

თბილისის უნივერსიტეტის უ რ ო მ ე ბ ი

Труды Тбилисского
университета

Proceedings
of Tbilisi University

A 5 (147)

ფიზიკა-მათემატიკისა და საბუნებისმეტყველო
მეცნიერებანი

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ
MATHEMATICAL AND NATURAL SCIENCES

თბილისი Тбилиси Tbilisi
1972

თბილისის უნივერსიტეტის

შ რ მ ე ბ ი

Труды
Тбилисского университета

Proceedings
of Tbilisi University

A 5 (147)

ფიზიკა-მათემატიკისა და საზოგადოებრივი
მეცნიერებათა

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ
MATHEMATICAL AND NATURAL SCIENCES

Контрольный экземпляр



თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა
ИЗДАТЕЛЬСТВО ТБИЛИССКОГО УНИВЕРСИТЕТА
TBILISI UNIVERSITY PRESS

1972

სარედაქციო კოლეგია

ი. გვერდშითელი, ნ. ვახანია, თ. კობალეიშვილი, ლ. მაღ-
ნარაძე, ლ. ნათაძე, ნ. სხირტლაძე, ა. ხარაძე (თავმჯდომარე),
ჯ. შარიქაძე (მდივანი).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Н. Н. Вахания, И. М. Гвердцители, Т. И. Копалеи-
швили, Л. Г. Магнарадзе, Л. Р. Натадзе, Н. И. Схиртла-
дзе, А. К. Харадзе (председатель), Д. В. Шарикадзе (секре-
тарь).

EDITORIAL BOARD

I. Gverdtsiteli, A. Kharadze (Editor in chief), T. Kopa-
leishvili, L. Magnaradze, L. Natadze, D. Sharikadze
(Secretary), N. Skhirtladze, N. Vakhania.



ალექსანდრე თვალჭრელიძე

(დაბადების 90 წლისთავის გამო)

ბ. ძ მ წ ე ნ ი ძ ე

თბილისის უნივერსიტეტის დაარსებამდე მრავალი წლით ადრე დიდი ქართველი მამულიშვილი ივანე ჯავახიშვილი აგროვებდა ცნობებს ქართველ მეცნიერთა შესახებ, რომლებიც რუსეთის იმპერიის სხვადასხვა ქალაქებში მოღვაწეობდნენ, და თავის უბის წიგნაკში შექმნდა მათი გვარები. ამ უბის წიგნაკში მოხვდა ალექსანდრე თვალჭრელიძეც, რომელიც ასე იგონებდა ივანე ჯავახიშვილთან პირველ შეხვედრას: „1913 წლის ზაფხულის ბოლოს ბათუმიდან მოსკოვს მივემგზავრებოდი. კუბეში ჩემთან ერთად მგზავრობდა ერთი მეტად სიმბათიური ქართველი ახალგაზრდა ინტელიგენტი, რომელიც ივანე ჯავახიშვილი აღმოჩნდა. მის შესახებ ბევრი გამეგონა, მაგრამ პირადად არასოდეს მენახა. ამიტომ შეხვედრით ძალზე ნასიამოვნები დავრჩი. როდესაც მან გაიგო ჩემი ვინაობა, მისთვის ჩვეული სიღინჯით ამოიღო უბის წიგნაკი და მაჩვენა შიგ ჩაწერილი ჩემი გვარი და სახელი, ამასთან საჭირო ცნობები: რა ხნისა ვარ, სად ვმუშაობ, რამდენი შრომის ავტორი ვარ და სხვ. თან დასძინა, რომ ეს ცნობები მიიღო მისი კარგი ნაცნობის, პროფ. ი. ვერნადსკისაგან. მან მიაბო, რომ ქართველ მეცნიერთა ჯგუფი ცდილობს მიიღწიოს ქართული უნივერსიტეტის დაარსებას და ამ მიზნით ვაგროვებთ ცნობებს მათ შესახებ, ვინც ახლად დაარსებული უნივერსიტეტის კათედრებსა და ლაბორატორიებს ჩაუდგება სათავეშიო. ამასთან, ი. ჯავახიშვილმა პირობა ჩამომართვა, რომ როგორც კი მივიღებ ცნობას თბილისის უნივერსიტეტის დაარსების შესახებ, სადაც არ უნდა ვიყვე და რა თანამდებობაც არ უნდა მეჭიროს, ყველაფერს მივატოვებ და თბილისის უნივერსიტეტში გადმოვალ სამუშაოდ. მე სიამოვნებით მივეცი სიტყვა და ხელის მაგრად ჩამორთმევით დავუდასტურე, რომ პირობას უქვევლად შევასრულებდი“. მართლაც, 1919 წელს, როდესაც ალექსანდრე თვალჭრელიძე ნოვოჩერკასკის პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში მუშაობდა, ის დებულობს პეტრე მელიქიშვილის წერილს იმის შესახებ, რომ არჩეულია თბილისის უნივერსიტეტის პროფესორად და საჭიროა სასწრაფოდ ჩამოსვლა. „მე რამდენიმე დღეში მოვახდინე ჩემი საქმეების ლიკვიდაცია და ივლისის დამდგს უკვე თბილისში ვიყავი“ — იგონებს ალექსანდრე.

ამრიგად, ა. თვალჭრელიძე თბილისის უნივერსიტეტის ფუძემდებელთა რიცხვს არ მიეკუთვნება, მაგრამ ერთი პირველთაგანია, ვინც საბუნებისმეტყველო დარგს ჩაუყარა საფუძველი ჩვენს უნივერსიტეტში. ჩაუდგა რა სათავეში მინერალოგიისა



და პეტროგრაფიის კათედრას, მან დიდი მუშაობა გასწია მისი განმარტების ფართობისათვის. მოკლე ხანში ა. თვალჭრელიძემ შეძლო შეექმნა მეცნიერთა ავტორიტეტული წრე, რომელიც წარმატებით უძღვებოდა ახალ დისციპლინებს. თვითონ ა. თვალჭრელიძე კითხულობდა მინერალოგიის, კრისტალოგრაფიისა და პეტროგრაფიის კურსებს. ამ პერიოდის მის თანამშრომელთაგან პირველ რიგში უნდა დავასახელოთ დოცენტი ილია ყიფშიძე, რომელიც რამდენიმე ათეული წლის მანძილზე ერთგულად ემსახურებოდა ჩვენი სტუდენტი ახალგაზრდობის აღზრდის საქმეს.

ა. თვალჭრელიძეს კარგად ესმოდა სახელმძღვანელოთა როლი მეცნიერების შესწავლისათვის. ამიტომ იყო, რომ მან უკვე 1920 წელს გამოაქვეყნა სახელმძღვანელო გეომეტრიულ კრისტალოგრაფიაში—ერთი პირველთაგანი ახალგაზრდა უნივერსიტეტში მშობლიურ ენაზე შექმნილ სახელმძღვანელოთაგან.

ოცდაათიან წლებში გამოდის თვალჭრელიძის სახელმძღვანელო კრისტალთა ოპტიკაში, რომელიც აგებული იყო ამ რთული საგნის სწავლების მის მიერ შემუშავებული საინტერესო მეთოდის მიხედვით. ამ წიგნმა საერთო აღიარება პოვა სპეციალისტთა შორის მთელი ქვეყნის მასშტაბით. უფრო გვიან ა. თვალჭრელიძემ შეადგინა მაგმური ქანების პეტროგრაფიის სახელმძღვანელო (ინტრუზიული ქანები), რომელშიც, სხვა სახელმძღვანელოებისაგან განსხვავებით, მაგმური და მადანტფარმოშობის პროცესები მჭიდრო ურთიერთობაშია განხილული. მას აღარ დასცალდა ამ სახელმძღვანელოს II ნაწილის შედგენა (ეფუზიური ქანები), რომლისთვისაც უკვე ჰქონდა ჩატარებული მნიშვნელოვანი მუშაობა.

ალექსანდრე თვალჭრელიძე დიდი ყურადღებით აკვირდებოდა სტუდენტობას და გულმოდგინედ ეძებდა მათ შორის მომავალ მკვლევარებს. ის ძალზე უბრალო და თავმდაბალი ადამიანი იყო. იგი ცდილობდა თავის გარშემო შემოკრებილ სტუდენტთა და კურსდამთავრებულთა დიდი ჯგუფიდან არავინ დაჩინოდა ყურადღების გარეშე და ყველასათვის მოენახა შესაფერი მასალა კვლევისათვის. ამის შედეგია, რომ ა. თვალჭრელიძის მოწაფეთა შორის არაერთი მეცნიერების დოქტორი და კანდიდატია.

ა. თვალჭრელიძე, ცნობილი მეცნიერების—აკადემიკოსების ი. ვერნადსკისა და ა. ფერსმანის მოწაფე და მიმდევარი, დიდ ყურადღებას უთმობდა სასარგებლო წიაღისეულის შესწავლას და ხალხის სამსახურში მის ჩაყენებას. ჯერ კიდევ თბილისის უნივერსიტეტში გადმოსვლამდე ა. თვალჭრელიძე, ა. ფერსმანის რჩევითა და დახმარებით, საქართველოში ეძებდა თიხებს, რომლებიც საჭირო იყო ნავთობის პროდუქტთა გასაწმენდად. იმ დროს ასეთი თიხები ამერიკის შეერთებული შტატებიდან შემოაქვნიდათ. მისმა დიდმა მონღომებამ სასურველი შედეგი გამოიღო: წყალტუბოს მახლობლად სოფელ გუმბრში აღმოაჩინა თიხა, შემდეგში გუმბრინად წოდებული, რომელიც ამერიკულ თიხას არ ჩამოუვარდებოდა ნავთობის პროდუქტთა წმენდის თვალსაზრისით. მაგრამ ასე ადვილი როდი იყო მრეწველობაში უკვე მტკიცედ ფეხმკვიდრებული უცხოური პროდუქტის ადგილობრივით შეცვლა. კათედრის თანამშრომლები და სტუდენტები წლების მანძილზე აქტიურად მონაწილეობდნენ საკმაოდ პრიმიტიულ პირობებში თიხის ნიმუშების მომზადებისა (გაშრობა, დაფქვა) და ნავთობის გაწმენდის ცდებში. ლაბორატორიული ცდების წარმატებით დამთავრების შემდეგ ბაქოსა და ბათუმში ჩატარებულმა საწარმოო გამოცდამ არათუ დაადასტურა ადგილობრივი თიხის გამოყენების სრული შესაძ-

ლებლობა ამერიკული თიხის ნაცვლად, არამედ უკანასკნელზე უკეთესი მდიდრული მოგვცა. ამრიგად, საქართველოში შეიქმნა სამთო მრეწველობის ახალი დარგი, ხოლო საბჭოთა კავშირის ნავთის მრეწველობა გათავისუფლდა ამერიკული თიხის იმპორტისაგან. ამ სამუშაოთა წარმატებით დასამთავრებლად კათედრასთან შეიქმნა პატარა ლაბორატორია, რომელიც 1929 წელს გადაკეთდა მინერალური ნედლეულის შემსწავლელ ინსტიტუტად. სსრ კავშირის გეოლოგიის სამინისტროს დაქვემდებარებაში მყოფი ეს ინსტიტუტი ახლა ერთ-ერთი მძლავრი სამეცნიერო დაწესებულებაა ჩვენს დედაქალაქში და სამართლიანად ატარებს მისი დამაარსებლის—ალექსანდრე თვალჭრელიძის სახელს. იგი საბჭოთა კავშირის წამყვანი ცენტრია ადსორბენტი თიხების კვლევის დარგში. ალექსანდრე თვალჭრელიძე ამ ინსტიტუტს უცვლელად განაგებდა სიკვდილამდე. მისი ხელმძღვანელობით არაერთი ახალი ნედლეული გამოვლინდა და დაინერგა წარმოებაში. საკმარისია დავასახელოთ: აჯამეთის ქალცედონი; მან შეცვალა ზესტაფონის ქარხანაში ფერო-მარგანეცის წარმოებისათვის საჭირო კვარციტები, რომელთა შემოზიდვა რამდენიმე ათასი კილომეტრით დაშორებული საბადოდან ხდებოდა. ინსტიტუტის დიდი დამსახურებაა საქართველოს მარმარილოსა და საშენი ქვების, კვარცას ქვიშების, კაოლინური თიხებისა და სხვა საბადოთა გამოვლენა-შესწავლა. გუმბრანის თიხის საბადოს მოპყვა ასკანის თიხის საბადოს შესწავლა. ასკანის ადსორბიციულმა თიხამ სათანადო აქტივაციის შემდეგ ფართო გამოყენება პოვა კვების, საპარფიუმერო და სხვა დარგების მრეწველობაში.

ა. თვალჭრელიძე მეცნიერების პოპულარიზაციის არაჩვეულებრივი ნიჭით იყო დაჯილდოებული. მას შეეძლო სრულიად მარტივად და გასაგებად ესაუბრა მინერალთა წარმოშობის რთულ საკითხებზე, მათი ტექნოლოგიისა და გამოყენების მრავალ შესაძლებლობაზე. ამ თემაზე ის თბილისის მასწავლებელთა სახლთან არსებული წრისათვის კითხულობდა პოპულარულ ლექციებს ოციან წლებში. ამავე დროს გამოიცა მისი პირველი პოპულარული ბროშურა „თელეთის ქედის ვულკანები და მინერალები“, რომელიც გეოლოგიის რთულ საკითხთა მარტივად გადმოცემის კარგ მაგალითს წარმოადგენს. შემდეგშიც მისი საჯარო ლექციები „მინერალები და თანამედროვე მრეწველობა“, „საქართველოს მინერალები და გამოყენების გზები“ და სხვა ყოველთვის ფართო აუდიტორიას იზიდავდა. ამ თემებზე მას არაერთი სამეცნიერო-პოპულარული ბროშურა აქვს გამოქვეყნებული.

მეცნიერების განვითარებისა და კადრების აღზრდის საქმეში თვალსაჩინო დამსახურებისათვის ალ. თვალჭრელიძე 1941 წელს არჩეულ იქნა ახლად შექმნილი საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის პირველ შემადგენლობაში. აკადემიაში მას დაევა საქართველოს საწარმოო ძალთა შემსწავლელი საბჭოს ხელმძღვანელობა. მისთვის ჩვეული ენერგიით შეუდგა ალ. თვალჭრელიძე საბჭოს გარშემო მეცნიერთა და მრეწველობის ცნობილ სპეციალისტთა შემოკრებას და გაშალა ფართო მუშაობა საქართველოს ბუნებრივი რესურსების გამოვლენისა და შესწავლისათვის. ამის შედეგია, რომ საწარმოო ძალთა შემსწავლელმა საბჭომ შეძლო გამოეცა „საქართველოს ბუნებრივი რესურსების“ 6 ტომი, რომლებშიც მეტ-ნაკლები სისრულითა და სიზუსტით არის შეკრებილ-შეჯამებული ამ საკითხზე არსებული მდიდარი ლიტერატურული და საფონდო მასალები.

როგორც ცნობილია, ქართული გეოლოგიური სკოლის ფუძემდებელი და მეთაური ჩვენი სახელოვანი მოღვაწე ალექსანდრე ჯანელიძეა. ამ დიდ პასუხ-

საგებ და რთულ საქმეში მას გვერდით უდგნენ გამოყენებითი გეოლოგიის ცნობილი სპეციალისტი პროფესორი კალისტრატე გაბუნია და ალექსანდრე თვალჭრელიძე. და თუ დღეს ქართული გეოლოგიური სკოლა საყოველთაოდ არის აღიარებული, ამაში გარკვეული წვლილი ალექსანდრე თვალჭრელიძესაც მიუძღვის.

ალექსანდრე თვალჭრელიძე თავისი ერის დიდი პატრიოტი იყო. მას მხურვალედ უყვარდა მშობლიური უნივერსიტეტი. კათედრის არსებობის პირველ წლებში, როდესაც სახსრები არ იყო სასწავლო ექსპონატებისა და მასალის შესაძენად, ალ. თვალჭრელიძე თავისი ზურგანით ეზიდებოდა მინერალებს თბილისის მიდამოებიდან და საფუძველს უყრიდა მინერალოგიურ მუზეუმს, რომელიც ახლა ერთ-ერთი საუკეთესოთაგანია საქართველოში. მუზეუმის ერთ-ერთ კუთხეს ამშვენებს კათედრის ფუძემდებლის—ალ. თვალჭრელიძის სურათი და მისი შრომების გამოფენა, რაც მოაგონებს ახალგაზრდობას ამ შესანიშნავი მოღვაწის ნათელ სახეს.

ალ. თვალჭრელიძის მოღვაწეობა დიდად დააფასა საბჭოთა ხელისუფლებამ ის დაჯილდოებული იყო რამდენიმე ორდენითა და მედლით, მინიჭებული ჰქონდა მეცნიერების დამსახურებული მოღვაწის საპატიო წოდება, არჩეული იყო სსრ კავშირის ცენტრალური აღმასრულებელი კომიტეტის წევრად.

ალექსანდრე თვალჭრელიძის დაბადების 90 წლისთავზე მისი მრავალრიცხოვანი მოწაფეები და მეგობრები დიდი სიყვარულითა და პატივისცემით იგონებენ ამ სახელოვანი, მუდამ ენერგიული და შემოქმედებითი გეგმებით დატვირთული, მეტად თავმდაბალი და მოკრძალებული ადამიანის ნათელი ცხოვრების გზას და მადლიერების გრძნობით ამბობენ: „მან შეასრულა თავისი ვალი“.

Г. ДЗОЦЕНИДЗЕ

АЛЕКСАНДР АНТОНОВИЧ ТВАЛЧРЕЛИДЗЕ

(Резюме)

Академик АН ГССР, заслуженный деятель науки профессор А. А. Твалчрелидзе, которому в этом году исполняется 90 лет со дня рождения, вместе с другими грузинскими учеными заложил основы преподавания естественных наук в Тбилиском университете.

Возглавив кафедру минералогии и петрографии, он развернул широкую работу по изучению и изысканию ресурсов полезных ископаемых республики, взрастил целую плеяду талантливых ученых.

А. А. Твалчрелидзе является автором учебников по геометрической кристаллографии, оптике кристаллов и др. Под его непосредственным руководством был издан капитальный труд «Природные ресурсы Грузии» (шесть томов).

ОБ ОДНОЙ ЗАМКНУТОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ЛАПЛАСА КОНГРУЭНЦИИ ПРЯМЫХ

Г. Н. ТЕВЗАДЗЕ

В настоящей статье рассматривается последовательность Лапласа конгруэнций прямых в пространстве p_3 . В § 1 доказаны теоремы, касающиеся некоторых случаев, когда в последовательности Лапласа фокальные поверхности в соответствующих точках имеют общие разнородные прямые Грина¹ фокальных сетей. В связи с этим изучается случай замкнутой последовательности Лапласа, состоящей из четырех конгруэнций. При этом получается тензорный признак такой последовательности (равенства (9)) и условие интегрируемости основного уравнения фокальной поверхности (равенства (10) и (11)). В § 2 задача § 1 статьи [3] для поверхности второго порядка в одном случае решается элементарным путём.

§ 1. Пусть в трёхмерном проективном пространстве имеем последовательность Лапласа непараболических конгруэнций прямых

$$c_n, n=0, \pm 1, \pm 2, \dots,$$

с невырождёнными фокальными поверхностями

$$M_n, n=0, \pm 1, \pm 2, \dots,$$

(M_n, M_{n+1} —две неразвертывающиеся фокальные поверхности конгруэнций c_n).

Через f_{ij} , ($i, j=1, 2$) обозначим тензор фокальной сети поверхности M_n и нормализуем каждую поверхность M_n в смысле А. П. Нордена ([1], стр. 224) прямыми Грина сети f_{ij} .

В дальнейшем без детальных разъяснений будем пользоваться формулами статей [3] и [4].

Рассмотрим случай, когда в последовательности Лапласа для некоторой конгруэнции c_k фокальные сети её фокальных поверхностей M_k, M_{k+1}

¹ Прямые Грина, т. е. первая и вторая ось сопряжённой сети.

в соответствующих точках имеют общие разнородные прямые Грина, т. е. нормали первого и второго родов поверхности M_k являются соответственно нормальными второго и первого рода поверхности M_{k+1} . Для этого, согласно формуле ([4], (107))¹, необходимо и достаточно, чтобы

$$t_k^i = 0; \quad \tau_k^i = 0, \quad (1)$$

т. е.

$$\begin{aligned} \overline{v}_k^i \left(-T_k^i + \frac{1}{2} \omega_k^i + d_i \lg \sqrt{\frac{\pi}{k} / \frac{v}{k}} \right) &= 0; \\ v_k^i \left(T_k^i + \frac{1}{2} \omega_k^i + d_i \lg \sqrt{\frac{p}{k} / \frac{v}{k}} \right) &= 0. \end{aligned}$$

Эти равенства для конгруэнции $W(p_k = \pi_k)$ можно представить в виде

$$T_k^i = f_k^i \left(\frac{1}{2} \omega_k^i + d_n \lg \sqrt{\frac{p}{k} / \frac{v}{k}} \right)$$

и в силу ([3], (39))² получаем теорему: если фокальные сети фокальных поверхностей конгруэнции Вейнгартена в соответствующих точках имеют общие разнородные прямые Грина, то эта конгруэнция принадлежит линейному комплексу прямых и наоборот (вторая часть теоремы имеется в книге [2], стр. 156).

Теперь допустим, что равенства (1) имеют место в последовательности Лапласа для двух соседних значений k , т. е.

$$t_k^i = \tau_k^i = t_{k+1}^i = \tau_{k+1}^i = 0. \quad (2)$$

Следовательно, по формуле ([4], (107)),

$$\overline{v}_k^i w_k^i = \overline{v}_{k+1}^i w_{k+1}^i = v_k^i u_k^i = v_{k+1}^i u_{k+1}^i = 0$$

и согласно равенствам ([4], (7), (9), (85), (90)),

$$u_k^i = u_{k+1}^i - w_k^i = w_{k+1}^i = 0. \quad (3)$$

Поэтому соотношения ([4], (83), (88)) теперь дают

$$\begin{aligned} \frac{a}{k+1} \frac{b}{k+1} \frac{p}{k} \psi = -\psi; \quad \frac{a}{k} \frac{b}{k+2} \frac{p}{k+2} \psi = -\psi; \quad (2\psi = p_{ij} e^{ij}). \\ \frac{a}{k+1} \frac{b}{k+1} \frac{\pi}{k} \psi = -\psi; \quad \frac{a}{k} \frac{b}{k+2} \frac{\pi}{k+2} \psi = -\psi. \end{aligned}$$

¹ ([4], (107)) обозначает формулы (107) статьи [4].

² ([3], (39)) обозначает формулу (39) статьи [3].

Здесь следует различить два случая: 1) если

$$\psi_k \neq 0, \tag{4}$$

то

$$p_k = \pi, \quad p_{k+1} = \pi \cdot \frac{\psi_k \neq 0}{\psi_{k+1}}; \quad \psi_{k+2} \neq 0;$$

2) если

$$\psi_k = 0, \quad (2\psi_k = p_{ij} e^{ij}), \tag{5}$$

то

$$\psi_{k+1} = \psi_{k+2} = 0.$$

В случае неравенства (4), которое имеет простое геометрическое значение ([4], стр. 24)), имеем конгруэнцию Вильчинского. Таким образом, справедлива следующая теорема: если в последовательности Лапласа конгруэнций прямых для некоторых двух соседних конгруэнций c_k, c_{k+1} имеют место условия (2), (4), то это пос-

ледовательность конгруэнции Вильчинского и наоборот. Геометрический смысл этой теоремы очевиден.

С целью уяснения геометрического значения равенств (2), (5), изучим условия, при которых непараболическая и невырожденная бесконечная последовательность Лапласа превращается в последовательность только четырех конгруэнций (т. е. пятая конгруэнция последовательности совпадает с исходной). В этом случае говорят, что последовательность Лапласа замкнута и она состоит из четырех конгруэнций.

Сперва покажем, что замкнутая последовательность Лапласа не может содержать только три конгруэнции. В самом деле, пусть конгруэнции c_{-1}, c_0, c_1 образуют замкнутую последовательность Лапласа. Это означает например, что для соответствующих точек фокальных поверхностей $x_{-1}^\alpha, x_2^\alpha$

всегда

$$\rho x_{-1}^\alpha = x_2^\alpha$$

($\rho \neq 0$ — коэффициент пропорциональности).

Но, согласно формулам ([4], (15), (16), (17), (47), (82) (107)),

$$x_{-1}^\alpha = \alpha \begin{matrix} \overline{v^m} \\ -1 & -1 & 0 & 0 \end{matrix} y_m^\alpha; \quad x_2^\alpha = a v^j y_j^\alpha = a \begin{matrix} a & v^j \\ 1 & 2 & 1 & 1 \end{matrix} \begin{matrix} v^m y_m^\alpha \tau_j + v^m (p_{mj} x_0^\alpha + b_{mj} x_0^\alpha) \end{matrix},$$

поэтому

$$\rho \alpha \begin{matrix} \overline{v^m} \\ -1 & 0 \end{matrix} = a \begin{matrix} a & v^j \\ 1 & 2 & 1 & 0 \end{matrix} \tau_j v^m; \quad a \begin{matrix} a & v^j \\ 1 & 2 & 1 & 0 \end{matrix} v^m b_{mj} = 0,$$

¹ Здесь каждая конгруэнция c_n имеет фокальные поверхности M_n, M_{n+1} , $n = -1, 0, 1$.

что невозможно, так как ([4], (29))

$$\begin{matrix} v^j & = & f v^j; & v^i v^m b_{mj} & \neq & 0, & \rho & \alpha & \alpha & \alpha & f & \neq & 0. \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 2 & 1 & & & \end{matrix}$$

Теперь допустим, что замкнутая последовательность Лапласа образована четырьмя конгруэнциями прямых c_{-2} , c_{-1} , c_0 и c_1 . Это означает, например,

что для соответствующих точек фокальных поверхностей x_{-2}^α , x_{-1}^α

всегда

$$x_{-2}^\alpha = \rho x_{-1}^\alpha, \quad (\rho \neq 0 \text{ — коэффициент пропорциональности}). \quad (6)$$

Но, согласно формулам ([4], (15), (16), (17), (47), (49), (87), (107)),

$$x_{-2}^\alpha = \alpha \begin{matrix} \bar{v}^j \\ -2 \end{matrix} y_{-1}^\alpha = \alpha \begin{matrix} \alpha & \bar{v}^j \\ -1 & -2 \end{matrix} \begin{matrix} \bar{v}^j \\ -1 \end{matrix} [-\bar{v}^m t_j y_m^\alpha + \bar{v}^m (p_{mj} x_{-1}^\alpha + b_{mj} X^\alpha)],$$

$$x_{-1}^\alpha = \alpha \begin{matrix} \bar{v}^j \\ -1 \end{matrix} y_0^\alpha = \alpha \begin{matrix} \alpha & \bar{v}^j \\ -1 & -2 \end{matrix} \begin{matrix} \bar{v}^j \\ -1 \end{matrix} [v^m \tau_j y_m^\alpha + v^m (p_{mj} x_{-1}^\alpha + b_{mj} X^\alpha)],$$

поэтому

$$-\alpha \begin{matrix} \alpha & \bar{v}^j \\ -1 & -2 \end{matrix} \begin{matrix} \bar{v}^j \\ -1 \end{matrix} \begin{matrix} \bar{v}^m t_j \\ 0 \end{matrix} = \rho \begin{matrix} \alpha & \alpha & \bar{v}^j \\ 1 & 2 & 1 \end{matrix} \begin{matrix} v^m \tau_j \\ 0 \end{matrix}; \quad \alpha \begin{matrix} \alpha & \bar{v}^j \\ -1 & -2 \end{matrix} \begin{matrix} \bar{v}^m p_{mj} \\ 0 \end{matrix} = \rho \begin{matrix} \alpha & \alpha & \bar{v}^j \\ 1 & 2 & 1 \end{matrix} \begin{matrix} v^m p_{mj} \\ 0 \end{matrix},$$

$$\alpha \begin{matrix} \alpha & \bar{v}^j \\ -1 & -2 \end{matrix} \begin{matrix} \bar{v}^m b_{mj} \\ 0 \end{matrix} = \rho \begin{matrix} \alpha & \alpha & \bar{v}^j \\ 1 & 2 & 1 \end{matrix} \begin{matrix} v^m b_{mj} \\ 0 \end{matrix}.$$

Из этих соотношений, в силу равенств ([4], (4), (21), (29), (68)), получаем, что

$$\begin{matrix} \bar{v}^j t_j \\ -1 \end{matrix} = 0; \quad \begin{matrix} v^i \tau_j \\ 1 \end{matrix} = 0; \quad \begin{matrix} -\alpha & \alpha & k & v & \psi \\ -1 & -2 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} = \rho \begin{matrix} \alpha & \alpha & f & v & \psi / k \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{matrix}; \quad \begin{matrix} \alpha & \alpha & k v \\ -1 & -2 & 0 \end{matrix} = \rho \begin{matrix} \alpha & \alpha & f v / k \\ 0 & 1 & 0 \end{matrix},$$

т. е.

$$\begin{matrix} \bar{v}^i t_i \\ -1 \end{matrix} = 0; \quad \begin{matrix} v^i \tau_i \\ 1 \end{matrix} = 0; \quad \psi = 0.$$

Теперь заметим, что из формул ([4], (7'), (47), (47'), (49), (82), (87), (94)) следует

$$\begin{matrix} v^m u_m \\ n \end{matrix} = \begin{matrix} v^m c_m \\ n \end{matrix}; \quad \begin{matrix} \bar{v}^m w_m \\ n \end{matrix} = \begin{matrix} \bar{v}^m a_m \\ n \end{matrix}, \quad (7)$$

поэтому, согласно равенствам (7), ([4], (4), (49), (87), (94), (107)),

$$\begin{matrix} \bar{v}^i t_i \\ -1 \end{matrix} = -2 \begin{matrix} \bar{v}^k \\ -1 \end{matrix} \begin{matrix} w_k \\ -1 \end{matrix} \begin{matrix} v_i \\ -1 \end{matrix} \begin{matrix} \bar{v}^i / v \\ -1 \end{matrix} = -2 \begin{matrix} \bar{v}^k \\ -1 \end{matrix} \begin{matrix} w_k \\ -1 \end{matrix} = -2 \begin{matrix} \bar{v}^k a_k \\ -1 \end{matrix}; \quad \begin{matrix} v^i \tau_i \\ 1 \end{matrix} = 2 \begin{matrix} v^m u_m \\ 0 \end{matrix} \begin{matrix} \bar{v}^i v^i / v \\ 0 \end{matrix}.$$

Таким образом, условие

$$\begin{matrix} \bar{v}^i a_i \\ 0 \end{matrix} = 0; \quad \begin{matrix} v^i u_i \\ 0 \end{matrix} = 0; \quad \psi = 0 \quad (8)$$

$$a_i = -T_i - \frac{1}{2} \omega_i - d_i \lg \sqrt{\frac{\rho}{v}}; \quad u_i = T_i + \frac{1}{2} \omega_i + d_i \lg \sqrt{\frac{\rho}{v}}$$

¹ Здесь каждая конгруэнция c имеет фокальные поверхности $M, M, n = -2, -1, 0, 1$.

необходимо и достаточно для того, чтобы невырожденные конгруэнции c, c, c, c образовывали замкнутую последовательность Лапласа.

Условие (8) можно записать также в виде ([4], (106), (107))

$$\zeta_i = \tau_i = \psi = 0. \tag{8'}$$

С другой стороны, аналогичным образом доказывается, что двойственное соотношению (6) соотношение

$$\bar{\xi}_\alpha = \bar{\rho} \bar{\xi}_\alpha$$

равносильно равенствам

$$z_i = t_i = \psi = 0. \tag{8''}$$

Таким образом, учитывая симметричность конфигурации, получаем, что

$$\zeta_i = \tau_i = z_i = t_i = \psi = 0; \quad 2\psi = p_{ij} e^{ij}, \quad n=0, \pm 1, \pm 2; \tag{9}$$

при этом, если эти равенства имеют место для одного из возможных значений n , то они справедливы для всех остальных четырех значений n , и последовательность Лапласа конгруэнции c, c, c, c замкнута.

Сравнивая формулы (1) и (9), заключаем, что в этом случае каждая пара соседних фокальных поверхностей конгруэнции имеет общие различные прямые Грина фокальных сетей. Следовательно, у двух фокальных поверхностей M_0 и M_{+2} (как и у поверхностей M_1 , M_{-1}) в соответствующих точках нормали первого и второго родов общие.

В рассматриваемом случае условие интегрируемости основных уравнений нормализованной фокальной поверхности можно привести к виду, не содержащему неизвестной величины. В самом деле, в равенствах (8), учитывая, что ([4], (118))

$$\bar{p}_0 - p_0 = \frac{1}{2} v \nabla^k (\omega_k + T_k),$$

получаем

$$v^i [2T_i + \omega_i] p_0 / v + \partial_i (p_0 / v) = 0$$

$$\bar{v}^i (2T_i + \omega_i) \bar{p}_0 / v + \partial_i (p_0 / v) + \frac{1}{2} \nabla_i \nabla^k (\omega_k + T_k) = 0,$$

т. е.

$$\begin{aligned} \partial_i (p_0 / v) = & (-2T_i - \omega_i) p_0 / v - (f_i^k + \delta_i^k) \left(\frac{1}{2} T_k + \frac{1}{4} \omega_k \right) \nabla^n (\omega_n + T_n) - \\ & - \frac{1}{4} (f_i^k + \delta_i^k) \nabla_k \nabla^n (\omega_n + T_n), \end{aligned}$$

где

$$\rho \Big/ \Big|_0^0 = -\varphi - \frac{1}{4} \nabla^n (\omega_n + T_n), \quad (2\varphi = -p_{ij} f^{ij} \text{— искомая функция}).$$

Следовательно,

$$\begin{aligned} \partial_i \varphi = & (-2T_i - \omega_i) \varphi + \frac{1}{2} f_i^k \left(T_k + \frac{1}{2} \omega_k \right) \nabla^n (\omega_n + T_n) + \\ & + \frac{1}{4} f_i^k \nabla_k \nabla^n (\omega_n + T_n). \end{aligned} \quad (10)$$

Кроме того, для нелинейчатой фокальной поверхности, в случае, когда $2\psi = p_{ij} e^{ij} = 0$, получаем систему ([4], (131))

$$\nabla_0^k (\varphi f_{ik}) + H_i = 0; \quad \nabla_0^k (D_{ks}^s f_r^s \varphi) + (\omega_0^k + \mu_0^k + s_0^k) D_{ks}^s f_r^s \varphi + Q = 0, \quad J \neq 0,$$

которую, аналогично уравнениям ([3], (51)), можно представить в виде

$$\varphi \omega_0^k f_{ik} \nabla^k \varphi + H_i = 0; \quad J \neq 0$$

$$T_n e_k^n (2\omega^k + \nabla^k \lg J - 6\theta^k) \varphi + T_n e_k^n \nabla^k \varphi - \frac{1}{2} Q = 0,$$

или, учитывая (10),

$$\begin{aligned} 8\varphi T_i = & f_i^n (2T_m + \omega_m) \nabla^n (\omega_n + T_n) + f_i^k \nabla_k \nabla^n (\omega_n + T_n) - 4H_k f_i^k; \\ 4T_n e_k^n (\omega^k - 2T^k + \nabla^k \lg J - 6\theta^k) \varphi = & T_n b^{nk} (2T_k + \omega_k) \nabla^m (\omega_m + T_m) + \\ & + T_n b^{nk} \nabla_k \nabla^m (\omega_m + T_m) + 2Q; \quad J \neq 0. \end{aligned} \quad (11)$$

Из этих соотношений, исключая неизвестную функцию φ , получаем уравнения, содержащие только коэффициенты связности и тензоры сетей. Равенства (10), (11) являются условием интегрируемости основных уравнений нормализованной фокальной нелинейчатой поверхности, в случае замкнутой последовательности Лапласа, состоящей из четырёх конгруэнций.

Обратимся теперь к условиям (2) и (5) (полагая в них, что $k=0$). Из равенств (2), (7), ([4], (107)) следует, что

$$\overline{v^n a_n} = 0; \quad v^n c_n = 0,$$

т. е. ([4], (105), (106))

$$\zeta_i = z_i = 0.$$

Таким образом,

$$t_i = \tau_i = \zeta_i = z_i = \psi = 0$$

и, согласно (9), получаем теорему: если в последовательности Лапласа конгруэнций прямых для некоторых двух сосед-

них конгруэнций c_k, c_{k+1} имеют место условия (2), (5) (геометри-

ческое значение которых указано выше), то эта последовательность замкнута и она состоит из четырёх конгруэнций и наоборот.

§ 2. В качестве простейшего и нетривиального примера рассмотрим последовательность Лапласа конгруэнций, все фокальные поверхности которых—поверхности второго порядка. Кроме того, допустим, что имеем случай, рассмотренный в первом параграфе статьи [3], т. е. преобразование Лапласа этих квадрик M_n совпадает с некоторой коллинеацией пространства p_3 .

Для поверхности второго порядка всегда

$$T_i = 0$$

и, согласно ([3], (6)),

$$u_i = w_i = 0, \quad (n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots),$$

поэтому ([4], (107))

$$t_i = \tau_i = 0, \quad (n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots).$$

Таким образом, в силу (1), квадрики M_n, M_{n+1} ($n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$) в соответствующих точках имеют общие разнородные прямые Грина фокальных сетей. При этом, если

$$\psi = p_{ij} e^{ij} \neq 0,$$

то все конгруэнции рассматриваемой последовательности принадлежат линейным комплексам прямых, а в случае, когда

$$\psi = p_{ij} e^{ij} = 0, \quad (12)$$

имеем замкнутую последовательность Лапласа, состоящую из четырёх конгруэнций. В этом последнем случае (т. е. при наличии равенства (12)) для преобразования ([3], (1)) имеем, что H^4 должно быть тождественным преобразованием и поэтому H^2 представляет инволюцию пространства p_3 . Соответствующим вычислением (например, аналогичным преобразованиям ([3], (6))) можно проверить, что инволюция H^2 каждую фокальную поверхность (т. е. квадрику) переводит в себя. Таким образом, имеем всего две квадрики и четыре конгруэнции. Имея в виду эти результаты, задачу построения такой конгруэнции можно сформулировать и решить как задачу элементарной проективной геометрии. В самом деле, рассмотрим такую задачу.

Задача. Определить коллинеации H пространства p_3 при условии, что преобразования H^2 являются инволюциями, переводящими некоторую квадрику M_0 в себя так, чтобы каждая её точка x (т. е. $x \in M_0$) после



преобразования xH продолжала лежать в касательной плоскости в точке x квадрики M_0 .

Решение. Прежде всего заметим, что если ξ — касательная плоскость квадрики M_0 в её точке x , а H — искомая коллинеация, то точка xH

всегда лежит в плоскости ξ (или двойственно: плоскость $\xi\bar{H}$ всегда проходит через точку x ; при этом \bar{H} — индуцированная коллинеацией H преобразование плоскостей). Поэтому прямая (x, xH) является общей касательной прямой квадрики M_0 и преобразованной квадрики M_0H . Следова-

тельно, квадрики M_0, M_0H одновременно удовлетворяют всем условиям задачи (например, $M_0H \cdot H^2 = M_0H^2 \cdot H = M_0H$) и коллинеации H, H^{-1} одновременно являются искомыми коллинеациями.

