЙСКИХ РУКОПИСЯХ X-ГО ВЕКА

Резюме

В нескольких древних рукописях из синайской коллекции грузинских рукописей (Sin.-6, переписана 982 г.; Sin-15 переписана 978 г.; Sin-30, X в.; Sin.-37 X в.; Sin.-38 979 г.; Sin.-66, X в.) наблюдаются пережитки наэмэтных форм. ჰ употребляется для передачи II субъектного и III объектного лица, как перед гласными, так и перед переднеязычными согласными (დდ თთ ტტ ძძ ცც წწ ჯჯ ჰჰ): ჰაშენებთ hašenebt „строите“; განჰაშოვრებნ ganhašovrebn „разлучает“; ჰ h имеется в глаголе страдательного залога: ჰიყო hiqo „был“, а также в формах II серии двухличных переходных глаголов: განჰადიდა ganhadida „возвеличил, восславил“ (он его); განჰაძეს ganhažes „выгнали“ (они его); მიჰდევდა mihdeveda „следовал“ (он за ним) დაჰთესდა dahtese „посеял“ (ты его) и др.

Эти наэмэтные формы происходят из наэмэтных рукописей. Пережитки наэмэтности наблюдаются: в Четвероголове, в Псалтыре, в житиях святых, в Лекционаре. Видимо, на „наэмэтном“ диалекте, который являлся основой литературного языка в VIII в. существовала довольно разнообразная литература.

Большая часть грузинских рукописей, хранящихся на синайской горе, переписана в лавре святого Саввы. Основываясь на этом, считаем приемлемым предположение, что под термином „сабацмидури“ Георгия Мтацмидели (XI в.) подразумеваются „наэмэтные“ тексты. (К. С. Келидзе).

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ა. შანიძე. ჰემეტობა აღიშის ოთხთავში: თბზღუბანი, 1, 1957.
2. ა. შანიძე. სინური შრავალთავი 864 წლისა და მისი მნიშვნელობა ქართული ენის ისტორიისათვის, 1959.
3. მ. შანიძე. საქართველის სსრ მეცხიერებათა აკადემიის ზელნაწერთა ინსტიტუტის შრომებზე, 1, 1959.
4. ი. იმნაიშვილი. ქართული ენის ისტორიული კრესტომათია, 11, 1963.
5. ა. შანიძე. ჰემეტი ტექსტები და მათი მნიშვნელობა ქართული ენის ისტორიისათვის: ტუმ, 111, 1923.
6. ე. თაყაიშვილი. „მნათობი“, № 8, 1948.
7. კ. კეკელიძე. ქართული ლიტერატურის ისტორია, 1, 1960.

ბ. ხინთიბიძე

„ვეფხისტყაოსნის“ ერთი ეთიკური ცნება

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა ალ. ბარამიძემ 12.7.1968)

„ვეფხისტყაოსნის“ 23-ე სტროფში ჩამოთვლილია მიჯნურის, როგორც იდეალური პიროვნების, აუცილებელი ზნეობანი:

„მიჯნურსა თვალად სიტურფე ჰმართებს მარა, ვითა მშეობა,
სიბრძნე, სიუხვე, სიმდიდრე, სიყმე და მოცალეობა,
ენა, გონება, დათმობა, მძლეთა მებრძოლთა მძლეობა,
ვისცა ეს სრულად არა სჯირს, აკლია მიჯნურთ ზნეობა“.

მოდღერება ადამიანის იდეალური თვისებების შესახებ ძალზე გავრცელებული იყო ანტიკურ საბერძნეთში. ყველაზე სრული საბით თეორია ადამიანის სულიერი და ფიზიკური ზნეობის ანუ *ἀρετή*-ს შესახებ ჩამოაყალიბა არისტოტელემ თავის „ნიკომაქეს ეთიკაში“ (*Ethica Nicomachea*). ამ წიგნმა, ისევე, როგორ საზოგადოდ არისტოტელეს ფილოსოფიამ, უდიდესი გავლენა მოახდინა ბიზანტიურ და არაბულ თეოლოგიაზე და განსაკუთრებით რენესანსულ აზროვნებაზე (11, 194 — 319; 12, 31).

რუსთველის მიერ ჩამოთვლილ ზნეობათა ერთი ნაწილი გვხვდება არისტოტელეს ეთიკურ სისტემაში. ესენია: სიბრძნე — *σοφία* (*Eth. Nic.*, III, 9—12); სიუხვე *ἐλευθεριότης* (*Eth. Nic.*, IV, 1—3); სიმდიდრე *πλοῦτος* (სიმდიდრე არისტოტელესთან არ არის დამოუკიდებელი *ἀρετή*, მაგრამ იგი აუცილებელი პირობაა სიუხვისათვის, რადგანაც, არისტოტელეს აზრით, არის არის უხვი, ვისაც ახასიათებს სიუხვისთვის შესაფერისი *ἀρετή*), ზნეობრივი სიყვით და სიმდიდრე — *Eth. Nic.*, IV, 1); გონება — *σύνεσις* (*Eth. Nic.*, VI, 7); დათმობა — *ἐγκράτεια* (*Eth. Nic.*, VII, 1—10); „მძლეთა მებრძოლთა მძლეობა“ — *ἀνδρεία* (*Eth. Nic.*, III, 9—12).

დარჩენილი ოთხი ფიზიკურ-ზნეობრივი ღირსებისაგან ორი — „თვალად სიტურფე“ და სიყმე — *Jovens* (14, 17) — რაინდული ეთიკის სპეციფიკური თვისებებია. არც ენა (მჭერმეტყველება) არის გაუგებარი. ხოლო მოცალეობა, როგორც ზნეობის სპეციფიკური სახე, საკანკაბო კვლევას მოითხოვს.