Пусть теперь x_0 — некоторая фиксированная точка квадрики M_0 . Рассмотрим точки

$$\begin{matrix} x_0H = x_1, & x_1H = x_2, & x_2H = x_{-1}, & x_{-1}H = x_0 \end{matrix} \quad (13)$$

и выберем их за вершины проективного координатного тетраэдра пространства

$$x_0 = (1, 0, 0, 0), \quad x_1 = (0, 1, 0, 0), \quad x_2 = (0, 0, 1, 0), \quad x_{-1} = (0, 0, 0, 1).$$

Согласно соответствию (13), искомая коллинеация записывается в виде

$$'x_2 = a_1x_4, \quad 'x_3 = a_2x_1, \quad 'x_4 = a_3x_2, \quad 'x_1 = a_4x_3, \quad (14)$$

где неизвестные коэффициенты a_1, a_2, a_3, a_4 должны удовлетворять неравенству

$$\Delta = -a_1a_2a_3a_4 \neq 0. \quad (15)$$

Если

$$\sum_{i,k=1}^4 b_{ik}x_i x_k = 0, \quad b_{ik} = b_{ki}$$

— уравнение квадрики M_0 , а

$$\sum_{i=0}^4 \xi_i y_i = 0, \quad \xi_j = \sum_{k=1}^4 b_{jk} x_k$$

— уравнение её касательной плоскости в точке $x = (x_1, x_2, x_3, x_4)$, то в силу равенств

$$\sum_{i,k=1}^4 b_{ik} x_i x_k = 0; \quad \sum_{i,k=1}^4 b_{ik} x_i x_k = 0; \quad \xi_0 = \sum_{k=1}^4 b_{0k} x_k; \quad \sum_{i=1}^4 \xi_i x_i = 0;$$

$$\sum_{i=1}^4 \xi_i x_i = 0; \quad \xi_i = \sum_{k=1}^4 b_{ik} x_k; \quad \sum_{i=1}^4 \xi_i^2 x_1 = 0; \quad \sum_{i=1}^4 \xi_i^2 x_i = 0$$

получаем, что

$$b_{11} = b_{33} = b_{21} = b_{44} = b_{23} = b_{43} = 0.$$

Таким образом, в нашей системе координат уравнение невырожденной квадрики M принимает вид:

$$2b_{13}x_1x_3 + b_{22}x_2^2 + 2b_{24}x_2x_4 + b_{44}x_4^2 = 0, \quad (16)$$

где коэффициенты b_{ik} удовлетворяют неравенству

$$D = |b_{ij}| = b_{13}^2(b_{24}^2 - b_{22}b_{44}) \neq 0.$$

Кроме того, точка $x = xH$, полученная в коллинеации (14), должна всегда лежать в касательной плоскости в точке x квадрики (16):

$$b_{13}x_3'x_1 + (b_{22}x_2 + b_{24}x_4)'x_2 + b_{13}x_1'x_3 + (b_{44}x_4 + b_{24}x_2)'x_4 = 0,$$

т. е.

$$(b_{13}a_1 + b_{44}a_4)x_3x_4 + (b_{22}a_2 + b_{13}a_3)x_1x_2 + b_{24}a_2x_1x_4 + b_{24}a_4x_2x_3 = 0. \quad (17)$$

Равенство (17) должно выполняться в силу уравнения (16), а для этого, учитывая (15), необходимо и достаточно, чтобы

$$b_{13}a_1 + b_{44}a_4 = 0; \quad b_{22}a_2 + b_{13}a_3 = 0; \quad b_{24} = 0. \quad (18)$$

Следовательно, каждой точке x пространства p_3 , в силу (16), коррелятивно соответствует некоторая плоскость и в этой плоскости всегда лежит точка xH , соответствующая точке x в коллинеации (14). Соотношения (18) коллинеацию (14) определяют в виде

$$'x_1 = \rho b_{44}x_4, \quad 'x_2 = s b_{13}x_1, \quad 'x_3 = -s b_{22}x_2, \quad 'x_4 = -\rho b_{13}x_3, \quad (19)$$

где ρ и s — произвольные постоянные, удовлетворяющие неравенству

$$\rho s \neq 0.$$

При этом квадрика M и преобразованная квадрика MH соответственно имеют уравнения

$$2b_{13}x_1x_3 + b_{22}x_2^2 + b_{44}x_4^2 = 0; \quad D = |b_{ij}| = -b_{13}^2 b_{22} b_{44} \neq 0. \quad (20)$$

$$s^2 b_{13} b_{22} 'x_1^2 + \rho^2 b_{13} b_{44} 'x_3^2 - 2\rho s b_{22} b_{44} 'x_2 'x_4 = 0; \quad 'D = -(\rho s)^4 b_{13}^2 (b_{22} b_{44})^3. \quad (21)$$

Преобразование H^2 , согласно (19), имеет вид

$$\begin{aligned} ''x_1 &= -\rho^2 b_{13} b_{44} x_3; & ''x_2 &= \rho s b_{13} b_{44} x_4; \\ ''x_3 &= -s^2 b_{22} x_1; & ''x_4 &= \rho s b_{13} b_{22} x_2. \end{aligned} \quad (22)$$

Оно является инволюцией пространства p_3 и каждую из квадрик (20), (21) переводит в себя. Неподвижные точки инволюции (22) определяются уравнениями

$$-p x_3 = \pm s \sqrt{b_{22}/b_{44}} \cdot x_1; \quad x_4 = \pm \sqrt{b_{22}/b_{44}} \cdot x_2.$$

Следовательно, если поверхность (20) нелинейчатая

$$b_{22}b_{44} > 0,$$

то инволюция (22) является биаксиальной. В случае, когда квадрика (20) — линейчатая, обозначая через x её точку, получаем, что на прямых (x, xH^2) всегда индуцируются эллиптические инволюции. При этом две пары прямых образующих квадрики (20) в точках x и xH^2 пересекаются в двух таких точках, которые определяют прямую (xH, xH^3) , соединяющую соответствующие в инволюции H^2 две точки квадрики (21).

Таким образом, если x — текущая точка квадрики (20), а H — преобразование вида (22), то множество прямых (x, xH) образует конгруэнцию, все преобразования Лапласа которой дают замкнутую последовательность, состоящую из четырёх конгруэнций. Квадрики (20), (21) служат фокальными поверхностями этих конгруэнций.

Представляет интерес в этих построениях вместо квадрики рассмотреть алгебраические поверхности выше второго порядка, в частности поверхность совпадения $x_1 x_2 x_3 = x_4^2$.

(Представлено 23. XI. 1971)

Кафедра алгебры и геометрии

ЛИТЕРАТУРА

1. А. П. Норден. Пространства аффинной связности. М.—Л., 1950.
2. G. Vol. Projektive Differentialgeometrie, 3. Teil, Göttingen, 1967.
3. Г. Н. Тевзадзе. Труды Тбилисского государственного университета.
4. Г. Н. Тевзадзе. Труды Тбилисского математического института, т. XXXVII, Тбилиси, 1970, стр. 5—52.

ბ. თევზაძე

წარშვთა კონგრუენციების ერთი ჩაკებითი ლაპლასის მიმდევრობის შესახებ

(რეზიუმე)

ნაშრომში მიღებულია ოთხი კონგრუენციისაგან შედგენილი ლაპლასის ჩაკებითი მიმდევრობის ტენზორული დამახასიათებელი ნიშანი (9/ ტოლობა). გარდა ამისა, ელემენტარული მეთოდებით აგებულია ერთი ასეთი ტიპის მიმდევრობა: როდესაც ფოკალური ზედაპირები კვადრიკები არიან.

О НЕСОБСТВЕННЫХ ДВОЙНЫХ ИНТЕГРАЛАХ

Н. Р. ТЕВЗАДЗЕ

1. Вторая теорема о среднем значении для двойного интеграла

Обобщение второй теоремы (формулы) о среднем значении для двойного интеграла известно давно [1]. В основе этого обобщения лежит теория интеграла Стильтьеса, в частности, способ интегрирования по частям для двойного интеграла Стильтьеса. Однако в приложениях она не применяется, по-видимому, потому, что на монотонную функцию накладывается ограничение, которое, хотя не является существенным, но требует дополнительных исследований.

Но в римановской теории интеграла вторая теорема о среднем для двойного интеграла, в случае непрерывной монотонной функции, доказывается так же просто, как теорема Бонне. Обобщение же этой теоремы для суммируемых функций можно осуществить применением полиномов Тонелли.

Пусть на сегменте $R=[a, b; c, d]$ определена функция $f(x, y)$. Разделим R на любое конечное число регулярных сегментов

$$r_{ik}=[x_i \leq x \leq x_{i+1}; y_k \leq y \leq y_{k+1}], \\ i=0, 1, \dots, (m-1), \quad k=0, 1, \dots, (n-1)$$

и рассмотрим сумму

$$\tilde{S}_{mn} = \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{k=0}^{n-1} |f(x_{i+1}, y_{k+1}) - f(x_{i+1}, y_k) - f(x_i, y_{k+1}) + f(x_i, y_k)|.$$

Если существует такое число $M > 0$, что $\tilde{S}_{mn} \leq M$ для любой системы $\{r_{ik}\}$, то функция $f(x, y)$ называется функцией с ограниченным изменением в смысле Витали. Известно (см. 2), что такие функции могут быть представлены следующим образом:

$$f(x, y) = -f(a, c) + f(x, c) + f(a, y) + P(x, y) - N(x, y), \quad (1)$$

где $P(x, y)$ и $N(x, y)$ — неубывающие ограниченные функции, т. е.

$$P(x_2, y_2) - P(x_1, y_2) - P(x_2, y_1) + P(x_1, y_1) \geq 0, \quad (2)$$

$$P(x_2, y_2) \geq P(x_1, y_1), \quad (3)$$

при $x_1 \leq x_2, y_1 \leq y_2$ и аналогично для $N(x, y)$.



Если $f(x, c)$ и $f(a, y)$ являются функциями с конечным изменением, то $f(x, y)$ называется функцией с конечным изменением в смысле Харди.

Если неравенство (3) заменить на обратное, то $P(x, y)$ называется невозрастающей функцией.

Обозначим через $d(r_{ik})$ диагональ сегмента r_{ik} и пусть $d(r_{ik}) \rightarrow 0$, когда $m \rightarrow \infty$, $n \rightarrow \infty$.

Лемма 1. Если на сегменте R определены непрерывная функция $G(x, y)$ и интегрируемая функция $\varphi(x, y)$, тогда справедливо равенство:

$$\lim_{m, n \rightarrow \infty} S_{mn} = \iint_R G(x, y) \varphi(x, y) dx dy,$$

где

$$S_{mn} = \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{k=0}^{n-1} G(x_i, y_k) \iint_{r_{ik}} \varphi(x, y) dx dy. \quad (4)$$

Доказательство. Функция $G(x, y)$, согласно условию леммы, равномерно непрерывна на R , поэтому для всех $(x, y) \in r_{ik}$ и для любого числа $\varepsilon > 0$ найдется такой номер $N(\varepsilon)$, что, когда $m, n > N(\varepsilon)$, будем иметь

$$|G(x, y) - G(x_i, y_k)| < \varepsilon, \quad i=0, 1, \dots, (m-1), \quad k=0, 1, \dots, (n-1).$$

Рассмотрим разность

$$\delta_{mn} = S_{mn} - \iint_R G(x, y) \varphi(x, y) dx dy.$$

Очевидно,

$$\delta_{mn} = \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{k=0}^{n-1} \iint_{r_{ik}} [(G(x_i, y_k) - G(x, y)) \varphi(x, y)] dx dy.$$

Следовательно,

$$|\delta_{mn}| \leq \varepsilon \cdot \iint_R |\varphi(x, y)| dx dy, \quad m, n > N(\varepsilon).$$

Лемма доказана.

Теорема 1. Пусть на сегменте R задана непрерывная функция $G(x, y) \geq 0$ и интегрируемая функция $\varphi(x, y)$. Если $G(x, y)$ — неубывающая функция, то

$$\iint_{ac}^{bd} G(x, y) \varphi(x, y) dx dy = G(b, d) \iint_{\xi \eta} \varphi(x, y) dx dy, \quad (A)$$

где (ξ, η) — некоторая точка сегмента R .

Доказательство. Рассмотрим ту систему сегментов $\{r_{ik}\}$, которая участвовала в доказательстве леммы. Нетрудно проверить справедливость равенства

$$\iint_{r_{ik}} \varphi(x, y) dx dy = \left(\iint_{x_i y_k}^{b d} - \iint_{x_i y_{k+1}}^{b d} - \iint_{x_{i+1} y_k}^{b d} + \iint_{x_{i+1} y_{k+1}}^{b d} \right) \varphi(x, y) dx dy. \quad (5)$$

Выписав в развернутом виде правую часть равенства (4) и приняв во внимание равенство (5), далее, группируя должным образом члены правой части полученного равенства, будем иметь

$$\begin{aligned}
 S_{mn} = & G(a, c) \int_a^b \int_c^d \varphi(x, y) dx dy + \sum_{i=1}^{m-1} [G(x_i, c) - \\
 & - G(x_{i-1}, c)] \int_{x_i}^b \int_c^d \varphi(x, y) dx dy + \sum_{k=1}^{n-1} [G(a, y_k) - G(a, y_{k-1})] \int_a^b \int_{y_k}^d \varphi(x, y) dx dy + \\
 & + \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{k=1}^{n-1} [G(x_i, y_k) - G(x_{i-1}, y_k) - G(x_i, y_{k-1}) + \\
 & + G(x_{i-1}, y_{k-1})] \int_{x_i}^b \int_{y_k}^d \varphi(x, y) dx dy. \quad (6)
 \end{aligned}$$

Согласно условию теоремы, все коэффициенты интегралов правой части равенства (6) положительны. Функция

$$\Psi(x, y) = \int_x^b \int_y^d \varphi(t, \tau) dt d\tau$$

непрерывна на сегменте R , следовательно, она достигает своих экстремальных значений на R .

Положим.

$$A = \max_{(x, y) \in R} \Psi(x, y), \quad B = \min_{(x, y) \in R} \Psi(x, y),$$

$$\begin{aligned}
 S = & G(a, c) + \sum_{i=1}^{m-1} [G(x_i, c) - G(x_{i-1}, c)] + \\
 & + \sum_{k=1}^{n-1} [G(a, y_k) - G(a, y_{k-1})] + \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{k=1}^{n-1} [G(x_i, y_k) - \\
 & - G(x_{i-1}, y_k) - G(x_i, y_{k-1}) + G(x_{i-1}, y_{k-1})].
 \end{aligned}$$

Тогда, очевидно,

$$AS \leq S_{mn} \leq BS. \quad (7)$$

Но $S = G(x_{m-1}, y_{n-1})$ и, в силу непрерывности функции $G(x, y)$, имеем

$$\lim_{m, n \rightarrow \infty} G(x_{m-1}, y_{n-1}) = G(b, d),$$

так как

$$\lim_{m \rightarrow \infty} x_{m-1} = b, \quad \lim_{n \rightarrow \infty} y_{n-1} = d.$$

Из неравенства (7) следует

$$AG(b, d) \leq \iint_R G(x, y) \varphi(x, y) dx dy \leq BG(b, d).$$

Отсюда вытекает равенство (A).

В случае невозрастающей функции $G(x, y)$, вместо равенства (5), применим очевидное равенство

$$\iint_{r_{ik}} \varphi(x, y) dx dy = \left(\int_a^{x_{i+1}} \int_c^{y_{k+1}} - \int_a^{x_i} \int_c^{y_{k+1}} - \int_a^{x_{i+1}} \int_c^{y_k} + \int_a^{x_i} \int_c^{y_k} \right) \varphi(x, y) dx dy$$

и аналогичными рассуждениями докажем, что

$$\iint_R G(x, y) \varphi(x, y) dx dy = G(a, c) \int_a^{\xi} \int_c^{\eta} \varphi(x, y) dx dy.$$

Теорема 2. Пусть на сегменте R задана суммируемая функция $\varphi(x, y)$. Если $G(x, y) \geq 0$ является неубывающей функцией, то найдется точка $(\xi, \eta) \in R$ такая, что

$$\iint_{ac}^{bd} G(x, y) \varphi(x, y) dx dy = G(b-0, d-0) \int_a^{\xi} \int_c^{\eta} \varphi(x, y) dx dy. \quad (8)$$

Доказательство этой теоремы приведено в [1].

Если $G(x, y)$ — невозрастающая функция, тогда вместо формулы (8) будем иметь

$$\iint_R G(x, y) \varphi(x, y) dx dy = G(a+0, c+0) \int_a^{\xi} \int_c^{\eta} \varphi(x, y) dx dy. \quad (9)$$

Рассмотрим некоторые частные случаи. Пусть $G(x, y)$ непостоянного знака на R и $\varphi(x, y) \geq 0$.

Функция

$$F(x, y) = \int_a^x \int_c^y \varphi(t, \tau) dt d\tau$$

будет непрерывной и неубывающей функцией в смысле Харди, следовательно, она будет непрерывной и монотонной как по x , так и по y . Пусть $(x_0, y_0) \in R$. Очевидно, $F(b, c) = 0$, $F(x_0, y_0) \geq 0$ и $F(x_0, y_0) \leq F(b, y_0)$, т. е. имеем

$$F(b, c) \leq F(x_0, y_0) \leq F(b, y_0)$$

и в силу непрерывности функции

$$F(b, y) = \int_a^b \int_c^y \varphi(t, \tau) dt d\tau,$$

в промежутке $c \leq y \leq y_0$ имеем $\mu = F(b, \bar{y})$, для любого μ , $\{F(b, c) \leq \mu \leq F(b, y_0)\}$, где $c \leq \bar{y} \leq y_0 \leq b$. В частности для $\mu = F(\xi, \eta)$ ($x_0 = \xi, y_0 = \eta$) имеем:

$$F(\xi, \eta) = \int_a^{\bar{b}} \int_c^{\bar{y}} \varphi(t, \tau) dt d\tau.$$

Аналогично получаем равенство

$$F(\bar{x}, \eta) = \int_a^{\bar{x}} \int_c^d \varphi(t, \tau) dt d\tau, \quad a \leq \bar{x} \leq b.$$

Таким образом, в случае, когда функция $\varphi(x, y)$ постоянного знака на сегменте R , мы можем пользоваться вместо формулы (11) или (10) формулой

$$\iint_R G(x, y) \varphi(x, y) dx dy = G(b-0, d-0) \int_{\xi}^b \int_c^d \varphi(x, y) dx dy \quad (12)$$

или

$$\iint_R G(x, y) \varphi(x, y) dx dy = G(b-0, d-0) \int_a^b \int_c^d \varphi(x, y) dx dy. \quad (13)$$

Пусть $G(x, y)$ — знакопеременная функция на сегменте R и $\varphi(x, y) \geq 0$ (или $\varphi(x, y) \leq 0$). Тогда очевидно, если $G(x, y)$ — невозрастающая функция, то $G(x, y) - G(b, d) \geq 0$, и, следовательно, положив

$$\int_e^d \varphi(t, \tau) d\tau = \varphi(t),$$

будем иметь

$$\begin{aligned} \iint_R G(x, y) \varphi(x, y) dx dy &= \iint_R [G(x, y) - G(b, d)] \varphi(x, y) dx dy + \\ &+ G(b, d) \iint_R \varphi(x, y) dx dy = [G(a+0, c+0) - G(b, d)] \int_a^{\xi} \int_c^d \varphi(x, y) dx dy + \\ &+ G(b, d) \int_a^{\xi} \int_c^d \varphi(x, y) dx dy = G(a+0, c+0) \int_a^{\xi} \varphi(x) dx - \\ &- G(b, d) \int_a^{\xi} \varphi(x) dx + G(b, d) \int_a^b \varphi(x) dx. \end{aligned}$$

Итак, имеем

$$\iint_R G(x, y) \varphi(x, y) dx dy = G(a+0, c+0) \int_a^{\xi} \varphi dx + G(b, d) \int_{\xi}^b \varphi dx. \quad (15)$$



Небезынтересно отметить, что и в том случае, когда $G(x, y)$ — неубывающей функцией (непостоянного знака), получается опять формула (15).

В самом общем случае, когда $G(x, y)$ и $\varphi(x, y)$ не являются функциями постоянного знака на сегменте R , положив предварительно

$$\varphi(x, y) = \varphi^+(x, y) - \varphi^-(x, y),$$

будем иметь две сходные формулы:

$$\iint_R G(x, y) \varphi^+(x, y) dx dy = G(a+0, c+0) \int_a^{\xi} \varphi^+(x) dx + \\ + G(b, d) \int_{\xi}^b \varphi^+(x) dx,$$

$$\iint_R G(x, y) \varphi^-(x, y) dx dy = G(a+c, c+0) \int_a^{\eta} \varphi^-(x) dx + \\ + G(b, d) \int_{\eta}^b \varphi^-(x) dx,$$

где

$$\varphi^+(x) = \int_c^d \varphi^+(x, y) dy, \quad \varphi^-(x) = \int_c^d \varphi^-(x, y) dy.$$

2. Применения второй теоремы о среднем в теории двойных несобственных интегралов

Понятие двойного интеграла обобщается на случай неограниченной области. Определение двойного несобственного интеграла возможно различными путями.

Пусть областью определения является часть всей плоскости, заданная следующим образом: $x \geq a$, $y \geq c$, где a , c положительные числа. Обозначим множество этих точек через E .

Пусть на множестве E задана интегрируемая на любом ограниченном подмножестве $E' \subset E$ функция $f(x, y)$. Будем считать, что кривая (Γ) , являющаяся контуром для (E') , имеет плоскую меру нуль. По условию, двойной интеграл

$$\iint_{(E)} f(x, y) dx dy \quad (1)$$

существует. Станем теперь кривую (Γ) удалять всеми её точками в бесконечность так, чтобы наименьшее расстояние R от точки (a, c) до точек этой кривой возрастало до бесконечности. Тогда отсекаемая ею переменная область (E') постепенно будет охватывать все точки области E .

Если для интеграла (1) при $R \rightarrow \infty$ существует определенный конечный предел, то его называют несобственным интегралом от функции $f(x, y)$ в неограниченной области и обозначают символом

$$\iint_{(E)} f(x, y) dx dy = \lim_{R \rightarrow \infty} \iint_{(E')} f(x, y) dx dy$$

(см. [3], стр. 263). При таком определении двойного несобственного интеграла значительным фактом является то, что каждый сходящийся интеграл

$$\iint_{(E)} f(x, y) dx dy$$

абсолютно сходится, т. е. одновременно с ним сходится и интеграл

$$\iint_E |f(x, y)| dx dy.$$

Теперь введем другое определение двойного несобственного интеграла. На множестве E определим функцию следующим образом:

$$F(x, y) = \int_a^x \int_c^y f(t, \tau) dt d\tau.$$

Ясно, что функция $F(x, y)$ непрерывна в любой точке $(x, y) \in E$. Если существует конечный предел

$$\lim_{x, y \rightarrow \infty} F(x, y), \quad (4)$$

тогда

$$\lim_{x, y \rightarrow \infty} F(x, y) = I$$

будем называть двойным несобственным интегралом от функции $f(x, y)$ в области E и обозначим его следующим образом

$$\lim_{x, y \rightarrow \infty} \int_a^x \int_c^y f(t, \tau) dt d\tau = \int_a^{+\infty} \int_c^{+\infty} f(t, \tau) dt d\tau. \quad (5)$$

Как известно, существование предела (4) означает, что существуют пределы:

$$1^\circ \lim_{x, y \rightarrow \infty} E(x, y),$$

т. е. для любого числа $\varepsilon > 0$ найдется число $N(\varepsilon)$ такое, что

$$|F(x', y') - F(x, y)| < \varepsilon, \quad x', y'; x, y > N(\varepsilon).$$

2°. $\lim_{x \rightarrow \infty} F(x, y)$, для фиксированного y , т. е. для $\varepsilon > 0$, найдется

$N(\varepsilon, y_0)$ такое, что

$$|F(x', y_0) - F(x, y_0)| < \varepsilon, \quad x', x \geq N(\varepsilon, y_0).$$

3°. $\lim_{y \rightarrow \infty} F(x, y)$, для фиксированного x ,

т. е.

$$|F(x_0, y') - F(x_0, y)| < \varepsilon, \quad y', y \geq N(\varepsilon; x_0),$$



(в таких случаях говорят, что интеграл (5) сильно сходится, при $x, y \rightarrow \infty$).

Очевидно, выполнение условия 1° достаточно для того, чтобы $|\Delta F| < \varepsilon$, когда $x', y'; x, y \geq N(\varepsilon)$, где

$$\Delta F = F(x', y') - F(x, y') - F(x', y) + F(x, y).$$

Кроме того, из условий 1°, 2° и 3° вытекает, что повторные пределы существуют и они равны двойному пределу, т. е.

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \lim_{y \rightarrow \infty} F(x, y) = \lim_{y \rightarrow \infty} \lim_{x \rightarrow \infty} F(x, y) = \lim_{x, y \rightarrow \infty} F(x, y).$$

Справедлива следующая

Лемма. Если выполнены 2° и 3°, кроме того, для любого числа $\varepsilon > 0$ найдется такое число $N(\varepsilon)$, что

$$|\Delta F| < \varepsilon \text{ при } x', x, y', y \geq N(\varepsilon),$$

тогда существует двойной предел $\lim_{x, y \rightarrow \infty} F(x, y)$.

Доказательство. Согласно условию леммы, для любого числа $\varepsilon > 0$ найдется $N_0(\varepsilon)$, что

$$|F(x', y') - F(x, y') - F(x', y) + F(x, y)| < \frac{\varepsilon}{4}, \quad x', x, y', y \geq N_0.$$

Далее, для N_0 найдется такое число $N_1(\varepsilon)$, что

$$|F(x', y) - F(x, y)| < \frac{\varepsilon}{4}, \quad \text{когда } 1 \leq y \leq N_0, \quad x', x \geq N_1,$$

$$|F(x, y') - F(x, y)| < \frac{\varepsilon}{4}, \quad \text{когда } 1 \leq x \leq N_0, \quad y', y \geq N_1.$$

Пусть теперь $x' \geq x \geq N_1, y' \geq y \geq N_1 \geq N_0$. Тогда легко проверить, что

$$\begin{aligned} |F(x', y') - F(x, y)| &\leq |F(x', N_0) - F(x, N_0)| + |F(N_0, y') - \\ &- F(N_0, y)| + |F(x', y) - F(x', N_0) - F(x, y) + F(x, N_0)| + \\ &+ |F(x', y') - F(N_0, y') - F(x', y) + F(N_0, y)| < \varepsilon. \end{aligned}$$

Таким образом, для любого $\varepsilon > 0$ найдется такое $N_1(\varepsilon)$, что

$$|F(x', y') - F(x, y)| < \varepsilon \text{ при } x' \geq x \geq N_1, y' \geq y \geq N_1,$$

т. е. существует двойной предел $\lim_{x, y \rightarrow \infty} F(x, y)$.

Лемма доказана.

Как показано выше, если существует двойной несобственный интеграл, тогда существуют повторные несобственные интегралы и они равны значению двойного интеграла, т. е.

$$\int_a^{\infty} dx \int_c^{\infty} f(x, y) dy = \int_c^{\infty} dy \int_a^{\infty} f(x, y) dx = \int_a^{\infty} \int_c^{\infty} f(x, y) dx dy. \quad (6)$$

На основании леммы и равенств (6) следует

Теорема 5. Если для любого $\varepsilon > 0$ существует такое число $N(\varepsilon)$, что

$$1^\circ. \left| \int_A^x \int_B^y f(t, \tau) dt d\tau \right| < \varepsilon, \text{ когда } X \geq A \geq N(\varepsilon), Y \geq B \geq N(\varepsilon),$$

кроме того, если существуют пределы:

$$2^\circ. \lim_{Y \rightarrow \infty} \int_a^X \int_c^Y f(t, \tau) dt d\tau, \text{ для фиксированного } X,$$

и

$$3^\circ. \lim_{X \rightarrow \infty} \int_a^X \int_c^Y f(t, \tau) dt d\tau, \text{ для фиксированного } Y,$$

тогда

$$\int_a^{\infty} dt \int_c^{\infty} f(t, \tau) d\tau = \int_c^{\infty} d\tau \int_a^{\infty} f(t, \tau) dt = \int_a^{\infty} \int_c^{\infty} f(t, \tau) dt d\tau.$$

Интегрирование интеграла по параметру во всех случаях требует перестановки в повторных интегралах, взятых в бесконечных пределах. Оправдать такую перестановку часто представляется делом сложным и кропотливым. В зависимости от характера задачи (примера) приходится применять ряд теорем.

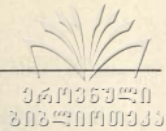
На основании теоремы (5) во многих случаях достаточно лишь проверить выполнение условия 1° , что легко осуществляется с помощью второй теоремы о среднем двойного интеграла. Из остальных условий теоремы (5) (2° и 3°) только одно условие потребует проверки и притом лишь при вычислении одного повторного интеграла, стало быть, дополнительных исследований фактически не потребуется.

Заметим к тому же, что во многих случаях интегрирование с помощью дифференцирования по параметру под знаком интеграла с успехом можно заменить интегрированием по параметру.

Для вычисления несобственных интегралов важное значение приобретает изучение свойств некоторых частных видов функций, с точки зрения её монотонности. Для примера мы рассмотрим функцию $G(x, y) = x^k y^l e^{-xy}$ (k, l — натуральные числа).

Прежде всего допустим, что $l = k = 0$. Тогда, очевидно,

$$G(x+h, y+k) \leq G(x, y) \text{ при } h, k \geq 0.$$



Далее, покажем, что

$$\Delta G \equiv G(x+h, y+k) - G(x+h, y) - G(x, y+k) + G(x, y) \geq 0.$$

Для этого достаточно обнаружить, что

$$e^{-xy} - e^{-(x+h)y} > e^{-(y+k)x} - e^{-(x+h)(y+k)},$$

или, что то же самое

$$\frac{e^{-xy} - e^{-y(x+h)}}{e^{-x(y+k)} - e^{-(x+h)(y+k)}} > 1. \quad (8)$$

Согласно теореме Коши, левая часть этого неравенства равна

$$\frac{y \exp[-(x+\theta h)y]}{(y+k) \exp[-(x+\theta h)(y+k)]} = \frac{y}{y+k} \exp[k(x+\theta h)], 0 < \theta < 1.$$

Но так как для всех $x \geq 1$ и $y \geq 1$ имеем

$$\exp[h(x+\theta h)] > 1 + \frac{k}{y},$$

то отсюда следует неравенство (8), а затем неравенство

$$\Delta G(x, y) \geq 0.$$

Пусть теперь $G(x, y) \equiv (xy)^l e^{-xy}$. В этом случае левая часть неравенства (8) при $x > \frac{h}{l}$ принимает вид

$$\Phi(x, y) \equiv \frac{(xy)^l e^{-xy} - (x+h)^l y^l e^{-(x+h)y}}{x^l (y+k)^l e^{-x(y+k)} - (x+h)^l y^l e^{-(x+h)(y+k)}},$$

и, согласно той же теореме, будем иметь

$$\begin{aligned} \Phi(x, y) &= \left(\frac{y}{y+k} \right)^l \frac{(x+\theta h)^{l-1} [l - y(x+\theta h)] \exp[-(x+\theta h)y]}{(x+\theta h)^{l-1} [l - (y+k)(x+\theta h)] \exp[-(x+\theta h)(y+k)]} = \\ &= \left(\frac{y}{y+k} \right)^l \frac{l - y(x+\theta h)}{l - y(x+\theta h) - k(x+\theta h)} \exp[k(x+\theta h)]. \end{aligned}$$

Однако нетрудно проверить, что

$$\exp[k(x+\theta h)] > \left(1 + \frac{k}{y} \right)^l \left[1 + \frac{k(x+\theta h)}{y(x+\theta h) - l} \right]. \quad (9)$$

Для этого достаточно разложить в ряд Маклорена левую часть неравенства (9), а правую заменить выражением $1 + \frac{l+1}{y}k$, т. е.

$$1 + \frac{k(x+\theta h)}{1!} + \frac{[k(x+\theta h)]^2}{2!} + \dots > 1 + \frac{l+1}{y}k.$$

Положим, $xy > (l+1)$; тогда, ясно, что

$$x + \theta h > \frac{l+1}{y}.$$

Отсюда следует справедливость неравенства (9) и далее неравенства $\Phi \geq 1$, а это означает, что

$$\Delta G(x, y) \geq 0.$$

Таким образом, при достаточно больших значениях x, y функция $G(x, y) = (xy)^l e^{-xy}$ является невозрастающей в смысле Харди.

То же самое можно доказать и для функции

$$G(x, y) = x^k y^l e^{-x^p y^q},$$

где k, l, p, q — натуральные числа.

Теперь рассмотрим несколько примеров

$$1^\circ. I = \int_0^\infty \frac{\sin t}{t} dt.$$

Имеем

$$\frac{1}{t} = \int_0^\infty e^{-tx} dx, \quad \int_0^\infty \frac{\sin t}{t} dt = \int_0^\infty dt \int_0^\infty \sin t \cdot e^{-tx} dx,$$

$$f(t, u) = \sin t \cdot e^{-ut} = \frac{u^2 t^2}{e^{ut}} \cdot \frac{\sin t}{t^2 u^2} = G(t, u) \cdot \varphi(t, u).$$

Поэтому

$$(1) \quad \int_A^X \int_B^Y G(t, u) \cdot \varphi(t, u) dt du = \frac{A^2 B^2}{e^{AB}} \int_A^X \int_B^Y \frac{\sin t}{t^2 u^2} dt du \rightarrow 0.$$

$$(2) \quad \lim_{X \rightarrow \infty} \int_0^X \int_0^Y e^{-tu} \sin t dt du = \int_0^\infty \frac{\sin t}{t} dt \int_0^Y te^{-tu} du.$$

$$(3) \quad \lim_{Y \rightarrow \infty} \int_0^X \int_0^Y e^{-tu} \sin t dt du = \int_0^X \sin t dt \int_0^\infty e^{-ut} du = \int_0^X \frac{\sin t}{t} dt.$$

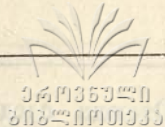
Следовательно,

$$\begin{aligned} \int_0^\infty \frac{\sin t}{t} dt &= \int_0^\infty dt \int_0^\infty e^{-ut} \sin t du = \int_0^\infty du \int_0^\infty e^{-ut} \sin t dt = \\ &= \int_0^\infty \frac{du}{1+u^2} = \frac{\pi}{2}. \end{aligned}$$

2°.

$$I = \int_0^\infty e^{-x^2} dx = t \int_0^\infty e^{-t^2 u^2} du.$$

$$I^2 = \int_0^\infty e^{-t^2 dt} \cdot \int_0^\infty e^{-x^2} dx = \int_0^\infty e^{-t^2} \cdot t dt \int_0^\infty e^{-t^2 u^2} du = \int_0^\infty \int_0^\infty te^{-t^2(1+u^2)} du dt.$$



$$f(t, u) = te^{-t^2(1+u^2)} = \frac{t^2 u^2}{e^{t^2 u^2}} \frac{1}{tu^2 e^{t^2}};$$

$$\int_A^X \int_B^Y \frac{t^2 u^2}{e^{t^2 u^2}} \cdot \frac{1}{tu^2 e^{t^2}} du dt = \frac{A^2 B^2}{e^{A^2 B^2}} \int_A^X \int_B^Y \frac{\eta}{te^{t^2 u^2}} \rightarrow 0,$$

откуда

$$I^2 = \int_0^\infty du \int_0^\infty dt te^{-t^2(1+u^2)} dt = \frac{1}{2} \int_0^\infty \frac{du}{1+u^2} = \frac{\pi}{4}; \quad I = \sqrt{\frac{\pi}{2}}.$$

$$3^\circ. \quad I = \int_0^\infty \sin x^2 dx = \int_0^\infty \frac{\sin t}{2\sqrt{t}} dt = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\infty \sin t dt \int_0^\infty e^{-tu^2} du.$$

$$\int_A^X \int_B^Y \frac{\sin t}{t^2} \frac{tu^2}{e^{tu^2}} dt du = \frac{AB^2}{e^{AB^2}} \int_A^X \sin t \int_B^Y \frac{dt du}{tu^2} \rightarrow 0.$$

Следовательно,

$$I = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\infty du \int_0^\infty \sin t \cdot e^{-tu^2} dt = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\infty \frac{du}{1+u^2} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{2}}.$$

$$4^\circ. \quad I = \int_0^\infty e^{-ax} \sin^2 bx \frac{dx}{x} = \int_0^\infty e^{-ax} \sin^2 bxdx \int_0^\infty e^{-x\tau} d\tau =$$

$$= \int_0^\infty \sin^2 bxdx \int_0^\infty e^{-x(a+\tau)} d\tau = \int_0^\infty d\tau \int_0^\infty e^{-x(a+\tau)} \sin^2 bxdx =$$

$$= \frac{1}{2} \int_0^\infty d\tau \left\{ \int_0^\infty e^{-(a+\tau)x} dx - \int_0^\infty e^{-(a+\tau)x} \cos^2 bxdx \right\} =$$

$$= \frac{1}{2} \int_0^\infty d\tau \left\{ \frac{1}{a+\tau} - \frac{a+\tau}{(a+\tau)^2 + 4b^2} \right\} = \frac{1}{2} \ln \frac{a+\tau}{\sqrt{(a+\tau)^2 + 4b^2}} \Big|_{\tau=0}^{\tau=\infty} =$$

$$= -\frac{1}{2} \ln \frac{a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} = \frac{1}{4} \ln \frac{a^2 + 4b^2}{a^2},$$

ибо

$$\int_A^X \int_B^Y \frac{\sin^2 bx}{x^2 (a+\tau)^2} \frac{x^2 (a+\tau)^2}{a^{x(a+\tau)}} dx d\tau =$$

$$= \frac{A^2 (a+B)^2}{e^{A(a+B)}} \int_a^X \frac{\sin^2 bx}{x^2} \int_B^Y \frac{d\tau}{(a+\tau)^2} \rightarrow 0.$$

(Представлено 10. VI. 1971)

Кафедра теории функций и
функционального анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Р. Тевзадзе, ТРУДЫ Тбил. гос. ун-та, т. 48, 1953.
2. Л. В. Жижиашвили, Сопряженные функции и тригонометрические ряды, Из-во Тбил. гос. ун-та, Тбилиси, 1969.
3. Г. М. Фихтенгольц, Курс дифф. и интегр. исчисления, т. III, Госиздат, Москва, 1949.

ბ. თევზაძე

ორჯერადი არასაკუთრივი ინტეგრალების შესახებ

(რეზიუმე)

ორჯერადი არასაკუთრივი ინტეგრალის განმარტებად მივიღოთ ორი ცვლადის $F(x, y)$ —ფუნქციის ორმაგი ზღვარი $x \rightarrow a, y \rightarrow c$, სადაც

$$F(x, y) = \int_a^x \int_c^y f(u, v) \, du \, dv.$$

მაშინ, როცა არსებობს

$$\lim_{x+y \rightarrow \infty} F(x, y),$$

ადგილი აქვს ტოლობას:

$$\begin{aligned} \lim_{x, y \rightarrow \infty} F(x, y) &= \iint_{ac}^{+\infty} f(u, v) \, du \, dv = \\ &= \int_a^{\infty} du \int_c^{\infty} f(u, v) \, dv = \int_a^{\infty} da \int_c^{\infty} f(u, v) \, dv. \end{aligned}$$

ეს შედეგი კი მნიშვნელოვნად ამარტივებს პარამეტრზე დამოკიდებული არასაკუთრივი ინტეგრალების შესწავლისა და გამოთვლის საკითხს.

ЗАМЕЧАНИЕ О РЕШЕНИЯХ КВАЗИЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

И. А. ТОРОШЕЛИДZE

Рассмотрим систему

$$\frac{d\zeta}{dx} = A(x)\zeta + f(x, \zeta), \quad (1)$$

где $A(x)$ — n -мерная действительная функциональная матрица, элементы которой суммируемы на каждом конечном отрезке промежутка $[x_0, +\infty)$, а $f(x, \zeta)$ удовлетворяет условиям Каратеодори на любом параллелепипеде области $x_0 \leq x < +\infty$, $\|\zeta\| < +\infty$.

Введем следующее

Определение 1. Любое нетривиальное решение $\zeta(x)$ уравнения (1), имеющее вид

$$\|\zeta(x) - z(x)\| / \|z(x)\| \rightarrow 0, \quad \text{при } x \rightarrow +\infty,$$

где $z(x)$ — нетривиальное решение уравнения

$$\frac{dz}{dx} = A(x)z, \quad (1_0)$$

назовем решением типа (Л).

В работах [2] и [3] устанавливаются условия, достаточные для того, чтобы: а) уравнение (1) имело решения типа (Л); б) решения уравнения (1) при достаточно малых начальных значениях были типа (Л) и в) все решения уравнения (1) были типа (Л).

На простых примерах можно показать, что уравнение (1), наряду с решениями типа (Л), может иметь как продолжаемые решения, имеющие иной асимптотический вид, чем решения типа (Л), так и непродолжаемые решения. Поэтому естественно поставить вопрос об устойчивости семейства решений типа (Л). Этому вопросу и посвящается настоящая статья.

Ниже элементы матрицы A и вектора z_k обозначаются через A_{ij} и z_{ik} соответственно, а их нормы понимаются как

$$\|A\| = \sum_{i,j=1}^n |A_{ij}|, \quad \|z_k\| = \sum_{j=1}^n |z_{jk}|.$$

Для дальнейших рассуждений удобно ввести следующие определения:

Определение 2. Пусть

$$z_1(x), z_2(x), \dots, z_n(x)$$

— некоторая фундаментальная система решений уравнения (1₀), определенных в промежутке $[x_0, +\infty)$. Скажем, что она удовлетворяет условию (L), если функция

$$e^{-\int_{x_0}^x Sp A(t) dt} \prod_{j=1}^n \|z_j(x)\|$$

ограничена в $[x_0, +\infty)$ и для любых $k \in \{1, 2, \dots, n\}$ и $j \in \{1, 2, \dots, n\}$ имеем либо

$W_{jk}(x, x_0) \rightarrow 0$ при $x \rightarrow +\infty$ и $W_{jk}(x, t) \leq \eta$ при $x \geq t \geq x_0$,
либо

$$W_{jk}(x, t) \geq \frac{1}{\eta} \quad \text{при } x \geq t \geq x_0,$$

где $\eta \geq 1$ — некоторое действительное число, а $W_{jk}(x, t)$ определяется равенством

$$W_{jk}(x, t) = \frac{\|z_j(x)\| \left[\frac{\|z_k(x)\|}{\|z_k(t)\|} \right]^{-1}}{\|z_j(t)\| \left[\frac{\|z_k(x)\|}{\|z_k(t)\|} \right]^{-1}}.$$

Определение 3. Скажем, что уравнение (1₀) обладает свойством (L), если найдется фундаментальная система его решений, удовлетворяющая условию (L).

В [3] доказывается, что если $Z(x)$ — фундаментальная матрица уравнения (1₀), столбцы которой образуют фундаментальную систему, удовлетворяющую условию (L), то матрица Коши уравнения (1₀) удовлетворяет следующему неравенству

$$\|K(x, t)\| / \|Z(x)\| \leq m / \|Z(t)\| \quad \text{при } x \geq t \geq t_0, \quad (2)$$

где m — некоторая положительная постоянная.

Теорема. Пусть уравнение (1₀) удовлетворяет условию (L) и для некоторой фундаментальной матрицы $Z(x)$ этого уравнения соблюдается неравенство

$$\|f(x, \|Z(x)\| y)\| \leq \|Z(x)\| \psi(x, \|y\|)$$

при

$$x_0 \leq x < +\infty, \quad \|y\| < +\infty, \quad (3)$$

где функция $\psi(x, \rho)$ неотрицательна, непрерывна и не убывает по ρ ,

$$\int_{x_0}^{+\infty} \psi(x, \rho) dx < +\infty \quad (4)$$

при любом $\rho \in (0, +\infty)$,

$$\psi(x, \rho) \leq \psi(x)\rho \text{ при } x_0 \leq x < +\infty, 0 \leq \rho \leq 1. \quad (5)$$

$$\int_{x_0}^{+\infty} \psi(x) dx < +\infty. \quad (6)$$

Если, кроме того, уравнение (1) при любом начальном условии имеет единственное решение, то каждое решение этого уравнения, начальное значение которого достаточно мало отклоняется от начального значения решения типа (Л), также является решением типа (Л).

Доказательство. Без ограничения общности можно предположить, что матрица $Z(x)$ составлена из фундаментальной системы решений, удовлетворяющей условию (L) и, следовательно, соблюдается неравенство (2).