სიტყვა „მოცალეობა“ ანუ „მოცალეობა“ ნიშნავს მოცლას, მოცილილობას, თავისუფალი დროის ქონებას. ძველ ქართულ ენაში ამ სიტყვის და მისი მონათესავე ფორმების აპარების შემთხვევათა უდიდესი უმრავლესობა ადასტურებს, რომ მისი ძირითადი მნიშვნელობა სწორედ ეს არის (5, 145). „ცალ“ ძირიდან ნაწარმოები პირიელი ფორმები „ვეფხისტყაოსანში“ არაერთგზის დასტურდება და მათ ყველგან მოცლის მნიშვნელობა აქვს (5, 143—144). „ვეფხისტყაოსნის“ ყველა კომენტატორი, რომელიც კი ამ სიტყვას ეხება, განმარტავს მას როგორც მოცლას, თავისუფალი დროის ქონებას (6, 291; 5, 140).

ამრიგად, ტრადიციული გაგებით რუსთველი მიჯნურის პიროვნულ ღირსებებში უნდა ასახელებდეს მოცილილობას, ე. ი. მიჯნურობისათვის საჭირო დროის ქონებას (6, 291). მაგრამ, ჯერ ერთი, რუსთველი ამ სტროფში ჩამოთვლის მიჯნურის, როგორც პიროვნების, პერსონალურ ფიზიკურ და ზნეობრივ ღირსებას. ყველა ღირსება უნდა ახასიათებდეს იდეალურ შეყვარებულ

რანდს თავისთავად და არა მიჯნურობისათვის. ე. ი. მას უნდა ახასიათებდეს სილამაზე, სიუხვე, ენა და სხვა როგორც საზოგადო, პერსონალური ზნეობა და არა სილამაზე მიჯნურობისათვის, სიუხვე მიჯნურობისათვის, ენა მიჯნურობისათვის და სხვა. მეორეც, მოცლილობა, უქმად ყოფნა არ შეიძლება არც ზოგადად იდეალური და არც რუსთველისეული იდეალური ადამიანის ზნეობრივ თუ ფიზიკურ თვისებად მივიჩნიოთ. მოცლილობას „თვალად სიტურფის“, სიბრძნის, სიუხვის, სიმდიდრის, სიყმის, ენის, გონების, დათმობის და „მძლეოთა მეგრძოლოთა მძლეობის“ რიგში ადგილი არც რომელიმე ეთიკური კონცეფციით ჰქონია და არც საზოგადოდ შეიძლება ჰქონდეს ([6], 292). შესამეც „ვეფხისტყაოსნის“ ტიპაჲი არ ადასტურებს, რომ რუსთველს მოცლილობა ან მიჯნურობისათვის მოცლილობა იდეალური მიჯნურობის აუცილებელ თვისებად მიაჩნდეს ([5], 149).

გ. იმედაშვილმა „ვეფხისტყაოსნის“ მოცალეობის ახლებური განმარტება სცადა. პირველში ერთ ადგილას გვხვდება გამოთქმა „შევიცალო“, რომელიც ნაწარმოებია სიტყვისაგან „ცალო“, რაც ნიშნავს ტოლს, სწორს. ამის საფუძველზე, მკვლევარის აზრით, რუსთველის მოცალეობა „მხოლოდ იმას შეიძლება ნიშნავდეს, რომ მიჯნური მიჯნურის ცალი ტოლი, სწორი იყოს“ ([6], 293). არც ამგვარი გაგება შეიძლება იყოს მართებული, რადგან არც ამ გააზრებით ჩანს მოცალეობა პიროვნების პერსონალურ ფიზიკურ და ზნეობრივ ღირსებად და იდეალური ადამიანის განყენებულ ზნეობრივ სიკეთეთა რიგში არ შეიძლება მას ადგილი ჰქონდეს. თუ მიჯნურები ყველა იმ თვისებით იქნებიან შემკობილნი, რომელსაც რუსთველი ჩამოთვლის, თავისთავად ცხადია, რომ ისინი ერთმანეთის შესაფერისი აღმოჩნდებიან.

დიდი მუშაობა ჩაატარა „ვეფხისტყაოსნის“ მოცალეობის ცნების დასადგენად კ. დანელიამ. მან საეხებით სწორა შენიშნა, რომ ქართული „მოცალეობის“ ფარდი ბერძნული სიტყვა *ჲ საილჲ* და სათანადო ზნა *საილჲ* ვარდა მოცლილობისა სხვა მნიშვნელობის შემცველიცაა. კ. დანელიას აზრით „ვეფხისტყაოსნის“ მოცალეობა უნდა ნიშნავდეს სიმშვიდეს, აუჩქარებლობას, სიდინჯეს ([5], 149—151). არ ეს უკანასკნელი მოსაზრება უნდა იყოს სწორი შემდეგი მიზეზების გამო:

1. როგორც ბერძნულ არსებით სახელს *ჲ საილჲ* ასევე ზნას *საილჲ* რამდენიმე ძირითადი მნიშვნელობა აქვს. სიმშვიდე, აუჩქარებლობა, სიდინჯე ამ ძირითად მნიშვნელობებში არ ჩანს. იგი ნიუანსური, ვადატანითი მნიშვნელობაა, რომელიც შეიძლება ზოგიერთ სპეციალურ კონტექსტში ამ სიტყვებში იყოს. არა გვგონია, რომ სწორედ ეს ნიუანსური და ვადატანითი მნიშვნელობა გააჩნდეს ქართულ შესაბამის ცნებას „მოცალეობას“ და რუსთველისათვის იგი ძირითადი, ამოსავალი გამხდარიყოს.

2. ქართული „მოცალეობა“/„მოცალეობის“ შესატყვისი ბიზანტიური პერიოდის ბერძნულ ძეგლებში არის *საილჲ* ([7], 150; [5], 148). მკვლევარი კი მოცალეობის ცნების დასადგენად *საილჲ* -ს მნიშვნელობებს ეძიებს ანტიკური პერიოდის ბერძნული ენისათვის შედგენილ ლექსიკონში. ბიზანტიური პერიოდის ბერძნული ენის სპეციალურ ლექსიკონში კი ნათლად ჩანს, რომ ამ დროს *საილჲ* და *საილჲ*-ს აღარა აქვს სიმშვიდის, აუჩქარებლობის, სიდინჯის მნიშვნელობა არც ნიუანსურად და არც ვადატანით ([8], 1326). რამდენადაც უკვირ ელინისტური ეპოქიდან ხდება ძირითადი ცვლილება ამ სიტყვის გაგებაში ([9], 6; [10], 66).

3. მკვლევარის მიერ თავისი მოსაზრების დასაბამებულად სპეციალურად განხილულ კონტექსტებში მოცალეობას არა აქვს სიმშვიდის, აუჩქარებლობის, სიდინჯის მნიშვნელობა. ამგვარად, კონტექსტის გააზრება ძალზე ხელოვნურია; სინამდვილეში მათში სულ სხვა გაგება შეინიშნება.

4. არის თუ არა რუსთველის ზნეობათა მწკრივში სიმშვიდის, აუჩქარებლობის, სიღინჯის ადგილი? თუ გავითვალისწინებთ, რომ პოეტი მიჯნური-საგან მოითხოვს, ერთის მხრივ, გონებას, ხოლო, მეორეს მხრივ, დათმობას (დათმვნას) სიმშვიდე-სიღინჯეში სპეციფიკური არაფერი რჩება, რაც რუსთველის მიჯნურისათვის („მიჯნური შმაგსა გვიქვიან არაბულითა ენითა“) აუცილებელი იყოს.

როგორც აღვნიშნეთ, სიტყვას „მოცალეობა||მოცალეობა“ ბიზანტიური ლიტერატურის ძეგლებში შეესატყვისება *ή σχολή*. *σχολή* ეტიმოლოგიურად *σχολ* ზმნასთანაა დაკავშირებული ([11], 311) და ნიშნავს შემდეგს: 1. მოცლილობა, თავისუფალი დრო, სიწყნარე, 2. თავისუფლება, განათავისუფლება, დასვენება, უსაქმობა, 3. შესვენება, შენელება, 4. მეცადინეობა თავისუფალ დროს, გონებრივი შრომა, 5. მეცნიერებისადმი მიძღვნილი დრო, 6. სასწავლო მეცადინეობა, მოღვაწეობა, 7. ლექცია, მოხსენება, 8. ადგილი, სადაც მასწავლებელი კითხულობდა ლექციას, სკოლა ([12], 1058; [13], 1595).

ამ მნიშვნელობებზე დაკვირვება გვიჩვენებს, რომ ყველა მათგანი დამოკიდებულია ამ სიტყვის ორ, ერთმანეთის საწინააღმდეგო გაგებაზე. 1. თავისუფალი დრო და 2. მეცადინეობა, გონებრივი შრომა ([9], 5; [14], 3).

ή σχολή-ს ლათინური შესატყვისია *otium* ([15], col. 1690), რომლის მნიშვნელობებშიც ასევე ჩანს ეს ორი გაგება ([16], 481).

ή σχολή-ს შესატყვისი ზმნა ბერძნულ ენაში არის *σχολάζω* ამ უკანასკნელის მნიშვნელობებშიც ასევე შეინიშნება ეს ორი ერთმანეთის საპირისპირო გაგება: 1. თავისუფალი დროის ქონება, 2. თავისუფლად ყოფნა, 3. განათავისუფლება, 4. შენელება, შეჩერება, 5. თავისუფალი დროს რალაციონადში მიძღვნა, თავის შეწირვა ხელოვნების ან მეცნიერებისადმი, 6. დროის დათმობა სწავლისათვის, ლექციების მოსმენა, 7. ლექციების წაკითხვა, სწავლება, სკოლაში მუშაობა, 8. ცოდნის მიმართვა რალაციისაკენ, მოთქმერება, დაფიქრება ([12], 1057; [13], 1594—1595).

რითი უნდა იყოს გამოწვეული *ή σχολή*-ს მნიშვნელობაში ერთმანეთის საპირისპირო ამ ორი გაგების ერთდროულად არსებობა? ძველ ბერძნულ ტექსტებში ამ სიტყვის ხმარების შემთხვევებზე ([15], col. 1690—1696) დაკვირვება გვიჩვენებს, რომ *ή σχολή*-ს ძირითადი მნიშვნელობა უნდა იყოს თავისუფალი დრო, მოცლილობა. მხოლოდ თავისუფალი დრო, როგორც ჩანს, გაკრებილი იყო პრაქტიკული, სავალდებულო მუშაობისაგან თავისუფალ დროდ. ასეთი დრო კი, ბუნებრივია, უკავშირდებოდა აზროვნებას, შემეცნებას, გონებრივ შრომას, სწავლას. აქედან კი *σχολή*-მ შეიძინა შემეცნებითი მოღვაწეობის, მეცადინეობის გაგება და ბოლოს იმ ადგილის აღსანიშნავადაც (სკოლა) იქნა გამოყენებული, სადაც ასეთი მოღვაწეობა ხდებოდა. რამდენად არსებობდა ეს მეორე გაგება ამ სიტყვის მნიშვნელობებში ჩანს შემდეგიდან: 1. ევროპულ კულტურას ბერძნულმა ენამ ეს სიტყვა სწორედ ამ უკანასკნელი გაგებით უნდერბა *ή σχολή* // *σχολή* სკოლის მნიშვნელობით. შეგვიდა ლათინურ ენაში: *Schola* და აქედან დღევანდელმა ცივილიზაციამ იმემაკიდრა იგი ([11], 108—109; [16], 612; [9], 5; [10], 68). 2. *σχολή* ფუძიდან არის ნაწარმოები ესოდენ პოპულარული სიტყვა საშუალო საუკუნეებში „სქოლასტიკოსი“. *σχολαστικός* ჯერ კიდევ ძველ ბერძნულში ნიშნავდა:

ა) праздный, бездеятельный; б) преданный ученым занятием, ученым; в) школьный, учебный“ ([13] 1595). ლათინურ ენაში იგი შევიდა მხოლოდ მეცნიერულ მოღვაწეობასთან, რიტორულ ხელოვნებასთან და სკოლასთან დაკავშირებული მნიშვნელობით ([16], 612). 3. ბიზანტიურ პერიოდში *ή σχολή*-ს მრავალ მნიშვნელობათაგან შერჩა სწორედ სკოლის მნიშვნელობა; ხოლო *σχολάζω*-ს ძირითადად ორი მნიშვნელობა: 1. თავისუფალი დროის ქონება, 2. მე-

ცადინეობა; მიძღვნა, შეწირვა ფილოსოფიისა ან ქრისტიანული ღმერთისადმი ([8], 1326).

ქართული „მოცალება“. „მოცალე“, რომლებიც ბერძნული *σολή*, *σολή* და ამ ფუძიდან ნაწარმოებ სხვა სახელთა თარგმნისას გამოიყენება ბიზანტიური ლიტერატურის ძეგლებში, ბუნებრივია, რომ იმავე მნიშვნელობის შემცველი იყოს, რაც სათარგმნელ სიტყვას დედანში გააჩნია. ქართულ ძეგლებში ამ სიტყვის ხმარების მაგალითებზე დაკვირვებამ „ვეფხისტყაოსნის“ ტექსტის დასდგენი კომისიის კარტოტიკებით დაგვიანახვა, რომ მოცალებას ძველ ქართულში მისი ძირითადი მნიშვნელობის — მოცილობის — გვერდით, ზოგჯერ აქვს სწორედ შემეცნებითი მოღვაწეობისათვის, გონებრივი მუშაობისათვის, ღვთაებრივ-მისტიკური წვდომისათვის საჭირო დროს გაგებანი. მოკვყვანთ მხოლოდ რამდენიმე მაგალითს:

1. ზოგიერთ კონტექსტში პირდაპირ ჩანს, რომ მოცალება ნიშნავს თავისუფალი დროს გამოყენებას გონებრივი მუშაობისათვის. ქრისტიანული მწერლობა, განაჩქებს რა საერთო ფილოსოფიას, უწოდებს მას ამო ფილოსოფიისათვის მოცილებს ([7], 118). აქედან კი აშკარაა, რომ ტიპურ ქრისტიანულ პოლემიკაში საერთო ფილოსოფიასთან — „განმორე მრავალ-მეტყველებასა, რომელი მოცალეთა მოღუპობიებს, რამეთუ არარაა არს მას შინა სარეცბელი სულიაჲ“ (ეფრემ ასური ([17], 290) „მოცალეთა“ აშკარად მიუთითებს არაქრისტიანულ მოაზროვნეებზე, „ამაო ფილოსოფოსებზე“.

2. აშკარად შემეცნებითი მოღვაწეობისათვის გამოყენებულ დროზე მიუთითებს მოცალება გიორგი მონაზვნის „ხრონოლოგიის“ ქართული თარგმანის შემდეგ კონტექსტში: „ორიგენი მალაქარებასა შინა და მოქალაქობასა ეწინა და უკორცობასა და ფრიადასა მოცალებასა საღმრთოსა წერილისა გამოდიებასა შინა გულს-მოღვივებით მოღუაწე იყო“ ([18], 237; [5], 147). „ფრიადასა მოცალებასა“ ზუსტი თარგმანია დედნიკული „σολή μεϋστυ-ს“ ([19], 538; [5], 147) და მიუთითებს დამატული შემეცნებითი მოღვაწეობის პროცესზე, შემეცნებითი მოღვაწეობისათვის განთავსუფლებულ (განკუთვნილ) დროზე.

3. ღვთაებრივ-მისტიკური წვდომისათვის განთავსუფლებული დროის გაგება ძღერს იოდასაფის სიტყვებში: იოდასაფი ხელს იღებს მეფობაზე და განდევლოური ცხოვრებისათვის ემზადება. მასთან შეკრებილ დიდებულებს კი მიმართავს: „სრბაჲ ჩემი აღმირულებიჲს და აწ მოცალებაჲ ჩერ-არს ჩემდა“ ([20], 145). ვისაც ესმის განდევლოური ცხოვრების არსი და ენც დაკვირვებით წაიკითხავს უშუალოდ ამ კონტექსტის წინ იოდასაფის და ბარაქიასა სიტყვას, იგი არ იტყვის, რომ მოცალება ამ კონტექსტში ნიშნავს დასაგეობას, მოაგეობას.

4. „ექუსთა ღლეთაში“ ერთ ადგილას ბანილ დიდი აპტოლოგებს ეკამათება და მათი მისამართით წერს: „საციხელ აოიან რომელნი-იგი ესრეთ უაონებოჲსა საქმისათჲს ესოდენსა ამოხსა მოცალებასა წარაგებენ“ ([7], 70). აშკარაა, რომ მოცალება ამ შემთხვევაშიც გონებრივი მუშაობისათვის განკუთვნილ დროს, შემეცნებით პროცესს აღუნიშნობს. ძალზე საინტერესოა ის გარემოება, რომ დედანში მოცალების შესატყვისად არსებულ მიძღვობას *σολή* ზმნიდან ლათინურ ენაზე მთარგმნელი გადმოსცემს სიტყვით *excolis* რაც გულმოდგინედ დამუშავებას ნიშნავს ([21], 55), რუსულ თარგმანში კი პირდაპირ იკითხება: „... смешны те, которые трудятся над этою несостоятельно наукою“ ([22], 58).