Пусть $\zeta_0(x)$ — некоторое решение типа (Л) уравнения (1). Тогда, очевидно, найдется такая положительная постоянная ρ_1 , что

$$\|\zeta_0(x)\| < \rho_1 \|Z(x)\| \text{ при } x \geq x_0. \quad (7)$$

В силу (4) x_1 можно взять столь большим, что будем иметь

$$m \int_{x_1}^{\infty} \psi(t, (m+1)\rho_1) dt < \rho_1. \quad (8)$$

Покажем теперь, что верхнее решение $\bar{\rho}(x)$ уравнения

$$\frac{d\rho}{dt} = m\psi(t, \rho) \quad (9)$$

с начальным условием

$$\rho(x_1) = m\rho_1 \quad (10)$$

удовлетворяет неравенству

$$\bar{\rho}(x) < (m+1)\rho_1 \quad (11)$$

на всем промежутке $[x_1, \infty)$. Допустим противное. Тогда найдется такое число x_2 , $x_1 < x_2 < \infty$, что

$$\bar{\rho}(x_2) = (m+1)\rho_1,$$

а в промежутке $[x_1, x_2)$ соблюдается условие (II). С другой стороны, согласно (8) и (10), из (9) имеем, что

$$\bar{\rho}(x_2) = m\rho_1 + m \int_{x_1}^{x_2} \psi(t, \bar{\rho}(t)) dt \leq m\rho_1 + m \int_{x_1}^{x_2} \psi(t, (m+1)\rho_1) dt < (m+1)\rho_1.$$

Полученное противоречие показывает, что неравенство (II) соблюдается всюду в промежутке $[x_1, \infty)$.

Так как уравнение (1) при любом начальном условии имеет единственное решение, то решения этого уравнения непрерывно зависят от



начальных данных (см. [1]). Поэтому, согласно (7), найдется такое положительное число η , что всякое решение $\zeta(x)$ уравнения (1), удовлетворяющее условию

$$\|\zeta_0(x_0) - \zeta(x_0)\| < \eta, \quad (12)$$

будет удовлетворять и условию

$$\|\zeta(x)\| < \rho_1 \|Z(x)\| \quad \text{при} \quad x_0 \leq x \leq x_1. \quad (13)$$

Вводя обозначение

$$\mu(x) = \frac{\|\zeta(x)\|}{\|Z(x)\|},$$

согласно (2) и (3), из равенства

$$\zeta(x) = K(x, x_1) \zeta(x_1) + \int_{x_1}^x K(x, t) f(t, \zeta(t)) dt,$$

получаем

$$\mu(x) \leq m \mu(x_1) + m \int_{x_1}^x \psi(t, \mu(t)) dt,$$

откуда, согласно (13), имеем

$$\mu(x) \leq m \rho_1 + m \int_{x_1}^x \psi(t, \mu(t)) dt,$$

Отсюда легко следует, что

$$\mu(x) \leq \bar{\rho}(x) \quad \text{при} \quad x \geq x_1,$$

где $\bar{\rho}(x)$ — верхнее решение задачи (9) — (10). Но, как было показано выше, $\bar{\rho}(x)$ удовлетворяет условию (II). Следовательно,

$$\mu(x) < (m+1) \rho_1 \quad \text{при} \quad x \geq x_1. \quad (15)$$

Согласно (13), (14) и (15), имеем

$$\|\zeta(x)\| < (m+1) \rho_1 \|Z(x)\| \quad \text{при} \quad x \geq x_0. \quad (16)$$

Таким образом, всякое решение $\zeta(x)$ уравнения (1), удовлетворяющее условию (12), удовлетворяет также и условию (16).

Легко видеть, что $\zeta(x)$ является решением уравнения

$$\frac{d\zeta}{dx} = [A(x) + B(x)] \zeta, \quad (17)$$

где $B(x)$ — матрица, элементы которой определяются равенствами

$$B_{kj}(x) = f_k(x, \zeta(x)) \frac{\text{Sign } \zeta_j(x)}{\|\zeta(x)\|} \quad (k, j = 1, 2, \dots, n). \quad (18)$$

В силу (3), (5) и (18) имеем

$$\begin{aligned} \|B(x)\| &\leq \frac{n}{\|\zeta(x)\|} \|f(x, \zeta(x))\| \leq \\ &\leq n \frac{\psi(x, \frac{\|\zeta(x)\|}{\|Z(x)\|})}{\|\zeta(x)\|} \leq n\psi(x) + n\psi(x, \rho_1). \end{aligned}$$

Отсюда, согласно (4) и (6), следует, что

$$\int_{x_0}^{+\infty} \|B(x)\| dx < +\infty. \quad (19)$$

Но согласно доказанной в [3] теореме 1, при условии (19), для каждого нетривиального решения $\zeta(x)$ уравнения (17) имеем

$$\|\zeta(x) - z(x)\| / \|z(x)\| \rightarrow 0 \text{ при } x \rightarrow +\infty,$$

где $z(x)$ некоторое нетривиальное решение уравнения (1₀). Следовательно, $z(x)$ является решением типа (Л). Теорема доказана.

(Представлено 5. VII. 1971)

Кафедра дифференциальных и интегральных уравнений

ЛИТЕРАТУРА

1. Э. Л. Коддингтон, Н. Левинсон, Теория обыкновенных дифференциальных уравнений, М., 1958.
2. И. А. Торошелидзе, Труды Грузинского политехнического института им В. И. Ленина, № 5, (133), 1969, стр. 117—125.
3. И. А. Торошелидзе, Труды Тбилисского гос. университета А I (137), Тбилиси, 1971, стр. 89—101.

ი. ბოროშელიძე

შენიშვნა ჩვეულებრივ დიფერენციალურ განტოლებათა კვაზიწრფივი სისტემების ამოხსნათა შესახებ

(რეზიუმე)

განიხილება (1) განტოლება, სადაც $A(x)$ არის $n \cdot n$ მატრიცა $\zeta \in R^n$, $f(x, \zeta) \in R^n$.

(1) განტოლების რაიმე $\zeta(x)$ ამოხსნას ვუწოდოთ (II) ტიპის ამოხსნა, თუ მოიძებნება (1₀) განტოლების ისეთი არატრივიალური $z(x)$ ამოხსნა, რომ

$$\|\zeta(x) - z(x)\| / \|z(x)\| \rightarrow 0 \text{ როცა } x \rightarrow +\infty.$$

შრომაში დამტკიცებულია თეორემა, რომელიც შეეხება (II) ტიპის ამოხსნათა სიმრავლის მდგრადობას.

О ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ХАРАКТЕРАМИ НЕПРОВОДИМЫХ
 ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ЛИЕВЫХ ОРТОГОНАЛЬНЫХ АЛГЕБР B_n И D_n

Э. Т. САМСОНАДЗЕ

В настоящей статье доказывается теорема, позволяющая выразить характер неприводимого представления лиевой ортогональной алгебры B_n через характеры неприводимых представлений лиевой ортогональной алгебры D_n .

Пусть $\chi'(r)$ —функция, определенная на множестве R весов неприводимого представления лиевой алгебры D_n и удовлетворяющая условию

$$\chi'(r)f'(\alpha') = f'(r + \alpha'), \quad (1)$$

где α' —полусумма положительных корней алгебры D_n (корнями алгебры D_n служат векторы $\pm(1, 1, 0, \dots, 0)$, $\pm(1, 0, 1, 0, \dots, 0)$, ..., $\pm(0, \dots, 0, 1, 1)$, $\pm(1, -1, 0, \dots, 0)$, $\pm(1, 0, -1, 0, \dots, 0)$, ..., $\pm(0, \dots, 0, 1, -1)$,

$$f'(x) = \sum_{s \in S} \det s \cdot \exp s(x),$$

где S —группа Вейля алгебры D_n .

Теорема. Если $\chi(r)$ —характер неприводимого представления лиевой алгебры B_n со старшим весом представления $r(r_1, r_2, \dots, r_n)$, то

$$\chi(r) = \frac{1}{2^n} \cdot \sum_{l_n=0}^{2r_n} \sum_{l_{n-1}=0}^{2(r_{n-1}+1)} \dots \sum_{l_1=0}^{2(r_1+n-1)} \cdot \chi'(r - l_1(1, 0, \dots, 0) - \dots - l_n(0, \dots, 0, 1)). \quad (2)$$

Доказательство. Функцию $f(x) = \sum_{s \in S} \det s \cdot \exp s(x)$, где S —

группа Вейля алгебры Ли, будем называть функцией Вейля этой алгебры.

Корнями алгебры B_n являются векторы $\pm(1, 0, \dots, 0)$, $\pm(0, 1, 0, \dots, 0)$, ..., $\pm(0, \dots, 0, 1)$, $\pm(1, 1, 0, \dots, 0)$, $\pm(1, 0, 1, 0, \dots, 0)$, ..., $\pm(0, \dots, 0, 1, 1)$, $\pm(1, -1, 0, \dots, 0)$, $\pm(0, \dots, 0, 1, -1)$.

Полусумма положительных корней алгебры B_n равна $\alpha = \left(n - \frac{1}{2}, \right.$

$$\left. n - \frac{3}{2}, \dots, \frac{1}{2} \right).$$



Полусумма положительных корней алгебры D_n равна $\alpha' = (n-1, n-2, \dots, 1, 0)$. Положим, что

$$T = \sum_{(k_1, k_2, \dots, k_n)}^{0,1} (-1)^{k_1+k_2+\dots+k_n} \exp\left(\frac{1}{2} - k_1, \frac{1}{2} - k_2, \dots, \frac{1}{2} - k_n\right), \quad (3)$$

где суммирование производится по всем перестановкам (k_1, \dots, k_n) с повторениями из элементов 0, 1.

Нетрудно доказать, что

$$f'(\alpha') \cdot T = f(\alpha), \quad (4)$$

где $f(\alpha)$ — значение функции Вейля алгебры B_n в точке α .

Введем обозначение

$$\chi''(r) = \sum_{l_n=0}^{2r_n} \sum_{l_{n-1}=0}^{2(r_{n-1}+1)} \dots \sum_{l_1=0}^{2(r_1+n-1)} \chi'(r - l_1(1, 0, \dots, 0) - \dots - l_n(0, \dots, 0, 1)).$$

Согласно формулам (1) и (4),

$$\chi''(r) \cdot f(\alpha) = T \cdot \sum_{l_n=0}^{2r_n} \sum_{l_{n-1}=0}^{2(r_{n-1}+1)} \dots \sum_{l_1=0}^{2(r_1+n-1)} f'(r - l_1(1, 0, \dots, 0) - \dots - l_n(0, \dots, 0, 1) + (n-1, n-2, \dots, 0)).$$

Принимая во внимание равенство (3), получим

$$\begin{aligned} \chi''(r) f(\alpha) &= \sum_{l_n=0}^{2r_n} \sum_{l_{n-1}=0}^{2(r_{n-1}+1)} \dots \sum_{l_1=0}^{2(r_1+n-1)} \sum_{(k_1, k_2, \dots, k_n)}^{0,1} \sum_{(i_1, i_2, \dots, i_n)}^{n, n-1, \dots, 1} \times \\ &\times \sum_{(\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n)}^{1, -1} (-1)^{k_1+k_2+\dots+k_n} \cdot \varepsilon_{(i_1, i_2, \dots, i_n)} \cdot \\ &\cdot \exp\left[\delta_1(r_{i_1} - l_{i_1} + n - i_1) + \frac{1}{2} - k_1, \dots, \delta_n(r_{i_n} - l_{i_n} + n - i_n) + \frac{1}{2} - k_n\right], \quad (5) \end{aligned}$$

где $\sum_{(i_1, i_2, \dots, i_n)}^{n, n-1, \dots, 1}$ означает суммирование по всем перестановкам (i_1, i_2, \dots, i_n) ,

из 1, 2, ..., n. Что касается символа $\sum_{(\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n)}^{1, -1}$, он означает суммирование по всем перестановкам $(\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n)$ с повторениями из элементов 1, -1, для которых $\delta_1 \cdot \delta_2 \cdot \dots \cdot \delta_n = 1$.

$\varepsilon_{(i_1, i_2, \dots, i_n)} = \pm 1$, причем знак берется в зависимости от четности перестановки (i_1, i_2, \dots, i_n) .

Нетрудно заметить, что

$$\sum_{l_j=0}^{m_j} \sum_{k_j=0}^1 (-1)^{k_j} \exp \left[(r_1 - l_1 + n - 1) + \frac{1}{2} - k_1, \dots, (r_j - l_j + n - j) + \frac{1}{2} - k_j, \dots, (r_n - l_n) + \frac{1}{2} - k_n \right] = \exp \left[(r_1 - l_1 + n - 1) + \frac{1}{2} - k_1, \dots, \dots, r_j + n - j + \frac{1}{2}, \dots, (r_n - l_n) + \frac{1}{2} - k_n \right] - \exp \left[(r_1 - l_1 + n - 1) + \frac{1}{2} - k_1, \dots, r_j - m_j + n - j + \frac{1}{2} - 1, \dots, \dots, (r_n - l_n) + \frac{1}{2} - k_n \right], \quad (6)$$

и

$$\sum_{l_j=0}^{m_j} \sum_{k_j=0}^1 (-1)^{k_j} \exp \left[(-l_1 + n - 1) + \frac{1}{2} - k_1, \dots, - (r_j - l_j + n - j) + \frac{1}{2} - k_j, \dots, (r_n - l_n) + \frac{1}{2} - k_n \right] = \exp \left[(r_1 - l_1 + n - 1) + \frac{1}{2} - k_1, \dots, -r_j + m_j - n + j + \frac{1}{2}, \dots, \dots, (r_n - l_n) + \frac{1}{2} - k_n \right] - \exp \left[(r_1 - l_1 + n - 1) + \frac{1}{2} - k_1, \dots, -r_j - n + j + \frac{1}{2} - 1, \dots, (r_n - l_n) + \frac{1}{2} - k_n \right]. \quad (7)$$

Т. к. $r_j + n - j + \frac{1}{2} - 2(r_j + n - j) - 1 = - \left(r_j + n - j + \frac{1}{2} \right)$,

то из формул (5), (6) и (7) вытекает

$$\chi''(r)f(\alpha) = (1 + C_n^2 + C_n^4 + \dots + C_n^{2 \cdot \lfloor \frac{n}{2} \rfloor}) f(r + \alpha).$$

Отсюда, согласно формуле Вейля для характера неприводимого представления лиевой полупростой алгебры [1], следует доказываемая формула (2).

Пусть $r' \in R$. Если $f'(r' + \alpha') = 0$, то, как следует из равенства (1), $\chi'(r') = 0$.

Допустим теперь, что $f'(r' + \alpha') \neq 0$, и пусть вес $s_1(r' + \alpha')$ ($s_1 \in S$) является старшим среди $s(r' + \alpha')$ при $s \in S$. Так как

$$f'(r' + \alpha') = \det s_1 \cdot f'(s_1(r' + \alpha')),$$

то из равенства (1) следует:



$$\chi'(r')f'(\alpha') = \det s_1 \cdot f'(s_1(r' + \alpha')).$$

Отсюда, согласно вышеупомянутой формуле Вейля, получаем

$$\chi'(r') = \det s_1 \cdot \chi^*(s_1(r' + \alpha') - \alpha'),$$

где $\chi^*(s_1(r' + \alpha') - \alpha')$ — характер неприводимого представления алгебры D_n со старшим весом представления $s_1(r' + \alpha') - \alpha'$.

(Представлено 14. VI. 1971)

Кафедра алгебры и геометрии

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Джекобсон. Алгебры Ли, „Мир“, 1964.

ე. სამსონაძე

ლის ორთოგონალურ B_n და D_n ალგებრების დაუყვანადი წარმოდგენების ხასიათებს შორის დაშორებების შესახებ

(რეზიუმე)

დამტკიცებულია თეორემა, რომელიც საშუალებას გვაძლევს გამოვსახოთ ლის ორთოგონალური B_n ალგებრის დაუყვანადი წარმოდგენის ხასიათი ლის ორთოგონალური D_n ალგებრის დაუყვანადი წარმოდგენების ხასიათების საშუალებით.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ РАЗМЕРОВ ЯДЕР КЛЕТОК

Д. И. БАШАЛЕИШВИЛИ

В настоящее время заметно повысился интерес к разработке различных методов измерения размеров ядер клеток и к автоматизации самого процесса измерения (кариометрические методы) [1].

Установлено, что ядра меняют свои размеры в зависимости от возраста организма, а также под влиянием различных заболеваний (злокачественные и доброкачественные опухоли, вирусный гепатит, калькулезный холецистит, механическая желтуха и др.). При некоторых заболеваниях происходит увеличение, а при других—уменьшение размеров ядер. Поэтому изменение размеров может служить показателем (не единственным) данного заболевания и его можно использовать для диагностики [1].

Такой подход позволяет рассматривать заболевание как процесс превращения одних законов распределения по размерам ядер (в норме) в другие (в патологии). Математически это означает, что функция $f_2(x)$ является результатом применения оператора L (оператор заболевания) к функции $f_1(x)$, т. е.

$$f_2(x) = Lf_1(x), \quad (1)$$

где L в общем случае—нелинейный оператор, $f_1(x)$ и $f_2(x)$ —плотности распределения по размерам ядер в норме и патологии соответственно.

Для различных заболеваний или различных стадий одного заболевания этот оператор L будет меняться, но иметь две неизменные формы A и B в зависимости от того происходит укрупнение (набухание) или уменьшение размеров ядер.

Вид оператора A в предположении линейности задачи был установлен автором настоящей статьи при изучении процесса укрупнения размеров частиц [2, 3, 4]. Он выражается следующим образом:

$$f_2(x) = Af_1(y) = \int_0^x f_1(y)W(x-y, y)dy, \quad (2)$$

где $W(x, y)$ —весовая функция процесса укрупнения размеров, которая подлежит определению. Весовая функция является исчерпывающей характеристикой в том смысле, что она позволяет установить однозначную



связь между произвольной плотностью $f_1(x)$ в норме и соответствующей плотностью $f_2(x)$ в патологии.

В [4] показано, что выражение (2) является решением дифференциального уравнения

$$A_x f_2(x) = \sum_{k=0}^n a_k(x) f_2^{(n-k)}(x) = f_1(x), \quad (3)$$

если $W(x-y, y)$ —решение уравнения

$$A_x W(x-y, y) = \delta(x-y) \quad (4)$$

при нулевых начальных условиях или уравнения

$$A_x W(x-y, y) = 0 \quad (5)$$

$$\text{при } W(0, y) = W'(0, y) = \dots = W^{(n-2)}(0, y) = 0, \quad W^{(n-1)}(0, y) = \frac{1}{a_0(y)},$$

где $\delta(x)$ —функция Дирака.

Таким образом, при заболеваниях, сопровождающихся набуханием ядер, связь между $f_1(x)$ и $f_2(x)$ определяется дифференциальным оператором (3).

В предположении, что вид функции $W(x-y, y)$ не зависит от начала отсчета на оси размеров, т. е. $W(x-y, y) = W(x-y)$, оператор (2) принимает вид

$$f_2(x) = \int_0^x f_1(x-y) W(y) dy. \quad (6)$$

Так как (6) является интегральным уравнением типа Вольтера, то его решение существует и единственно. Следовательно, для определенного заболевания существует единственная конкретная функция $W(x)$.

Таким образом, идентификация патологических состояний биологического объекта, в котором происходит процесс набухания ядер клеток, осуществляется следующим образом:

1. В результате исследования пунктата устанавливается конкретный вид плотностей $f_1(x)$ и $f_2(x)$ в интервале $(0, \infty)$.

2. Решается интегральное уравнение (2) относительно $W(x, y)$ (если это удастся) или интегральное уравнение (6) относительно $W(x)$.

По-видимому, в некоторых случаях можно ограничиться определением более бедных характеристик—моментов весовой функции по моментам распределения в норме и патологии.

Преобразование Лапласа плотностей $W(x)$, $f_1(x)$ и $f_2(x)$ представим в следующем виде:

$$\begin{aligned} W(s) &= \int_0^{\infty} e^{-sx} W(x) dx = \int_0^{\infty} \left[1 - sx + \frac{s^2 x^2}{2!} - \dots \right] W(x) dx = \\ &= \alpha_0 - \alpha_1 s + \frac{\alpha_2}{2!} s^2 - \dots \end{aligned} \quad (7)$$

$$f_1(s) = \beta_0 - \beta_1 s + \frac{\beta_2 s^2}{2!} - \dots \quad (8)$$

$$f_2(s) = \gamma_0 - \gamma_1 s + \frac{\gamma_2 s^2}{2!} - \dots, \quad (9)$$

где α_n , β_n и γ_n ($n=0, 1, 2, \dots$) — начальные моменты порядка n плотностей распределения $W(x)$, $f_1(x)$ и $f_2(x)$, соответственно.

Выражение (6) в пространстве изображений имеет вид

$$f_2(s) = f_1(s)W(s). \quad (10)$$

На основании (7), (8), (9) и приравниванием коэффициентов при одинаковых степенях s в выражении (10) получим

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= \alpha_1 + \beta_1 \\ \gamma_2 &= \alpha_2 + \beta_2 + 2\alpha_1\beta_1 \\ &\dots \end{aligned} \quad (11)$$

Таким образом задача сводится к решению системы алгебраических уравнений (11) относительно α_n ($n=1, 2, \dots$), $\alpha_0 = \beta_0 = \gamma_0 = 1$.

Для биологического объекта, в котором происходит процесс уменьшения размеров ядер, задача определения оператора связи B между плотностями распределения $\varphi_1(x)$ (в норме) и $\varphi_2(x)$ (в патологии) несколько усложняется и решается следующим образом.

В первую очередь ищется оператор B^{-1} , обратный $B(\varphi_1(x) = B^{-1}\varphi_2(x)$, так как $\varphi_2(x) = B\varphi_1(x)$), который является оператором процесса укрупнения. Следовательно, его можно отождествить с оператором A , если обозначить $\varphi_2(x) = f_1(x)$ и $\varphi_1(x) = f_2(x)$. После этого нетрудно найти оператор B , обратный A . Связь между $\varphi_1(x)$ и $\varphi_2(x)$ определяется тем же дифференциальным оператором общего вида (3), однако здесь A_x и единичный оператор меняются местами, т. е.

$$\varphi_2(x) = A_x \varphi_1(x) = \sum_{k=0}^n a_k(x) \varphi^{(n-k)}(x). \quad (12)$$

Весовая функция $W^{-1}(x-y, y)$ оператора B определяется выражением

$$W^{-1}(x-y, y) = \sum_{k=0}^n a_k(x) \delta^{(n-k)}(x-y), \quad (13)$$

а связь между $\varphi_1(x)$ и $\varphi_2(x)$ с помощью оператора B имеет вид

$$\varphi_2(x) = B\varphi_1(y) = \int_0^x \varphi_1(y) W^{-1}(x-y, y) dy, \quad (14)$$

Действительно, подставляя (13) в (14), получаем выражение (12). Следовательно, идентификация патологических состояний биологического объек-



та, в котором происходит процесс уменьшения размеров ядер клеток осуществляется следующим образом:

1. В результате исследования пунктата устанавливается конкретный вид плотностей $\varphi_1(x)$ и $\varphi_2(x)$ в интервале $(0, \infty)$.

2. Решается интегральное уравнение (2) или (6) относительно $W(x, y)$ или $W(x)$ при $\varphi_2(x) = f_1(x)$ и $\varphi_1(x) = f_2(x)$.

3. По известной $W(x, y)$ или $W(x)$ определяются порядок n и коэффициенты $a_k(x)$ ($k=0, 1, 2, \dots$) уравнения (3) при $\varphi_2(x) = f_1(x)$ и $\varphi_1(x) = f_2(x)$.

4. Определяется $W^{-1}(x, y)$ или по формуле (13).

Если функции $f_i(x)$ и $\varphi_i(x)$ ($i=1, 2$) обладают известными свойствами плотности, то ими обладают и функции $W(x, y)$, $W^{-1}(x, y)$, $W(x)$ и $W^{-1}(x)$. В этом легко убедиться, если проинтегрировать выражения (2) и (14) от 0 до ∞ и применить формулу Дирихле для перестановки двойных интегралов.

На практике, когда число измерений конечно, в уравнении (6) теоретические плотности можно заменить их выборочными оценками, но при этом необходимо применение метода регуляризации Тихонова А. Н. [5], поскольку уравнение (6) относится к так называемым „некорректно поставленным задачам“. Существует и другой путь, а именно, можно с помощью критериев соответствия (χ^2 , Колмогорова и др.) получить теоретические кривые, а потом продифференцировать уравнение (6) с целью получения интегрального уравнения второго рода. Однако надо помнить, что критерии соответствия полностью не устраняют возможную ошибку в оценке достоверности гипотезы.

Пример. Допустим, в результате исследования пунктатов в норме и патологии было установлено, что $\varphi_1(x) = \frac{1}{2} x^2 e^{-x}$ и $\varphi_2(x) = x e^{-x}$. Решая интегральное уравнение (6), получаем $W(x) = e^{-x}$.

Нетрудно убедиться, что $W(x)$ является решением дифференциального уравнения

$$W'(x-y) + W(x-y) = \delta(x-y)$$

или, что то же самое—уравнения $W'(x) + W(x) = 0$ при $W(0) = 1$. Следовательно, $n=1$, $a_0(x) = 1$ и $a_1(x) = 1$. Тогда по формуле (13) находим $W^{-1}(x-y) = \delta(x-y) + \delta'(x-y)$.

(Представлено 6. VII. 1971)

Кафедра прикладной кибернетики

ЛИТЕРАТУРА

1. Я. Е. Хесин. Размеры ядер и функциональное состояние клеток, изд-во „Медицина“, М., 1967.
2. Д. И. Башалейшвили. Автоматика и телемеханика, т. XXV, № 12, 1964.
3. Д. И. Башалейшвили. Автоматика и телемеханика, т. XXVI, 1, 1965.
4. Д. И. Башалейшвили. Автоматика и телемеханика, № 10, 1966.
5. А. Н. Тконов. Вычислительные методы и программирование, вып. VIII. Изд-во Московского университета, 1967.

დ. ბაზალეიშვილი

**უჯრედების ბირთვთა ზომების გარდაქმნის
მათემატიკური მოდელები**

(რეზიუმე)

დადგენილია სხვადასხვა პათოლოგიური პროცესების მიმდინარეობის შედეგად უჯრედების ბირთვთა ზომების განაწილების სიმკვრივეების გარდაქმნის წრფივი ინტეგრალური და დიფერენციალური ოპერატორები, როცა ხდება ბირთვთა ზომების გაზრდა და შემცირება. მოცემულია ბიოლოგიური ობიექტების პათოლოგიური მდგომარეობის იდენტიფიკაციის მეთოდები, რომელთა გამოყენება შესაძლებელია სამედიცინო დიაგნოსტიკაში.

ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОЛЯРИЗУЕМОСТИ ДЕЙТРОНА В КУЛОНОВСКОМ ПОЛЕ

Т. Л. АБЕЛИШВИЛИ

Рассеяние дейтронов ядрами в области энергий, меньших высоты кулоновского барьера, обуславливается кулоновским взаимодействием. Так как дейтрон состоит из частиц с разным отношением заряда к массе, то при рассеянии в кулоновском поле возможна электрическая поляризация дейтрона, связанная с электрическим возбуждением.

В квазиклассическом приближении электрическая поляризуемость дейтрона в кулоновском поле ядра при энергиях дейтрона, меньших высоты барьера, была рассмотрена в работах [1, 2, 3]. Во всех этих работах было показано, что электрическая поляризуемость даёт весьма малый вклад в различные процессы. В частности, согласно (1), амплитуда (dp) реакции в приближении нулевого радиуса действия ядерных сил имеет вид

$$f = f_0 + f',$$

где f_0 —амплитуда, найденная Тер-Мартirosяном [4],

$$f_0 = 2 \sqrt{\frac{\alpha}{2\pi}} \int d\vec{r} \psi_{\vec{k}_p}^*(\vec{r}) \frac{e^{-\chi n r}}{r} \psi_{k_d}(\vec{r}), \quad (1)$$

а f' —добавочная амплитуда, обусловленная поляризуемостью дейтрона

$$f' = -\frac{ze^2}{2\varepsilon_0} \sqrt{\frac{\alpha}{2\pi}} \int d\vec{r} \psi_{\vec{k}_p}^*(\vec{r}) \frac{e^{-\chi n r - 4ar}}{r^2} \psi_{k_d}(\vec{r}) \quad (2)$$

$$\chi_n = \sqrt{-2ME_n/\hbar^2} \quad \alpha = \sqrt{M\varepsilon_0/\hbar^2}.$$

$E_n < 0$ —энергия захваченного ядром нейтрона, ε_0 —энергия связи дейтрона, $\psi_{\vec{k}_d}(\vec{r})$ и $\psi_{\vec{k}_p}^*(\vec{r})$ —кулоновские функции падающего дейтрона и освобожденного вследствие реакции протона, M —масса нуклона.

В квазиклассическом приближении экспоненциальная зависимость амплитуды f' от энергии имеет вид [1]

$$\begin{aligned}
 f' &\sim \exp \left[-\frac{1}{2} \beta \Phi_{\delta}(E_d, E_n) \right] \\
 \Phi_{\delta}(E_d, E_n) &= 2 \sqrt{\frac{\varepsilon_0}{E_d}} \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{\sqrt{-2E_n} - \sqrt{\varepsilon_0 + \delta}}{\sqrt{E_d}} - \\
 &\quad - \sqrt{\frac{2\varepsilon_0}{E_p}} \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{\sqrt{-E_n + \delta} - \sqrt{2(\varepsilon_0 + \delta)}}{\sqrt{E_p}}, \\
 \delta &= 4(2\varepsilon_0 + \sqrt{-2E_n \varepsilon_0}), \quad \beta = \frac{ze^2}{\hbar} \sqrt{\frac{M}{\varepsilon_0}} \gg 1.
 \end{aligned} \tag{3}$$

Здесь E_d и E_p — энергии падающего дейтрона и освобожденного вследствие реакции протона, а δ — величина, обусловленная поляризуемостью дейтрона. Амплитуда f_0 получается из f' , если в формуле (3) положить $\delta = 0$. Нетрудно видеть, что наличие величины δ в формуле (3) в области допустимых энергий E_d и E_n увеличивает функцию $\Phi_{\delta}(E_d, E_n)$, соответствующую амплитуде f' и поэтому вклад f' в амплитуду f экспоненциально мал по сравнению с амплитудой f_0 .

Функции $\Phi_{\delta=0}(E_d, E_n)$ и $\Phi_{\delta}(E_d, E_n)$ равны лишь в предельных случаях $E_d \rightarrow 0$ и $E_p \rightarrow 0$, когда сечение процесса слишком мало, либо в случае $E_d \gg \varepsilon_0$, когда необходим учет ядерного взаимодействия.

Учет ядерного взаимодействия при передаче кластера для энергий сталкивающихся ядер выше и ниже кулоновского барьера и ограниченных условием квазиклассичности задачи был рассмотрен в работе [5]. Согласно [5] в формулах (1) и (2), функции $\psi_{\vec{k}_d}(\vec{r})$ и $\psi_{\vec{k}_p}(\vec{r})$ следует разложить на парциальные волны и учесть в рассеянии „коэффициенты прилипания“ a_e , зависящие от момента l (в форме, предложенной Макинтайром и др. [6] и часто используемой при анализе данных по упругому и не упругому рассеянию)

$$\begin{aligned}
 a_e &= [1 + \exp[(l_0 - l)/\lambda]]^{-1} \\
 l_0 &= k_d R \sqrt{1 - z^2 E_d R} \\
 \lambda &= k_d d [1 - z^2 e^2 / 2 E_d R] [1 - z^2 e^2 / E_d R]^{1/2},
 \end{aligned} \tag{4}$$

где $R = R_d + R_a$ — сумма радиусов сталкивающихся ядер, d — ширина диффузного края ядра, l_0 — значение орбитального момента, при котором прицельное расстояние сталкивающихся ядер равно R и удовлетворяет условию

$$E_d = \frac{\hbar^2 l_0 (l_0 + 1)}{2 M R^2} + \frac{z e^2}{R}.$$

Следуя работе [5] для экспоненциальной зависимости амплитуды от энергии при энергиях выше кулоновского барьера, получается следующее выражение;

$$f' \sim \exp[-\psi_{\delta}(E_d, E_n, l_0)]$$

где

$$\begin{aligned}
 \psi(E_d, E_n, l_0) = & (l_0 + 1/2) \left[\operatorname{Arch} \frac{(l_0 + 1/2)^2 (2E_d - E_n + E_p + \delta) / 2E_d \eta_d^2 + 1}{\sqrt{1 + (l_0 + 1/2)^2 / \eta_d^2} \sqrt{1 + (l_0 + 1/2)^2 \eta_p^2}} \right] + \\
 & + \eta_d \left[\operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{2 \sqrt{F_d (\delta - E_n)}}{2 E_p - E_p + E_n - \delta} + \right. \\
 & \left. + \operatorname{arc} \operatorname{cos} \frac{-E_p + E_n - \delta}{\sqrt{1 + (l_0 + 1/2)^2 / \eta_d^2} \sqrt{(E_p + \varepsilon_0 + \delta)^2 - 4E_p (E_n - \delta)}} \right] - \quad (5) \\
 & - \eta_p \left[\operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{2 \sqrt{2 E_p (\delta - E_n)}}{E_d + \varepsilon_0 + \delta} + \right. \\
 & \left. + \operatorname{arc} \operatorname{cos} \frac{E_d + \varepsilon_0 + \delta}{\sqrt{1 + (l_0 + 1/2)^2 \eta_p^2} \sqrt{(E_d + \varepsilon_0 + \delta)^2 - 4E_p (E_n - \delta)}} \right] + \pi \eta_p. \\
 \eta_k = & \frac{z e^2}{\hbar v_k} \gg 1
 \end{aligned}$$

$\psi(E_d, E_n, l_0)$ является действительной функцией.

Исследование формулы (5) показывает, что $\psi_\delta > \psi_{\delta=0}$.

Таким образом, амплитуда f' , учитывающая поляризуемость дейтрона в (d, p) реакции, экспоненциально мала по сравнению с f_0 при энергиях как выше, так и ниже кулоновского барьера, что не являлось очевидным при анализе выражения (3).

(Представлено 14.VI.1971)

Научно-исследовательская лаборатория
физической кибернетики

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Т. Л. Абелишвили, А. Г. Ситенко. Укр. физ. журн., VI, 3, 1961.
2. J. N. Kiw, Nuovo Cim, XXII, 855, 1961.
3. A. Dar, A. De-Shalit, Reiner, Phys. Rev. 131, 1733, 1963.
4. К. Тер-Мартirosян, ЖЭТФ, 29, 713, 1955.
5. Т. Л. Абелишвили, ЯФ, 13, вып. 5, 1042, 1971.
6. J. A. McIntyre, K. N. Waugh, L. C. Becker, Phys. Rev., 117, 1337, 1960.

თ. აბელიშვილი

დეიტრონის ელექტრული პოლარიზების შესახებ კულონურ ველში

(რეზიუმე)

ნაჩვენებია, რომ ამპლიტუდა, რომელიც ითვალისწინებს დეიტრონის ელექტრულ პოლარიზებას მძლავრ კულონურ ველში (d, p) რეაქციაში, წარმოადგენს მცირე სიდიდეს შედარებით ამ რეაქციის ამპლიტუდასთან პოლარიზების გაუთვალისწინებლად, კულონურ ჯებირზე როგორც მეტი და ისევე ნაკლები ენერგიისათვის, რაც არ იყო ცხადი ჩატარებულ გამოკვლევებზე.

ПОЛНЫЙ УЧЕТ КОНФИГУРАЦИИ С $N=3$
В РАСЧЕТАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ
ЧЕТНОСТИ ЯДЕР С $A=4$

Г. Ш. ГОГСАДЗЕ, Т. И. КОПАЛЕИШВИЛИ

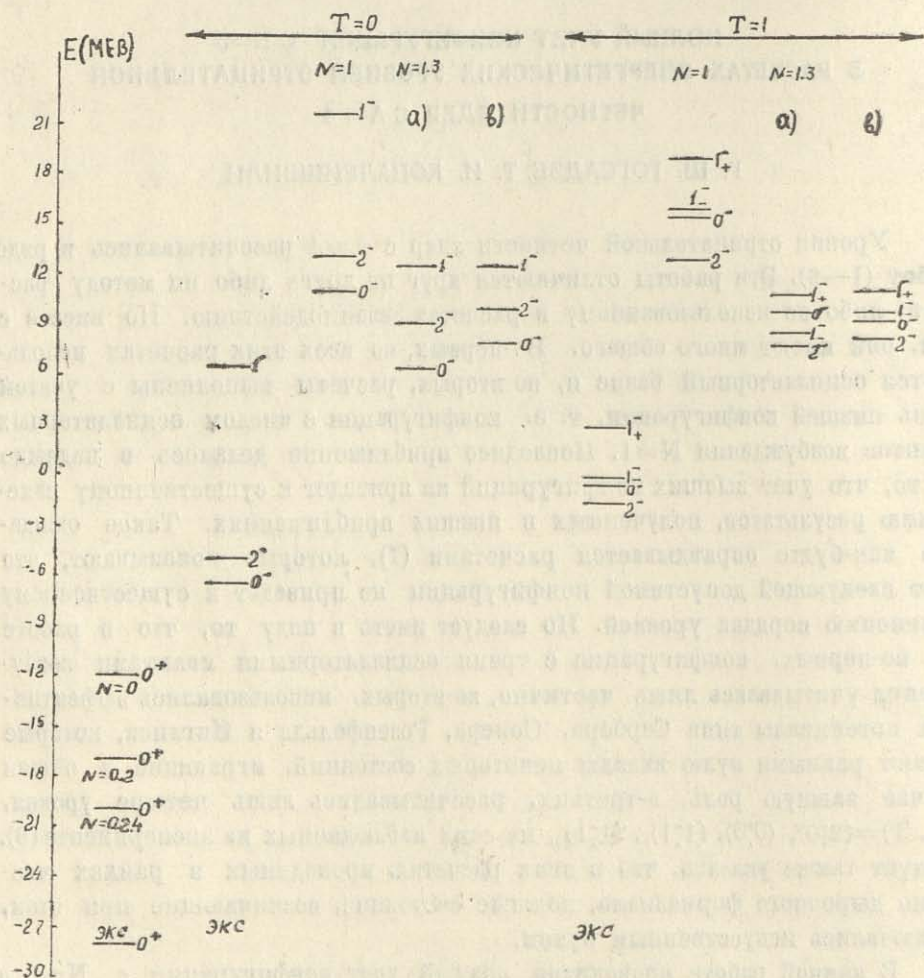
Уровни отрицательной четности ядер с $A=4$ рассчитывались в ряде работ (1—6). Эти работы отличаются друг от друга либо по методу расчета, либо по использованному в расчетах взаимодействию. Но вместе с тем, они имеют много общего. Во-первых, во всех этих расчетах используется осцилляторный базис и, во-вторых, расчеты выполнены с учетом лишь низшей конфигурации, т. е. конфигурации с числом осцилляторных квантов возбуждения $N=1$. Последнее приближение делалось в надежде на то, что учет высших конфигураций не приведет к существенному изменению результатов, полученных в низших приближениях. Такое ожидание как-будто оправдывается расчетами (7), которые показывают, что учет следующей допустимой конфигурации не приведет к существенному изменению порядка уровней. Но следует иметь в виду то, что в работе (7), во-первых, конфигурация с тремя осцилляторными квантами возбуждения учитывалась лишь частично, во-вторых, использовались эффективные потенциалы типа Сербера, Сопера, Розенфельда и Инглиса, которые делают равными нулю вклады некоторых состояний, играющие в общем случае важную роль, в-третьих, рассчитывались лишь четыре уровня, $(J^{\pi}, T)=(2^-, 0)$, $(0^-, 0)$, $(1^-, 1)$, $(1^-, 1)$ из семи наблюдаемых на эксперименте (8). Следует также указать, что в этих расчетах, проводимых в рамках частично дырочного формализма, ложные состояния, возникающие при этом, исключались искусственным путем.

В данной работе проводится полный учет конфигурации с $N=3$ в расчетах всех уровней отрицательной четности ядер с $A=4$, при этом в расчетах для парного взаимодействия используется реалистический потенциал Табакина (9). Расчет проводится в базисе трансляционно-инвариантной модели оболочек (ТИМО), где не возникает проблема ложных состояний. Схема расчета, используемая в данной работе, изложена в нашей предыдущей работе (5).

На рисунке и таблице приведены значения энергии и волновые функции тех уровней отрицательной четности при учете конфигураций с


 0011135040
 2023011033

$N=1,3$, энергия возбуждения которых меньше 50 мэв., вместе с результатами, полученными при учете $N=1$ (первое приближение по энергиям и нулевое по волновым функциям). В последнем случае приводятся волновые функции уровней $(1, \bar{1})_-$ и $(1, \bar{1})_+$ (соответствующие коэффициенты указаны в скобках). Кроме того, в таблице приведены результаты, касающиеся основного состояния ядра $(0, ^+0)$, полученные в нашей предыдущей работе (10). Как видим из рисунка, учет конфигураций с $N=3$ приводит



Энергетические уровни ядра с $A=4$ для осцилляторного параметра $\hbar\omega=18$ Мэв

а) Спектр с учетом недиагонального матричного элемента между состояниями

3S_1 и 3D_1 .

в) Спектр без учета этого элемента.

к значительному изменению (уменьшению) значений энергий рассматриваемых уровней. При этом, значения энергий возбуждения $(\Delta E (J^\pi, T) = E(J^\pi, T) - E(0, ^+0))$ остаются примерно теми же самыми, что и в пер-

вом приближении ($N=0$ основного состояния, $N=1$ для уровней отрицательной четности). Что же касается порядка уровней, в случае $T=1$ он оказался зависящим от недиагонального матричного элемента парного взаимодействия между состояниями 3S_1 и 3D_1 , связанного с тензорными силами. А именно, если этот матричный элемент учитывается, то уровень $(0, \bar{1})$ оказывается выше уровня $(1, \bar{1})$ (вариант „а“), а если они пренебрегаются, то $(0, \bar{1})$ уровень оказывается ниже уровня $(1, \bar{1})$ —(вариант „в“). По современным экспериментальным данным имеются обе эти возможности (решения „I“ и „II“) (8). Но предпочтение отдается решению „II“, с которым совпадает наш теоретический результат, полученный в варианте „в“. Самое существенное изменение, к которому приводит учет конфигураций с $N=3$, касается структуры уровней $(1, \bar{1})_-$ и $(1, \bar{1})_+$. Как видно из таблицы, учет конфигураций $N=3$ приводит к тому, что верхний уровень $(1, \bar{1})_+$ является в основном синглетным ($S=0$) состоянием, а нижний уровень $(1, \bar{1})_-$ в основном триплетным ($S=1$) состоянием, в то время как оба эти состояния в нулевом приближении ($N=1$) являются суперпозицией синглетных и триплетных состояний примерно с одинаковыми весами.