5. და ბოლოს, სომხური ენიდან თარგმნილ ეპიფანე კვიპრიელის „თარგმანება დაკითხის ფსალმუნებისაჲ“—ში იკითხება: „...დავით, რომელი საღმრთოთა წერილთა მოცალებით მიეწაფა...“ ([23], 155; [5], 146). ეპი არაა,

რომ მოცალეობას აქაც ჩვენთვის საინტერესო ნიუანსი აქვს. მაგრამ უფრო საინტერესოა ის გარემოება, რომ მოცალეობას სომხურ ღედანში შეესაბამება *ყარაიხი* ([23], 228), რომელსაც, უსაქმურობის გვერდით აშკარად აქვს „заниматься, упряжняться“-ს მნიშვნელობა ([24], 329).

ამგვარად, ეკვი არაა, რომ მოცალეობას ძველ ქართულ ენაშიც აქვს შემეცნებითი, გონებრივი მოღვაწეობისათვის მიძღვნილი დროის, გონებრივ-შემეცნებითი პროცესის გაგება. აქედან ბუნებრივია ვიფიქროთ, რომ „ვეფხისტყაოსნის“ მოცალეობაში ეს მომენტი უნდა იყოს ხაზგასმული. ამას გვაფიქრებინებს არა მხოლოდ ის გარემოება, რომ გონებრივ-შემეცნებითი მოღვაწეობა, სწავლა საზოგადოდ აუცილებელი ზნეობაა იდეალური პიროვნებისათვის; არც მხოლოდ ის, რომ ეს თვისება ახასიათებს პოემის იდეალურ პერსონაჟებს («არა ვიქმ, ცოდნა რას მარგებს ფილოსოფოსთა ბრძნობისა! მით ვისწავლებით, მოგვეცეს შერთვა ზესთ მწუბრთა წყობისა»); და არც მხოლოდ ის, რომ რუსთველს მიჯნურის ძირითად საქმიანობად სწორედ მიჯნურობაზე ფიქრი, მიჯნურობის „გამოცნობა“ მიაჩნია (11); არამედ ერთი უაღრესად საინტერესო გარემოება. რომელსაც, ჩვენის აზრით, „ვეფხისტყაოსნის“ მოცალეობაზე მაგელობისას ვაღამეყვეტი მნიშვნელობა უნდა მიენიჭოს.

მოცალეობას (*ყოილქ*) პიროვნების ფიზიკურ-ზნეობრივ სიკეთეთა შორის მიუჩინა ადგილი არისტოტელემ. არისტოტელეს კონცეფციით, შემეცნება, შემეცნებითი მოღვაწეობა არის ადამიანური ნეტარების უმაღლესი სახეობა. (Eth. Nic. X, 7). აქედან კი ნათელია, რომ შემეცნების პროცესი, შემეცნებისათვის განათავისუფლებული დრო, ანუ შემეცნებითი მოღვაწეობაში გატარებული დრო არის ნეტარების უმაღლესი პროცესი. ამიტომაც არისტოტელე პირდაპირ წერს: „ნეტარება (*εὐδαιμονία*) მოცალეობაში მდგომარეობს—*ἐν τῇ ἡσυχίᾳ*“ ([25], 124), სხვა ადგილას არისტოტელე გარკვევით განმარტავს, რომ არა ყოველგვარი თავისუფალი დრო არის ადამიანური ცხოვრების იდეალი. თავისუფალი დროის სწორად გამოყენებაა საჭირო, ამისათვის კი აუცილებელია აღზრდა, სწავლა, ცოდნა (Polit., VIII, 2). ამიტომაც მოცალეობის უმაღლეს სახეობად არისტოტელეს ფილოსოფია მიაჩნია (Eth. Nic., X, 7; [1], 32). ხოლო ფილოსოფია, შემეცნებითი მოღვაწეობა ღვალებრივ ცხოვრება ადამიანურ ცხოვრებასთან შედარებით (Eth. Nic., X, 7). და ბოლოს, არისტოტელე ვარკვევით განმარტავს, რომ გონების შემეცნებითი მოღვაწეობა არის მოცალეობის უმაღლესი სახეობა და სწორედ ის არის ადამიანის სრულყოფილი ნეტარება (Eth. Nic., X, 7; [25], 124). ამგვარად, არისტოტელეს აზრით, მოცალეობა არის ადამიანური ცხოვრების იდეალი ([9] 7, 209; [1], 32).

აქედან გამომდინარე, ვფიქრობთ, უეჭველია, რომ რუსთველის მოცალეობა, „თვალად სიტურფის“, სიბრძნისა, სიუფვის, სიმდიდრის, სიყმაყმისა, გონების, დათმობის და „მძლეთა მებრძოლთა მძლეობის“ რიგში, არის სწორედ ის მოცალეობა (*ყოილქ*), რომელიც თავისი ეთიკური კონცეფციის ცენტრში დააყენა არისტოტელემ.

ყოველივე ამის შემდეგ უნდა დავასკვნათ, რომ რუსთველმა პროლოგში იდეალური პიროვნების მართლაც სრულყოფილი ტიპი ჩამოაყალიბა და, თვითმორაზ ბაგრატიონის სიტყვებს თუ გავისინებთ, „ძნელია, რომ ამდენი ნიჭი ერთად ერთს კაცში იპოებოდეს. მაგრამ ზეპირად საქართველოს ერნი ანუ პროეტორბენ, რომელ რუსთველი თვით იყოვეცხვითარი სრული ყოველითა სიკეთითა“ ([26], 5).

Э. Г. ХИНТИБИДЗЕ

ОДНО ЭТИЧЕСКОЕ ПОНЯТИЕ «ВЕПХИСТКАОСАНИ»

Резюме

В числе физических и духовных атрибутов человека пролог «Вепхисткаосани» называет «моцалеоба», означающее, в буквальном смысле, досуг. «Моцалеоба» — этическое понятие, подразумевающее время, уделенное, предназначенное для умственной деятельности, или умственно-познавательный процесс. Такое употребление слова подтверждается памятниками древнегрузинской теологической литературы. В данном смысле понятие «моцалеоба» (αχολή) фигурирует в этической системе Аристотеля, где оно представляется идеалом человеческой жизни.

დაძველებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. П. Зубов. Аристотель, М. 1963.
2. Б. Рассел. История западной философии, М., 1959.
3. Юз. Боргош. Фома Аквинский, М., 1966.
4. ს. სერგებრიაკოვი. „ლიტერატურათმცოდნეობის მე-3 რესპუბლიკური სამეცნიერო სესია“, თბილისი, 1968.
5. კ. დანელია. „ვეფხისტყაოსნის“ ლექსიკონი. „ორიონი“, თბილისი, 1967.
6. გ. იმედაშვილი. „ვეფხისტყაოსნის“ მკაცლეობა. კრებული „შოთა რუსთველი“, თბილისი, 1966.
7. ბასილი დიდი. ექვსთა ღვთაობა, მ. კახაძის გამოცემა, თბილისი, 1947.
8. W. Bauer. Griechisch-Deutsches Wörterbuch zu den Schriften des Testaments und der übrigen urchristlichen Literatur. Berlin, 1937.
9. El. Welskopf. Probleme der Musse im alten Hellas, Berlin, 1962.
10. E. Mikkola. Schole bei Aristoteles; Arctos, Nova Series, Vol. II, Acta Philologica Fennica, Helsinki, 1958.
11. W. Prellwitz. Etymologisches Wörterbuch der Griech. Sprache. Göttingen, 1892.
12. W. Pape. Griechisch-Deutsches Handwörterbuch, B. II, Braunschweig, 1908.
13. И. Дворецкий. Древнегреческо-русский словарь, т. II, М., 1958.
14. E. Curtius. Arbeit und Musse. Berlin, 1875.
15. Thesaurus Graecae linguae, Vol. VII.
16. А. Малин. Латинско-русский словарь, М., 1952.
17. შამთა სწავლანი. ილ. აბულაძის გამოცემა, თბილისი, 1955.
18. ეორგი შონაზონი, ხრონიკრაფი. ს. ყაუხჩიშვილის გამოცემა, თბილისი, 1920.
19. J.-P. Migne. Patrologia Graeca, t. 110, 1904.
20. პლაყარიანის ქართული რედაქციები. ილ. აბულაძის გამოცემა, თბილისი, 1957.
21. Basilli Caesareae Sarragociae archiepiscopi Opera omnia, t. I, Parisiis, 1721.
22. Творения Василия Великого, т. I, С-Петербург, 1911.
23. ილ. აბულაძე. ქართულ-სომხური ლიტერატურული ურთიერთობა IX—X სს., 1944.
24. А. Худабашев. Армяно-русский словарь, II, М. 1938.
25. Aristotelis. Opera omnia. Parisiis, 1883.
26. თეიმურაზ ბაგრატიონი. განმარტება პოემა ვეფხისტყაოსნისა. გ. იმედაშვილის გამოცემა, თბილისი, 1960.



ИСТОРИЯ ИСКУССТВ

Б. А. ГУЛИСАШВИЛИ

ЛАДЫ ГРУЗИНСКИХ НАРОДНЫХ ПЕСЕН
 С ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМ СОПРОВОЖДЕНИЕМ И
 ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ МУЗЫКИ

(Представлено академиком Г. С. Ахвледиани 22.6.1968)

Ладовая структура грузинской народной песни исследована более или менее полно [1—5]. Известно, что наиболее часто в грузинском народном музыкальном творчестве встречаются миксолидийский и эолийский лад.

Средневековая теория музыки рассматривает шесть основных ладов, имеющих квинтовый остов и называемых автентическими:

C D E F G A H C	ионийский
D E F G A H C D	дорийский
E F G A H C D E	фригийский
F G A H C D E F	лидийский
G A H C D E F G	миксолидийский
A H C D E F G A	эолийский

Из автентических ладов получались производные лады, имеющие квартовый остов и называемые плагальными:

G A H C D E F G	гипоионийский
A H C D E F G A	гиподорийский
H C D E F G A H	гипофригийский
C D E F G A H C	гиполидийский
D E F G A H C D	гипомиксолидийский
E F G A H C D E	гипоэолийский

Все эти лады являются параллельными, так как состоят из одних и тех же звуков.

Основываясь на одноголосии, средневековая теория музыки тоникой считала нижний устойчивый звук автентического лада и средний звук плагального, но в многоголосии тоникой нельзя считать средний звук лада, так как в одновременном звучании нижний звук становится более устойчивым.

Если все лады построят от одной тоникой, то получится двенадцать одноименных ладов:

C D E F G A H C	ионийский
C D Es F G A B C	дорийский
C Des Es F G As B C	фригийский
C D E Fis G A H C	лидийский
C D E F G A B C	миксолидийский
C D Es F G As B C	эолийский
C D E F G A B C	гипоионийский
C D Es F G As B C	гиподорийский
C Des Es F Ges As B C	гипофригийский
C D E F G A H C	гиполидийский
C D Es F G A B C	гипомиксолидийский
C Des Es F G As B C	гипоэолийский

Лады, построенные от одной тоники и имеющие один и тот же звукоряд, но различающиеся средним устойчивым звуком, можно называть одноименно-параллельными.

Эту систему средневековых ладов мы применяем в анализе музыкального творчества различных народов.