Эксперимент показывает, что и в этом случае имеются две возможности (8): 1) нижний уровень в основном триплетный (решение „I“) и 2) нижний уровень в основном синглетный (решение „II“). Наши результаты при учете конфигураций с $N=1, 3$ соответствуют первому из этих экспериментальных возможностей.

Отметим, что в работе (6) уровень $(1, \bar{1})_+$ получился преимущественно синглетным, а уровень $(1, \bar{1})_-$ преимущественно триплетным (но не в такой степени как в нашем случае). В работе (6) расчеты были приведены в приближении хаотических фаз с учетом $(1h-1p)$ состояний ($N=1$). При этом использовались эффективные потенциалы.

Расчеты, проведенные в работе (7) с эффективными силами, показали, что частичный учет конфигураций $N=3$ не приводит к существенному изменению относительных весов триплетных и синглетных состояний для уровней $(1, \bar{1})_-$ и $(1, \bar{1})_+$, получаемых в нулевом приближении ($N=1$), т. е. отношение весов триплетного и синглетного состояний остается порядка единицы.

Из вышесказанного следует, что вопрос о структуре уровней $(1, \bar{1})_-$ и $(1, \bar{1})_+$ в настоящее время нельзя считать полностью выясненным. Необходимо рассмотреть разные процессы, в которых участвуют эти уровни. Кроме того, нужно выяснить, в какой степени теоретические результаты по энергиям и волновым функциям зависят от потенциалов, используемых в расчетах, тем более, что, как мы видели выше, такая зависимость наблюдается. Из таблицы видно, что, во-первых вклад конфигурации с $N=3$ волновой функции для состояний с отрицательной четностью достигает относительно большой величины (15—25)%. Причем этот вклад в основ-



ნომ приходится на состояние $L=1$ со схемами Юнга [31], во-вторых, все уровни, за исключением $(1^-, 1)_+$, являются существенно триплетными состояниями.

Важно подчеркнуть, что результаты по уровням отрицательной четности существенно зависят от парного взаимодействия в нечетных состояниях, поэтому исследование свойств четырехнуклонной системы в этих состояниях может дать важную информацию по этому взаимодействию.

Для сравнения с волновыми функциями отрицательной четности в таблице приведена волновая функция основного состояния, полученная нами в работе (10). Как видим, вклад высших конфигураций и в этом случае достигает большой величины ($\approx 20\%$).

(Представлено 26.X 1971)

Научно-исследовательская лаборатория
ядерной физики

ЛИТЕРАТУРА

1. De-Shalit, I. D. Waleska Phys. Rev., 147, 763 (1966)
2. P. Kramer, M. Moshinsky, Phys. Lett., 23, 574 (1966)
3. B. R. Barrett. Phys. Rev., 154, 955 (1967)
4. И. Ш. Вашакидзе, В. И. Мамасахлисов, ЯФ 6, 732 (1967)
5. Г. Ш. Гогсадзе, Т. И. Копалеишвили ЯФ, 8, 875 (1968)
6. P. P. Szydlik. Phys. Rev. C1, 146 (1970)
7. S. Shastri, M. L. Rustgi, Phys. Lett., B 25, 391 (1967)
8. C. Werntz, W. E. Meyerhof, Nucl. Phys., A121, 381 (1968)
- W. E. Meyerhof, T. A. Tombrello, Nucl. Phys., A 109, 1 (1963)
- W. E. Meyerhof, Проблемы современной ядерной физики, Издательство „Наука“, Москва, 1971, стр. 30.
9. F. Tabakin, Ann Phys. 30, 51 (1964)
10. Г. Ш. Гогсадзе, Т. И. Копалеишвили, ЯФ, 12, 485 (1970)

ბ. გოგსაძე, თ. კოპალეიშვილი

A=4 ბირთვების უარყოფითი ლუწობის დონეების გამოთვლა
N=3 კონფიგურაციის სრული გათვალისწინებით

(რ ე ზ ი უ მ ე)

საბაზისო ფუნქციებად ტრანსილაციურად ინვარიანტული გარსული ფუნქციების გამოყენების საფუძველზე ბირთვებისათვის მასური რიცხვით $A=4$ უარყოფითი ლუწობის დონეების გამოთვლისას მთლიანად გათვალისწინებულია კონფიგურაციები, რომლებიც ხასიათდებიან ოსტილიატორულ კვანტთა რიცხვით $N=3$.

გამოთვლების შედეგები, რომლებიც მიღებულია წყვილური ურთიერთმოქმედებისათვის ტაბაკინის რეალისტური პოტენციალის გამოყენებით, შედარებულია, ერთი მხრივ, იმ შედეგებთან, რომლებიც მიღებულია დაბალ მიახლოებაში ($N=1$) და, მეორე მხრივ, ექსპერიმენტულ მონაცემებთან.

06935340
2022010333

G. GOGSADZE, T. KOPALEISHVILI

COMPLETE TAKING INTO ACCOUNT THE CONFIGURATION $N=3$ IN CALCULATIONS
OF NEGATIVE PARITY ENERGY LEVELS IN NUCLEI WITH $A=4$

S u m m a r y

Complete taking into account the configuration with the number of oscillatory quanta $N=3$ in the calculations of negative parity levels in the nuclei with $A=4$ has been made in the basis of translational-invariant shell model (TISM).

The results of calculations, where Tabakin realistic potential for pair interaction is used, are compared both with the results obtained in the lowest approximation ($N=1$) and with the experimental data.

ОБ ИСТОЛКОВАНИИ МАГНИТНЫХ ДАННЫХ НАД
 ВЕРТИКАЛЬНЫМ КОНТАКТОМ

Г. Д. МАНАГАДЗЕ

Аналитические выражения составляющих напряженности магнитного поля земли над вертикальным контактом, т. е. уступом при вертикальном намагничивании, можно получить из формул [1]:

$$Z = 2J \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{x(h_2 - h_1)}{x^2 + h_1 h_2}, \quad (1)$$

$$H = -J \ln \frac{x^2 + h_2^2}{x^2 + h_1^2}, \quad (2)$$

где J —намагниченность, h_1 и h_2 —глубины верхней и нижней граней уступа, x —текущая координата.

В магнитной разведке разработаны способы определения параметров залегания уступа по составляющим Z и H . Но ввиду некоторого преимущества преобразования [2]

$$\delta U(x, l) = \delta U(x+l) - \delta U(x-l) \quad (3)$$

перед вышеприведенными, ниже даются приемы аналитического решения задачи магнитной разведки относительно составляющих δZ и δH по отдельным кривым или совместно.

Для определения параметров залегания вертикального уступа воспользуемся формулой

$$\delta Z(x+l) = 2J \left[\operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{(x+l)(h_2 - h_1)}{(x+l)^2 + h_1 h_2} - \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{(x-l)(h_2 - h_1)}{(x-l)^2 + h_1 h_2} \right], \quad (4)$$

которая получается из (1) применением преобразования (3).

Для определения параметров залегания вертикального уступа по δZ будем пользоваться зависимостью между абсциссами экстремальных значений функции δZ и интересующими нас параметрами h_1 и h_2 , а именно:

$$x_m^4 - 2x_m^2 l^2 + l^4 - h_1^2 h_2^2 - 2x_m^2 h_1 h_2 - 2l^2 h_1 h_2 - h_1 h_2^3 - h_1^3 h_2 = 0. \quad (5)$$

Второе уравнение, связывающее h_1 , h_2 с абсциссой x_0 , для которой $\delta Z = 0$, можно получить из



$$2J \left[\operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{(x+l)(h_2-h_1)}{(x+l)^2+h_1h_2} - \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{(x-l)(h_2-h_1)}{(x-l)^2+h_1h_2} \right] = 0 \quad (6)$$

в виде

$$x_0^2 - l^2 - h_1h_2 = 0. \quad (7)$$

Совместное решение [5] и [7], дает:

$$h_1 = \sqrt{m \pm \sqrt{m^2 + n}}, \quad (8)$$

$$h_2 = \frac{x_0^2 - l^2}{h_1}, \quad (9)$$

где

$$m = -\frac{(x_0^2 - l^2)(2x_m^2 + x_0^2 + l) + 2x_m^2l^2 - x_m^4 - l^4}{2(x_0^2 - l^2)}$$

и

$$n = -(x_0^2 - l^2)^2.$$

Зная h_1 и h_2 , из формулы [4] можно определить J , т. е.

$$J = \frac{\delta Z}{2 \left[\operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{(x+l)h_1h_2}{(x+l)^2+h_1h_2} - \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{(x-l)h_1h_2}{(x-l)^2+h_1h_2} \right]}. \quad (10)$$

Применяя преобразование (3) к составляющей H по формуле (2) получим

$$\delta H(x+l) = I \left[\ln \frac{(x+l)^2 + h_2^2}{(x+l)^2 + h_1^2} - \ln \frac{(x-l)^2 + h_2^2}{(x-l)^2 + h_1^2} \right]. \quad (11)$$

Для определения глубин h_1 и h_2 используем абсциссы тех точек, в которых δH и δZ функции (11) и (4) принимают соответственно максимальное и нулевое значения, т. е.

$$5x_m^4 + 2x_m^2h_2^2 + 2x_m^2h_1^2 - 2x_m^2l^2 - 2l^2h_1^2 - 2l^2h_2^2 - h_1^2h_2^2 - 3l^4 = 0 \quad (12)$$

$$x_0^2 - l^2 - h_1h_2 = 0. \quad (7)$$

Совместное решение этих уравнений относительно интересующих нас параметров даст:

$$h_1 = \sqrt{m - \sqrt{m^2 + n}}, \quad (13)$$

$$h_2 = \frac{x_0^2 - l^2}{h_1}, \quad (14)$$

где

$$m = \frac{5x_m^4 - 3l^4 - 2x_m^2l^2 - (x_0^2 + l^2)^2}{4(x_0^2 - l^2)},$$

$$n = l^2 - x_m^2.$$

Зная h_1 и h_2 , из уравнения (11) можно определить также интенсивность намагничивания

$$J = \frac{\delta H(x+l)}{\ln \frac{(x_m-l)^2+h_2^2}{(x_m-l)^2+h_1^2} - \ln \frac{(x_m+l)^2+h_2^2}{(x_m+l)^2+h_1^2}}. \quad (15)$$

В том случае, когда интерпретацию надо выполнить по кривой δH , тогда для определения глубин h_1 и h_2 пользуемся абсциссой x_0 тех точек, в которых имеет место равенство

$$\delta H(x, l) = H(x+l) - H(x-l) = 0. \quad (16)$$

Из равенства (16) для двух различных значений получаем соответственно:

$$6x_0^4 + 2x_0^2(h_1^2 + h_2^2 - l_1^2) - [2h_1^2h_2^2 + l_1^2(h_1^2 + h_2^2)] = 0, \quad (17)$$

$$6x_0^{*4} + 2x_0^{*2}(h_1^2 + h_2^2 - l_2^2) - [2h_1^2h_2^2 + l_2^2(h_1^2 + h_2^2)] = 0. \quad (18)$$

Совместное решение уравнений (17) и (18) позволяет определить

$$h_1 = \sqrt{m - \sqrt{m^2 + n}}$$

и

$$h_2 = \frac{6x_0^4 + 2x_0^2(l_1^2 - l_2^2) - l_1^2h_1^2}{2h_1^2 - 2x_0^2 - l_1^2},$$

где

$$m = \frac{3(x_m^{*4} - x_m^4) + x_m^2l_1^2 - x_m^2l_2^2}{2(x_m^2 - x_m^{*2}) + (l_2^2 - l_1^2)} \quad (20)$$

и

$$n = \frac{6x_m^{*2}x_m^2(x_m^{*2} - x_m^2) + 2x_m^{*2}x_m^2(l_1^2 - l_2^2) + l_1^2l_2^2(x_m^{*2} - x_m^2) + 3(x_m^4l_2^2 - x_m^{*4}l_1^2)}{2(x_m^{*2} - x_m^2) + (l_1^2 - l_2^2)}.$$

Внося значения h_1 , h_2 и x_m в формулу

$$[\delta H(x, l)]_{max} = I \left(\ln \frac{(x_m+l)^2+h_2^2}{(x_m+l)^2+h_1^2} - \ln \frac{(x_m-l)^2+h_2^2}{(x_m-l)^2+h_1^2} \right),$$

можно определить также и

$$I = \frac{[\delta H(x+l)]_{max}}{\ln \frac{(x_m+l)^2+h_2^2}{(x_m+l)^2+h_1^2} - \ln \frac{(x_m-l)^2+h_2^2}{(x_m-l)^2+h_1^2}}.$$

(Представлено 10. IX. 1971)

Кафедра геофизики

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Логачев, Магниторазведка, изд. „Недра“, 1953.
2. Е. Г. Булах, Интегральные соотношения для интерпретации гравитационных аномалий, изд. „Наукова думка“, Киев, 1965.
3. Б. А. Андреев, И. Г. Клушин, Геологическое истолкование гравитационных аномалий, Гостехиздат, 1962.



ბ. მანაბაძე

ვერტიკალური კონტაქტის გასწვრივ მაგნიტური მოცემულობების ინტეგრაციისათვის

(რეზიუმე)

შრომაში მოცემულია მაგნიტური ველის Z და H მდგენელების ექსტრემალური და ნულოვანი მნიშვნელობების მეშვეობით ვერტიკალური კონტაქტის ჩაწოლის ელემენტების განსაზღვრის რამოდენიმე ხერხი.



ДВУХЧАСТИЧНОЕ УСЛОВИЕ УНИТАРНОСТИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ АМПЛИТУДЫ УПРУГОГО РАССЕЯНИЯ СПИНОРНЫХ ЧАСТИЦ

А. А. ХЕЛАШВИЛИ

В работах [1, 2, 3] было получено общее представление для парциальной амплитуды упругого рассеяния двух нерелятивистских безспиновых частиц вне энергетической поверхности. Оно применялось для исследования трехчастичной проблемы [4, 5], а также анализа амплитуды упругого процесса [6].

Ниже дается аналогичное представление для релятивистских амплитуд двухчастичных процессов с произвольными спинами сначала на основе анализа приближенного условия унитарности, а затем — в рамках квази-потенциального подхода [7].

§ 1. Двухчастичное условие унитарности

Для амплитуды бинарного процесса

$$a^*(p_1 \lambda_1) + b(p_2 \lambda_2) \rightarrow c(p_3 \lambda_3) + d(p_4 \lambda_4),$$

где p_i, λ_i — импульсы и спиральности частиц, соответственно, условие унитарности с учетом только двухчастичных промежуточных каналов имеет вид [8]

$$\begin{aligned} & i[T_{ab,cd}(p_1 \lambda_1, p_2 \lambda_2; p_3 \lambda_3, p_4 \lambda_4) - T_{cd,ab}^*(p_3 \lambda_3, p_4 \lambda_4; p_1 \lambda_1, p_2 \lambda_2)] = \\ & = (2\pi)^4 \sum_{ef} \sum_{\lambda_e \lambda_f} \int \frac{d^3 k_1}{\rho_e(k_1)} \frac{d^3 k_2}{\rho_f(k_2)} \delta(p_1 + p_2 - k_1 - k_2) T_{ab,ef}(p_1 \lambda_1, p_2 \lambda_2; k_1 \lambda_e, k_2 \lambda_f) \times \\ & \quad \times T_{cd,ef}^*(p_3 \lambda_3, p_4 \lambda_4; k_1 \lambda_e, k_2 \lambda_f). \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь $\rho_i(k_j)$ зависят от нормировки спиноров. В этом соотношении мы пока не предполагаем выполнения условий массовой поверхности для импульсов частиц ($p_i^2 = m_i^2$).

Введем переменные

$$P = p_1 + p_2 = k_1 + k_2, \quad p = \alpha_2 p_1 - \alpha_1 p_2, \quad q = \alpha_4 p_3 - \alpha_3 p_4$$

$$\alpha_{1,2} = \frac{m_{1,2}}{m_1 + m_2}, \quad \alpha_{3,4} = \frac{m_{3,4}}{m_3 + m_4}.$$

В системе центра масс (СЦМ) имеем

$$\begin{aligned} \vec{P} &= 0, \quad P_0 \equiv W; \quad \vec{p}_1 = -\vec{p}_2 \equiv \vec{p}, \quad \vec{p}_3 = -\vec{p}_4 \equiv \vec{q}. \\ p_0 &= \alpha_2 p_{10} - \alpha_1 p_{20}, \quad q_0 = \alpha_4 p_{30} - \alpha_3 p_{40} \end{aligned}$$



Для значений относительных импульсов, когда импульсы p_i находятся на массовой поверхности, введем обозначения с тильдой [9]. Например,

$$\tilde{p}_0 = \alpha_2 \sqrt{p^2 + m_1^2} - \alpha_1 \sqrt{p^2 + m_2^2}, \text{ и т. д.}$$

Амплитуду в СЦМ обозначим через $M_{ab, cd}^{\lambda_1 \lambda_2, \lambda_3 \lambda_4}(W; \vec{p}, p_0; \vec{q}, q_0)$. На энергетической поверхности она совпадает с физической амплитудой рассеяния:

$$M_{ab, cd}^{\lambda_1 \lambda_2, \lambda_3 \lambda_4}(W, \vec{p}, p_0, \vec{q}, q_0) |_{p_0 = \tilde{p}_0, q_0 = \tilde{q}_0} = F_{ab, cd}^{\lambda_1 \lambda_2, \lambda_3 \lambda_4}(W; \vec{p}, \vec{q}).$$

Если под интегралом ур. (1) произвести замену переменных

$$K = k_1 + k_2, \quad k = \beta_f k_1 - \beta_e k_2, \quad \beta_j = \frac{m_j}{m_e + m_f}, \quad (j = e, f),$$

то можно проинтегрировать по импульсам с помощью δ -функции. В результате получаем

$$\begin{aligned} & i[M_{ab, cd}^{\lambda_1 \lambda_2, \lambda_3 \lambda_4}(W; \vec{p}, p_0, \vec{q}, q_0) - M_{ab, cd}^{* \lambda_3 \lambda_4, \lambda_1 \lambda_2}(W; \vec{q}, q_0, \vec{p}, p_0)] = \\ & = \frac{1}{4\pi} \sum_{ef} \sum_{\lambda_e \lambda_f} \gamma_{ef}(\tilde{k}) \int d\Omega_R M_{ab, ef}^{\lambda_1 \lambda_2, \lambda_e \lambda_f}(W; \vec{p}, p_0, \vec{k}, k_0) \times \\ & \quad \times M_{cd, ef}^{* \lambda_3 \lambda_4, \lambda_e \lambda_f}(W; \vec{q}, q_0; \vec{k}, k_0), \end{aligned} \quad (2)$$

где

$$\gamma_{ef}(\tilde{k}) = 4\pi (2\pi)^4 \frac{\sqrt{\tilde{k}^2 + M_e^2} \sqrt{\tilde{k}^2 + M_f^2}}{\rho_e(\tilde{k}) \rho_f(\tilde{k})} \frac{\{\Delta(W^2, M_e^2, M_f^2)\}^{1/2}}{4W^2}, \quad (3)$$

$$\tilde{k} = \frac{1}{2W} \{\Delta(W^2, M_e^2, M_f^2)\}^{1/2}, \quad (4)$$

$$\Delta(x, y, z) = x^2 + y^2 + z^2 - 2xy - 2xz - 2yz.$$

Проведем теперь разложение по угловым функциям [10]

$$\begin{aligned} & M_{ab, cd}^{\lambda_1 \lambda_2, \lambda_3 \lambda_4}(W; \vec{p}, p_0, \vec{q}, q_0) = \\ & = \sum_{JM} (2J+1) D_{\lambda' M}^{(J)}(\hat{p}) D_{\lambda'' M}^{(J)*}(\hat{q}) M_{ab, cd}^{\lambda_1 \lambda_2, \lambda_3 \lambda_4}(J, W, p, p_0, q, q_0), \end{aligned} \quad (5)$$

где $\lambda = \lambda_1 - \lambda_2$, $\lambda' = \lambda_3 - \lambda_4$, $p = |\vec{p}|$, $q = |\vec{q}|$.

Подставляя это в урavn. (2) и пользуясь соотношением ортогональности

$$\int d\Omega_h D_{\lambda M}^{(J)}(\hat{k}) D_{\lambda' M'}^{(J)*}(\hat{k}) = \frac{4\pi}{2J+1} \delta_{JJ'} \delta_{MM'},$$

получаем двухчастичное условие унитарности для парциальных амплитуд с определенным значением полного углового момента J :

$$\begin{aligned} & i[M_{ab, cd}^{\lambda_1 \lambda_2, \lambda_3 \lambda_4}(J, W, p, p_0, q, q_0) - M_{cd, ab}^{* \lambda_3 \lambda_4, \lambda_1 \lambda_2}(J, W, q, q_0, p, p_0)] = \\ & = \sum_{ef} \sum_{\lambda_e \lambda_f} \gamma_{ef}(\tilde{k}) M_{ab, ef}^{\lambda_1 \lambda_2, \lambda_e \lambda_f}(J, W, p, p_0, \tilde{k}, \tilde{k}_0) M_{cd, ef}^{* \lambda_3 \lambda_4, \lambda_e \lambda_f}(J, W, q, q_0, \tilde{k}, \tilde{k}_0). \end{aligned} \quad (6)$$

Ниже всюду будем считать законной инвариантность относительно обращения времени. Это ограничивает амплитуды следующим образом [10]:

$$M_{ab,cd}^{\lambda_1\lambda_2,\lambda_3\lambda_4}(J, W; p, p_0, q, q_0) = M_{cd,ab}^{\lambda_3\lambda_4,\lambda_1\lambda_2}(J, W; q, q_0, p, p_0) \quad (7)$$

Тогда предыдущее условие дает

$$\begin{aligned} & 2I_m M_{ab,cd}^{\lambda_1\lambda_2,\lambda_3\lambda_4}(J, W; p, p_0, q, q_0) = \\ & = - \sum_{e\lambda_e} \sum_{f\lambda_f} \gamma_{ef}(\tilde{k}) M_{ab,cd}^{\lambda_1\lambda_2,\lambda_e\lambda_f}(J, W; p, p_0, \tilde{k}, \tilde{k}_0) \times \\ & \times M_{cd,ef}^{*\lambda_3\lambda_4,\lambda_e\lambda_f}(J, W; q, q_0, \tilde{k}, \tilde{k}_0). \end{aligned} \quad (8)$$

Характерной чертой соотношения (6) (или (8)) является то, что правая часть факторизуется по начальному и конечному импульсам. Таким образом, в приближении двухчастичной унитарности скачок амплитуды бинарного процесса вне энергетической поверхности имеет сепарабельную форму. Такое же заключение имело место в бесспиновом случае потенциального рассеяния [3].

§ 2. Представление амплитуды упругого рассеяния

Рассмотрим теперь чисто упругое рассеяние двух частиц и в условии унитарности ограничимся только упругим каналом. Для этого случая удобно переписать условие (6) в матричной форме

$$i[M_J(W; p, q) - M_J^\dagger(W; p, q)] = M_J(W; p, \tilde{k}) \gamma(\tilde{k}) M_J^\dagger(W; \tilde{k}, q). \quad (9)$$

Отсюда можно получить следующие соотношения:

$$i[M_J(W; \tilde{p}, q) - M_J^\dagger(W; \tilde{p}, q)] = M_J(W; \tilde{p}, \tilde{k}) \gamma(\tilde{k}) M_J^\dagger(W; \tilde{k}, q) \quad (10a)$$

$$i[M_J(W; p, \tilde{q}) - M_J^\dagger(W; p, \tilde{q})] = M_J(W; p, \tilde{k}) \gamma(\tilde{k}) M_J^\dagger(W; \tilde{k}, \tilde{q}) \quad (10b)$$

$$i[M_J(W; \tilde{p}, \tilde{q}) - M_J^\dagger(W; \tilde{p}, \tilde{q})] = M_J(W; \tilde{p}, \tilde{k}) \gamma(\tilde{k}) M_J^\dagger(W; \tilde{k}, \tilde{q}). \quad (10c)$$

Определяя $M_J(W; \tilde{p}, \tilde{k})$ и $M_J^\dagger(W; \tilde{k}, \tilde{q})$ из последнего равенства и подставляя в (10a) и (10b), получаем:

$$M_J^\dagger(W; \tilde{k}, q) = M_J^\dagger(W; \tilde{k}, \tilde{q}) f_J(W; \tilde{p}, q), \quad (11)$$

$$M_J(W; p, \tilde{k}) = f_J^\dagger(W; p, \tilde{q}) M_J(W; \tilde{p}, \tilde{k}),$$

где

$$\begin{aligned} f_J(W; \tilde{p}, q) &= [M_J(W; \tilde{p}, \tilde{q}) - M_J^\dagger(W; \tilde{p}, \tilde{q})]^{-1} \times \\ & \times [M_J(W; \tilde{p}, q) - M_J^\dagger(W; \tilde{p}, q)]. \end{aligned} \quad (12)$$

Ясно, что

$$f_J(W; \tilde{p}, \tilde{q}) = 1. \quad (13)$$

Легко проверить, что инвариантность относительно обращения времени (7) ведет к действительности матрицы f_J :

$$f_J^*(W; \tilde{p}, q) = f_J(W; \tilde{p}, q).$$

Тогда условие унитарности (9) можем записать в виде

$$i[M_J(W, p, q) - M_J^*(W; p, q)] = f_J^T(W, p, \tilde{q}) \times \\ \times i[M_J(W; \tilde{p}, \tilde{q}) - M_J^*(W; \tilde{p}, \tilde{q})] f_J(W; \tilde{p}, q), \quad (15)$$

где транспонированию подлежат только спинорные индексы.

Таким образом, скачок амплитуды упругого рассеяния вне энергетической поверхности полностью определяется скачком физической амплитуды рассеяния. Это наводит на мысль о том, что амплитуду рассеяния вне энергетической поверхности можно представить в виде:

$$M_J(W; p, q) = f_J^T(W; p, \tilde{q}) F_J(W) f_J(W; \tilde{p}, q) + R_J(W, p, q), \quad (16)$$

где R_J — действительная матрица, обращающаяся в нуль, когда один из импульсов находится на энергетической поверхности

$$R_J(W; \tilde{p}, q) = R_J(W; p, \tilde{q}) = 0. \quad (17)$$

Поскольку для упругого процесса

$$\tilde{p} = \tilde{q} = \frac{1}{2W} \{\Delta(W^2, m_1^2, m_2^2)\}^{1/2}, \quad (18)$$

зависимость от \tilde{p} и \tilde{q} фактически означает зависимость от полной энергии. Поэтому в представлении (16) зависимость от \tilde{p} и \tilde{q} можно опустить

$$M_J(W; p, q) = f_J^T(W, p) F_J(W) f_J(W, q) + R_J(W, p, q). \quad (16')$$

Это обобщает известное представление [3] на случай релятивистских спинорных частиц.

§ 3. Представление квазипотенциальной амплитуды.

Дальнейшую информацию о величинах f_J и R_J можно получить в рамках определенной модели. Мы рассмотрим квазипотенциальный метод в квантовой теории поля [7]. Для бинарных процессов имеем следующие одномерные уравнения [11]:

$$M_{ab,cd}^{\lambda_1\lambda_2,\lambda_3\lambda_4}(J, W; p, q) = V_{ab,cd}^{\lambda_1\lambda_2,\lambda_3\lambda_4}(J, W; p, q) + \\ + \frac{1}{(2\pi)^2} \sum_{ef} \sum_{\lambda_e \lambda_f} \int_0^\infty k^2 dk V_{ab,ef}^{\lambda_1\lambda_2,\lambda_3\lambda_4}(J, W; p, k) G_{ef}(W, k^2) \times \\ \times M_{ef,cd}^{\lambda_e\lambda_f,\lambda_3\lambda_4}(J, W; k, q), \quad (18)$$

где

$$G_{ef}(W; k^2) = [\sqrt{k^2 + M_e^2} \sqrt{k^2 + M_f^2} (\sqrt{k^2 + M_e^2} + \sqrt{k^2 + M_f^2} - W - i\epsilon)]^{-1}. \quad (20)$$

Если из этой системы исключить все неупругие каналы, для амплитуды упругого рассеяния получим аналогичные уравнения, но с другими

потенциалами \tilde{V} , рецепт построения которых указать нетрудно будут комплексными функциями энергии и импульсов, отражая тем самым наличие неупругих каналов. В матричном виде уравнения для амплитуды упругого рассеяния будут выглядеть так:

$$M_J(W; p, q) = \tilde{V}_J(W; p, q) + \frac{1}{(2\pi)^2} \int_0^\infty k^2 dk \tilde{V}_J(W; p, k) G(W, k^2) M_J(W; k, q) = \tilde{V}_J(W; p, q) + \frac{1}{(2\pi)^2} \int_0^\infty k^2 dk M_J(W, p, k) G(W; k^2) \tilde{V}_J(W; k, q) \quad (21)$$

Без учета неупругих процессов потенциалы V в этом уравнении будут действительны. Если для такого случая использовать представление (16') и рассмотреть, как и выше, 3 случая: а) $p = \tilde{p}$, б) $q = \tilde{q}$ и в) $p = \tilde{p}$, $q = \tilde{q}$, нетрудно получить следующие соотношения:

$$F_J(W) = \left\{ 1 - \frac{1}{(2\pi)^2} \int_0^\infty k^2 dk V_J(W; \tilde{p}, k) G(W; k^2) f_J(W; k, \tilde{q}) \right\}^{-1} V_J(W; \tilde{p}, \tilde{q}) = V_J(W; \tilde{p}, \tilde{q}) \left\{ 1 - \frac{1}{(2\pi)^2} \int_0^\infty k^2 dk f_J(W; \tilde{p}, k) G(W, k^2) V_J(W; k, \tilde{q}) \right\}^{-1}, \quad (22)$$

$$f_J(W; \tilde{p}, q) = V_J^{-1}(W; \tilde{p}, q) \tilde{V}_J(W; p, \tilde{q}) + \frac{1}{(2\pi)^2} \int_0^\infty k^2 dk f_J(W; \tilde{p}, k) G(W; k^2) \Delta_J(W; k, q), \quad (23)$$

где

$$\Delta_J(W; k, q) = V_J(W; k, \tilde{q}) - V_J(W; k, \tilde{q}) V_J^{-1}(W; \tilde{p}, \tilde{q}) V_J(W; \tilde{p}, q). \quad (24)$$

Ясно, что

$$\Delta_J(W; k, \tilde{q}) = \Delta_J(W; \tilde{k}, q) = 0. \quad (25)$$

При $k = \tilde{k}$, когда функция Грина $G(W; k^2)$ имеет полюс, ядро уравнения (23), в результате обращения Δ_J в нуль, несингулярно. Поэтому в области действительности потенциалов матрицы f_J также действительны. Используя (22) в первоначальном уравнении, можно получить следующее соотношение:

$$f_J(W; \tilde{p}, q) = V_J^{-1}(W; \tilde{p}, \tilde{q}) V_J(W; \tilde{p}, q) + \frac{1}{(2\pi)^2} \int_0^\infty k^2 dk V_J^{-1}(W; \tilde{p}, \tilde{q}) \cdot V_J(W; \tilde{p}, k) G(W; k^2) R_J(W; k, q). \quad (26)$$



Таким образом, R_J связан с резольвентой ядра уравнения (26) повторным применением этого уравнения в соотношении (26) получаем уравнение для R_J :

$$R_J(W; k, q) = \Lambda_J(W; k, q) + \frac{1}{(2\pi)^2} \int_0^\infty u^2 du R_J(W; k, u) G(W; u^2) \Lambda_J(W; u, q) = \Lambda_J(W; k, q) + \frac{1}{(2\pi)^2} \int_0^\infty u^2 du \Lambda_J(W; k, u) G(W; u^2) R_J(W; u, q). \quad (27)$$

Отсюда, с учетом (25), следует выполнение условия (17).

Соотношения (16'), (22), (26) и (27) представляют основные уравнения данного подхода. Для представления (16') характерно то, что фаза амплитуды рассеяния вне энергетической поверхности совпадает с фазой физической амплитуды. Учет неупругих каналов изменяет это заключение, поскольку f_J и R_J становятся комплексными функциями. Однако представление вида (16) останется в силе.

Кроме того, используя (26) в (22), можно записать представление для физической амплитуды, в котором единственной неизвестной величиной будет только R_J . Используя уравнение (27), можно построить схему приближенного расчета физической амплитуды рассеяния, характерной чертой которой является то, что на каждом этапе приближений амплитуда будет точно удовлетворять условию уругой унитарности.

(Представлено 25. X. 1971)

Научно-исследовательская лаборатория
ядерной физики

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Р. Noyes, Phys. Rev. Lett., 15, 1966, стр. 538.
2. К. Л. Kowalski, Phys. Rev. Lett., 15, 1966, стр. 798.
3. К. Л. Kowalski, Phys. Rev., 144, 1966, стр. 1239.
4. Е. О. Alt, P. Grassberger, W. Sandhas, Nucl. Phys., B2, 1967, стр. 167.
5. Т. А. Osborn, SLAC Report, No. 79, 1967.
6. М. Levine, J. Tjon, J. Wright, Phys. Rev. Lett., 16, 1966, стр. 962.
7. А. А. Logunov, A. N. Tavkhelidze, Nuovo Cim., 29, 1963, стр. 380.
8. С. Газиорович. Физика элементарных частиц. Москва, 1969.
9. D. R. Freedman, C. Lovelace, J. M. Namyslowski, Nuovo Cim., 43A, 1966, стр. 258.
10. М. Jacob, G. Wick, Ann. of Phys., 7, 1959, стр. 404.
11. К. Р. Нагровшили. Дипломная работа, Тбилисский государственный университет, 1968.

ა. ხელაშვილი

**უნიტარობის ორნაწილაკოვანი პირობა და სპინიანი ნაწილაკების
დრეკადი გაბნევის ამპლიტუდის წარმოდგენა**

(რეზიუმე)

* უნიტარობის მიახლოებითი პირობის ანალიზის საფუძველზე სპინიანი რელატივისტური ნაწილაკების დრეკადი გაბნევის ამპლიტუდისთვის დამტკიცებულია ნოეს — კოვალსკის ტიპის წარმოდგენა ენერგეტიკული ზედაპირის გარეთ. ნაჩვენებია, რომ დრეკადი გაბნევის ამპლიტუდის ფაზა ენერგეტიკული ზედაპირიდან გასვლისას რჩება უცვლელი. ამპლიტუდის ფაქტორიზებადი ნაწილის ფორმფაქტორებისთვის და ნარჩენი არაფაქტორიზებადი ნაწილისთვის მიღებულია განტოლებები კვაზიპოტენციალურ მოდელში.

A. KHELASHVILI

**TWO PARTICLE UNITARITY CONDITION AND REPRESENTATION FOR
THE ELASTIC SCATTERING AMPLITUDE OF SPIN PARTICLES**

(Summary)

On the basis of the analysis of the approximate unitarity condition the Noys-Kowalski type representation for the off shell elastic scattering amplitude of relativistic spin particles is proved. It is shown that the phase of the off shell elastic scattering amplitude coincides with the on shell one. In the quasipotential approach the equations for the form factors of the factorisable part of the amplitude and for the remained part are obtained.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА НИТРАТНОГО АЗОТА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ, ОБРАЗОВАВШЕГОСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ

Г. Д. СУПАТАШВИЛИ

Источником инородных веществ, попавших в атмосферу, среди других являются и электрические разряды. При этом в атмосфере образуется окись азота, легко превращающаяся в азотную кислоту. Некоторые исследователи даже считают ее существенным источником нитратного азота атмосферных осадков [1—3].

Мы постарались дать количественную оценку реакциям образования нитратов в атмосфере в результате грозовых процессов.

Реакция образования окиси азота, протекающая в атмосфере при электрических разрядах, эндотермична. Для образования одного моля окиси практически требуется 777 ккал., а выход, даже в наилучших установках, не превышает 2% [4].

С другой стороны, длина, диаметр канала и энергия разряда в среднем соответственно составляют 2—3 км, 16 см и 10^{16} эрг [2, 5, 6]. Проводя соответствующие расчеты по объему канала или по энергии разряда, получаем, что при единичном разряде может образоваться от 0,6 до 3,3 кг связанного азота (а не 80—1500 кг [2]). В действительности эти величины окажутся еще низкими, т. к. условия синтеза окиси азота в атмосфере далеко не оптимальные (давление, температура, продолжительность процесса и др.).

Ежегодное количество атмосферных осадков в глобальном масштабе оценивается $4,72 \cdot 10^5$ км³ [6], а количество электрических разрядов $3,15 \cdot 10^9$ [2]. При допущении, что весь связанный азот превращается в нитраты и вымывается осадками (что мало вероятно), получается, что содержание неорганического азота в осадках, генетически связанного с электрическими разрядами, не должно превышать 0,004—0,02 мг/л. Полученные величины на два-три порядка ниже действительного содержания неорганического азота в атмосферных осадках разных широт [3, 7—11].

Некоторые исследователи, которые считают электрические разряды существенным источником нитратного азота в осадках, ссылаются на наличие корреляционной связи между его содержанием в осадках и интенсивностью или продолжительностью разрядов. Однако наличие корреляционной связи между двумя переменными еще не означает, что одна из них



причина, а другое—следствие. Корреляция измеряет лишь параллелизм их изменчивости, источником которой, возможно, является действие третьего общего фактора. В данном случае таким фактором, вероятно, являются восходящие конвективные потоки, которые предшествуют выпадению осадков грозового характера.

С увеличением мощности и интенсивности восходящих потоков увеличивается загрязнение атмосферы терригенными аэрозолями, в том числе неорганическими соединениями азота почвенного происхождения. Параллельно увеличивается напряженность поля [6]. Эти изменения в атмосфере благоприятствуют увеличению минерализации осадков, содержанию в них соединений азота, а также продолжительности и интенсивности электрических разрядов. Наше предположение подтверждается работами Веркмана и Рейнольдса [7], объясняющих природу грозового электричества.

Наличие прямой связи между продолжительностью электрических разрядов и содержанием неорганических соединений азота в осадках найдено и нами (см. табл.).

Таблица

Неорганические соединения азота в осадках с. Сиони

Продолжительность разрядов, в часах	мг/л				
	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	N _{неорг.}	M
0	0,017	0,50	0,12	0,20	6,2
до 1	0,038	2,10	1,14	1,36	8,1
до 2	0,021	2,27	0,96	1,27	9,8
более 2	0,020	3,10	1,18	1,62	11,3

Прямая связь неорганического азота и минерализации осадков с продолжительностью электрических разрядов очевидна. Характерно, что теснота связи минерализации с продолжительностью осадков более высока, чем в случае неорганического азота (коэффициенты частной корреляции соответственно равны 0,96 и 0,78).

Увеличение минерализации осадков грозо-ливневого характера нами нередко отмечено при изучении химического состава атмосферных осадков Грузии [11]. Аналогичные результаты получены и другими исследователями [8, 9].

Таким образом, электрические разряды не могут играть существенную роль в балансе нитратного азота атмосферных осадков. Влияние этого источника в глобальном масштабе незначительное и носит лишь локальный характер.

Выводы

Расчет количества нитратного азота, образующегося в результате электрических разрядов в атмосфере, по энергии или по объему канала



разряда показывает, что электрические разряды играют второстепенную роль в балансе нитратного азота атмосферных осадков.

(Представлено 15. X. 1971)

Кафедра аналитической химии

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Viemeister P. E., —J. Meteorol., v. 17, 1960, 681.
2. В. И. Арабаджи, Гроза и грозовые процессы, Минск, 1960.
3. С. А. Курдин, Почвоведение, № 10, 1948, 608.
4. Техн. энциклопедия, т. I, 410, 1937.
5. И. С. Стекольников, Физика молнии и грозозащита, АН СССР, 1943.
6. П. Н. Тверской, Курс метеорологии, Гидрометиздат, 1962.
7. Я. Мияки, Основы геохимии. Недра, 1969.
8. А. Х. Гиренко, Гидрохим. материалы, т. 28, 1959, 101.
9. П. С. Денисов, А. Л. Бугаев, ДАН УРСР, № 2, 1957, 161.
10. В. М. Дроздова, О. П. Петренчук, Е. С. Селезнева, П. Ф. Свистов, Химический состав атмосферных осадков на европейской территории СССР, Гидрометиздат, 1964.
11. Г. Д. Супаташвили, Труды ТГУ, т. 126, 1963, 171.

ბ. სუპატაშვილი

ელექტრული დაცლების შედეგად წარმოქმნილი ატმოსფერული
ნალექების ნიტრატული აზოტის კონცენტრაცია შეფასება

(რ ე ზ ი უ მ ე)

ატმოსფეროში ელექტრული დაცლების ენერგიიდან, აგრეთვე ელექტრული დაცლის არხის მოცულობიდან გაანგარიშებულია წარმოქმნილი ნიტრატული აზოტის შესაძლო რაოდენობა. გლობალური მასშტაბით, ამ გზით წარმოქმნილი ნიტრატების შემცველობა ატმოსფერულ ნალექებში, არ შეიძლება აღემატებოდეს 0,02 მგ/ლ. ეს სიდიდე საშუალოდ ასჯერ ნაკლებია ნალექებში ნიტრატების რეალურ შემცველობაზე. ამდენად, ელექტრული დაცლების შედეგად წარმოქმნილი ნიტრატული აზოტი უმნიშვნელო როლს ასრულებს ატმოსფერული ნალექების ფორმირებაში.

ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕКИ АРАГВИ

Н. К. КАРСАНИДЗЕ, Г. Д. СУПАТАШВИЛИ

Гидрохимическое исследование р. Арагви и её притоков, проведенное нами в 1969-70 гг., было продиктовано тем, что река и ее притоки играют важную роль в водоснабжении г. Тбилиси. В недалеком будущем значение этого источника заметно возрастет в связи со строительством Жинвальского гидроузла.

Предварительное исследование р. Арагви и её притоков было проведено летом 1965 г., основные работы выполнены в 1969-70 гг. Пробы речной воды брали в 2-3 месяца раз в 5 пунктах: Белой и Черной Арагви (Пасанаури), Арагви и Пшавской Арагви (Жинвали) и Арагви (Мцхета); всего взято 28 проб. Результаты химических анализов приведены в таблицах 1 и 5.

Таблица 1

Содержание главных ионов в воде реки Арагви и ее притоков

Величины	рН	мг/л								
		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Σи
Минимальное	7,50	2,0	6,7	105,6	0,3	0,5	4,4	29,0	4,2	174,4
Максимальное	8,45	12,2	44,8	234,7	5,4	3,8	16,0	75,2	15,4	388,0
Ср. арифметическ.	8,15	5,7	24,9	177,0	2,8	1,5	8,2	47,3	9,3	276,4
Мода	8,20	4,4	18,0	234,7	5,4	1,5	6,5	47,6	10,0	—
Медиана	8,20	4,4	23,6	170,5	2,2	1,4	7,5	44,0	9,4	271,7

Сумма главных ионов вод реки Арагви и её притоков колеблется от 174,4 до 388,0 мг/л и в среднем составляет 276,4 мг/л.

Таким образом, отклонение экстремальных значений от среднегодового — около ±40 %.

Между Σи и содержанием отдельных ионов существует тесная, прямая связь (см. табл. 2). Минерализация речной воды в особо тесной

Таблица 2

Зависимость содержания главных ионов (в мг/л) от величины минерализации

И о н ы	Σи мг/л						Коэффициент корреляции r
	до 225	от 225 до 250	от 250 до 275	от 275 до 300	от 300 до 350	более 350	
Cl ⁻	3,3	3,6	7,0	5,6	7,6	8,8	0,73
SO ₄ ²⁻	19,8	13,6	30,5	26,8	25,7	35,5	0,65
HCO ₃ ⁻	133,9	161,3	160,7	185,4	207,9	232,8	0,96
NO ₃ ⁻	1,2	1,0	2,1	3,9	5,0	4,4	0,68
Na ⁺	6,7	7,7	9,2	11,2	7,3	6,4	0,11
Mg ²⁺	7,7	6,2	8,9	10,8	9,5	12,5	0,72
Ca ²⁺	34,5	38,3	42,9	46,5	57,5	71,5	0,96



связи находится с содержанием HCO_3^- и Ca^{2+} (коэффициенты частной корреляции $r=0,96$). Менее тесная связь с другими ионами, особенно с K^+ и Na^+ (см. табл. 2).

В тесной связи находятся сами HCO_3^- и Ca^{2+} ($r=0,95$). Из частных коэффициентов корреляции HCO_3^- и Cl^- с $\Sigma\text{и}$ для расчета минерализации были выведены формулы регрессии [1].

$$\Sigma\text{и}=1,6 \cdot \text{HCO}_3^- - 4,5 \quad \text{и} \quad \Sigma\text{и}=14,9 \cdot \text{Cl}^- + 191,8,$$

где $\Sigma\text{и}$, HCO_3^- и Cl^- — содержание этих компонентов в мг/л.

Рассчитанные по этим формулам величины $\Sigma\text{и}$ (см. табл. 3) от экспериментально полученных данных в среднем отличаются на 5,5%.

Таблица 3

Величины минерализации, рассчитанные по содержанию гидрокарбонатов

$\Sigma\text{и}$ мг/л		Отклонение		$\Sigma\text{и}$ мг/л		Отклонение	
Экспер.	Расчетн.	мг/л	%	Экспер.	Расчетн.	мг/л	%
242,5	275,5	33,0	13,6	230,2	237,0	6,8	2,9
291,0	317,7	26,1	8,9	305,5	321,7	16,2	5,3
351,0	368,2	17,2	4,9	339,2	329,6	9,6	2,8
231,0	243,4	12,4	5,4	174,4	163,2	11,2	6,4
253,4	258,0	4,6	1,8	224,3	229,4	5,1	2,3
296,9	297,5	0,6	0,3	290,9	266,2	24,7	8,5
387,5	368,2	19,3	5,0	290,5	281,3	18,2	6,1
213,4	205,9	7,5	3,5	264,0	241,0	23,0	8,6
228,2	250,8	30,1	13,2	388,0	362,8	25,2	6,5
275,9	287,0	11,1	4,0	271,7	252,9	18,8	6,9
365,8	361,9	3,9	1,1	214,3	211,9	2,4	1,1
216,7	230,7	14,0	6,5	276,3	276,6	14,8	5,5

Наибольшему колебанию от средних величин подвергаются Cl^- и SO_4^{2-} , наименьшему — Na^+ и HCO_3^- .

Своеобразна закономерность изменения содержания главных ионов в пространстве и во времени. По течению реки они мало меняются, что является результатом сложного гидрологического режима реки и разнообразности солевых источников.

Внутрисуточное изменение химического состава речной воды, особенно в верхнем и среднем течении, во многом определяется метеорологическими условиями в бассейне реки. Так как ледники в питании р. Арагви играют незначительную роль [2], изменение минерализации речной воды определяется количеством осадков в бассейне. Нами определено суточное изменение химического состава рек Белой Арагви и Черной Арагви в Пасанаури. Оказалось, что даже при неустойчивой погоде отклонение минерализации от среднесуточных величин составляет $\pm 12,5\%$. В условиях устойчивой погоды амплитуда колебания минерализации меньше.

Внутригодовое изменение химического состава воды реки Арагви выражено четко: минимальную минерализацию имеют воды весенне-летнего пе-

риода, максимальную—осенне-зимнего сезона (см. табл. 4). Величина минерализации находится в тесной обратной связи с расходом реки.

Таблица 4

Внутригодовое изменение химического состава речной воды р. Арагви и ее притоков

Сезон	рН	мг/л											Взвеси
		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Σи	
Весна	8,12	3,8	21,5	140,1	1,2	0,01	0,02	1,1	6,1	37,2	9,0	217,7	948
Лето	8,12	3,8	16,6	169,3	1,1	0,00	0,00	1,4	8,3	37,7	5,3	233,0	159
Осень	8,30	5,4	25,8	188,8	4,2	0,01	0,01	1,9	10,7	47,1	10,6	288,4	31
Зима	8,08	9,3	34,2	216,1	4,4	0,01	0,02	1,5	6,4	64,8	11,6	342,4	142

Сезон	мкг/л													
	B	Br	J	As	Li	Ba	Cr	Cu	Ni	Zn	Mn	Mo	Fe	Pb
Весна	34	21,8	14,1	2,7	3,5	41	1,2	5,8	5,5	11,4	20	3,9	141	16,1
Лето	25	14,2	9,0	2,6	3,4	68	1,2	2,0	1,0	14,3	16	2,7	108	2,7
Осень	5	14,2	10,1	0,9	2,8	60	1,3	4,4	2,6	14,0	6	1,3	111	3,2
Зима	34	21,3	11,1	2,4	9,1	78	1,1	7,8	7,2	15,0	20	6,1	133	15,7

Из биогенных веществ в воде реки Арагви исследовано содержание нитратного, нитритного и аммониевого азота, калия, железа. В некоторых пробах изучено также содержание фосфора и кремния.

Из азотосодержащих неорганических ионов преобладает нитратион, содержание которого колеблется от 0,3 до 5,4 мг/л (см. табл. 1). Закономерное изменение содержания нитратов в пространстве не наблюдается. Что касается изменения концентрации во времени—оно аналогично минерализации: минимальное—в теплое время года, максимальное—в холодное (см. табл. 4). Почти аналогично меняется содержание ионов аммония.

Характерной чертой рек горных районов Грузии, в том числе реки Арагви, является низкое содержание ионов аммония и нитритов. Нередко их концентрация снижается до аналитического нуля. Причина—чистота водоема от бытовых сточных вод и хорошая аэрация воды, способствующая окислению этих ионов до нитратов. Кроме того, сравнительно высокое значение рН и хорошая аэрация могут способствовать улетучиванию ионов аммония.

Содержание калия в воде реки Арагви колеблется в узких пределах. Его максимальное среднее содержание найдено во Мцхета (2,0 мг/л), минимальное—в Пасанаури (1,0 мг/л). Сезонное изменение содержания калия выражено слабо. Видимо, причина заключается в том, что гидрохимический режим калия определяется как геохимическими, так и биохимическими процессами.

Водоёмы Грузии на содержание органических веществ изучены недостаточно. В целях частичного заполнения пробела, в пробах реки Арагви (Мцхета, Пасанаури, 1969 г.) определено содержание некоторых органических веществ (определения проводила Т. А. Пцкиладзе). По получен-



ным результатам, перманганатная окисляемость колеблется от 0,5 до 4,5 мг/л. Среднее содержание (в мг/л) аминокислот—14, редуцирующих сахаров—96, Рорг.—57, Норг.—778.

Содержание неорганического фосфора и кремния определено в пробах, взятых летом 1969 г. (всего 6 проб). По полученным данным, среднее содержание фосфора равно 80 мг/л, при экстремальных значениях—40—124 мг/л. Максимальное содержание кремния—5,3 мг/л, а в среднем оно равно 3,1 мг/л.

По содержанию микроэлементов воды реки Арагви и её притоков сходны с другими реками Грузии.

Ряд содержаний микроэлементов имеет слабо выраженную положительную асимметрию и подчиняется нормальному закону распределения. На это указывает близость среднеарифметического, медианы и моды (см. табл. 5).

Таблица 5

Содержание микроэлементов в воде реки Арагви и ее притоков

Величины	Микроэлементы мг/л													
	V	Br	J	As	Li	Ba	Cu	Ni	Zn	Mn	Mo	Fe	F	Pb
Мин.	0	2,8	2,8	0,0	1,2	34	1,0	1,6	4,2	2	0,8	60	10	2
Макс.	65	46,5	27,3	5,0	13,0	114	12,0	10,0	21,0	58	14,0	370	200	26
Средн.	24	17,9	11,2	2,1	4,9	62	5,1	4,3	13,8	15	3,9	125	90	9
Мода	6	24,5	11,2	1,6	4,6	60	6,0	3,2	15,0	12	3,2	110	120	4
Медиана	19	15,0	11,2	1,6	4,0	60	5,0	3,2	15,0	10	2,7	105	90	2

Своеобразен для большинства микроэлементов характер связи с минерализацией. С увеличением минерализации содержание микроэлементов изменяется синусоидально. Прямая связь между ними легко объясняется с увеличением содержания главных ионов увеличивается и содержание микроэлементов. Труднее дать логическое обоснование уменьшению минерализации с одновременным увеличением содержания микроэлементов. В основном такой аномальный состав имеют весенние пробы. Вероятно, увеличение относительного содержания микроэлементов объясняется диминерализацией снега первыми порциями талой воды [3]. Они из еще не растаявшего снега вымывают водорастворимые соли, в том числе и микроэлементы. Из снега вымываются и макроэлементы, что способствует увеличению общей минерализации первой талой воды по сравнению с атмосферными осадками. Однако нужно учесть, что относительное содержание микроэлементов в атмосферных осадках в 10—100 раз больше, чем в поверхностных водах.

По течению реки содержание микроэлементов в воде увеличивается, однако это не всегда выражено четко и не без исключения. Такое изменение содержания микроэлементов объясняется тем, что обогащение речной воды микроэлементами за счет выщелачивания инородных тел, попавших или соприкасающихся с водой, часто компенсируется адсорбцией микроэлементов на механических взвешах, транспортируемых рекой.

Содержание микроэлементов в взвешенных частицах значительное. Так, среднее содержание растворенного хрома в воде реки Арагви равно 1,2 мг/л (количество проб—6). Во взвешенном виде рекой мигрируется 2,1 мг/л хрома, т. е. соотношение хрома, взвешенного с хромом растворенным = 1,75.

В некоторых пробах были определены формы содержания микроэлементов (см. табл. 6). Оказалось, что основной формой содержания катионных микроэлементов являются отрицательно заряженные комплексы. Это естественно, так как в речной воде, по сравнению с микроэлементами, в достаточном количестве содержатся активные лиганды (аминокислоты, гуминовые кислоты и др.).

Таблица 6

Формы содержания микроэлементов в воде реки Арагви

Ф о р м ы	мкг/л					%				
	Pb	Cu	Zn	Ni	Fe	Pb	Cu	Zn	Ni	Fe
Эмульсия	3,2	4,7	3,6	3,6	10,0	36,8	48,1	42,8	41,0	8,2
Отриц. ионы	4,3	4,7	4,7	4,7	52,5	49,4	46,1	56,0	53,3	42,8
Положит. ионы	1,2	0,8	0,1	0,5	60,0	13,8	7,8	1,2	5,7	42,0
Общее содерж.	7,6	9,4	5,7	8,5	122,5	—	—	—	—	—

Ежегодный сток растворенных и взвешенных веществ реки Арагви в Мцхета, по нашим расчётам, соответственно равен $5 \cdot 10^5$ и $4,8 \cdot 10^5$ т.

Основными источниками, принимающими участие в формировании химического состава речной воды р. Арагви, являются атмосферные осадки, подземные воды, минеральные источники, продукты выщелачивания почв, пород и их частиц, попавших в воду. Точная количественная оценка этих источников трудна ввиду скудности гидрологической и гидрохимической информации. Нами все же сделана такая попытка, которая, конечно, носит приближенный характер.

Ранее нами было рассчитано, что в Грузии, в среднем, на каждый км^2 атмосферными осадками ежегодно приносится 15—20 т. растворенных веществ [4]. Таким путем в бассейн реки ежегодно поступает $4,1—5,4 \cdot 10^4$ т. солей.

Средняя минерализация подземных вод в районе наблюдения равна 120—160 мг/л, а доля подземных вод в питании Арагви оценивается в 50% [2]. Получается, что с подземными водами в реку попадает до $1,3 \cdot 10^5$ т. вещества.

По данным, приведенным С. Чихелидзе [5], рассчитано количество солей, ежегодно поступающих в реку из минеральных источников— $3 \cdot 10^3$ т.

Таким образом, из перечисленных источников в реку ежегодно поступает $1,9 \cdot 10^5$ т. солей. Разность между стоком и полученной суммой ($3,1 \cdot 10^5$ т.) нужно отнести к продуктам выщелачивания. В итоге основным солевым источником вод реки Арагви нужно считать продукты вы-



щелачивания взвешенных веществ. Доля других источников менее значительна (подземные воды—26,0%, атмосферные осадки—10-11%, минеральные источники—1-2%).

Так как относительное содержание микроэлементов в атмосферных осадках, по сравнению с поверхностными водами, высокое, то их роль в формировании микрохимического состава речной воды более значительна см. табл. 7).

Таблица 7

Роль атмосферных осадков в формировании микрохимического состава речной воды Арагви

Элемент	Среднее содержание мкг/л		Ежегодно мигрируются, в тт.		Доля атм. осадков, в %-ах
	р. Арагви	атмосферные осадки	рекой	атмосферными осадками	
B	24	9	43,2	24,3	56,2
Br	17,9	5,2	32,2	14,0	43,5
J	11,2	4,9	20,2	13,2	65,3
As	2,1	1,1	3,8	2,9	76,0
Cu	5,1	1,2	9,2	3,2	34,8
Ni	4,3	1,0	7,7	2,7	35,1
Zn	13,8	5,5	24,8	14,8	59,7
Pb	9,8	2,3	14,7	6,2	42,2

Таким образом, даже без учета сухих эоловых привносов, около 50% микроэлементов, мигрируемых рекой Арагви, принесено атмосферными осадками.

Значительное количество веществ ($4,8 \cdot 10^5$ т.) мигрируется рекой Арагви во взвешенном виде. Естественно, что источником этих веществ являются продукты эрозии почв и горных пород.

Выводы

1. В воде реки Арагви и ее притоков изучено содержание главных ионов, биогенных веществ, а также некоторых микроэлементов и органических соединений. Установлены некоторые закономерности и причины изменения их содержания в пространстве и во времени.

2. Рассчитаны общие количества растворенных и взвешенных веществ, ежегодно мигрируемых рекой, и ориентировочный баланс химических веществ для бассейна реки Арагви.

3. Определены некоторые формы содержания микроэлементов в воде. Представлено 19.X.1971)

Кафедра аналитической химии

Л И Т Е Р А Т У რ ა

1. ლ. მ. Баутнер, М. Е. Позин, Математические методы в химической технике, Госхимиздат, 1971.
2. ლ. А. Владимиров, Питание рек и внутригодовое распределение речного стока на территории Грузии, „Мецниереба“, 1964.
3. Г. Д. Супаташвили, Тр. Тбилисского гос. университета, 1964, т. 104, стр. 115—122.
4. Г. Д. Супаташвили, Тр. Тбилисского гос. университета, 1968, т. 126, стр. 171—187.
5. С. С. Чихелидзе, Природные ресурсы Грузинской ССР, т. III, АН СССР, 1961.

ბ. კარსანიძე, ბ. სუპატაშვილი

მდინარე არაგვის ჰიდროქიმიური დახასიათება

(რ ე ზ ი უ მ ე)

მდინარე არაგვისა და მისი შენაკადების წყლებში განსაზღვრულია მთავარი იონების, ბიოგენური ელემენტების, მიკროელემენტებისა და ზოგიერთი ორგანული შენაერთის შემცველობა. დადგენილია ამ კომპონენტების შიდაწლიური განაწილების ზოგიერთი კანონზომიერება და მდინარის მიერ მიგრირებულ ნივთიერებათა რაოდენობა.

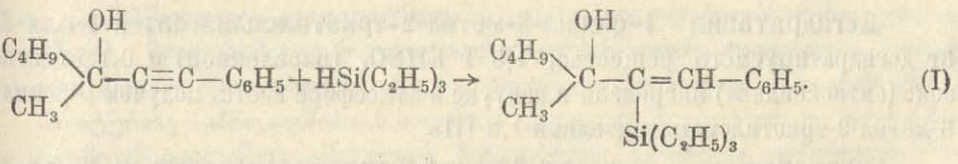


ДЕЙСТВИЕ ГИДРИД- И ХЛОРСИЛАНОВ НА МЕТИЛБУТИЛФЕНИЛ-АЦЕТИЛЕНИЛКАРБИНОЛ

И. М. ГВЕРДЦИТЕЛИ, Л. В. БАРАМИДЗЕ, М. И. ДЖЕЛИЯ

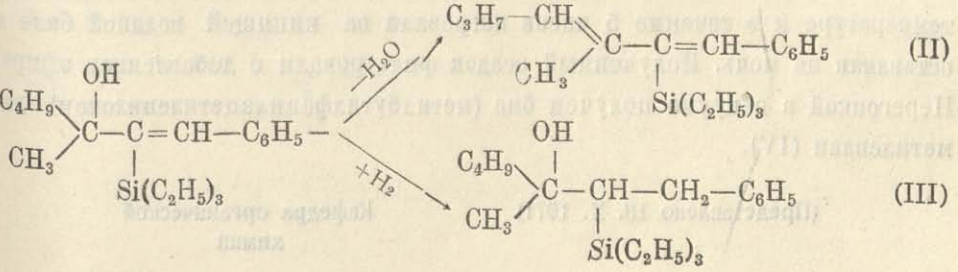
В настоящей работе рассматривается вопрос взаимодействия триэтил- и диметилдихлорсиланов с метилбутилфенилацетиленилкарбинолом.

Ранее нами (1) было изучено взаимодействие триэтилсилана с некоторыми третичными фенилацетиленовыми карбинолами и было установлено, что взаимодействие триэтилсилана с карбинолами протекает при температуре 60—70° с присоединением триэтилсилана по тройной связи. Проведение реакции триэтилсилана с метилбутилфенилацетиленилкарбинолом в аналогичных условиях не дало положительных результатов. Установлено, что реакция триэтилсилана с метилбутилфенилацетиленилкарбинолом в присутствии катализатора Спейера (0,1 м раствор H₂PtCl₆·6H₂O в изопропиловом спирте) протекает при температуре 80° с присоединением молекулы триэтилсилана по тройной связи карбинола:



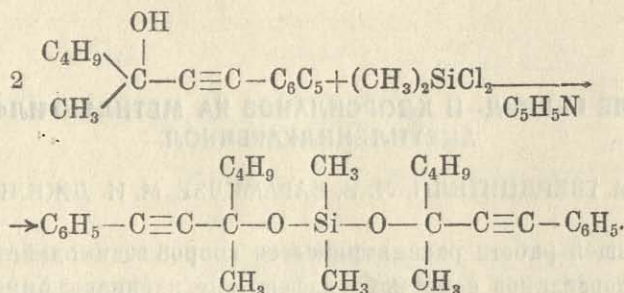
Для установления строения полученного соединения (I) было проведено спектральное исследование на спектрофотометре UR-10 с призмами NaCl, KBr, LiF. В спектре соединения (I) обнаружены частоты поглощения валентных колебаний 3600 см⁻¹; 1620 см⁻¹ и 720 см⁻¹, что соответствует OH-группе, C=C и C—Si-связям.

Кроме физических методов, для установления строения были использованы и химические методы—дегидратация и гидрирование. Выделены и охарактеризованы соответствующие кремнийсодержащие диеновые углеводороды и предельные карбинолы:





Изучалось также действие диметилдихлорсилана на метилбутилфенилацетиленилкарбинол в среде пиридина. Выделен и охарактеризован соответствующий диалкеноксисилан ацетиленового ряда:



Константы полученных продуктов приведены в таблице.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Действие триэтилсилана на метилбутилфенилацетиленилкарбинол. К смеси 12,1 г карбинола и 2 мл катализатора Спейера по каплям добавляли 7 г триэтилсилана. Смесь нагревали в течение 30 часов при температуре 80°. Перегонкой в вакууме получен 1-фенил-3-метил-2-триэтилсилил-гептен-1-ол-3 (I).

Дегидратация 1-фенил-3-метил-2-триэтилсилилгептен-1-ола-3. 3 г дегидратируемого вещества, 1,5 г KHSO_4 (плавленной) и 0,1 г дитиона (антиоксидант) нагревали в вакууме в атмосфере азота, получен 1-фенил-3-метил-2-триэтилсилилгептадиен-1,3 (II).

Гидрирование 1-фенил-3-метил-2-триэтилсилилгептен-1-ола-3. В колбу для гидрирования помещали 3 г (I), 50 мл абс. спирта и 0,5 г Pd/CaCO_3 . При температуре 24° поглотилось 250 мл водорода (вместо 218 мл). Перегонкой в вакууме получен 1-фенил-3-метил-2-триэтилсилилгептанол-3 (III).

Действие диметилдихлорсилана на метилбутилфенилацетиленилкарбинол. К смеси 10 г метилбутилфенилацетиленилкарбинола и 6 мл безводного пиридина при перемешивании по каплям добавляли 5 мл диметилдихлорсилана. Смесь перемешивали в течение 1 часа при комнатной температуре и в течение 5 часов нагревали на кипящей водяной бане и оставляли на ночь. Полученный осадок фильтровали с добавлением эфира. Перегонкой в вакууме получен бис (метилбутилфенилацетиленилокси) - диметилсилан (IV).

(Представлено 13. X. 1971)

Кафедра органической
химии

Т а б л и ц а

№ соедине- ния	выход, %	т. кип. вСО (р в мм)	n_D^{20}	d_4^{20}	MR _D		найдено, %			валовая формула	вычислено, %		
					най- дено	вычис- лено	С	Н	Si		С	Н	Si
I.	83,4	160—162 (2)	1,5100	0,9307	102,17	101,85	75,50	10,92	8,90	C ₂₀ H ₃₄ OSi	75,15	10,69	8,80
							75,35	10,85	9,00				
II.	75	140—141 (2)	1,5180	0,9055	100,33	99,844	80,25	10,80	9,60	C ₂₀ H ₃₂ Si	80,00	10,66	9,33
							80,30	10,75	9,55				
III.	60	156—157 (2)	1,5140	0,9372	102,79	102,32	75,20	11,40	8,95	C ₂₀ H ₃₆ OSi	75,00	11,25	8,75
							75,45	11,55	8,90				
IV.	50	215—218 (2)	1,5192	0,9788	141,62	141,55	78,40	8,90	7,15	C ₃₀ H ₄₀ O ₂ Si	78,26	8,69	6,95
							73,50	8,80	7,20				

ЛИТЕРАТУРА

1. И. М. Гвердцители, Л. В. Барамидзе, Сообщения АН ГССР, 50, № 1, 1968, 83, ЖОХ, 38, 1968, 1593.

ი. გვერდციელი, ლ. ბარამიძე, მ. ჯალია

პიღრიდ- და ქლორსილანების მოქმედება
 მეთილბუტილფენილაცეტილენილკარბინოლზე

(რ ე ზ ი უ მ ე)

შესწავლილია ტრიეთილსილანის და დიმეთილდიქლორსილანის ურთიერთ-
 ქმედება მეთილბუტილფენილაცეტილენილკარბინოლთან. დადგენილია, რომ ტრი-
 ეთილსილანი მეთილბუტილფენილაცეტილენილკარბინოლთან რეაგირებს 80° ტემ-
 პერატურაზე სამაგავშირთან სილანის მოლეკულის მიერთებით და იძლევა სილი-
 ციუმოვან ეთილენურ კარბინოლს. ჩატარებულია მიღებული კარბინოლის ქიმიური
 გარდაქმნები—დეჰიდრატაცია KHSO₄-ით და ჰიდრირება Pd/CaCO₃-ის თანდას-
 წრებით. გამოყოფილი და დახასიათებულია შესაბამისი სილიციუმოვანი დიენური
 ნახშირწყალბადი და ნაჯერი კარბინოლი.

დიმეთილდიქლორსილანის ურთიერთქმედებით მეთილბუტილფენილაცეტი-
 ლენილკარბინოლთან პირიდინის არეში გამოყოფილია აცეტილენის რიგის დიალ-
 კენოქსისილანი.

ДЕЙСТВИЕ ТРИЭТИЛСИЛАНА НА НЕКОТОРЫЕ АЦЕТИЛЕНОВЫЕ
 МЕТОКСИ-Г-ГЛИКОЛИ

И. М. ГВЕРДЦИТЕЛИ, Е. С. ГЕЛАШВИЛИ

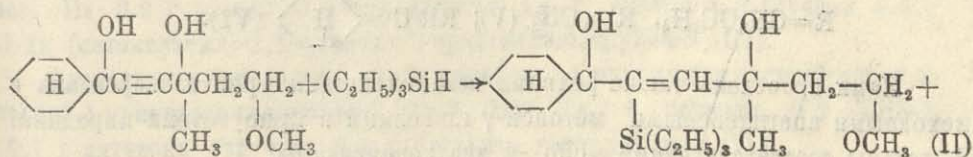
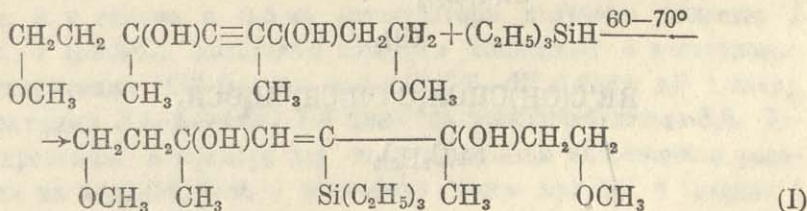
Ранее нами было изучено действие триэтилсилана на дитретичные ацетиленовые метокси-г-гликоли $\text{CH}_3\text{C}(\text{OH})\text{C}\equiv\text{CC}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_3$ и $\text{C}_2\text{H}_5\text{C}(\text{OH})\text{C}\equiv\text{CC}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_3$ в присутствии катализатора Слейера (I).

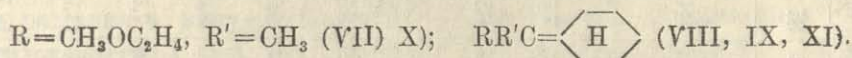
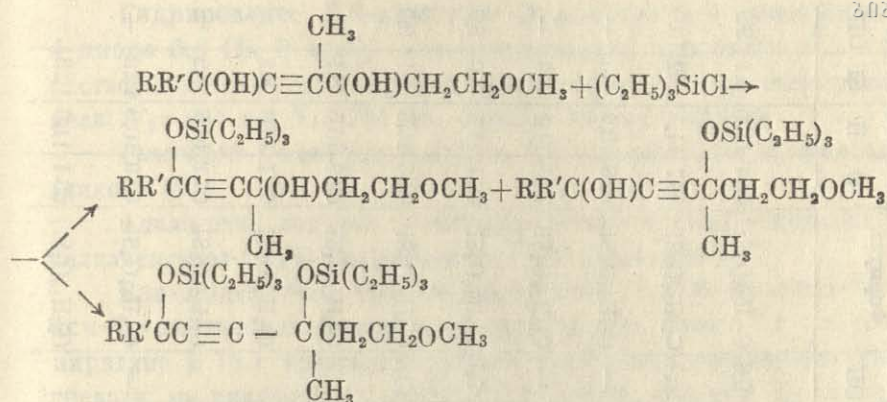
Установлено, что дитретичные ацетиленовые метокси-г-гликоли в указанных реакциях ведут себя также, как и соответствующие ацетиленовые г-гликоли, не содержащие метоксильную группу. Было доказано, что на ход реакции влияет строение исходных гликолей, природа катализатора, а также количество катализатора.

Настоящее сообщение посвящается вопросу действия триэтилсилана на дитретичные ацетиленовые метокси-г-гликоли с метоксиэтиловым и циклогексильным радикалами в тех же условиях.

Выяснилось, что в обоих случаях реакция идет с образованием продукта присоединения силана по тройной связи, аналогично другим дитретичным ацетиленовым г-гликолям.

Нужно отметить, что в случае гликоля с циклогексильным радикалом, помимо продукта присоединения гидрида по ацетиленовой связи, выделен также продукт его дальнейшей дегидратации, что в других случаях не замечено.





Выделенные изомеры очищены хроматографически.

Строение синтезированных нами веществ подтверждается спектроскопическим исследованием.

Экспериментальная часть

Действие триэтилсилана на 3,6-диметил-1,8-диметоксиоктин-4-диол-3,6. Смесь 16 г гликоля и 8,2 г триэтилсилана помещали в трехгорлую колбу и при перемешивании добавляли 1 мл 0,1 м раствора H_2PtCl_6 в изопропиловом спирте и нагревали на водяной бане при $85 - 90^\circ$ в течение 7 часов. После перегонки реакционной смеси в вакууме получен 5,2 г 3,6-диметил-1,8-диметокси-4-триэтилсилилоктен-4-диол-3,6 (I). Часть продукта осмолилась.

Действие триэтилсилана на 1-оксициклогексил-3-метил-5-метоксипентин-1-ол-3. Реакция проводилась в условиях предыдущего опыта. Из 11 г гликоля, 6 г силана и 1 мл катализатора после 5-часового нагревания на водяной бане ($60 - 70^\circ$) получен: 3,5 г 1-оксициклогексил-3-метил-5-метокси-1-триэтилсилилпентен-1-ол-3 (II) и вещество в количестве 2,1 г (т. кип. $152 - 154^\circ/3$, d_4^{20} 0,9458; n_D^{20} 1,4840), которое оказалось продуктом дегидратации.

Проведением реакции при 90° после 6-часового нагревания из смеси 4,5 г гликоля, 3 г силана и 0,5 мл катализатора получено вещество в количестве 2,1 г (52,5%), константы которого совпадают с константами продукта дегидратации (IV) (т. кип. $153 - 154^\circ/3$, d_4^{20} 0,9432; n_D^{20} 1,4845).

Дегидратация 3,6-диметил-1-8-диметоксиоктин-4-диола-3,6. Дегидратацию проводили в приборе для вакуумразгонки нагреванием реакционной смеси на водяной бане в атмосфере азота при 90° в течение 1 часа. Из 3,2 г гликоля в присутствии 1,6 г дитизона получили 2,5 г 1,1-ди(метоксиэтил)-1,1-диметил-2-триэтилсилилфурен-2 (III).

Аналогично проведена дегидратация 1-оксициклогексил-3-метил-5-метокси-1-триэтилсилилпентен-1-ола-3 (II). Из 4 г гликоля, 2 г KHSO_4 и 0,1 г дитизона получено 3,5 г продукта дегидратации (IV).

Таблица

Соед.	Соединение	Выход %	Т. кип. °С (р в мм)	d ₄ ²⁰	n _D ²⁰	MR _D		Найдено %				Формула	Вычислено %			
						Найд.	Выч.	С	Н	Si	ОН		С	Н	Si	ОН
I	3,6-диметил-1,8-диметокси-4-триэтил-силилоктен-1,4-диол-3,6	22,8	157—160/2	0,9696	1,4804	101,5	101,4	62,6	10,4	8,1	9,8	C ₁₈ H ₃₈ O ₄ Si	62,4	11,0	8,1	9,9
II	1-оксициклогексил-3-метил-5-метокси-1-триэтилсилипентен-1-ол-3	29,2	183—185/1	0,9857	1,4979	101,9	102,1	66,7	11,5	8,4	10,2	C ₁₉ H ₃₈ O ₃ Si	66,7	11,1	8,2	10,0
III	1,4-диметил-1,4-ди (метоксиэтил) -2-триэтилсилилфурен-2	89,0	145—147/1	0,9575	1,4698	97,6	98,0	65,2	11,0	7,9	—	C ₁₈ H ₃₆ O ₄ Si	65,8	10,9	8,5	—
IV	1-метил-1-мегоксиэтил-4-циклогексил-3-триэтилсилилфурен-2	93,8	152—154/3	0,9458	1,4740	98,0	98,7	70,6	10,8	8,2	—	C ₁₉ H ₃₆ O ₃ Si	70,7	11,1	8,6	—
V	3,6-диметил-1,8-диметокси-4-триэтил-силилоктандиол-3,6	78,1	139/0,5	0,9489	1,4692	102,1	101,9	61,9	11,4	8,6	9,1	C ₁₈ H ₄₀ O ₄ Si	62,1	11,5	8,0	8,8
VI	1-оксициклогексил-3-метил-5-метокси-1-триэтилсилипентанол-3	82,4	160—162/1	0,9762	1,4920	102,5	102,2	66,8	11,9	8,1	10,4	C ₁₉ H ₃₈ O ₃ Si	66,6	11,6	8,1	9,9
VII	3,6-диметил-1,8-диметокси-3-триэтил-енилоксотин-4-ол-6	17,2	150—151/1	0,9445	1,4577	99,3	99,4	62,8	10,1	8,5	—	C ₁₈ H ₃₆ O ₄ Si	62,8	10,5	8,1	—
VIII	1-оксициклогексил-3-метил-5-метокси-3-триэтилсилиоксипентин-1	8,3	174/1	0,9623	1,4752	99,5	100,0	67,6	11,0	8,0	—	C ₁₉ H ₃₈ O ₃ Si	67,1	10,6	8,2	—
IX	1-триэтилсилиоксидциклогексил-3-метил-5-метоксипентин-1-ол-3	40,8	169—170/1	0,9489	1,4708	100,1	100,1	67,2	10,9	7,6	—	C ₁₉ H ₃₈ O ₃ Si	67,1	10,6	8,2	—
X	3,6-диметил-1,8-диметокси-3,6-ди(три-этилсилиокси)-октин-4	2,2	171—173/1	0,9290	1,4564	135,3	136,1	62,6	10,6	11,9	—	C ₂₄ H ₅₀ O ₄ Si ₂	62,9	10,9	12,2	—
XI	1-триэтилсилиоксидциклогексил-3-метил-5-метокси-3-триэтилсилиоксипентин-1	21,9	190—191/3	0,9302	1,4695	136,0	136,7	66,3	10,8	12,7	—	C ₂₅ H ₅₀ O ₃ Si ₂	66,1	11,0	12,3	—

Гидрирование 3,6-диметил-1,8-диметокси-4-триэтилсилилоктен-4-диола-3,6 (I). В колбу для гидрирования поместили 3,2 г вещества, растворенного в 50 мл спирте, и незначительное количество скелетного никеля; $V_0=207$ мл; $V_t=239$ мл; прошло 260 мл водорода.

* Разгонкой в вакууме получено 2,5 г предельного кремнесодержащего гликоля (V).

Аналогично получен 1-оксициклогексил-3-метил-5-метокси-1-триэтилсилилпентанол-1 (VI) гидрированием (II) соединения.

Взаимодействие триэтилхлорсилана с 3,6-диметил-1,8-диметокси-4-триэтилсилилоктен-4-диолом-3,6 (I). Смесь 11,5 г гликоля, 8 г пиридина и 15 г триэтилхлорсилана помещали в трехгорлую колбу и нагревали на кипящей водяной бане в течение 8 часов. После декантации и разгонки в вакууме получено 4 г 3,6-диметил-1,8-диметокси-3-триэтилсилоксиоктин-4-ол-6 (VII) и 0,5 г 3,6-диметил-1,8-диметокси 3,6-ди (три-этилсилокси) октин-4 (X).

Аналогично получены продукты (VIII, IX и XI) взаимодействием 7,5 г триэтилхлорсилана с 5,7 г гликолем в присутствии 4 г пиридина (см. табл.).

(Представлено 22. X. 1971)

Кафедра органической химии

ЛИТЕРАТУРА

1. И. М. Гвердцители, Е. С. Гелашвили, ЖОХ, 37, 1967, стр. 2297.
2. И. М. Гвердцители, Е. С. Гелашвили, Д. Г. Китиашвили, Сообщ. АН СССР, 51, 2, 1968, стр. 313.

ი. გვერდციტილი, ე. გელაშვილი

ტრიეთილსილანის მოქმედება აცეტილენის რიგის ზოგიერთ მეთოქსი-γ-გლიკოლზე

(რეზიუმე)

წარმოდგენილი შრომა ეხება აცეტილენის რიგის მეთოქსი-γ-გლიკოლების 3,6-დიმეთილ-1,8-დიმეთოქსიოქტინ-4-დიოლ-3,6-ის და 1-ოქსიციკლოპექსილ-3-მეთილ-5-მეთოქსიპენტინ-1-ოლ-3-ის ჰიდროსილირების რეაქციების შესწავლას სპეიერის კატალიზატორის თანდასწრებით.

აღმოჩნდა, რომ პირველ შემთხვევაში, რეაქცია მიდის შესაბამისი ადუქტის გამოყოფით, ხოლო მეორე შემთხვევაში ადგილი აქვს აგრეთვე მის შემდგომ დეჰიდრატაციასაც.

მიღებული პროდუქტების იდენტიფიკაციის მიზნით ჩატარებულია დეჰიდრატაციის და კატალიზური ჰიდროგენიზაციის რეაქციები. გარდა ამისა, გამოსავალი გლიკოლების ურთიერთქმედებით ტრიეთილქლორსილანთან პირიდიონის არეში მიღებულია შესაბამისი მონო- და დიალკოქსისილანები, რომლებიც გასუფთავებულია ქრომატოგრაფიულად, ხოლო ავებულების დადგენის მიზნით გადაღებულია ინფრაწითელი სპექტრები.

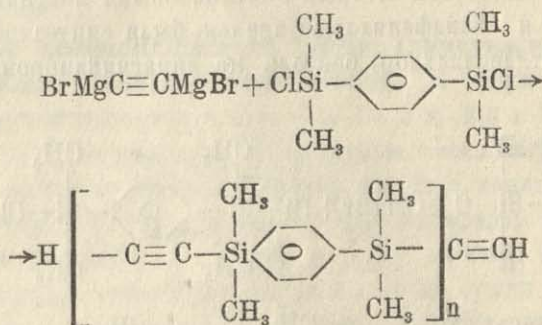
КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ С ФЕНИЛЕНОВЫМИ И АЦЕТИЛЕНОВЫМИ ЗВЕНЬЯМИ В ЦЕПИ

И. М. ГВЕРДЦТЕЛИ, М. С. МЕЛУА, Т. П. ДОКСОПУЛО

В последнее время большое внимание привлекают соединения с сопряженными связями (1,2).

Ранее нами были получены соединения, в молекулах которых бензольные кольца сопряжены с тройной связью посредством атомов кремния (3).

С целью удлинения цепи сопряжения действием 1,4-бис-(диметилсилилхлор) бензола на димагнийдибромацетилен

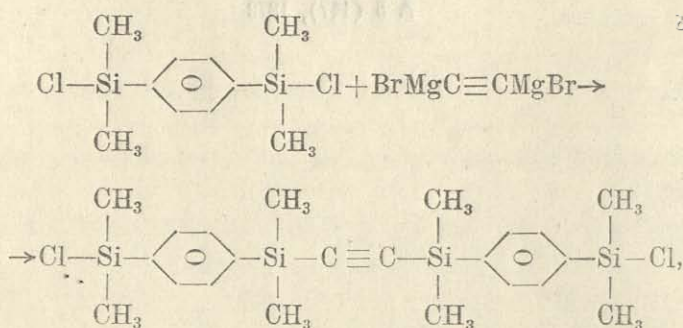


получены белые порошкообразные олигомеры.

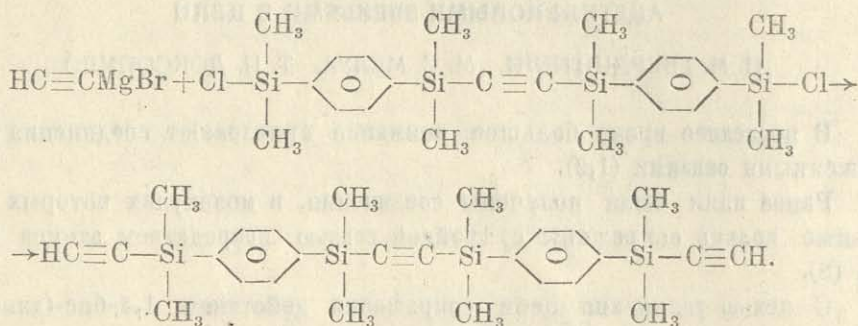
В процессе исследования выяснилось, что на выход и молекулярный вес олигомеров существенное влияние оказывает среда реакции: в тетрагидрофуране реакция идет с большими выходами (51,26%) и получается главным образом олигомер, где $n=6$. В среде эфира в присутствии Cu_2Cl_2 реакция идет со значительно меньшими выходами (21,52%) с получением олигомера $n=4$.

Фракционированием в системе гептан: бензол синтезированного нами полимера с молекулярным весом 1075 были выделены олигомеры $n=2,3,4,5,6$.