Лады грузинской народной инструментальной музыки до сих пор почти не были исследованы. Анализ показал, что в грузинских народных песнях с инструментальным сопровождением и в инструментальной музыке из автентических ладов встречаются миксолидийский, эолийский, дорийский, фригийский и ионийский. В ре-миксолидийском ладе записана гурийская сольная песня «Если по воле всемогущего бога» с сопровождением чонгури [6]. В ля-эолийском ладе записана сванская хоровая песня «Мирангула» с сопровождением чунури и чанги [7]. В фа-диез-дорийском ладе записана гурийская сольная песня «Восне сгорело у меня платье» с сопровождением чонгури [6]. Си-бемоль-фригийский является основным ладом аджарской хоровой «Песни о Кобулету» с сопровождением чонгури [5]. До-ионийский лад мы встречаем в аджарском танце «Хоруми» на чонгури [5].

До сих пор не обращалось внимание на плагальные лады в грузинской народной музыке. Наиболее часто встречающиеся лады рассматривались как миксолидийский и эолийский независимо от квинтового или квартового остова, между тем как в случае квартового остова их следует называть гипоионийским и гиподорийским. Лады эти, одноименно-параллельные миксолидийскому и эолийскому, были обнаружены мною в грузинских народных песнях с инструментальным сопровождением и в инструментальной музыке. Был найден и гипомиксолидийский лад, одноименно-параллельный дорийскому. В ре-гипоионийском ладе записана мегрельская сольная песня «Любовь» с сопровождением хора и чонгури [6]. В фа-диез-гиподорийском ладе записана гурийская сольная песня «Солнце, освещающее природу, взойди и

дом» с сопровождением чонгури [6]. В соль-гипомиксолидийском ладе записана кахетинская «Плясовая на пандури» [8].

Иногда в грузинских народных песнях с инструментальным сопровождением и в инструментальной музыке относительную устойчивость приобретают кварта и квинта. В таких случаях можно говорить о сочетании одноименно-параллельных ладов. В зависимости от большей устойчивости того или иного звука лад может быть автентическим с элементом плагальности или наоборот. Чаще ведущая роль принадлежит автентическому ладу. В фа-диез-миксолидийском ладе с элементом гипоионийского записана аджарская сольная «Песня медведя» с сопровождением чонгури [5]. В ми-эолийском ладе с элементом гиподорийского записана мегрельская сольная песня «Солнце, взойди в дом» с сопровождением чонгури [6].

Известны аккорды нетерцового склада в грузинской народной музыке, среди которых особое значение имеет квартквинтаккорд, называемый иногда трихордом в квинте [1]. Его считают полученным из трезвучия в результате замены терции квартой [2], указывая также на его возникновение в результате надстройки квинтового звука над квартой при зарождении трехголосия [3]. Можно указать еще на один путь получения квартквинтаккорда. Аккорд этот возник в результате сочетания одноименно-параллельных ладов.

В грузинском народном музыкальном творчестве часто встречаются лады с пропущенными звуками. В таком случае иногда говорят о недоразвившемся ладе [1] или вообще не определяют лад, а говорят о тетрахордах или о звукорядах кварты, квинты и сексты [1, 6]. Иногда указывают на неполный звукоряд [2] или отмечают пентатонический характер мелодии [3]. Такие лады можно назвать неполными.

Отсутствие 7-й ступени миксолидийского лада отождествляет его с ионийским, а отсутствие 3-й ступени — с дорийским, но все же такой лад мы считаем миксолидийским, так как он является более характерным для грузинской народной музыки. В соль-миксолидийском ладе с пропущенной 7-й ступенью записана рачинская песня «Аба дэли одэлиа» с сопровождением чонгури [9]. В фа-миксолидийском ладе с пропущенной 2, 3, и 4-й ступенью записана гурийская 7-я «Пляска на чонгури» [10].

Отсутствие 6-й ступени эолийского лада отождествляет его с дорийским, а отсутствие 2-й ступени — с фригийским, но все же такой лад мы считаем эолийским, так как он является более характерным для грузинской народной музыки. В фа-диез-эолийском ладе с пропущенной 6-й ступенью записана аджарская плясовая «Женская гандагана» на чибони [5]. В ля-эолийском ладе с пропущенной 2, 3 и 7-й ступенью записана мохевская 2-я «Пляска на чонгури» [10].



Отсутствие 7-й ступени гипоионийского лада отождествляет его с гиполидийским, но все же такой лад мы считаем гипоионийским, так как гиполидийский лад вообще не встречается в грузинской народной музыке. Фа-диез-гипоионийский лад с пропущенной 6 и 7-й ступенью мы встречаем в гурийской 3-й «Пляске на чонгури» [10].

Отсутствие 6-й ступени гиподорийского лада отождествляет его с гипомиксолидийским, но все же такой лад мы считаем гиподорийским, так как он чаще встречается в грузинской народной музыке. В фа-диез-гиподорийском ладе с пропущенной 5 и 6-й ступенью записана гурийская 5-я «Пляска на чонгури» [10].

Сочетание одноименно-параллельных ладов встречается и среди неполных ладов. В фа-миксолидийском ладе с пропущенной 7-й ступенью с элементом гипоионийского записана рачинская сольная песня на народные стихи «Арсен» с сопровождением чонгури [9]. В ля-эолийском ладе с пропущенной 6-й ступенью с элементом гиподорийского записана сванская сольная «Песня о Дали» с сопровождением чунири [7]. В соль-гипоионийском ладе с пропущенной 2, 6, и 7-й ступенью с элементом миксолидийского записана мегрельская 2-я «Пляска на чонгури» [10]. В соль-гиподорийском ладе с пропущенной 6-й ступенью с элементом эолийского записан хевсурский «Наигрыш на пандури» [8].

В грузинском народном музыкальном творчестве часто встречаются модуляции. Закономерности их исследованы [1—5]. Известно, что в грузинской народной музыке встречаются ладовые и тональные модуляции.

Среди ладовых модуляций в грузинских народных песнях с инструментальным сопровождением и в инструментальной музыке встречаются модуляции в одноименно-параллельный лад и из одного автентического лада в другой.