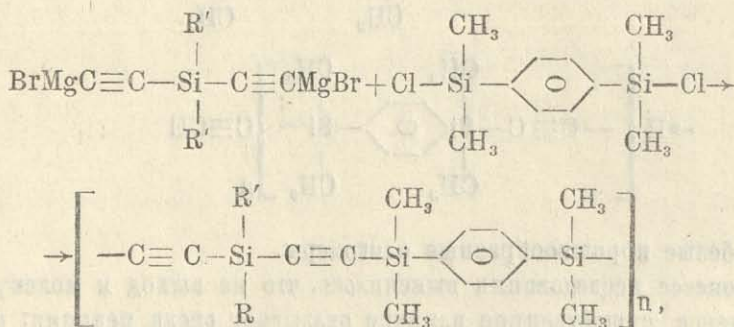
Взаимодействием 1,4-бис-(диметилсилилхлор) бензола с димагнийдибромацетиленом (4:1) в присутствии Cu_2Cl_2 был выделен мономер



ацетиленированием которого был получен вышеописанный димер



Олигомеры, в молекулах которых ацетиленовыми мостиками соединены атомы кремния и силилфениловые звенья, были синтезированы действием 1,4-бис-(диметилсиллилхлор) бензола на димагнийдибромдиалкилэтинилсиланы:



где 1) $\text{R}=\text{R}'=\text{CH}_3$ 2) $\text{R}=\text{R}'=\text{C}_6\text{H}_5$ 3) $\text{R}=\text{CH}_3$, $\text{R}'=\text{C}_6\text{H}_5$ 4) $\text{R}=\text{CH}_3$, $\text{R}'=\text{CH}=\text{CH}_2$

Пересаживанием метиловым спиртом из раствора в ацетоне получены хорошо растворимые в органических растворителях олигомеры.

Строение полученных соединений доказано Ик-спектрами. Полосы поглощения при 3040 см^{-1} соответствуют колебаниям $\text{Si}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{Si}$ групп (3). Обнаружены полосы поглощения при $2040-2050 \text{ см}^{-1}$, которые соответствуют поглощениям $-\text{C}\equiv\text{C}-$ связи.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Реакция поликонденсации 1,4-бис-(диметилсилилхлор) бензола с димагнийдибромацетиленом. 1. К раствору магнийбромацетилена (из 16 г Mg в 500 мл тетрагидрофурана) прибавляли 65 г 1,4-бис-(диметилсилилхлор) бензола. Реакционную смесь кипятили в течение 6 часов и разлагали 10% раствором NH_4Cl . В процессе разложения был выделен трудно растворимый в тетрагидрофуране белый порошкообразный полимер, от которого раствор отделили отсасыванием на фильтре гуча. Из раствора методом вымораживания (в гептане) были выделены отдельные фракции, где $n=2, 3, 4$, а из белого порошка после растворения в горячем бензоле сперва выкристаллизовался олигомер, где $n=6$, а затем олигомер, где $n=5$.

Получено всего 27,3 г вещества, выход 51,26% (физико-химические данные полученных олигомеров приведены в таблице).

II. К димагнийдибромацетилену из 2,4 г Mg в среде эфира прибавляли 0,5 г Cu_2Cl_2 . К полученному раствору добавляли 26,3 г 1,4-бис-(диметилсилилхлор) бензола и реакцию смесь нагревали в течение 6 часов. Затем отгоняли эфир, добавляли бензол и массу кипятили еще 6 часов, после чего разлагали 10% NH_4Cl , экстрагировали эфиром и сушили над сульфатом натрия. После отгонки эфира в вакууме был получен белый порошкообразный полимер с молекулярным весом 906, 4,85 г. и выходом в 21,52%.

Реакция поликонденсации 1,4-бис-(диметилсилилхлор) бензола с метилфенилдимагнийдибромацетиленом. К эфирному раствору метилфенилсилилмагнийдибромацетилена (из 2,4 г и 8,5 г $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{Si}(\text{C}\equiv\text{CH})_2$) добавили 13,15 г хлорсилана, реакцию смесь нагревали в течение 5 часов, затем отгоняли эфир, добавляли толуол и кипятили еще 10 часов. Массу разлагали 10% NH_4Cl , экстрагировали эфиром и сушили над сульфатом натрия. Полимер, оставшийся после отгонки эфира растворяли в бензоле и осаждали метиловым спиртом. После сушки в вакуумэксикаторе было получено 8,1 г чистого олигомера с молекулярным весом 1823.

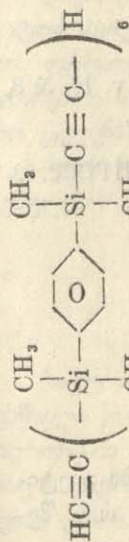
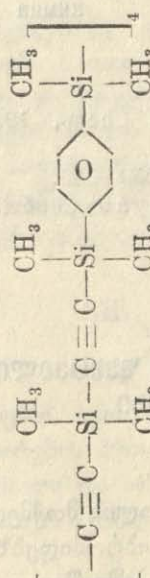
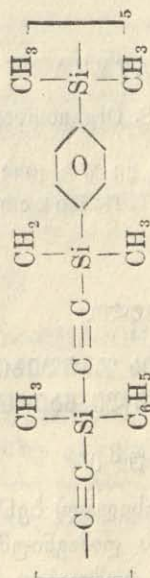
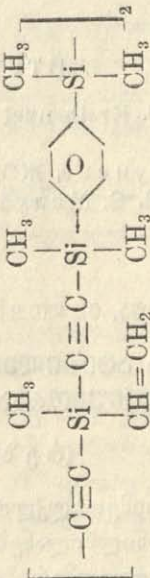
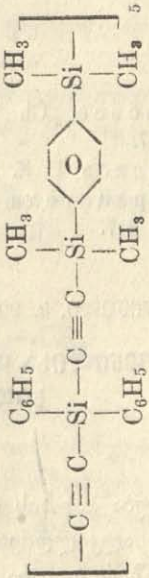
Аналогичным условием были получены олигомеры из диметил, метилвинил и дифенилдиэтинилсиланов.

(Физико-химические данные полученных олигомеров приведены в таблице).

Получение бис-(1,4-диметилсилилфениленхлордиметилсилил) ацетилена. К эфирному раствору $\text{MgRrC}\equiv\text{CMgRr}$ (из 4,8 г Mg) при охлаждении добавляли 0,7 г Cu_2Cl_2 , затем 70 г 1,4-бис-(диметилсилилхлор) бензола. Реакционную смесь нагревали в течение 10 часов, отгоняли эфир и осадок промывали малыми порциями эфира. Растворитель отделили фильтрованием и полученную жидкую часть фракционировали. Получена фракция 197° (1 мм 10,5 г), выход 21,92%, белые кристаллы с темп. плавления $67-68^\circ$.

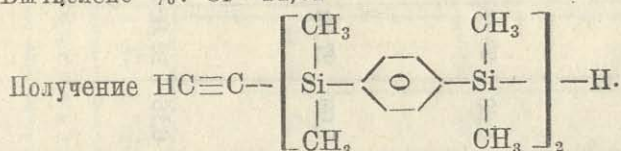
Таблица № 1

№	Формула олигомера	Выход %	Температ. размягчен.	Найдено			Вычислено				
				С%	Н%	Молекул. вес	С%	Н%	Молекул. вес		
1.	$\text{HC}\equiv\text{C}\left(\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{---Si---} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}\right)\text{---} \langle \text{---} \text{C}_6\text{H}_4 \text{---} \rangle \text{---} \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{---Si---} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \text{---} \text{C}\equiv\text{C}\text{---} \text{H} \quad 2$	7,69	67—69°	68,25 68,46	7,58 7,85	24,50 24,27	424	68,12	7,42	24,45	458
2.	$\text{HC}\equiv\text{C}\left(\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{---Si---} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}\right)\text{---} \langle \text{---} \text{C}_6\text{H}_4 \text{---} \rangle \text{---} \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{---Si---} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \text{---} \text{C}\equiv\text{C}\text{---} \text{H} \quad 3$	4,03	180—183°	67,32 67,25	7,86 7,58	24,40 24,56	651	67,25	7,96	24,77	674
3.	$\text{HC}\equiv\text{C}\left(\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{---Si---} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}\right)\text{---} \langle \text{---} \text{C}_6\text{H}_4 \text{---} \rangle \text{---} \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{---Si---} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \text{---} \text{C}\equiv\text{C}\text{---} \text{H} \quad 4$	20,14	90—92°	66,81 66,62	7,68 7,92	25,08 25,00	875	66,81	8,24	24,93	880
4.	$\text{HC}\equiv\text{C}\left(\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{---Si---} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}\right)\text{---} \langle \text{---} \text{C}_6\text{H}_4 \text{---} \rangle \text{---} \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{---Si---} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \text{---} \text{C}\equiv\text{C}\text{---} \text{H} \quad 5$	22,71	125—128°	66,34 66,47	7,68 7,48	25,26 24,81	1075	66,66	8,26	25,08	1096

5.	$\text{HC}\equiv\text{C}\left(\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{---Si---} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}\right)_6$ 	45—51	138—142°	66,92 66,84	8,02 7,85	25,18 25,29	1312	66,57	8,24	25,18	1312
6.	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{---C}\equiv\text{C---Si---C}\equiv\text{C---} \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{C}_6\text{H}_5 \quad \text{CH}_3 \end{array} \right]_4$ 	69,30	99—110°	64,45 64,66	7,65 7,48	27,67 27,86	1140	64,42	7,38	28,18	1192
7.	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{---C}\equiv\text{C---Si---C}\equiv\text{C---} \\ \quad \quad \\ \text{CH}_2 \quad \text{C}_6\text{H}_5 \quad \text{CH}_3 \end{array} \right]_5$ 	45,98		70,12 70,26	6,45 6,25	23,05 23,25	1823	70,00	6,66	23,33	1800
8.	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{---C}\equiv\text{C---Si---C}\equiv\text{C---} \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}=\text{CH}_2 \quad \text{CH}_3 \end{array} \right]_2$ 	52,49		65,85 66,00	7,47 7,28	26,69 26,85	660	65,80	7,09	27,09	620
9.	$\left[\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 \\ \\ \text{---C}\equiv\text{C---Si---C}\equiv\text{C---} \\ \quad \quad \\ \text{C}_6\text{H}_5 \quad \text{CH}_3 \quad \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \right]_5$ 	96,60		73,98 74,02	5,96 6,07	19,85 20,02	2566	73,93	6,16	19,90	2532

Найдено%: Cl—14,86; 14,95.

Вычислено %: Cl—14,82



К раствору $\text{MgBrC}\equiv\text{CH}$ в тетрагидрофуране по Джонсу (из 4,8 г Mg) добавляли 10 г $[\text{ClSi}(\text{CH}_3)_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{Si}(\text{CH}_3)_2\text{C}\equiv\text{C}]$. Реакционную

массу кипятили 2 часа, разлагали 10% NH_4Cl , экстрагировали эфиром и сушили над сульфатом натрия. При перегонке в вакууме в атмосфере аргона 208° (1 мм) получили 3,5 г вещества, выходом в 36,84% (см. таблицу)

Выводы

1. Взаимодействием 1,4-бис-(диметилсилилхлор) бензола на димагнийдидбромацетилен и димагнийдидбромэтинилсиланы получены олигомеры, содержащие в цепи чередующие фенольные звенья, ацетиленовые радикалы и атомы кремния.

2. Магнийорганическим синтезом получен бис-(хлордиметилсилил p-фенилендиметилсилил) ацетилен.

3. Проведено ИК спектральное исследование полученных соединений.

(Представлено 15. X. 1971)

Кафедра органической
химии

ЛИТЕРАТУРА

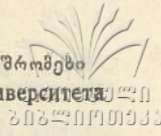
1. M. L. Losee, Ch. S. Kraihanzel S. Organometal. Chem., 1967, v. 10, № 3, 427—437.
2. А. М. Сладков, Е. К. Лунева, ЖОХ, 36 № 3, 1966, 553—556.
3. И. Н. Гвердцители, М. С. Мелуа, Т. П. Доксопуло, Сообщ. АНГССР, 62, 2, 1971, 317.

ი. გვერდუითელი, ვ. შელუა, თ. დოქსოპულო.

ფენილისა და აცეტილენის ჯგუფების შემცველი სილიციუმორგანული ნაერთები

(რ ე ზ ი უ მ ე)

აღწერილია 1,4-ბის (დიმეთილქლორსილილ) ბენზოლის მოქმედება აცეტილენის და დიალილდიეთინილისილანების დიმაგნიუმდობრომიდებზე, რის შედეგად სინთეზირებულია ოლიგომერები, რომლებიც ჯაჭვში შეიცავენ ფენილისა და აცეტილენის ჯგუფებს. მაგნიორგანული სინთეზით მიღებულია (ქლორდიმეთილსილილ-პ-ფენილენდიმეთილსილილ) აცეტილენი.



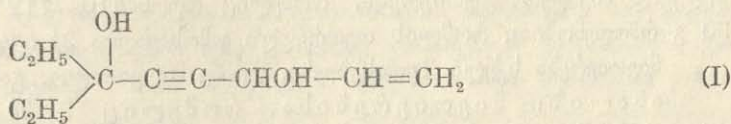
6-ეთილ-ოქტინ-4-ენ-1-დიოლი-3,6-ის სინთეზი და ჯოგინებით
 პარაქმენები

ა. ნოღაიძე, ძ. ძაგნიძე

ბოლო წლებში ჩვენ შევისწავლეთ რადიკალებისა და უჯერი კარბონილური ნაერთების აგებულების გავლენა γ -ენინგლიკოლების გამოსავალზე, ჰიდრირების სიჩქარესა და ხასიათზე (1, 2, 3, 4).

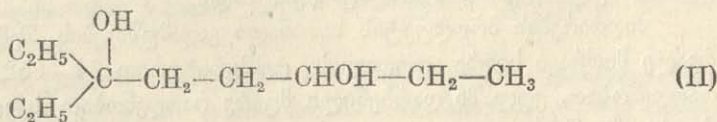
ამ მიმართულებით კვლევა-ძიების გასაგრძელებლად, კვლევის საგნად ავირჩიეთ დიეთილაცეტილენკარბინოლის მაგნიუმორგანული წარმოებულის მოქმედების შესწავლა აკროლენზე, მიღებული დიენინკარბინოლის გამოკვლევა-გარდაქმნების საფუძველზე.

კვლევის შედეგად მიღებულ იქნა 6-ეთილ-ოქტინ-4-ენ-1-დიოლი-3,6 (I):



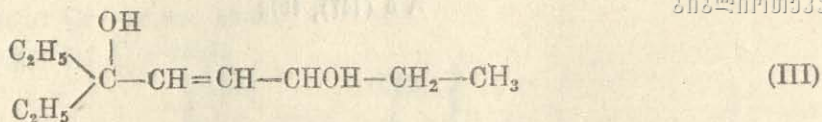
დიენინგლიკოლი (I) პლატინის შავით შედარებით ენერგიულად იერთებს 2 ატომ წყალბადს. 1 საათში უერთდება 6 ატომი წყალბადი ჰიდრირების რეაქციის თანდათანობით შენელებით. ეთილის რადიკალებმა მეთილის რადიკალებთან შედარებით თითქმის ორჯერ შეამცირეს ჰიდრირების სიჩქარე (I), რაც მის სივრცით გავლენაზე მიუთითებს.

ჰიდრირების შედეგად გამოყოფილ და შესწავლილ იქნა მეორად-მესამეული აგებულების ნაჯერი γ -გლიკოლი 3-ეთილ-ოქტა-დიოლი-3,6 (II):



საყურადღებო იყო Pd/CaCO₃-ის, როგორც კატალიზატორის, გავლენის შესწავლა ჰიდრირების პროცესზე. გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ ენინგლიკოლის (I) ჰიდრირების ხასიათი და სიჩქარე ეთანხმება იმ საერთო კანონზომიერებას, რომელიც დადგენილი იყო აკროლენიდან მიღებულ დიოლიკლიენინგლიკოლების ჰიდრირების დროს.

დიენინგლიკოლი ენერგიულად იერთებს 4 ატომ წყალბადს და ჰიდრირების ხელოვნურად შეწყვეტის შედეგად მიღებული და იდინტიფიცირებულია ეთილენური γ -გლიკოლი 3-ეთილ-ოქტენ-4-დიოლი-3-6 (III)



აგრეთვე შემჩნეულია აცეტილენის ჯგუფის შემცველი ნაერთის არსებობა მეორე ფრაქციაში, რომელიც დაუჰიდრირებელი დარჩენილი ენინგლიკოლი ან რომელიმე გარდამავალი პროდუქტი უნდა იყოს.

ამსპინინების ნაწილი

6-ეთილ-ოქტინ-4-ენ-1-დიოლი-3,6-ის სინთეზი. 20 გ მაგნიუმისა და 91 გ ეთილბრომიდისაგან მიღებულ მაგნიუმორგანულ ნაერთს ოთახის ტემპერატურაზე წვეთებით დაემატა 46 გ დიეთილაცეტილენილკარბინოლი, რომელიც განზავებული იყო ტოლ რაოდენობა მშრალ ეთერში. მეორე დღეს რეაქცია არევიტ გავაგრძელებთ ოთახის ტემპერატურაზე ერთ საათს და სარეაქციო ნარეგს, რომელიც გაცივებული იყო $-12-13^{\circ}$, წვეთობით დაემატა ტოლრაოდენობა მშრალ ეთერში განზავებული 23 გ აკროლენი. 12 საათის დაყოვნების შემდეგ არევა გავაგრძელებთ კიდევ ერთ საათს და დავშალეთ 26%-იანი ამონიუმის ქლორიდით, ეთერხსნარის გამოყოფის შემდეგ წყალხსნარიდან რამდენჯერმე ვაწარმოეთ ეთერით გამოწვლილვა. გაერთიანებული ეთერხსნარი ნატრიუმის სულფატზე გაშრობისა და ეთერის მოცილების შემდეგ ნაშთის 2 მმ წნევაზე რამოდენიმეჯერ გამოხდის შედეგად მივიღეთ ნივთიერება, რომელიც დუღს $110-112^{\circ}$ ტემპერატურაზე—23 გ რაოდენობით, რომლის თეორიული გამოსავალია 31,6%.

ნივთიერება სქელი ზეთისებური, ოდნავ მოყვითალო, გამჭვირვალე სითხეა.

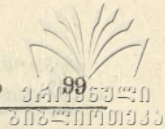
ანალიზი ნივთიერებისა, რომელიც 2 მმ წნევაზე დუღს $110-112^{\circ}$ -ზე. d_{20}^{20} 0,9936; n_D^{20} 1,481; MR_D 48, 12; გამოთვლილია 48, 96; ნაპოვნია % : C 71,57, 71,82; H 9,56; 10,11; OH 19,90. $C_{10}H_{16}O_2$. გამოთვლილია %: C 72,02; H 9,52; OH 20,36.

6-ეთილ-ოქტინ-4-ენ-1-დიოლი-3,6-ის ჰიდრირება პლატინის შავის მონაწილეობით. ჰიდრირებისათვის აღებული იყო 2,64 გ. ენინგლიკოლი, 50 მლ ეთილის სპირტი, 0,9 გ კატალიზატორი. 20° , 725 მმ, $3H_2$ 1166 მლ. ყოველ სამ წუთში გლიკოლმა შეიერთა წყალბადი (მლ-ში): 300,165, 90,66 და ა. შ. ერთ საათში სულ შეიერთა 1165 მლ წყალბადი.

ჰიდრირების პროდუქტის სათანადო გადამუშავების შემდეგ მივიღეთ გამჭვირვალე მოძრავი სითხე დუღილის ტემპერატურით $84-86^{\circ}$ 1 მმ წნევაზე, 1,8 გ რაოდენობით. კულაში დარჩენილი მცირე რაოდენობით სქელი ზეთი უნდა იყოს რეაქციაში შეუსვლელი გლიკოლი. იგი იძლევა აცეტილენისათვის დამახასიათებელ თვისებებით რეაქციას.

ანალიზი ნივთიერებისა, რომელიც დუღს $84-86^{\circ}$ 1 მმ წნევაზე. d_{20}^{20} 0,8866; n_D^{20} 1,44445; MR_D 52,17; გამოთვლილია 51,33. ნაპოვნია % : C 68,10, 68,42; H 13,38; 13,05; OH 20,28. $C_{10}H_{22}O_2$. გამოთვლილია %: C 68,96; H 12,64; OH 19,63.

6-ეთილ-ოქტინ-4-ენ-1-დიოლი-3,6-ის ჰიდრირება $Pd/CaCO_3$ -ის მონაწილეობით $2H_2$ მიერთებამდე.



რეაქციისათვის აღებული იყო 2,67 გ გლიკოლი, 50 მლ ეთილის სპირტი, 0,5 გ კატალიზატორი, 25°, 723 მმ, 2H₂ 837,7 მლ. ყოველ სამ წუთში გლიკოლმა შეიერთა წყალბადი (მლ-ში): 445, 350, 55, სულ შეიერთა 9 წუთში 838 მლ, რის შემდეგაც რეაქცია შეჩერებულ იქნა ხელოვნურად (სულ სამი ცდის დროს დავაპირდით 6,8 გ გლიკოლი).

ჰიდრირების პროდუქტის სათანადო დამუშავების შემდეგ მიღებული იყო 2 მმ წნევაზე ფრაქციები დუდილის ტემპერატურით 78—80° (1) და 95—100° (II), რომელთაგან პირველი გამჭვირვალე მოძრავი სითხეა, მეორე კი შედარებით სქელი სითხე, დაახლოებით 2,5 გ-მდე, რომელიც იძლევა აცეტილენისათვის დამახასიათებელ რეაქციას. სამი ცდის შედეგად 6,8 გ-დან მიღებული იყო პირველი ფრაქცია 4 გ-მდე, ხოლო მეორე—2,5 გ-მდე.

ანალიზი ნივთიერებისა, რომელიც დუღს 78—80° 22 მმ წნევაზე. d₂₀²⁰ 0,9028; n_D²⁰ 1,448; MR_D 51,22; გამოთვლილია 50,96.

ნაპოვნია %: C 69,44, 69,14; H 12,64 12,31; OH 19,79. C₁₀H₂₀O₂ გამოთვლილია % : C 69,76; H 11,62; OH 19,88.

დაქანგვა ნივთიერებისა დუღ. ტემპერატურით 78—80°. დაქანგვისათვის აღებული იყო ნივთიერება 1,8 გ, პოტაში 0,8 გ. რეაქცია ჩავატარეთ ოთახის ტემპერატურაზე (23°). დაქანგვა დამთავრდა 2 საათში. სარეაქციო ნარევის 24 საათის დაყოვნების შემდეგ მანგანუმის ქანგი ხსნარს დავაცილეთ გაფილტვრით, ხოლო ნალექი რამდენჯერმე ჩავრეცხეთ ცხელი წყლით. წყალხსნარი ავავორთქლეთ მცირე მოცულობამდე, შევამჯავეთ განზავებული (15%) H₂SO₄ და გამოვწვლილეთ რამდენჯერმე ეთერით. ეთერხსნარის ნატრიუმის სულფატზე გაშრობისა და ეთერის მოცილების შემდეგ, ოდნავ განზავებულ ეთერხსნარში გავატარეთ მშრალი ამონიაკი, რის შედეგადაც თანდათანობით შესამჩნევი გახდა კრისტალების გამოყოფა. დაუმატეთ მას მცირე რაოდენობით წყალი და შემდეგ ვერცხლის ნიტრატის ნაჯერი ხსნარი, რამაც გამოიწვია ნალექის წარმოქმნა, იგი გაცხელებით არ შავდება.

C₄H₇O₃Ag-ის მარილის ანალიზი. მარილი 0,0142:0,0071 გ Ag ნაპოვნია %: Ag 50,0; გამოთვლილია Ag 51,18.

დასკვნები

კვლევის შედეგად სინთეზირებულია 6-ეთილ-ოქტინ-4-ენ-1-დიოლი-3,6 და შესწავლილია მისი ჰიდრირების ხასიათი კატალიზატორების—პლატინისა და პალადიუმის მონაწილეობით.

დადგენილია, რომ ეთილის რადიკალები მხოლოდ ანელებს რეაქციის სიჩქარეს პლატინის შავის მონაწილეობის დროს, ჰიდრირების ხასიათი კი სხვა ჰომოლოგების ანალოგიური რჩება. 6 ატომი წყალბადის მიერთების შედეგად აღწერილია ნაჯერი γ-გლიკოლი.

კატალიზატორ Pd/CaCO₃-ის მონაწილეობის დროსაც ჰიდრირების ხასიათი წინა ჰომოლოგების ანალოგიურია, 4 ატომი წყალბადის ენერგიულად მიერთებისა და რეაქციის სიჩქარეში საგრძნობი გარდატეხის გამო გამოყოფილი და დახასიათებულია ეთილენური γ-გლიკოლი.

(წარმოდგენილია 5. XI. 1971)

მაღალმოლეკულური ნაერთების
ქიმიის კათედრა

შიგნითი მუშაობა

1. А. И. Ногайдели, К. Я. Дзагнидзе и Уридия, ЖОХ, 25, 2225 (1965).
2. А. И. Ногайдели, К. Я. Дзагнидзе, Т. Пагава и Т. Кверенчиладзе, ЖОХ, 29, 123 (1959).
3. А. И. Ногайдели, К. Я. Дзагнидзе и Р. Пагава, ЖОХ 29, 116 (1958).
4. А. И. Ногайдели, К. Я. Дзагнидзе, სსრ მემოარი, 126, 279 (1968).

А. И. НОГАЙДЕЛИ, К. Я. ДЗАГНИДЗЕ

СИНТЕЗ И НЕКОТОРЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ 6-ЭТИЛ-ОКТИН-4-ЕН-1-ДИОЛА-3-6

(Резюме)

В настоящее время синтез и превращение непредельных соединений приобретает большое значение. Подобные соединения и продукты их превращения широко применяются в различных отраслях народного хозяйства.

Целью нашей работы был синтез и превращение енингликоля-6-этил-октин-4-ен-1-диола-3,6.

Указанный енингликоль был синтезирован из магнийбромдиэтилэтилалкоголята и акролейна обычным путем.

Гидрированием указанного гликоля в присутствии платиновой черни получен и охарактеризован предельный γ -гликоль, а в присутствии же палладиевого катализатора—этиленовый γ -гликоль, однако в данном случае енингликоль энергично присоединяет 4 атома водорода, после чего скорость реакции заметно падает. При этом енингликоль при гидрировании в основном проявляет свойства предыдущих гомологов.



**ალკილქლორ- და ჰიდრიდსილანების მოქმედება 2,3-დიმეტილ-
 ჰეპტინ-4-ენ-6-დიოლი-2,3-ზე**

ა. ნოლაიძელი, ნ. რთველიაშვილი

აცეტილენისა და ვინილაცეტილენის რიგის ოქსინაერთებზე ტრიალკილპიდ-რიდსილანების მოქმედებით Pt/c და H₂PtCl₆-ის მონაწილეობით ეთილენური და დიეთილენური სილიციუმშემცველი სპირტები მიიღება (2). დადგენილია, რომ ვინილეთინილკარბინოლების შემთხვევაში საწყისი პროდუქტის აგებულება გარკვეულ გავლენას ახდენს მხოლოდ სამიზნო პროდუქტის გამოსავალზე.

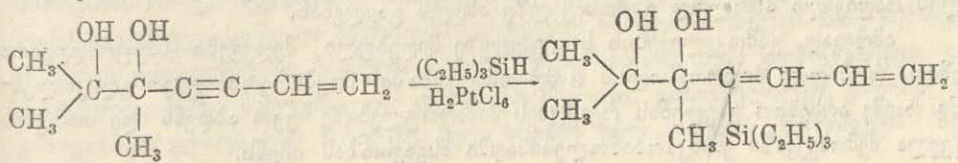
მესამეული აცეტილენური γ-გლიკოლები Pt/c შემთხვევაში სილიციუმის შემცველ ეთილენურ სპირტებს იძლევიან, ხოლო მეორადები რთულ ნარევეს წარმოქმნიან. H₂PtCl₆-ის მონაწილეობისას ყველა შემთხვევაში ალკილჰიდრიდსილანის მიერთება ხდება სამმაგ ბმასთან შესაბამისი ეთილენური ან დიენური სილიციუმის შემცველი ნაერთების წარმოქმნით.

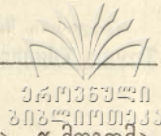
ვინილეთინილკარბინოლებზე დიალკილდიქლორისილანის მოქმედების შედეგად, პირიდინის არეში, დადგენილია, რომ მოქმედი რეაგენტი შედის რეაქციაში როგორც ერთ მოლეკულა კარბინოლთან, ისე ერთდროულად ორ მოლეკულასთან შესაბამისი პროდუქტების წარმოქმნით (3).

უჯერი ოქსინაერთებიდან შეუსწავლელი იყო α-ენინგლიკოლები, რისთვისაც ჩვენ მიზნად დავისახეთ შეგვესწავლა ვინილეთინილ α-გლიკოლებზე ალკილჰიდრიდსილანებისა და ალკილქლორისილანების მოქმედება.

გამოკვლეულ იქნა α-ენინგლიკოლზე—2,3-დიმეთილჰეპტინ-4-ენ-6-დიოლი-2,3-ზე (4) ტრიეთილჰიდრიდი-, ტრიმეთილქლორ-, დიმეთილდიქლორ და მეთილფენილდიქლორისილანების მოქმედება.

სსენებულ α-ენინგლიკოლზე ტრიეთილჰიდრიდსილანის მოქმედების შედეგად H₂PtCl₆-ის თანდასწრებით სპირტსნარში მიღებულ იქნა ძირითადი ნივთიერება დულ. ტემპერატურით 126—127° 1 მმ წნევაზე და აგრეთვე β-გახლეჩის პროდუქტები. ელემენტური და სპექტრალური ანალიზით დადგენილია, რომ ჰიდრიდსილანის მიერთება ხდება ვინილეთინილკარბინოლების ანალოგიურად სამმაგ ბმასთან შესაბამისი დიენური სილიციუმორგანული გლიკოლის წარმოქმნით.

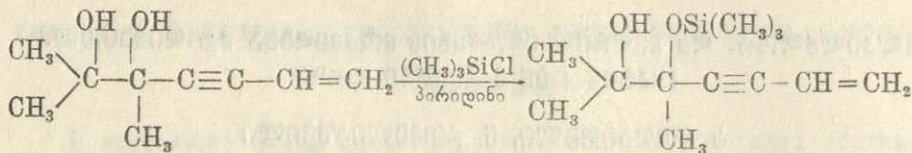




რომლის გამოსავალი 38%-ია.

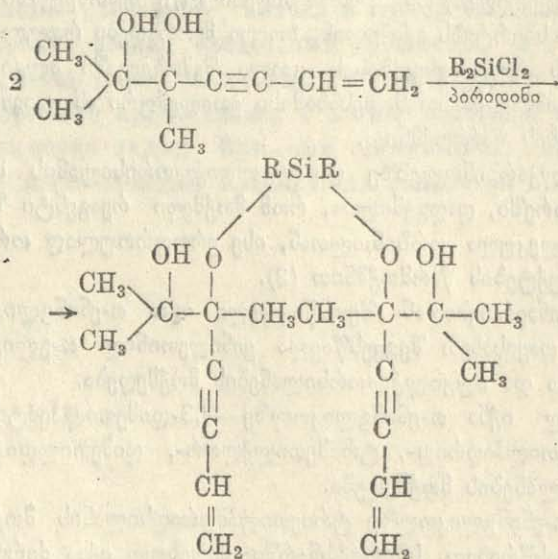
ამრიგად, ირკვევა, რომ ჰიდროქსილის ჯგუფების მდებარეობა, α -მდგომარეობაში ვინილაცეტილენის ჯგუფზე რაიმე შესამჩნევ გავლენას ვერ ახდენს და რეაქცია ვინილეთინილიკარბინოლების მსგავსად მიმდინარეობს.

ტრიმეთილქლორსილანის α -ენინგლიკოლზე მოქმედების შედეგად მიღებულ იქნა ბლანტი სითხე დულ. ტემპერატურით 123—125°, 3 მმ წნევაზე. ანალიზით დადასტურდა, რომ რეაქციაში შედის მხოლოდ ერთ-ერთი ჰიდროქსილის ჯგუფი, რის გამოც მონოსილიციუმის ეთერი წარმოიქმნება სქემის მიხედვით:



რომლის გამოსავალი 34%-ია.

დიდ ინტერესს იწვევდა დილიკილ (არილ) დიქლორსილანების მოქმედების მექანიზმის გამორკვევა, რადგან მოსალოდნელი იყო ციკლური ეთერის წარმოქმნა α -ჰიდროქსილების ხარჯზე. ჩატარებული გამოკვლევის შედეგად დადგენილ იქნა, რომ რეაქცია ძირითადად მიმდინარეობს ორი მოლეკულა α -ენინგლიკოლის თითო ჰიდროქსილის ხარჯზე სქემის მიხედვით:



დიმეთილდიქლორსილანის შემთხვევაში მიღებული ნაერთი დულს 110°—112° 4 მმ წნევაზე. მისი გამოსავალი 26,5%-ია.

მეთილფენილდიქლორსილანის დროს მიღებული შენაერთის დულ. ტემპ. 141—142° 1 მმ წნევაზე. იგი გამკვირვალე სითხეა. გამოსავალი 15%-ია. ფენილის რადიკალი მხოლოდ გამოსავალზე ახდენს გავლენას.

ამრიგად, გამოკვლევების საფუძველზე მიღებული შედეგები საყურადღებოა იმით, რომ ორი ჰიდროქსილის α -მდგომარეობაში მდებარეობა უჯერ გლიკოლებში რაიმე არსებით გავლენას რეაქციის მიმართულებაზე ვერ ახდენს და თითქმის ყველა შემთხვევაში ენინკარბინოლებისადმი მსგავსობას იჩენს.

ამავე დროს საყურადღებოა ისიც, რომ ალკილქლორსილანების შემთხვევაში ერთ-ერთი ჰიდროქსილი რეაქციაში მონაწილეობას არ ღებულობს, რაც პირველად ნაჩვენებია ჩვენ მიერ.

ექსპერიმენტული ნაწილი

ტრიეთილჰიდრიდსილანის მოქმედება 2,3-დიმეთილ-ჰეპტინ-4-ენ-6-დიოლი-2,3-ზე. მრგვალიძირა კოლბაში, რომელსაც მორგებული ჰქონდა მექანიკური სარეველა, უკუშაცივარი და საწვეთი ძაბრი მოვათავსეთ 11 გ α -ენინგლიკოლი, რამდენიმე წვეთი (0,5 მლ) H_2PtCl_6 გახსნილი იზოპროპილის სპირტში. საწვეთი ძაბრიდან მექანიკური მორევის პირობებში დავემატებთ 8,5 გ ტრიეთილსილანი, სარეაქციო ნარევი ვაცხელებთ 24 საათის განმავლობაში 50—60°-მდე. რეაქციის დამთავრების შემდეგ მიღებული პროდუქტი გამოვხადეთ ვაკუუმზე 1 მმ წნევაზე და მივიღეთ ფრაქცია: 45—48° (I) 115—120° (II) და 126—129° (III).

მეორე ფრაქცია (II) რეაქციაში შეუსვლელ გლიკოლს წარმოადგენს, ხოლო მესამე ფრაქცია (III) განმეორებით 1 მმ წნევაზე გამოხდით დუღს 126—127°-ზე, რომლის რაოდენობა 4 გრამია, რაც თეორიულს 38%-ს შეადგენს.

ანალიზი სითხისა დუღ. ტემპ. 126—127° (1 მმ). d_4^{20} 0,9689; n_D^{20} 1,5009, MR_D 82,34. გამოთვლილია 83,37. ნაპოვნია %: C 67,63; H 11,51, Si 11,39 OH 12,60; $C_{15}H_{30}O_2Si$. გამოთვლილია %: C 66,62; H 11,14; Si 10,35; OH 11,74.

ტრიმეთილქლორსილანის მოქმედება 2,3 დიმეთილ-ჰეპტინ-1-ენ-6-დიოლი-2,3-ზე. კოლბაში მოვათავსეთ 10 გ ენინგლიკოლი, დავუმატეთ მცირე რაოდენობა აბსოლიტური ეთერი, 10,4 მლ პირიდინი და 16,6 მლ ტრიმეთილქლორსილანი. მუდმივი მორევის პირობებში კოლბას ვაცხელებდით 60—70°-მდე 8 საათის განმავლობაში. მივიღეთ ორი ფენა: ზედა ეთერხსნარი, რომელიც გადმოვიტანეთ დეკანტაციით, ხოლო ქვედა ფენა ნალექი დავშალეთ წყლით, გამოვწვლილეთ ეთერით, ეთერხსნარი გავაშრეთ ვლაუბერის მარილზე. წყალგამონაწვლილი ეთერის მოშორების შემდეგ გამოიხდა 3 მმ წნევაზე 123—125°-ზე. მივიღეთ 5 გ., რაც თეორიული გამოსავლის 34%-ს შეადგენს.

დუღ. ტემპ. 123—125 (3 მმ); d_4^{20} 0,8843; n_D^{20} 1,4503; MR_D 68,58. გამონაგარი შებუღლია 67,48.

ნაპოვნია %: C 68,78; H 9,43; Si 12,09. OH 8,14. $C_{12}H_{22}O_2Si$.

გამონაგარი შებუღლია %: C 63,78; 9,53; Si 12,31; OH 8,41.

ეთერხსნარის (ზედაფენის) გამოხდის შედეგად მიღებული ნივთიერების ფიზიკურ-ქიმიური კონსტანტები ემთხვევა ზემოთ აღწერილს. ნივთიერება ორივე შემთხვევაში მიიღება ერთი და იმავე დუღ. ტემპ. 123—125°, იგი უფრო გამჭვირვალე ბლანტი სითხეა.

დიმეთილდიქლორსილანის მოქმედება 2,3-დიმეთილ-ჰეპტინ-4-ენ-6-დიოლი-2,3-ზე. α -ენინგლიკოლის, მცირე რაოდენობით, აბსოლუტური ეთერის და 8,5 მლ პირიდინის ნარევის მექანიკური მორევის პირობებში 4,6 მლ. დიმეთილდიქლორსილანი დავუმატეთ საწვეთი ძაბრიდან. სარეაქციო ნარევი ვაცხელებთ 60—70°-მდე. 8 საათის განმავლობაში, მივიღეთ 2 ფენა. ზედა სითხის ფენა გადმოვიტანეთ დეკანტაციით, ქვედა ნალექის ფენა დავშალეთ წყლით, გამოვწვლილეთ ეთერით და გამოვაშრეთ ვლაუბერის მარილზე. ზედა სითხის ფენა ეთერის მოშორების შემ-



დღე გამოვხადეთ ვაკუუმზე-4 მმ წნევაზე. მივიღეთ 2 ფრაქცია—91—92°C (0,5 მგ) და 107—110° (4,4 გ).

დულ. ტემპ. 107—110° (4 მმ); d_D^{20} 1,006, n_D^{20} 1,4783; MR_D 102,963. გამოანგარიშებულია MR_D 101,4.

ნაპოვნია %: C 65,32; H 9,80; Si 834; OH 10,16. $C_{20}H_{32}O_4Si$.

გამოთვლილია %: C 65,75; H 8,79; Si 7,69; OH 10,51.

მეთილ-ფენილ-დიქლორსილანის მოქმედება 2,3-დიმეთილ-ჰეპტინ-4-ენ-6-დიოლ-2,3-ზე. 15 გ α -ენინგლიკოლის, 15 გ პირიდინისა და 18,5 გ მეთილ-ფენილ-დიქლორსილანის ნარევი მექანიკური მორევის პირობებში ვაცხელებთ 8 საათის განმავლობაში 40—44°-მდე. რეაქციის დამთავრების შემდეგ მივიღეთ 2 ფენა. ზედა ეთერიანი ფენა გადმოვიტანეთ დეკანტაციით, ხოლო ქვედა ნალექი დავშალეთ წყლით, გამოვწვლილეთ ეთერით და გაერთიანებული ეთერხსნარი გამოვავრეთ გლაუბერის მარილზე, რომელიც 1 მმ ძირითადად გამოიხდა 141—143°-ზე (6 გ), იგი არის გამჭვირვალე მოყვითალო ფერის სითხე.

დულ. ტ. 141—143° (1 მმ); d_4^{20} 1,0442; n_D^{20} 1,5211; MR_D 124,64

გამოანგარიშებულია MR_D 124,59.

ნაპოვნია %: C 69,88; H 8,12; Si 7,86; OH 7,88. $C_{25}H_{34}O_4Si$.

გამოანგარიშებულია %: C 70,38; H 8,03; Si 6,55; OH 7,34.

2,3-დიმეთილ-ჰეპტინ-4-ენ-6-ოლ-2,3 ტრიმეთილსილოქსის ჰიდრირება Pd/CaCO₃ თანდასწრებით.

2 გ ნივთიერების 50 მლ ეთილის სპირტში ჰიდრირებისას H_2PtCl_6 -ის თანდასწრებით შთანთქა 820 მლ წყალბადი (t 21°, P 724 მმ). გამოანგარიშებულია 782 მლ წყალბადი. დამუშავების შემდეგ პროდუქტი გამოიხდა 8 მმ წნევაზე 121—122°-ზე. იგი გამჭვირვალე ფერის სითხეა.

ანალიზის შედეგად დადასტურდა, რომ ჰიდრირების პროდუქტია ნაჯერი α -გლიკოლი.

დასკვნა

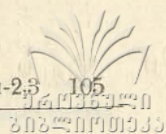
შესწავლილია ენინგლიკოლზე ალკილჰიდრიდსილანის, კერძოდ ტრიეთილ-ჰიდრიდსილანის მოქმედება H_2PtCl_6 -ის მონაწილეობით. დადგენილია, რომ მიიღება სამმაგაკავშირთან მიერთების პროდუქტი 2,3-დიეთილ-4 ტრიეთილსილოციუმ-ჰეპტადიენ-4,5-დიოლი-2,3.

შესწავლილია აგრეთვე 2,3-დიეთილ-ჰეპტინ-4-ენ-6-დიოლი-2,3 და ტრიმეთილქლორსილანის ურთიერთქმედება პირიდინის არეში და დადგენილია, რომ α -ენინგლიკოლის მხოლოდ ერთი ჰიდროქსილი მონაწილეობს რეაქციაში მონოსილიციუმანი ეთერის 2,3-დიმეთილ-ჰეპტინ-4-ენ-6-ოლ-2,3-ტრიმეთილსილოქსის წარმოქმნით. ჩატარებულია მიღებული ეთერის ჰიდრირება Pd/CaCO₃-ის თანდასწრებით, რაც იწვევს α -ენინგლიკოლის რეგენერაციას.

ენინგლიკოლი დიმეთილქლორ-და მეთილ-ფენილ-დიქლორსილანთან ურთიერთქმედებისას პირიდინის არეში იძლევა სილოქსანური ფორმის ნაერთს; რეაქცია ძირითადად მიმდინარეობს ორი მოლეკულა ენინგლიკოლის თითო ჰიდროქსილის ხარჯზე გლიკოლის მოლეკულის გაორმაგებით.

(წარმოდგენილია 5. XI. 1971)

მაღალმოლეკულური ნაერთების
ქიმიის კათედრა



შ 0 0 0 6 0 0 0 0 0

1. А. Д. Петров, И. М. Гвердцители, К. И. Черкезишвили, Труды Тбилисского гос. университета, т. 74, 121 (1959).
2. А. Д. Петров, И. М. Гвердцители, К. И. Черкезишвили, ДАН, 129, № 4 (1959).
3. И. М. Гвердцители, К. И. Черкезишвили, Ш. А. Самсония, Труды Тбилисского гос. университета, т. 104, 307 (1964).
4. И. Н. Назаров, И. В. Торгов, Изв. АН СССР, ОХН, 123 (1943).

А. И. НОГАЙДЕЛИ, Н. А. РТВЕЛИАШВИЛИ

ДЕЙСТВИЕ АЛКИЛХЛОРА И АЛКИЛГИДРИДСИЛАНОВ НА
2,3-ДИМЕТИЛГЕПТИН-4-ДИОЛ-2,3

(Резюме)

Изучен ряд производных винилацетиленового ряда. В работе освещены действия алкилгидрид- и хлорсиланов на винилэтинил- α -гликоль. Установлено, что присоединением алкилгидридсилана образуется продукт присоединения на ацетиленовой группе. α -енингликоль при действии хлорсиланов образует продукт силоксанового ряда за счёт гидроксильных групп. Все указанные вещества нами впервые синтезированы.

К ВОПРОСУ О ВЗАИМНОЙ РАСТВОРИМОСТИ НЕКОТОРЫХ ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ (УГЛЕВОДОРОД-СПИРТ-ВОДА)

В. И. КОКОЧАШВИЛИ, Л. М. СЕПИАШВИЛИ, А. А. ГРИГАЛАШВИЛИ

Свойство третьего компонента при добавлении изменять взаимную растворимость компонентов бинарной смеси находит большое применение на практике. Трехкомпонентные системы используются в минералогии, в галургии, для разделения смесей (1), для увеличения взаимной растворимости жидкостей (2), а также для решения целого ряда других практических задач.

Этим обусловлен интерес к изучению условий равновесия в трехкомпонентных системах.

Нами проведено исследование взаимной растворимости некоторых жидких трехкомпонентных систем.

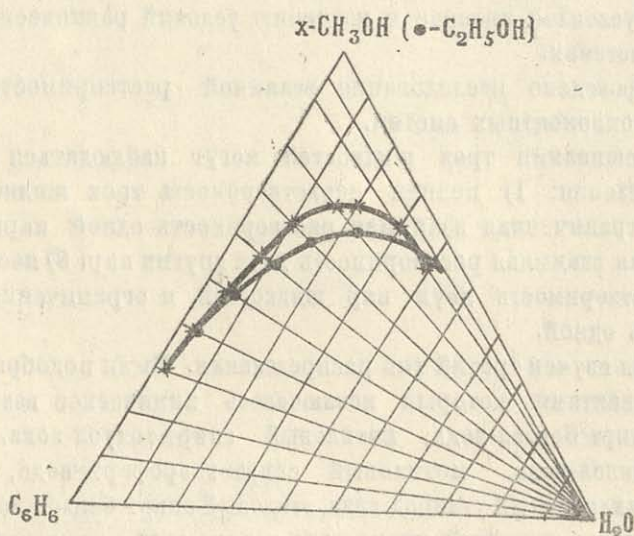
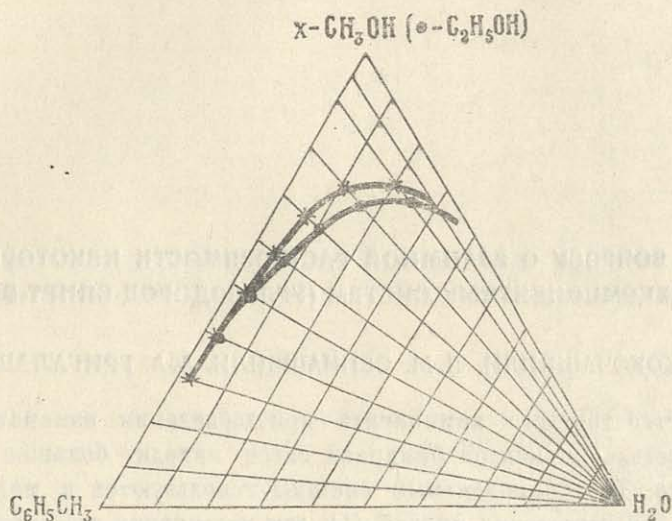
При смешивании трех жидкостей могут наблюдаться 3 основных типа распределения: 1) полная нерастворимость трех жидкостей друг в друге, 2) неограниченная взаимная растворимость одной пары жидкостей и ограниченная взаимная растворимость двух других пар, 3) неограниченная взаимная растворимость двух пар жидкостей и ограниченная взаимная растворимость одной.

Нами был изучен третий тип распределения. Были подобраны системы, между компонентами которых исключалось химическое взаимодействие: метиловый спирт-бензол-вода, метиловый спирт-толуол-вода, метиловый спирт-пара-ксилол-вода, метиловый спирт-хлороформ-вода, метиловый спирт-четырёххлористый углерод-вода, этиловый спирт-бензол-вода, этиловый спирт-толуол-вода, этиловый спирт-пара-ксилол-вода, этиловый спирт-хлороформ-вода, этиловый спирт-четырёххлористый углерод-вода.

Изучение растворимости проводилось в изотермических условиях методом титрования. К гомогенным бинарным растворам разных составов добавлялся третий компонент, неограниченно растворимый в одном компоненте и ограниченно—в другом. Добавление третьего компонента производилось до появления мути, что указывало на переход гомогенной системы в двухфазовую. Диаграммы состояния соответствующих трехкомпонентных систем представлены на рис. 1—5.



Участки, расположенные в правых частях треугольных диаграмм и ограниченные кривыми, полученными соединением точек, соответствующим



появлению мути, относятся к гетерогенным областям систем. Это те области, в которых взятое количество спирта—метилового или этилового—недостаточно для образования гомогенных систем со следующими смесями разного состава: вода-бензол, вода-толуол, вода-пара-ксилол, вода-хлороформ, вода-четырёххлористый углерод.

Таким образом, количество воды, необходимое для гетерогенизации гомогенных бинарных растворов уменьшается от систем, содержащих бен-

вол к системам с пара-ксилолом. Следовательно, чем выше степень замещения в бензольном кольце, тем меньше взаимная растворимость пар и тем больше их растворимость в воде, что по-видимому объясняется ростом

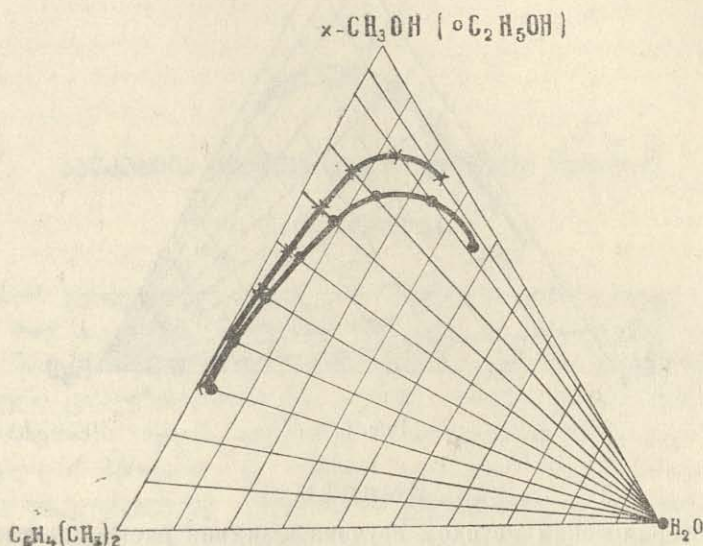


Рис. 3.

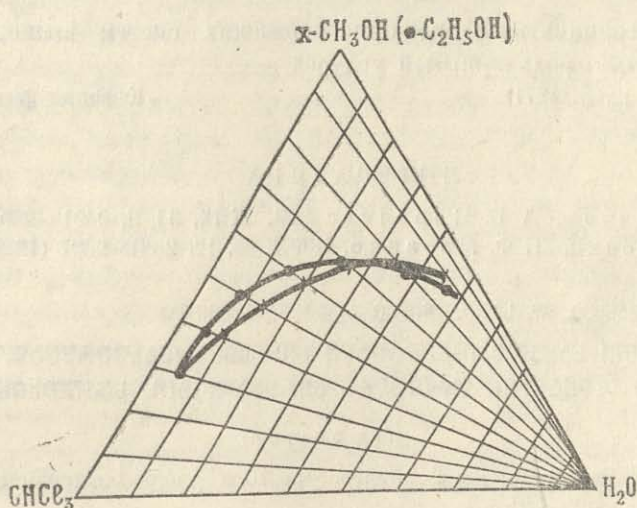


Рис. 4.

полярности компонентов от бензола к пара-ксилолу. Хлороформсодержащие системы отличаются более высокой взаимной растворимостью, чем системы, содержащие четыреххлористый углерод.

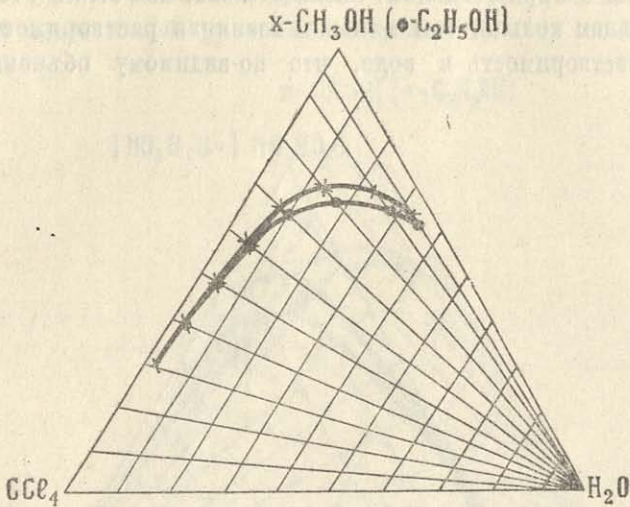


Рис. 5.

Выводы

1. Изотермическим методом изучена взаимная растворимость 10 жидких трехкомпонентных систем.

2. В смесях бензола, толуола и пара-ксилола со спиртом их взаимная растворимость тем меньше, чем больше степень замещения в бензольном кольце.

3. Растворимость хлороформсодержащих систем выше, чем систем, содержащих четыреххлористый углерод.

(Представлено 12. X. 1971)

Кафедра физической химии

ЛИТЕРАТУРА

1. И. А. Смирнова, А. Г. Морачевский, ЖПХ, 33, II, 2391—2397 (1953)
2. В. В. Удовенко, Т. Ф. Мазанко, ЖФХ, 38, 12, 2384—2397 (1964)

ვ. კოკოჩაშვილი, ლ. სეფიაშვილი, ა. გრივალაშვილი

ზოგიერთი სამკომპონენტო სისტემის (ნახშირწყალბადი — სპირტი — წყალი) ურთიერთშეკავადობის საკითხისათვის

(რ ე ზ ი უ მ ე)

იზოთერმული მეთოდით შესწავლილია 10 თხევადი სამკომპონენტო სისტემის ურთიერთხსნადობა.

რაც უფრო მეტია ჩანაცვლება არომატულ ბირთვში, მით უფრო ნაკლებია ბენზოლის, ტოლუოლისა და პარა-ქსილოლის ურთიერთხსნადობა სპირტთან.

ქლოროფორმის შემცველი სისტემები უფრო კარგად ხსნადია, ვიდრე ოთხ-ქლოროანი ნახშირბადის შემცველი სისტემები.

კავკასიის ტექტონიკის ზოგიერთი საკითხი

პ. ბამყრელიძე

კავკასიის გეოლოგიური აგებულების შესწავლა თანამედროვე დონეზე აყენებს მთელ რიგ საკითხებს, რომლებიც დაზუსტებასა და ახლებურად გააზრებას მოითხოვს. მათგან პირველ რიგში ყურადღებას იპყრობს კავკასიაში ძირითადი ოროგენეტული ციკლების გამოვლენის საკითხი, რომელიც ბოლო დრომდე აზრთა დიდ სხვადასხვაობას იწვევს. მკვლევარების უმრავლესობა (8,9) კავკასიაში გამოყოფს ბაიკალურ, ჰერცინულ და ალპურ ოროგენეტულ ციკლებს და, ამრიგად, ფაქტიურად უგულებელყოფს კალედონური ციკლის როლს. ცნობილია, რომ დედამიწის გეოლოგიური განვითარების ისტორიაში ამ ციკლს ძალიან დიდი მნიშვნელობა აქვს და მასთან მათა მრავალი სისტემის წარმოშობა დაკავშირებული. მაგრამ ისმის კითხვა, განა მხოლოდ ძლიერი ოროგენეტული მოძრაობები და ნაოჭა მათა სისტემების წარმოშობა აპირობებს ოროგენეტული ციკლების გამოყოფას? პირველად ოროგენეტული ციკლები გამოყოფილ იქნა ფრანგ გეოლოგ მ. ბერტრანის მიერ ევროპისა და ჩრდილოეთ ამერიკის მაგალითზე; მან დაადგინა ტექტონიკურ მოძრაობათა პერიოდული კანონზომიერი ცვლა და გამოყო ჰურონული (ახლებურად — ბაიკალური), კალედონური, ჰერცინული და ალპური ოროგენეტული ციკლები. მისი გაგებით, თითოეული ოროგენეტული ციკლისათვის დამახასიათებელია თავდაპირველად ვეოსინკლინის ჩასახვა, ინტენსიური დაძირვა და დიდი სისქის გარკვეული ტიპის ნალექების დაგროვება, ხოლო შემდეგ ძლიერი დანაოჭება და მათა სისტემების წარმოშობა. იგულისხმებოდა, რომ ციკლები ერთიმეორისაგან მკვეთრად არის გამიჯნული რეგიონალური მასშტაბის უთანხმოებებით. მაგრამ შემდგომმა კვლევამ დაგვანახვა, რომ ოროგენეტული ციკლები ყველგან და ყოველთვის არ არის ერთმანეთისაგან მკვეთრად გამიჯნული; ხშირად ერთი ციკლი მეორეს უწყვეტლივ აგრძელებს, ანდა ერთი და იმავე ციკლის დასაწყისი და დასასრული დროულად ყველგან ერთმანეთს არ ემთხვევა. სწორედ ამის გამო გამოყოფის პოლიციკლური განვითარების მქონე ნაოჭა სისტემები. ნაოჭა სისტემების პოლიციკლური განვითარების კარგ მაგალითს წარმოადგენს კავკასიის სამხრეთი ფერდის ნაოჭა სისტემა, სადაც ჰერცინულ ციკლს უწყვეტად ალპური ციკლი აგრძელებს.

მ. ბერტრანის აზრით, ჰურონული (ბაიკალური) ოროგენეტული ციკლი კამბრიულის წინ — პროტეროზოულის ბოლოს სრულდება. კალედონური ციკლი, მისი გაგებით, მოიცავს ქვედაპალეოზოურს (კამბრიულს, ორდოკიციულსა და სილურულს), ჰერცინული — შუა და ზედა პალეოზოურს, ხოლო ალპური — მეზოკაი-



ნოზოურს. ამჟამად, მკვლევართა შორის გავრცელებული შეხედულების მიხედვით ბაიკალური ციკლი ქვედა კამბრიულსაც მოიცავს.

კავკასიონზე დგინდება ქვედა პალეოზოურის ვადასვლა შუა პალეოზოურში და ამ უკანასკნელისა—ქვედა კარბონულში მნიშვნელოვანი ოროგენეტიკული მოძრაობის გარეშე. ამიტომ კავკასიის მკვლევარები ქვედა პალეოზოურს და მთელ შუა და ზედა პალეოზოურს ჰერცინულ ოროგენეტიკულ ციკლში აერთიანებენ. ამგვარად, კალედონური ციკლი სრულიად ამოვარდნილია და მისი შესატყვისი გეოლოგიური ფორმაციები სხვა ციკლებისათვის არის მიკუთვნებული. მაგრამ თუ ასეთ მსჯელობას მიყვებით, კავკასიონის სამხრეთი ფერდის ნაოჭა სისტემაში (სვანეთის გეოსინკლინში) ჰერცინული ციკლიც არ უნდა გამოგვეყო და აქ მხოლოდ ალპურ ციკლზე უნდა გველაპარაკა, რადგან შუა და ზედა პალეოზოურის გეოსინკლინური რეჟიმი აქ მნიშვნელოვანი ოროგენეტიკული მოძრაობების გარეშე გრძელდება ალპურში. ვინაიდან კავკასიონზე არ ჩანს კალედონური ციკლის მნიშვნელოვანი ოროგენეტიკული მოძრაობები, ჩვენი აზრით, უძვობესი იქნებოდა გამოგვეყო კალედონურ-ჰერცინული ოროგენეტიკული ციკლი ანდა ცალკე—ქვედა პალეოზოური დრო, როგორც ანოროგენეტიკული ეტაპი. ამრიგად, ოროგენეტიკული ციკლის შესაბამისი დრო შესაძლებელია ბოლომდე სუსტად ოროგენეტიკული ან საერთოდ ანოროგენეტიკულიც იყოს.

მეორე საკითხი, რომელზეც გვინდა ყურადღება შევაჩეროთ, არის დიზის სერიისა და მისი სინქრონული მეტამორფული წყებების ურთიერთობის, აგრეთვე ამ დროის გეოსინკლინური როფების კავშირებისა და გავრცელების საკითხი. დიზის სერიის წარმონაქმნები ამჟამად მხოლოდ კავკასიონის სამხრეთ ფერდზეა აღნიშნული. მათი გამოსავლის საერთო განი 15—20 კმ-ს არ აღემატება. დღეისათვის შეიძლება დადგენილად ჩაითვალოს, რომ უფრო ჩრდილოეთით, მესტიათიანეთისა და ყაზბეგ-ლაგოდეხის ზონებში, ლიასური ნალექები უშუალოდაა განლაგებული კავკასიონის კრისტალურ სუბსტრატზე (4). დასავლეთი მიმართულებით დიზის სერიის ნალექები ტექტონიკურად აწყდებიან კრისტალური სუბსტრატის ქანებს (უთვირის შეცოცება) და ამრიგად, თითქოს არ გრძელდებიან ამ მიმართულებითაც. დღეს საშუალება გვაქვს დავასკვნათ, რომ სვანეთის ტიპის გეოსინკლინური ნალექები არ უნდა გვექონდეს ასევე აღმოსავლეთით და სამხრეთით მეზოზოურ ნალექების გავრცელების არეში (გაგრა-ჯავის ზონაში) მაგრამ ძნელად დასაშვებად მიგვაჩნია, რომ იმდროინდელ გეოსინკლინის ასე მცირე ფართი ჰქონოდა დაკავებული. ჩვენი აზრით, სვანეთის გეოსინკლინი მხოლოდ ნაწილია გეოსინკლინისა, რომელიც გაცილებით უფრო ფართო იყო და შორსაც ვრცელდებოდა. ამ დროის გეოსინკლინური ნალექები კავკასიონის ჩრდილო ფერდზე კარგადაა ცნობილი, მაგრამ სვანეთის გეოსინკლინთან მათი ურთიერთობის გარკვევა ძნელი საქმეა, რადგან ის ამჟამად მათგან კავკასიონის კრისტალური გულის მეტამორფული და გრანიტოიდული ფორმაციებით არის გათიშული. ამ უკანასკნელთა ასაკი ჯერ კიდევ გაურკვეველია, მაგრამ ერთი რამ მაინც ცხადია: ზედა კარბონულის წინ—ქვიშის წყების წარმოშობამდე, კავკასიონის კრისტალური გული უკვე ჩამოყალიბებული და ამომზეურებული იყო, რადგან მასზე ტრანსგრესიულად განლაგებული ქვიშის წყების ფუძის შემადგენლობაში დიდ როლს ასრულებს კავკასიონის კრისტალური გულის ქანები (5,10). ვფიქრობთ, ბუნებრივი იქნება დაგუშვათ ზედა კარბონულამდე კავკასიონის ერთიანი გეოსინკლინის არსებობა. ამ მოსაზრებებიდან გამომდინარე, სვანეთის გეოსინკლინის დასავლურ გაგრძელებად

ბუნებრივად შეიძლება მივიჩნიოთ სოფიის, სანჩარის, ბალიბის, ფშეკის, მაქინის და ჩუგუშის ამილღებები, რომლებიც მეტამორფული ფაქიზით, კრისტალური ფიქლებით, გნეისებით, მიგმატიტებით, გრანოდიორიტებით, პლაგიოგრანიტებით, გრანოდიორიტებით, ქარსიანი და მიკროკლინიანი გრანიტებით და ალიასკიტებით არიან აგებული (1). კრისტალური ფიქლების სერია აქ კავკასიონის კრისტალური გულის შიგა ნაწილებს იკავებს, იმ დროს როდესაც მეტამორფული ფიქლების სერია სამხრეთ ნაწილშია განვითარებული და შედარებით უფრო მაღალ სტრატეგრაფიულ დონეებს შეესაბამება. ამ უკანასკნელს პირობითად ქვედა და შუა პალეოზოურად ათარიღებენ, ხოლო უფრო მეტამორფიზებული კრისტალური ფიქლების სერიის ქვედა ნაწილს—ქვედა პალეოზოურად და ზედა პროტეოზოულად. მდ. ლაშიფსეს ხეობაში, აჯარის წყებაში მოქცეულ კირქვებში ნაპოვნი ფაუნის საფუძველზე, ამ ბოლო ხანებში დადასტურდა თიხაფიქლების სერიის შუა პალეოზოური ასაკი. ამავე დროს აქ ზედა პალეოზოურის არსებობაც არ არის გამორიცხული. ამრიგად, სოფიისა და სხვა აღნიშნული ამილღებების მეტამორფული წარმონაქმნები დიზის სერიის შუა კარბონულის წინა მეტამორფული თიხაფიქლების სინქრონულად შეიძლება მივიჩნიოთ და, აქედან გამომდინარე, ეს ზოლი სვანეთის გეოსინკლინის დასავლეთ გაგრძელებად ჩავთვალოთ.

საინტერესოა სვანეთის გეოსინკლინის სამხრეთი საზღვრის საკითხი. შ. ადამიას ახალი გამოკვლევების მიხედვით, მთიან აფხაზეთში აღნიშნული დიზის სერიის გამოსავლები მათში ნაპოვნი ფაუნის საფუძველზე ლიასურად დათარიღდნენ (2). ამრიგად, აქეთვე დიზის სერიის ტიპის ქანები არ უნდა ვრცელდებოდეს, მაგრამ შესაძლებლად მიგვაჩნია ლიასურის ნალექების ქვეშ ამ ზოლში უფრო მეტად მეტამორფიზებული წყებების გავრცელება დავუშვათ. ამ მოსაზრების დამადასტურებელი საბუთია ბემტის ანტიკლინის გულში, ტრანსგრესიული ლიასის ქვეშ, გაშიშვლებული მეტამორფული თიხაფიქლებისა და კრისტალური ფიქლების სერიის წარმონაქმნების არსებობა (2) და აგრეთვე გორაბის ქედის რაიონში, ტრანსგრესიული ლიასის ქვეშ, კრისტალური სუბსტრატის გამოსავლის აღმოჩენა (7). აღრე ჩვენ ამ ზოლში საქართველოს ბელტის ჩრდილო საზღვრამდე დიზის წყების ტიპის გეოსინკლინური ნალექების არსებობას ვვარაუდობდი (4). ე. გამყრელიძე აქ საქართველოს ბელტის ჩრდილო დაძირული ნაწილის არსებობას უშეგებს (6). ვფიქრობთ, რომ ვაგრა-ჯავის ზონის სუბსტრატი ჰერცინული კონსოლიდაციის შედეგად უნდა იყოს წარმომობილი. ჰერცინული სუბსტრატის არსებობა შესაძლებლად მიგვაჩნია აგრეთვე ლილას ანტიკლინის ჩრდილოეთით, მესტიათიანეთის ზონის სამხრეთ საზღვრამდე, მაგრამ არ არის გამორიცხული აქ ტრანსგრესიული ქვიშის წყების ტიპის ზედაპალეოზოური ნალექების გავრცელებაც. ქვიშის წყების მსგავს პირობებში წარმოშობილ ნალექებად წარმოგვიდგება აგრეთვე მზიმთის ხეობის ზედაპალეოზოურ-ტრიასული ტერივენული წარმონაქმნები.

ზემომოტანილი მოსაზრებები საკმაოდ რთული პრობლემის წინაშე გვაყენებს: უნდა დავუშვათ, რომ იმ დროს, როდესაც კავკასიონის გეოსინკლინი ჰერცინული ტექტოგენეზის შედეგად ინტენსიურად ნაოჭდება, იკვეთება ინტრუზივებით და კონსოლიდაციას განიცდის, სვანეთის უბანი არსებითად ხელუხლებელი რჩება. ჯერჯერობით ძნელია ამ მოვლენას დამაჯერებელი ახსნა მივცეთ.

სხვაგვარი სურათი გვაქვს საქართველოსა და ართვინ-ბოლნისის ბელტებზე, რომლებიც ჰერცინული ციკლის განმავლობაში ძირითადად კონტინენტური რეჟი-



მის არსებობით ხასიათდებიან და აქ ზედა პალეოზოოურში ბაქტერიების გავრცელებული. საქართველოსა და ართვინ-ბოლნისის ბელტებზე, გარდა ქვედა-კამბრიული ასაკის ფილიტების წყებისა, არ ჩანს ქვედა და შუა პალეოზოოური ზღვიური ნალექებიც. აქედან გამომდინარე, მართებულად მიგვაჩნია იმ მკვლევართა აზრი, რომლებიც საქართველოს ბელტის სუბსტრატს ბაიკალური კონსოლიდაციის არედ მიიჩნევენ, რასაც, რა თქმა უნდა, არ ეწინააღმდეგება უფრო ახალგაზრდა ასაკის მაგმატიზის გამოვლენა კალედონურ-პერციინული ციკლის განმავლობაში.

ყურადღებას იპყრობს და ახლებურად ისმის კიდევ ერთი საკითხი: ესაა „კავკასიონის მთავარი შეცოცების“ ბუნება და კავკასიონის კრისტალური გულის აგებულება. როგორც ნაჩვენებია იყო (პ. 4), კავკასიონის ცენტრალური აზვეების ზონა ბლოკური აგებულებით ხასიათდება და აქ ძირითადად ორი მიმართულებით რღვევათა შეუღლებასთან გვაქვს საქმე (განედლურთან და მერიდიანულთან). ირკვევა, რომ მოძრაობები განედური რღვევების გასწვრივ ძირითადად შესხლეტვის ხასიათისაა, ხოლო გარდიგარდმო მიმართულებების რღვევების გასწვრივ ნაწევ-ნახსლეტის ტიპისაა. ასეთი რღვევები ცალკეული ბლოკების დამოუკიდებელ მოძრაობას განაპირობებს. ასეთია, მაგალითად, შთავლერის ყველაზე მაღლა აწეული ბლოკი, რომელიც სამხრეთიდან უთვირის შეცოცებით, ხოლო აღმოსავლეთიდან ნაკრას რღვევით არის მოკვეთილი. სოფიის ამღლებას ამ ბლოკის სამხრეთი ნაწილი უჭირავს.

ჩრდილოეთით რაჭა-სვანეთის, ხოლო სამხრეთით—უთვირის შეცოცებები, როგორც ჩანს, ძველი სიღრმული რღვევების შემდგომ განვითარებას წარმოადგენს. ისინი სხვადასხვა გეოტექტონიკური რეჟიმის მქონე ზონების გამყოფი ზედაპირებია და ამავე დროს ხანგრძლივი განვითარებით ხასიათდებიან. მაგალითად, რაჭა-სვანეთის შეცოცება ზედა პალეოზოოურში ჩაისახა, დღესაც აგრძელებს არსებობას და კავკასიონის საკმაოდ დიდი მასშტაბის აწევას განაპირობებს.

კავკასიონის მთავარი შეცოცების ტექტონიკური ბუნება ბევრად უფრო ბუნდოვანია კავკასიონის დასავლეთ დაძირულ ნაწილში. თანხმად ახალი მონაცემებისა (2), ამ მიმართულებით არსებითად ქრება მთავარი (უთვირის) შეცოცება და ამის გამო ძნელდება კავკასიონის ანტიკლინორიუმის გამიჯვნა კავკასიონის სამხრეთი ფერდის ნაოჭა სისტემისაგან. ნაცვლად ერთი შეცოცებისა, აქ დადგენილია რამდენიმე კულისისებურად განლაგებული ანტიკლინური ნაოჭი და მათ სამხრეთ ფრთებში სამხრეთისკენ მიმართული შედარებითი მცირე ამპლიტუდიანი შეცოცებები. ასეთი სურათი ბუნებრივი ჩანს: კავკასიონის მაქსიმალურად მაღლა აზიდული ბლოკი სამხრეთიდან უფრო დიდი ვერტიკალური ამპლიტუდის მქონე რღვევებით ისაზღვრება, ვიდრე შედარებით დაძირული ბლოკები.

დღეისათვის გარკვეული არ არის და სპეციალურ შესწავლას მოითხოვს რაჭა-სვანეთის შეცოცების დასავლეთი მიმართულებით გაგრძელების საკითხი.

ამრიგად, ზემომოტანილი ფაქტიური მასალის განხილვის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ უთვირის შეცოცება თავისი მდებარეობით კავკასიონის სამხრეთი ფერდის ნაოჭა სისტემაში მოქცეული შიგა რღვევაა, ხოლო მის ჩრდილოეთით განლაგებული სოფიის ამღლების ზონა კავკასიონის სამხრეთი ფერდის მეზოზოური გეოსინკლინის პერციინულ კრისტალურ სუბსტრატს წარმოადგენს, რომელზეც მეზოზოური ნალექები ამჟამად მთლიანად ერთდირებულია. ამრიგად,

კავკასიონის კრისტალური გულის ყველაზე ფართოდ გაშემვლებული დასავლეთი ნაწილი ორი სხვადასხვა ასაკის ტექტონიკური ერთეულის შერწყმის შედეგად არის მიღებული. დასავლეთი მიმართულებით კავკასიონის კრისტალური გულის ანტიკლინორიუმის ადგილს სტრუქტურულად, როგორც ჩანს, შედარების ახალგაზრდა სამხრეთი ზოლი იჭერს, საკუთრივ კრისტალური გული კი უფრო ჩრდილოეთით გვრჩება და საბოლოოდ მდ. ბელაიას სათავეებთან იძირება. აქედან გამომდინარე, ვითხის ანტიკლინორიუმი (8) ტექტონიკურად სვანეთის ანტიკლინორიუმის და მის სამხრეთით განლაგებული მთიანი აფხაზეთის ზონის ბუნებრივ დასავლურ გავრძელებას უნდა წარმოადგენდეს.

(წარმოდგენილია 3. VI. 1971)

მინერალოგია-პეტროგრაფიის
კათედრა

ლიტერატურა

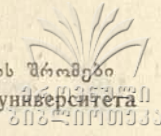
1. Ш. А. Адамия, Доюрские образования Кавказа. Геол. ин-т АН ГССР, новая серия, вып. 16, 1968.
2. Ш. А. Адамия, Вопросы геологии Северо-Западной Абхазии. В печати, изд. „Мецნიერება“, 1971.
3. П. Д. Гамкрелидзе, Сообщ. АН ГССР, XXXI, 3, 1963, стр. 605—610.
4. П. Д. Гамкрелидзе, Основные черты геологии Грузии в связи с её глубинным строением. Глубинное строение Кавказа. М., 1966.
5. П. Д. Гамкрелидзе, Ш. А. Адамия и др., ДАН СССР, т. 153, № 2, 1963, стр. 424—432.
6. И. П. Гамкрелидзе, Геотектоника, № 4, 1969, стр. 72—84.
7. О. З. Дудаури, М. Г. Тогонидзе, Сообщ. АН ГССР, 60, № 1, 1970, стр. 133—136.
8. Е. Е. Милановский, В. Е. Хаин, Геологическое строение Кавказа. М., 1963.
9. М. В. Муратов, Изв. АН СССР, серия геол., № 2, 1962, стр. 3—24.
10. О. Д. Хуцишвили, Канд. диссертация. Геол. ин-т АН ГССР, 1967.

П. Д. ГАМКРЕЛИДZE

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕКТОНИКИ КАВКАЗА

(Резюме)

В статье рассматриваются вопросы геотектонического режима каледонского орогенетического цикла Кавказа, общего характера и распространения герцинской геосинклинали в области современного кристаллического ядра Кавкасиони и в других зонах складчатой системы Южного склона. Освещаются также вопросы тектонической природы т. н. Главного надвига кристаллического ядра и тектонического строения западной части Кавкасиони.



ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕДНО-ПИРРОТИНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГРУЗИИ

Г. А. ТВАЛЧРЕЛИДZE, В. И. БУАДZE

Медно-пирротиновая минерализация на Большом Кавказе, и в частности в Грузии, известна давно. Отдельные небольшие, но богатые месторождения здесь кустарно обрабатывались в XIX веке и раньше как на северном, так и на южном склонах Главного хребта (Ларс, Артана и др.). Первое сводное описание геологии медно-пирротиновых рудопроявлений приведено в трудах Л. А. Варданянца (1931, 1939); в дальнейшем более подробная характеристика Закавказской Кахети приведена Г. И. Харавили (1949), а по Грузии в целом—Г. А. Твалчрелидзе (1961).

По первоначальным представлениям вдоль обоих склонов Большого Кавказа протягиваются два региональных медно-пирротиновых пояса, приуроченных преимущественно к мощным толщам геосинклинальных отложений глинистых сланцев и пачаников нижнеюрского возраста. Пояс северного склона с перерывами прослежен от истоков р. Белой на западе, через горную Тушетию до Горного Дагестана. На южном склоне пояс зарождается в бассейне р. Лаура и через горную Абхазию, Сванети и Рачу после значительного перерыва продолжается в Закавказской Кахети и сопредельной территории Азербайджана. В обоих поясах известны многие десятки рудопроявлений и несколько месторождений небольшого масштаба.

Несколько более детальное изучение обоих рудных поясов привело к выводу о наличии здесь не двух, а по существу одного широкого медно-пирротинового пояса, в пределах которого наблюдается чешуйчатое распространение отдельных рудоносных зон, косо пересекающих осевую часть горст антиклинория Главного Кавказского хребта и прослеживающихся с северного его крыла на южное (Букия и др., 1965).

Рудопроявления в подавляющем большинстве случаев залегают в глинистых сланцах лейаса; они тесно ассоциируются в пространстве с юрскими дайками и небольшими штоками диоритов, габбродиоритов, плагиогранитов, порфириров и диабазов, что служит основанием для предположения о наличии между ними парагенетической связи. Последняя подтверждается отсутствием оруденения в отложениях моложе аалена.



Рудопроявления представлены тремя различными типами: а) конкрециями пирита в аргиллитах и алевролитах, иногда сменяющимися линзами и небольшими залежами, б) линзами, реже жилами сплошных пирротин-халькопиритовых руд, в) кварцево-галенит-сфалерит-пирит-халькопиритовыми жилами. Обычно они тесно ассоциируются в пространстве и приурочены к зонам тектонически нарушенных пород, согласных с общим простиранием геологических структур.

Все отмеченные рудопроявления относились к типично гидротермальным. Л. А. Варданянц (1939) среди них даже различает гипо- и мезотермальные типы, а Г. И. Харашвили улавливает тесную связь между процессами минерализации и трещинообразования. Приуроченность мелких рудных тел к зонам дробления им объясняется распылением рудных растворов вдоль системы тонких трещин. Толщи глинистых сланцев считались малоблагоприятной средой для оруденения, поскольку они реагируют на тектонические движения пластическими деформациями и являются породами, не поддающимися метасоматическому замещению. Поэтому медно-пирротиновая рудная формация Большого Кавказа довольно длительное время изучалась лишь попутно с рудопроявлениями другого типа, но не в качестве самостоятельного объекта большого прикладного значения.

Положение коренным образом изменилось после открытия в Белоканском районе Азербайджанской ССР крупного Физизчайского месторождения. Вслед за этим было обнаружено аналогичное Катехское месторождение в Азербайджане и медно-пирротиновое месторождение Кизыл-Дере в Горном Дагестане. Во всех трех случаях мы имеем дело с мощными, согласными с вмещающими глинистыми сланцами залежами сплошных сульфидных руд. Если на месторождениях Физизчай и Катех развиты богатые, комплексные колчеданно-полиметаллические руды, то на Кизыл-Дере — значительно более убогие по содержанию медные руды.

Согласно результатам современной, пока еще далеко не достаточно детальной изученности стратиграфии и тектоники сланцевых толщ Большого Кавказа, отмеченные три пластообразных месторождения залегают в одном горизонте (сидеритовая свита верхнеааленского возраста). Глинистые сланцы и песчаники, слагающие рудоносную свиту, содержат многочисленные конкреции сидеритового, сидерит-пиритового и пиритового состава. Сланцевые отложения сидеритовой свиты, так же как и подстилающие ее породы, вмещают порой довольно обильные проявления базальтоидного геосинклинального магматизма, представленные дайками, штоками, покровами (Долгих, Черницын, 1971) габбро-диабазов и прослоями их туфов. Породы интенсивно дислоцированы — смяты в изоклинальные, опрокинутые к югу складки, нарушены надвигами и взбросами.

Открытие отмеченных месторождений вызвало необходимость коренного пересмотра перспектив территорий, сложенных нижнеюрскими геосинклинальными сланцевыми толщами на Большом Кавказе и выделения в их пределах площадей, где по ряду признаков могут быть открыты но-

вые столь же продуктивные концентрации руд цветных металлов. В этих целях должны быть решены вопросы генезиса и закономерностей размещения известных пластообразных месторождений, которые сейчас являются своеобразными эталонами для дальнейших поисков.

Исследования, проведенные в последние годы на Фелизчайском (Бородаевская и др., 1966; Злотник-Хоткевич, 1969) и Кизыл-Дерейском (Андреев и др., 1970) месторождениях, а также наши систематические работы в их пределах, устанавливают следующие особенности оруденения, позволяющие сейчас прийти к определенным выводам об их генетических особенностях:

1. Месторождения представлены крупными пластообразными залежами массивных сульфидных руд, залегающими согласно с вмещающими аргиллито-алевролитовыми породами. Они расположены в непосредственной близости (0,5—1 км) от восточного продолжения Главнокавказского глубинного разлома, вдоль которого широко развиты проявления юрского геосинклинального магматизма.

2. В составе рудных тел принимают участие мелкозернистые скопления пирита, по которым метасоматически развиваются халькопирит, пирротин, пирит поздних генераций, галенит, сфалерит и другие минералы, пользующиеся меньшим распространением—блеклые руды, сульфосоли свинца, сурьмы и висмута, теллуриды золота и серебра, сульфиды и арсениды кобальта. Нерудные минералы—кварц, кальцит, хлорит, серицит—играют в рудах относительно небольшую роль.

3. Рудные залежи разделены пачками аргиллитов на ряд частей, согласных с вмещающими сланцами. На флангах, где они выклиниваются, развиты „язычки“ сульфидов, переслаивающиеся с глинистыми сланцами.

4. В лежачих зальбандах рудных залежей и их составных частей вмещающие породы гидротермально изменены и содержат секущие кварцево-сульфидные прожилки. В висячих боках устанавливается тесное переслаивание рудных и аргиллитовых прослоев, а выше следуют неизменные глинистые сланцы.

5. В рудах наиболее широко распространены слоисто-полосчатые текстуры, в которых полосчатость согласна со слоистостью рудовмещающих пород. В них часто встречаются вытянутые, маломощные, согласные участки неизменных глинистых сланцев.

6. В породах лежачего бока рудных залежей широко распространены пятнистые вкрапленные пирит-халькопиритовые руды, образующие постепенные переходы к массивным и полосчатым рудам. С удалением от зоны контакта пятнистые руды сменяются прожилковыми кварц-карбонат-пиритными.

Приведенные и некоторые другие характерные черты пластообразных медно-пирротиновых и колчеданно-полиметаллических месторождений, расположенных в восточной части зоны Южного склона Большого Кавказа, позволили В. И. Смирнову (1967) сделать вывод об их гидротермально-



осадочном происхождении. Если этот вывод несколько расширить и подкрепить данными последних исследований, то можно себе в следующем виде представить последовательность процессов рудообразования, происходивших в три главных этапа.

1. Образование стратиформных пирит-сидеритовых конкреций и залежей массивных руд пирита гидротермально-осадочным путем. Источником рудообразующих растворов, поступавших в морской бассейн вдоль глубоких разломов, следует считать геосинклинальный вулканизм.

2. Возникновение собственно гидротермальных субвулканических медно-пирротитовых рудопроявлений. Повсеместная ассоциация их с дайками диабазов и приуроченность тех и других к общим структурам позволяет предположить парагенетическую связь оруденения с диабазами, для которых Г. С. Дзоценидзе (1948) устанавливает байосский возраст.

3. Формирование жильных кварц-полиметаллических рудопроявлений. Поскольку они в ряде случаев пересекают дайки кварц-порфиров батского возраста, то оруденение следует считать позднебатским, либо постбатским.

Изучение степени метаморфизма руд и разновозрастных изверженных пород устанавливает, что первые два этапа рудоотложения проявились до метаморфизма, а третий является постметаморфическим. Каждый из этапов сопровождался образованием самостоятельных рудопроявлений небольших масштабов. Одновременно на участках наиболее благоприятного сочетания рудоконтролирующих структур имело место наложение одного этапа на другой, а порой и всех трех этапов в пределах одного месторождения. В результате возникли крупные, сложного, „комбинированного“ состава рудные залежи филизчайского типа. По-видимому, в процессе их образования первичная осадочная залежь пирита служила наиболее благоприятной средой, из которой гидротермальные растворы заимствовали серу и отлагали сульфиды цветных металлов.