Модуляция в одноименно-параллельный лад происходит путем переноса устойчивости с 4-й ступени на 5-ю и наоборот. Модуляция из ля-гипоионийского лада в ля-миксолидийский встречается в гурийской 1-й «Пляске на чонгури» [10]. Модуляция из ре-гиподорийского лада в ре-эолийский встречается в мегрельской 7-й «Пляске на чонгури» [10].

Модуляция из автентического лада в одноименный автентический происходит путем повышения или понижения соответствующей ступени. Модуляция из ми-миксолидийского лада в ми-ионийский встречается в мегрельской сольной «Песне без слов» с сопровождением чонгури [6]. Модуляция из фа-диез-эолийского лада в фа-диез-дорийский встречается в гурийской сольной песне «Как под солнечными лучами» с сопровождением чонгури [6]. Модуляция из фа-эолийского лада в

фа-фригийский встречается в гурийской сольной песне «Если бы меня убили» с сопровождением чонгури [6].

Ладовые модуляции облегчаются приближением строя народного музыкального творчества к чистому [4, 11]. В чистом строе уменьшена разница между одноименными интервалами, что ослабляет силу тяготения и сглаживает различие между устойчивыми и неустойчивыми звуками. Это облегчает перенос устойчивости с одного звука на другой при модуляции в одноименно-параллельный лад. Сближение одноименных интервалов облегчает замену одного звука другим при модуляции из одного автентического лада в другой.

Среди тональных модуляций в грузинских народных песнях с инструментальным сопровождением и в инструментальной музыке встречаются модуляции с перемещением тонального центра на большую секунду, большую терцию и чистую кварту.

Перемещение тонального центра на большую секунду является наиболее характерным, причем модуляция чаще происходит в параллельный лад. Модуляция из фа-эолийского лада в параллельный ми-бемоль-миксолидийский и обратно встречается в мегрельской сольной песне «Если великий бог» с сопровождением хора и чонгури [6]. Модуляция из ми-гиподорийского лада в параллельный ре-гипононийский с элементом миксолидийского и обратно встречается в мегрельской сольной песне «Я хочу погубить себя» с сопровождением хора и чонгури [6]. Модуляция из соль-миксолидийского лада с элементом гипононийского в фа-миксолидийский и обратно встречается в аджарской сольной песне «Мир и труд» с сопровождением саза [5]. Модуляция из ля-эолийского лада в си-фригийский встречается в аджарской хоровой «Песне о Грузии» с сопровождением чонгури [5].

При перемещении тонального центра на большую терцию происходит модуляция в непараллельный лад, причем переход достигается путем мелодического движения. Модуляция из соль-миксолидийского лада в си-фригийский и обратно встречается в аджарском танце «Хоруми» на чонгури [5].

При перемещении тонального центра на чистую кварту происходит модуляция в параллельный лад, причем переход вверх достигается мелодическим движением. Кварто-квинтовое соотношение ладов представляет собой развитие средневековой ладовой системы с последующим возникновением современного мажора и минора. Модуляция из ля-миксолидийского лада в параллельный ре-ионийский встречается в мегрельской сольной песне «Скажи» с сопровождением чонгури [6].

Ладовое богатство грузинских народных песен с инструментальным сопровождением и инструментальной музыки указывает на высо-

кую музыкальную культуру грузинского народа, так как ладовая организация звуков является основой создания художественного образа.

Тбилисская государственная консерватория
 им. В. Сараджишвили

(Поступило 2.7.1968)

ხელოვნების ისტორია

ბ. გულისაშვილი

კილოები ქართულ ხალხურ სიმღერებში სპარავნიერი თანხლებით
 და სპარავნიერ მუსიკაში

რეზიუმე

ქართულ ხალხურ სიმღერებში საკრავიერი თანხლებით და საკრავიერ მუსიკაში გვხვდება ავტენტური (მიქსოლიდიური, იონიური, ეოლიური, დორიული და ფრიგიული) და პლაგალური (პიპოიონიური, პიპოდორიული და პიპომიქსოლიდიური) კილოები. ზოგჯერ კილო მოცემულია არასრული სახით. მოდულაციები გვხვდება ტონალური ცენტრის შეუცვლელად (კილოს მოდულაციები) და შეცვლით (ტონალური მოდულაციები). ტონალური ცენტრის შეცვლა ხდება დიდი სეკენდით. დიდი ტერციათა და წმინდა კვარტით. ქართული ხალხური სიმღერების კილოების სიმდიდრე ადასტურებს ქართველი ხალხის მაღალ მუსიკალურ კულტურას, რადგან კილო მხატვრული სახეობის შექმნის საფუძველია.

დათმობილი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Д. И. Аракишвили. Обзор народной песни Восточной Грузии. Тбилиси, 1948.
2. Ш. С. Асланишвили. Гармония народных хоровых песен Карталино-Кახетии. Тбилиси, 1950 (на груз. яз.).
3. Ш. С. Асланишвили. Очерки о грузинской народной песне. Тбилиси, т. I, 1954, т. II, 1956 (на груз. яз.).
4. Б. А. Гулисашвили. Сообщения АН ГССР, т. XVII, № 4, 1956.
5. В. В. Ахобадзе. Грузинские (аджарские) народные песни. Батуми, 1961.
6. Д. И. Аракчиев. Народная песня Западной Грузии. М., 1908.
7. В. В. Ахобадзе. Сборник грузинских (сванских) народных песен. Тбилиси, 1957.
8. Г. З. Чхиквадзе. Грузинская народная песня, т. I. Тбилиси, 1960.
9. З. П. Палиев. Сборник грузинских народных песен. Тбилиси, 1909.
10. Д. И. Аракчиев. Грузинское народное музыкальное творчество. М., 1916.
11. Б. А. Гулисашвили. Сообщения АН ГССР, т. XLIX, № 2, 1968.

33601826.
ЦЕНА 1 РУБ.

ИНДЕКС 76181