Изложенное представление полностью подтверждается данными изотопных анализов серы, произведенными в лаборатории изотопов Тбилисского университета. Всего было проанализировано 230 проб рудообразующих сульфидов, отобранных из всех трех отмеченных минеральных ассоциаций. В результате обобщения полученных результатов установлено, что сера конкреционных пиритов и залежи пирита идентичны по соотношению тяжелых и легких изотопов. Если вторые привнесены гидротермальными растворами, то первые, по-видимому, заимствованы из сульфатов океанической воды, чем подтверждается предположение о гидротермально-осадочном происхождении стратиформных скоплений пирита.

Сульфиды из руд, образованных во второй и третий этапы рудообразования, обнаруживают повышение роли ювенильной серы, что служит свидетельством в пользу их гидротермального происхождения.

Таким образом, сумма проведенных исследований позволяет нам заключить, что колчеданные месторождения в юрских сланцевых свитах Южного склона Большого Кавказа образовались в результате длительного и сложного вулканогенно-гидротермально-осадочного процесса в течение

позднего аалена, байоса и позднего бата. Наиболее крупные месторождения образовались в местах, где осуществлялась „интерференция“ всех главных этапов; они находятся вблизи рудоносных магматических проявлений в зонах глубинных разломов со следами интенсивных тектонических нарушений. Все эти признаки могут быть использованы в качестве поисковых критериев.

Авторы выражают твердую уверенность, что дальнейшие поиски на основе комплексного геологического изучения нижнеюрских сланцевых толщ, в первую очередь, на территории Абхазии и Рачи, в ближайшем будущем дадут положительные результаты. Их реальность уже сейчас может быть намечена в ряде рудных районов Грузии.

(Представлено 29. III. 1971)

Кафедра
минералогии и петрографии

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. П. Андреев и др., Геол. рудн. м-ний, № 5 (1970), стр. 16—32.
2. М. Б. Бородаевская, М. Л. Мустфабейли, И. К. Курбанов, А. Н. Мусаев, Б. М. Асаев, С. Б. Зульфугаров, Изв. АН СССР, сер. геол. № 4 (1966), стр. 29—40.
3. С. Г. Букия, Е. М. Абамелик, Г. А. Твалчрелидзе, ТР КИМСА, вып. VI, стр. 7—17.
4. Л. А. Варданянц, Тр. Главн. геол.-разв. упр. ВСНХ СССР, вып. 22 (1931), стр. 25—36.
5. Л. А. Варданянц, Изв. АН СССР, сер. геол. № 2 (1939), стр. 83—91.
6. Г. С. Дзоценидзе, Домиоценовый эффузивный вулканизм Грузии, Изд. АН ГССР, Тбилиси, 1948.
7. А. Г. Долгих, В. Б. Черницын, Сов. геол. № 2 (1971), стр. 85—105.
8. А. Г. Злотник-Коткевич, ЦНИГРИ, вып. 80 (1969), стр. 41—52.
9. В. И. Смирнов, Докл. АН СССР, т. 177, № 1 (1937), стр. 179—181.
10. Г. А. Твалчрелидзе, Эндеогенная металлогения Грузии, Госгеолтехиздат, 1961.
11. Г. И. Харашвили, Автореферат канд. дис., Изд. груз. политехн. ин-та, 1949.

გ. თვალჭრელიძე, ვ. ბუაძე

საქართველოს სპილენძ-პიროტინული საბადოების გენეტიური თვისებებზე

(რეზიუმე)

ავკასიონის მთავარი ქედის ქვედა იურული თიხაფიქლების ფორმაციას უკავშირდება გოგირდის კოლჩედანური, სპილენძ-პიროტინული და კოლჩედან-პოლიმეტალური გამადნებები, რომლებიც შეესატყვისებიან პლანწარმოშობა დამოუკიდებელ ეტაპებს. ფილისჩაის (აზერბაიჯანის ასრ) და კიზილდერეს (დესტანის ასრ) საბადოებზე ეს გამადნებები ჰქმნიან კომბინირებულ სხეულს ანალოგიური სხეულების აღმოჩენა შესაძლებელია საქართველოს ტერიტორიაზე — მთავარი ქედის სამხრეთი ფერდის ფარგლებში.

ახალი მონაცემები გორაძირის ვულკანური კონუსების შესახებ

ნ. სნირტლაძე

საჩხერიდან სამხრეთით, სოფ. გორაძირის მიდამოებში, ძირულის მასივის შედარებით მოსწორებულ ზედაპირზე, რელიეფში საკმაოდ მკაფიოდ გამოიყოფა ერთმანეთის გვერდით მდებარე ორი კონუსური სიმაღლე. მათგან ის, რომელიც ჩრდილოეთით მდებარეობს, უფრო დიდია და ამიტომ დიდი გორაძირის სახელწოდებით არის ცნობილი, ხოლო სამხრეთით მდებარე შედარებით მცირე კონუსი პატარა გორაძირად იწოდება.

გორაძირის ვულკანური კონუსები დღემდე სპეციალურად შესწავლილი არ ყოფილა, თუმცა მათ შესახებ ზოგიერთ ცნობას ვხვდებით გ. ძოწენიძის, ი. კახიძის და სხვათა გამოკვლევებში (1, 2, 3).

კონუსების მორფოლოგია. დიდი გორაძირის კონუსის ფუძის გარშემოწერილობა დაახლოებით 1—1,5 კმ რივისაა, აბსოლუტური სიმაღლე 1112 მეტრს უდრის, შეფარდებითი კი 60—70 მეტრს. კონუსი შესამჩნევად ასიმეტრიულია. ყველაზე მეტი დაქანება (40—50°) ჩრდილო და ჩრდილო-დასავლეთ კალთებს აქვს. ნაკლები დაქანება ახსიათებს სამხრეთ, ხოლო კიდევ უფრო ნაკლები—აღმოსავლეთ კალთას.

კონუსის წვერი ორი ბორცვისაგან შედგება; მათგან რამდენადმე უფრო მაღალია სამხრეთით მდებარე, რომელიც ჩრდილო მხარეზე მდებარე „მცირე“ ბორცვისაგან მათლაფისებური ჩადაბლებით გამოიყოფა. ყურადღებას იქცევს ჩრდილო-დასავლეთ კალთისპირა მოვაკება, საიდანაც დასავლეთი მიმართულებით, სოფ. კორბოულისაკენ, თხემმოვაკებულ ზურგობი მიიმართება. ზურგობზე ბაზალტური ლოდნარია მიმოზნეული, ხოლო ძირითადი გამოსავლები არსად ჩანს. ამიტომ ძნელია გადაჭრით იმის თქმა—კონუსიდან დაძრული ნაყარის გავრცელებასთან გვაქვს საქმე, თუ ეროზიით დაწყვეტილ ნაკადთან. შთაბეჭდილება უფრო ნაყარისაა, რადგანაც იქვე ახლოს, კონუსის ჩრდილო კალთის ძირას, სარმატული თიხების ძირითადი გამოსავლებაა, ძირითადი ლავა კი არ შეიმჩნევა. მეორე მხრივ, ამავე ზურგობის ჩრდილო კიდეზე, კონუსიდან თითქმის 1 კმ-ზე, ერთბაშად ბრექჩიების უზარმაზარი ლოდნარი ვხვდებით. ბრექჩიები რომ კონუსიდან არის მოწყვეტილი, ეს ეჭვს არ იწვევს. თითქოს ამგვარადვე უნდა იყოს წარმოშობილი ლავის ლოდნარი, რომელიც კონუსიდან ჩრდილო-დასავლეთ მიმართულებითაა გავრცელებული. მაგრამ საკითხი მაინც არ შეიძლება საბოლოოდ გადაწყვეტილად ჩაითვალოს. ამასათვის საჭიროა შურფებით სპეციალური სამუშაოს ჩატარება.



პატარა გორაძირი 300—350 მ-ით არის დაცილებული მთავარი კონუსისაგან. კონუსებს შორის ეროზიით რამდენადმე ჩადაბლებული რელიეფია განვითარებული, რომელიც ერთგვარ წყალგამყოფსაც წარმოადგენს დასავლეთით მდ. დუმალის და აღმოსავლეთით მდ. ძირულის შენაკადებისას.

პატარა კონუსის აბსოლუტური სიმაღლე თითქმის ისეთივეა, როგორც დიდი გორაძირისა, თუმცა ამ კონუსს ფუძის გარშემოწერილობა რამდენადმე უფრო ნაკლები აქვს და თანაც შეფარდებითი სიმაღლე 40—50 მეტრს არ აღემატება.

როცა პატარა გორაძირს სამხრეთიდან ვულკანით, ის იდეალური კონუსის ფორმით წარმოგვიდგება, მაგრამ სხვა მხრიდან კონუსის კალთები სხვადასხვა კუთხითაა დაქანებული და ამიტომ ასიმეტრიული ჩანს.

კონუსის წვერი სამხრეთ-აღმოსავლეთიდან ჩრდილო-დასავლეთით არის წაგრძელებული და ამასთან რამდენადმე მოვაკებულიცაა.

კონუსების აგებულება. გორაძირის ორივე კონუსი უმთავრესად ტყით ან ნიადაგითაა დაფარული და ძირითადი ქანების გამოსავლები მხოლოდ უბან-უბანაა გაშიშვლებული.

დიდი კონუსის ჩრდილო კალთა მოჟანგისფრო ბრექჩიებით არის აგებული. ამასთან, ეს უკანასკნელი ამავე კალთიდან უწყვეტივც კონუსის წვერზე ადიან და იქ ორ ბორცვს შეადგენენ. დასავლეთი და ჩრდილო-დასავლეთი კალთის ძირიდან 15 მეტრზე ძირითად გამოსავლებში ჩანს ბრექჩიები, რომელთაც ზევით სუსტად ტერასისებურ რელიეფში ლავის ლოდნარი მიუყვება. სამხრეთ კალთაზე ძირიდანვე ბრექჩიები ჩანს, რომლებიც ზევით ბაზალტების 1—1,5 მეტრის გაშიშვლებით იცვლებიან. აქვე, ფერდობის შუა ნაწილში ბრექჩიებში თითქოს ამოჩრდილი დაიკისებური ფორმის ბაზალტები გამოიყოფა. აღმოსავლეთ კალთაზე ქანების ძირითადი გამოსავლები არსად შეიმჩნევა, მაგრამ თუ რელიეფის ფორმის მიხედვით ვიმსჯელებთ, ნიადაგის ქვეშ აქ რბილი ქანები (ბრექჩიები) უნდა გვქონდეს. რაც შეეხება კალთის ძირს, აქ ჩამომდინარე ლელეს სარმატული თიხები და ნამარხებით გაჭედილი ალუვიოლითები ჩაუჭრია. ასე რომ, დიდი გორაძირის კონუსის უმთავრესი ნაწილი, პიროკლასტოლითებით არის აგებული. რაც შეეხება ლავებს, რომელთა გამოსავლები მხოლოდ კონუსის ზედა ნაწილშია აღნიშნული (უმთავრესად ნაყარის სახით), გაურკვეველი რჩება მათი წოდების ფორმაც და გამოსავლების მთლიანობაც კი. ამიტომ დიდი გორაძირის როგორც ვულკანის ბუნება ჯერ კიდევ ნათელი როდია. იგი დამოუკიდებელი ვულკანური ცენტრია თუ ეროზიული კონუსი, ამის გადაჭრით თქმა ძნელია. თუმცა კონუსის მორფოლოგია და მასში ლავებთან ერთად ბრექჩიების არსებობა დამოუკიდებელი ერუბტიული ცენტრის არსებობაზე უფრო მიგვიჩვენებს.

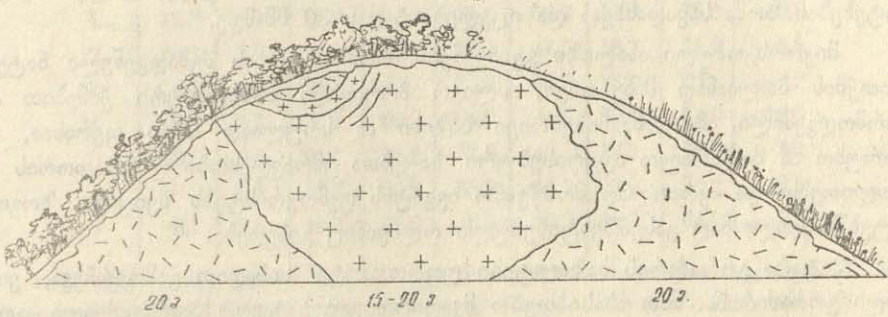
პატარა გორაძირის აღმოსავლეთი კალთა უმთავრესად ტყითაა დაფარული, მაგრამ თუკი სადმე აქ ძირითადი ქანების გამოსავლები ჩანს, ყველგან მსხვილნატეხიანი ბრექჩიებია წარმოდგენილი. სამხრეთი კალთის ქვედა ნაწილში ბაზალტების მსხვილი ლოდნარით აგებული ბორცვი გამოიყოფა. ბორცვის ზევით, ფერდობზე, უნაგისფერი, მსხვილნატეხიანი ბრექჩიებია უბან-უბან გაშიშვლებული. ბრექჩიებს ზევით ბაზალტური ლავა მოუყვება, რომელიც უშუალოდ მწვერვალზე ადის და დაიკისებურ სხეულს წარმოქმნის. ლავას კარგად გამოხატული პრიზ-

მული განწვევრება ახსიათებს და თითქოს დაქანებულიც არის ჩრდილო-აღმოსავლეთით, 15—20° კუთხით.

ძლიერ საინტერესო აღმოჩნდა კონუსის ჩრდილო კალთა, სადაც მაღალი ძაბვის ელექტრონახის გაყვანასთან დაკავშირებით სპეციალური გზა მოუწყვიათ. გზა მთლიანად კვეთს ჩრდილო კალთას და ნათელ წარმოდგენას გვაძლევს კონუსის აგებულებაზე.

გზის გასწვრივ ასეთი სურათია: გაშიშვლების აღმოსავლეთ კიდეზე, ნიადაგისა და ტყის საფარის ქვეშ, 20 მ სიღრმეზე ფანგლომერატების მსგავსი ბრეჭიების გამოსავლები ჩანს. ბრეჭიების ნატეხებს შორის არის თეთრი და მომწვანო ფერის, შრეებრივი, მერგელოვანი ქანები, მაგრამ ნატეხებს შორის ჰარბობს პეზის-მაგვარი, შავი პოროვანი ბაზალტური იერის ქანები. არის აგრეთვე კრისტალური ქანების, უმთავრესად დაგნეისებული კვარციანი დიორიტების ნატეხები და სხვ.

ბრეჭიებს დასავლეთი მხრიდან მუქი რუხი ფერის ბაზალტური ლავა მოუყვება, რომელიც უშუალოდ კონუსის წვეროზე აღის. ამასთან, ლავური სხეულის ქვედა ნაწილი ზედასთან შედარებით გაფართოებულია (სურ. 1) და მასში მცირე „სინკლიური“ ვალუნვა შეიმჩნევა, რომლის გულში კვლავ ბრეჭიები ჩანს. ლავის სხეულის სიმძლავრე 10—15 მეტრამდეა. დასავლეთი მხრიდან ლავას ისევ ბრეჭიები



სურ. 1. პატარა გორაძირის ჩრდილო-აღმოსავლეთ კალთის აგებულება

მოუყვება, ისე როგორც აღმოსავლეთ მხარეზე. აქაც მათი სიმძლავრე 20 მეტრია. ლავა ბრეჭიებთან კონტაქტში მეტისმეტად გამკვრივებულია და კონტაქტურ გავლენას ახდენს მოსაზღვრე ბრეჭიებზე.

როგორც ვხედავთ, პატარა გორაძირი მონეგენური ტიპის ვულკანურ აპარატს წარმოადგენს, სადაც ვულკანის ყელი ლავით არის ამოვსებული, პერიფერიებზე კი პიროკლასტოლითებია.

აი ზოგი ახალი მონაცემი, რომლებიც გარკვეულ წარმოდგენას გვაძლევს პატარა გორაძირის კონუსის აგებულებაზე.

გორაძირის კონუსების ამგებ ქანთა პეტროგრაფია. დიდი გორაძირის კონუსთან დაკავშირებული ლავები ოლიგინიანი ბაზალტებით არის წარმოდგენილი. კონუსის სამხრეთ-დასავლეთ კალთაზე გავრცელებული ბაზალტი სისალითა და პორფირული აგებულებით გამოირჩევა. ძირითად მასაში, ლაბრადორისა (პლ. № 50—54) და ავგიტის მიკროლითების გარდა, გვხვდება ბოულინგიტით ნაწილობრივ შეცვლილი ოლიგინი და მაგნეტიტი. ფენოკრისტები ცოტაა და წარმოდგენილია მკრთალად მოიისფრო ავგიტით ($Cng = 46^\circ$), ბოულინგიტით ჩანაცვლებუ-



ქართული
საბჭოთაო
აკადემია

ლი ოლიგინით და ოპაციტიზებული რქატყუარით. საკმაო რაოდენობით არის ზონური ლაბრადორის (პლ. № 56—60). კიდევ უფრო მეტად სადი ჩანს სამხრეთ კალთაზე გაშიშვლებული „დაიკისებური“ სხეულის ბაზალტი, რომელიც ამავე დროს შედარებით მსხვილკრისტალურიც არის. ასევე მსხვილკრისტალურია კონუსის წვერზე, ნაყარადან აღებული ნიმუში, რომელშიც ოპაციტიზებული ბაზალტური რქატყუარის სიჭარბე შეიმჩნევა. რამდენადმე თავისებურია დასავლეთ კალთაზე წარმოდგენილი ბაზალტი, რომლის ძირითადი მასა ნაკლებ კრისტალურია. რაც შეეხება პორფირულ ჩანართებს, ისინი აქაც იმავე მინერალებითაა წარმოდგენილი, როგორც წინა ნიმუშში.

როგორც ვხედავთ, დიდი გორაძირის ბაზალტები ერთმანეთისაგან მხოლოდ დაკრისტალებისა და ნაწილობრივ შეცვლის ხარისხით განსხვავდებიან. ამ კონუსში რომ საესებით ერთნაირი ბაზალტები გვაქვს, ამას ქვემოთ მოტანილი ქიმიური ანალიზიც გვიჩვენებს, სადაც ძირითადი უანგეულების რაოდენობა საოცრად ემსგავსება ერთმანეთს (იხ. ცხრ. 1).

ანალოგიური შედგენილობის ბაზალტებითაა წარმოდგენილი ის ლოდნარი, რომელიც დიდი გორაძირის კონუსიდან დასავლეთი მიმართულებით ნაყარის სახითაა გავრცელებული. მაგრამ დიდი გორაძირის კონუსის აგებულებაში, როგორც უკვე ვთქვით, ლავეებზე უფრო დიდ როლს ბრეჭიები ასრულებს. უკანასკნელთა ნატეხების ზომა სხვადასხვაა და იცვლება 5-დან 30 მმ-მდე.

მიკროსკოპული ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ბრეჭიის შემადგენელი ნატეხები თითქმის მთლიანად მინებრივი, ძლიერ პოროვანი ბაზალტური ქანებით არის წარმოდგენილი. ამასთან, მინებრივი ბაზისი ან სრულიად შავი ფერისაა, ანდა მორუხო ან მოწითალო აგურისებური. ნატეხთა უმრავლესობა ლაბრადორის მიკროლითებსა და მკრთალად მომწვანო ავგიტის ფენოკრისტებს შეიცავს. ზოგიერთ ნატეხში მთლიანად გასერპენტინებული ოლიგინიც გვხვდება.

პატარა გორაძირის ბაზალტები უფრო მეტი სისალით გამოირჩევა, ვიდრე დიდი გორაძირისა. მათ ახასიათებთ მკაფიოდ გამოხატული პორფირული აგებულება. ძირითადი მასა ტრაქიტოიდული სტუქტურისაა და აგებულია სადი ლაბრადორისა და ავგიტის მიკროლითებისაგან, რომელთაც ნაწილობრივ სერპენტინში გადასული ოლიგინი უერთდება. პორფირული ჩანაერთებია მოიხფრო ავგიტი ($Cng = 44-46^\circ$; $2V = 58^\circ$; $ng - np = 0,024$), სუსტად გასერპენტინებული ოლიგინით ($2V = -87^\circ$; $ng - np = 0,034$), ლაბრადორით (პლ. № 60—65). არის აგრეთვე მთლიანად მადნეულში გადასული ბისილიკატი, უთუოდ რქატყუარა.

ვულკანური ბრეჭიები, რომლებიც ბაზალტურ სხეულს ესაზღვრებიან, ძირითადად წვრილპოროვანი — წიღისებრი ბაზალტის იერის ქანის ნატეხებისაგან (ლაპილებისაგან) შედგებიან. ნატეხების ზომა და ფერი სხვადასხვაა. უფრო ხშირია 3—20 მმ სიდიდის, მუქი რუხი ფერის, ძლიერ მინებრივი ნატეხები, რომლებშიც ყოველთვის არის ლაბრადორის მიკროლითები და მიკროფენოკრისტალური გასერპენტინებული ოლიგინისა და იშვიათად ოპაციტიზებული რქატყუარისა (ნიმ. № 3033). გვხვდება აგრეთვე ქვედა სარმატის თიხოვანი ქანების ნატეხებიც და იშვიათად კრისტალური ქანები—კვარციანი დიორიტების კენჭები. ცემენტის მასა ძნელი გასარჩევია და იმავე მასალითაა წარმოდგენილი, რითაც მსხვილი ნატეხები.

დიდი და პატარა გორაძირის ქანების პეტროგრაფიული დახასიათება

გორაძირის ბაზალტების ქიმიური შედგენილობა

ანალიტიკოსები: თ. რ ა ზ მ ა ძ ე, მ. თ ე ა ლ ჯ რ ე ლ ი ძ ე

ნომ. №№	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	N ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	H ₂ O-	H ₂ O+	ჯამი
1	50,24	1,26	17,54	2,56	5,11	0,15	8,13	7,56	3,75	1,79	0,71	0,28	0,60	0,28	100,06
2	50,46	1,17	17,60	5,32	3,58	0,02	6,32	8,43	3,36	2,06	0,71	კვალი	0,34	0,66	100,03
3	50,28	1,17	17,09	3,73	5,38	0,02	7,23	8,29	3,36	2,06	0,71	კვალი	0,28	0,50	100,10
4	51,48	1,47	16,36	5,38	3,58	33	6,10	8,38	3,69	1,99	0,71	—	0,31	0,82	100,28
5	50,20	1,66	16,31	4,02	5,09	0,11	6,88	9,10	3,20	1,78	0,54	—	0,52	0,50	99,91
6	52,08	1,37	15,98	5,57	3,54	0,01	5,49	8,64	3,78	1,92	0,56	—	0,43	0,83	100,10
7	48,18	1,38	15,12	8,10	0,99	0,01	3,53	8,36	1,66	1,44	1,00	—	5,64	4,56	99,96

რიცხვითი დახასიათებანი ა. ზავარიცკის მიხედვით

ნომ. №№	a	c	b	s	f	m'	c'	n	Q
1	10,8	6,4	24,2	58,6	31,4	56,7	11,9	75,9	-10,8
2	10,1	6,8	23,00	60,1	35,4	47,7	16,9	71,7	-6,5
3	10,0	6,3	24,7	59	33,8	50,2	16,0	77	-8,2
4	10,1	5,5	23,2	60,2	34,9	44,6	20,7	74,0	-13,6
5	10,0	6,6	25,1	58,8	33,6	46,7	17,2	73,3	-7,3
6	11,3	5,2	22,7	60,8	35,2	41,2	23,6	74,4	-6,2
7	6,7	8,5	19,5	65,2	46,5	35,5	18,00	64,0	-8,6

1. ბაზალტი, დიდი გორაძირი, 2. ბაზალტი დიდი გორაძირის კონუსის წვერიდან, 3. ბაზალტი, დიდი გორაძირის სამხრეთი კალთა, 4. ბაზალტი, პატარა გორაძირის წვერიდან, 5. ბაზალტი პატარა გორაძირის ვულკანის ყელიდან, 6. კონტაქტის ბაზალტი პატარა გორაძირის ვულკანური ყელიდან 7. ვულკანური ბრექჩია პატარა გორაძირიდან.

როგორც მოტანილი დიაგრამიდან (სურ. 2) ჩანს, დიდი და პატარა გორაძირის ბაზალტები არსებითად არ განსხვავდება ერთმანეთისაგან. რამდენაღმე განსხვავებულია ვულკანური ბრექჩია, რომელიც ოდნავაა ფუძე და ამავე დროს ტუტე ალუმოსილიკატებით გაღარიბებული ჩანს. სამაგიეროდ, საკმაოდ გავრდილია მასში ანორთიტში შემავალი კირი (CaO). ბრექჩია თავისი ბუნებით უფრო ანდეზიტ-ბაზალტს უახლოვდება. რაც შეეხება ბაზალტებს, ისინი, ნორმული რივის საშუალო ბაზალტებისაგან განსხვავებით, რამდენაღმე გატუტიანებული არიან და ამასთან ოდნავ მეავეც კი; ასე რომ, გორაძირის ბაზალტები ტოლიტური ბაზალტებისაგან იხრებიან, რითაც ერთხელ კიდევ დასტურდება ჩვენ მიერ აღრე გამოთქმული მოსაზრება იმის შესახებ, რომ საქართველოს ბელტთან დაკავშირებული ეფუზივები ბაქენებისათვის დამახასიათებელი ბაზალტების ტიპებს შეესატყვისება.

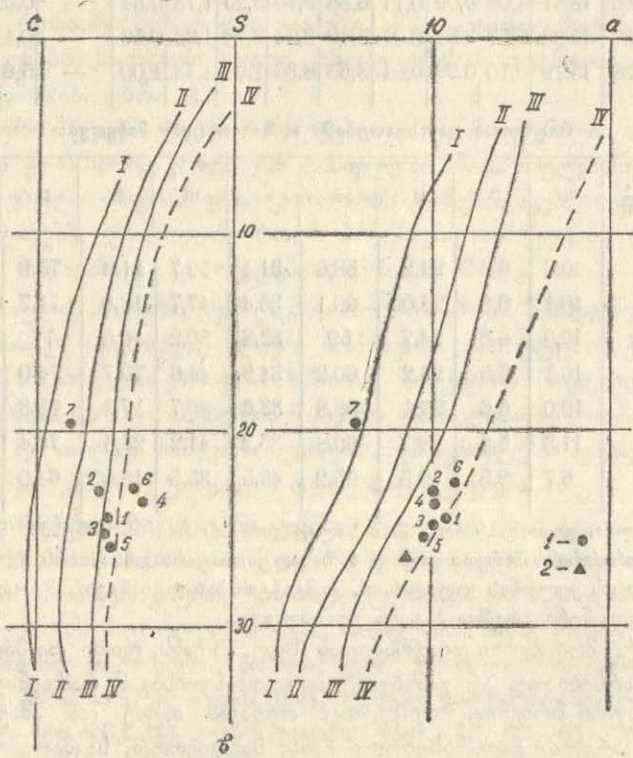
ასაკის შესახებ. სხვადასხვა აზრია გამოთქმული გორაძირის ბაზალტების ასაკზე. აღრე გ. ზარიძე (1) მათ ზედა მიოცენურ ასაკს მიაწერდა. შემდეგ კი ნ. თათრიშვილთან ერთად ამავე ბაზალტების ასაკი აღჩაიღურად განსაზღვრა. ი. კუზნეცოვი (2) და ი. კახაძე გორაძირის ვულკანური ცენტრის აქტივობას



ქართული
საბჭოთაო
აკადემია

მეოთხეულ დროში ვარაუდობენ. ეს მკვლევრები თავის მოსაზრებას ძირსასაძკა იმით ასაბუთებდნენ, რომ მთავარი კონუსიდან გადმოდენილი ლავის ნაკადი მდ. დუმალის ხეობის სათავეებისკენა გავრცელებული, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ თანამედროვე ჰიდროგრაფიული ქსელი ლავის ამოფრქვევის მომენტში თითქოს გამომუშავებული უნდა ყოფილიყო.

ჩვენი დაკვირვება ამ მონაცემებს არ ეთანხმება (3) პირველ რიგში იმიტომ, რომ სადავოა აღნიშნული ნაკადის არსებობის საკითხი. არ ჩანს, რომ აქ მორფოლოგიურად ჩამოყალიბებული ნაკადი გვექონდეს. მართალია, ბაზალტების ლოდნარი მთავარი კონუსიდან დასავლეთი მიმართულებით გარკვეულ ზოლზეა გავრცელებული, მაგრამ ლავის ძირითადი გამოსავლები არსად შეიმჩნევა. ამასთან,



სურ. 2. დიდი და პატარა გორაძირის ქანების ქიმიური შედგენილობის დიაგრამა. 1. დიდი (1, 2, 3) და პატარა (4, 5, 6, 7) გორაძირის ქანები. 2. ბაზალტის საშუალო შედგენილობა

ყურადღებას იქცევს ის გარემოებაც, რომ ლავის ლოდნარი იმავე დასავლეთი მიმართულებით წყალგამყოფ ქედზეა შემორჩენილი (მდ. დუმალას მარცხენა მხარეზე, გოგოლაძეების უბნის მიდამოებში), ხოლო მდინარის ხეობა ამ ნაყარსა და მის ქვეშ მდებარე ნალექებშია ღრმად ჩაჭრილი. ამავე კონუსებთან ძლიერ ახლოს არიან მდ. ძირულის მარჯვენა შენაკადთა სათავეები, რომლებიც კონუსების აღმოსავლეთ კალთებში არიან საკმაოდ ღრმად ჩაჭრილი და მათში ლავის ჩადინების ნიშნებიც კი არსად შეიმჩნევა. აი, ამ გარემოებიდან გამომდინარე, ჩვენი აზრით,

გორადირის ვულკანების მოქმედება მეოთხეულის წინა დროს, უფრო კი ზედა მიოცენ-პლიოცენურ დროს უნდა უკავშირდებოდეს.

დაბოლოს, უნდა აღინიშნოს, რომ შესწავლილ ბაზალტებს პრაქტიკული მნიშვნელობაც აქვთ, როგორც მოსაპირკეთებელ ქვებს. რაც შეეხება ვულკანურ ბრეჩიებს, რომლებიც ორივე კონუსის შედგენილობაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ, ისინი შეიძლება გამოყენებულ იქნენ როგორც დანამატი მასალა მსუბუქი ბეტონის წარმოებაში.

(წარმოდგენილია 10. XI. 1971)

მინერალოგია-პეტროგრაფიის კათედრა

ლიტერატურა

1. Заридзе Г. М., Петрография магматических и метаморфических пород Грузии, Госгеолтехиздат, М., 1961.
2. Кузнецов И. Г., Четвертичные эффузивы в Юго-Осетии, Верхней Раче и в Дзирульском массиве, Геология СССР, т. X, М.—Л., 1941.
3. Схиртладзе Н. И., Постпалеогеновый эффузивный вулканизм Грузии Тбилиси, 1958.

Н. И. СХИРТЛАДЗЕ

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВУЛКАНИЧЕСКИХ КОНУСАХ ГОРАДЗИРИ

(Резюме)

Вулканические конусы Горадзири расположены к югу от районного центра Сачхере у села Горадзири. Здесь на плоской поверхности Дзирульского массива в рельефе четко выделяются два конуса—Большой и Малый Горадзири. Оба конуса являются центрами извержения моногенного типа, давшими базальтовые лавы и пирокластиты. Петрохимически породы Горадзири обнаруживают более высокую степень щелочности и кислотности, чем нормальные базальты, Этим они соответствуют толеитовым базальтам, которые весьма характерны для платформенных областей вообще.

კ ვOPოსუ სტოენიუ ზემოწი კორუ დი ვერხნეი მანტიი პო დანნი მაგნიტოტელლურიკოსო დი კომბინიროვანო ტელლურიკოსო ზონდიროვანიუ

დ. ა. კიკნადზე, გ. ე. გუგუნავა

Изучение глубинного строения Земли методами магнитотеллурического зондирования (ГМТЗ) в последние годы привлекает все большее внимание исследователей [1—3 и др.]. В результате выявлены аномалии электропроводности в земной коре и верхней мантии. Глубины залегания этих аномалий варьируют в широких пределах. Обобщение данных магнитотеллурических исследований приведено в работах Г. Фурнье, С. Уорда, Г. Моррисона [3]. Авторы предлагают 4- или 5-слойную модель, в зависимости от того, проводилось ли наблюдение на образованиях седиментного комплекса или на массиве. Из ряда теоретически рассчитанных кривых ими выбраны кривые, наиболее соответствующие экспериментальным данным МТЗ. Эта теоретическая модель приводится в виде таблицы 1.

Таблица 1

Слой	Глубина залегания кровли, в КМ	Мощность слоя, в КМ	Сопротивление, в Ом
1	0	5	10
2	5	65	10 ⁴
3	70	50	50
4	120	600	10 ³
5	720	—	—

В настоящей статье делается попытка обобщения некоторых магнитотеллурических исследований на примере глубинных магнитотеллурических зондирований и комбинированного теллурического зондирования в Грузии [4,5].

Рассмотрение геоэлектрических данных о глубинном строении земной коры и верхней мантии для территории Восточной Грузии приводит к несколько отличным от вышеприведенной схемы результатам [4—6].

Первый проводящий горизонт представлен осадочным комплексом, мощность которого меняется в пределах 0—16 км. За ним следует высокоомный слой до глубин 20—60 км. Далее наблюдается повышение электропроводности в виде промежуточного проводящего горизонта, кровля которого находится на глубинах 20—60 км. Мощность этого слоя, по мне



Под геохимической специализацией пород (интрузивов) в настоящей работе понимается положительная или отрицательная аномалия в содержании рудных элементов (Pb, Zn и Cu) по сравнению с их кларком в соответствующих породах земной коры. Под металлогенической специализацией интрузива (пород) в статье понимается частный случай геохимически положительно специализированного интрузива, который по геологическим данным предположительно является рудоносным (Таусон, 1964).

Уровни содержания рудных элементов в металлогенически (геохимически) специализированных породах в большинстве случаев принимаются не особенно высокими—1,5—3-кратное обогащение по сравнению с кларком этого элемента (Таусон, 1964; Гаврилин, Злобин и др., 1966). Не останавливаясь на конкретных литературных примерах (Казицын, 1965), следует констатировать лишь факт существования в большинстве случаев положительно-аномальных содержаний рудных элементов в предполагаемых рудоносных интрузивах. Однако нельзя забывать о существовании случаев и отрицательно специализированных интрузивов на свинец (Дассыкульский интрузив в Северном Тянь-Шане, Аджарские интрузивы в Грузии, некоторые Восточно-Забайкальские и ряд других).

Основные черты полиметаллической минерализации Локского рудного узла. Оруденения узла в основном представлены гидротермальными постпалеозойскими мелкими месторождениями и рудопроявлениями. По минеральному составу и геологическим условиям залегания в них выделяются четыре типа: 1. Полиметаллические, часто золотоносные жильные оруденения юрского возраста (Дамблудское месторождение, Джандарское, Камышлинское, Горасцхальское и др. мелкие рудопроявления), залегающие в юрских отложениях и в породах палеозойского субстрата. 2. Медные, со значительным содержанием свинца и цинка жильные оруденения третичного возраста (Сакирское м-ние и Джараёрская группа р-ний), залегающие в вулканогенно-осадочной толще среднего эоцена. 3. Баритовые с примесью сульфидов меди, свинца и цинка, видимо, юрские, жильные, мелкие оруденения (Карадагское, Бежан-Назарское, Локское и некоторые другие р-ния) в пределах мощных тектонических зон смятия, в образованиях юры и в гранитоидах. 4. Скарново-гидротермальное полиметаллическое оруденение в вулканогенно-осадочной толще среднего эоцена (представлен мелким Мошеванским месторождением).

Таким образом, в пределах Локского рудного узла, по геологическим данным, предполагается наличие сульфидной минерализации двух возрастов—юрского и третичного. Минерализация юрского возраста характеризуется цинковой, а третичная—медной специализацией.

В свете этих данных значительный интерес представляет собой специализация на свинец, цинк и медь магматических пород Локского рудного узла, представленных палеозойским комплексом гранитоидов, юрским и третичным эффузивным и интрузивным комплексами пород.

О металлогенической (геохимической) специализации

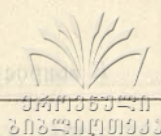
магматических комплексов Локского рудного узла. Закономерности содержания и распределения свинца, цинка и меди в магматических комплексах Локского рудного узла позволяют установить в них проявление провинциальной геохимической специализации. Она наблюдается во всех разновозрастных комплексах пород. Несмотря на то, что специализация обладает „сквозным“ характером, рудный узел характеризуется полициклической историей геологического развития. Следовательно, геохимическая неоднородность II порядка, в наиболее общем случае, представляется в виде геохимически специализированного региона, т. е. является частным случаем провинциальной специализации.

В рудном узле довольно четко наблюдается положительная геохимическая специализация всех разновозрастных магматических комплексов по цинку, за исключением верхнемелового доскладчатого вулканогенно-осадочного комплекса (см. табл.). Наряду с этим, за исключением двух случаев (герцинских гранитоидов и третичных порфиритов и диабазо-порфиритов), во всех магматических комплексах прослеживается отрицательная геохимическая специализация пород по свинцу. По меди картина специализации менее равномерная; она положительная и довольно значительная в доскладчатых вулканогенно-осадочных комплексах юры, верхнего мела и палеогена и отрицательна в габбро-амфиболитах и в гранитоидных комплексах герцинского и юрского возраста. Следовательно, для свинца и цинка характерна более выдержанная аномальность, чем для меди: для цинка от нижнего палеозоя до палеогена включительно, а для свинца—до верхнего мела включительно.

Аналогичных примеров много и по другим регионам Советского Союза, достаточных для иллюстрации специализации разновозрастных магматических комплексов в пределах определенных регионов на тот или иной рудный элемент или группу элементов. Видимо, отражением такого рода специализации магматических комплексов является преобладающее развитие разновозрастных постмагматических месторождений того или иного металла в пределах крупных участков земной коры, что обусловило необходимость выделения рудных провинций.

Исследования последних лет показали также, что в отношении Sn, В, Ве, частично Си и некоторых других наблюдается тенденция к прямой коррелированности между геохимической положительной специализацией магматических комплексов и развитием в регионе разновозрастных постмагматических месторождений этих металлов.

Из таблицы следует, что степень специализации отдельных членов комплексов различна. В отношении свинца наиболее высокая степень отрицательной специализации наблюдается для герцинских габбро и габбро-амфиболитов, батских аплитовидных гранитов, кварцпорфиритов и верхнемеловой вулканогенно-осадочной толщи. В отношении цинка наиболее высокая степень положительной специализации наблюдается для герцинских кварцевых диоритов, байосских диабазов и диабазо-порфиритов и



Геохимическая специализация по свинцу, цинку и меди различных комплексов пород Локского массива

Таблица.

Комплекс пород	Отдельные члены комплекса	Свинец			Цинк			Медь		
		содержание в г/т	кларк	знак и степень геохим. специал.	содержание в г/т	кларк	знак и степень геохим. специал.	содержание в г/т	кларк	знак и степень геохим. специал.
Комплекс пород	Отдельные члены комплекса	9,5	—	—	109,0	—	—	25,66	—	—
		3,80	8	-2,01	150,83	130	+1,16	22,4	100	-4,5
		12,83	15	-1,17	176,0	72	+2,44	17,83	35	-2
		14,66	—	—	104,44	—	—	18,33	—	—
		17,0	20	-1,18	80,0	60	+1,33	9,13	20	-2,2
		26,0	—	—	72,6	—	—	24,6	—	—
		6,0	8	-1,33	194,0	130	+1,5	174,73	100	+1,75
		6,0	—	-2,12	260,0	—	—	103,5	—	—
		9,4	20	—	100,0	60	+1,66	9,0	20	-2,2
		4,5	—	—	168,2	—	—	9,83	—	—
12,0	15	-1,25	77,5	72	+1,08	14,66	35	-2,33		
7,33	15	-2,06	22,70	72	-3,17	128,0	35	+3,6		
9,4	8	+1,17	251,2	130	+1,93	145,2	100	+1,45		

Примечание: Кларки свинца, цинка и меди для основных, средних и кислых пород по А. П. Виноградову. Верхнемеловой вулканогенно-осадочный комплекс по основным породам.

юрских кварц-порфиров. Эти аномалии не являются настолько высокими, чтобы их рассматривать как качественно иное явление. Следовательно, в пределах Локского рудного узла, на фоне некоторой аномальности в содержании свинца и цинка не наблюдается локальных (характерных для определенных членов комплекса) резких изменений содержаний (в десятки раз) этих элементов. В литературе имеются единичные примеры резкого обогащения отдельных членов комплекса (Рабинович и др., 1958; Казидын и др., 1962). Однако 1,5—2-кратная положительная геохимическая свинцовая специализация гранитоидов, по представлению ряда авторов (Гаврилин, Злобин и др., 1966), часто соответствует свинцовой металлогении региона.

Аналогичными являются и наши данные по Аджарскому рудному району, где 1,8-кратное по цинку и 1,6—3-кратное по меди обогащение гранитоидов в какой-то мере коррелируется с преобладающим развитием медно-цинковой жильной минерализации в рудном районе (Иваницкий, Гварамдзе и др., 1969).

Из приведенных данных в отношении постмагматической минерализации Локского рудного узла следует, что она характеризуется четкими признаками цинковой (юрские месторождения) и медной (третичные месторождения) специализацией. Поэтому в первом приближении можно считать, что характер гидротермальной минерализации в какой-то степени коррелируется с положительной геохимической специализацией разновозрастных комплексов пород. В аспекте данных по цинку не лишено основания предположение о том, что „сквозной“ характер цинковой геохимической специализации пород рудного узла и „сквозной“ же облик цинковой металлогении обусловлены богатством субстрата и более глубоких частей данного региона этим рудным элементом. Видимо, в этом следует искать причину провинциальной специализации, отразившейся в богатстве цинком как гранитоидов, так и основных жильных пород. В отношении меди, как уже говорилось, видна картина обогащения ею пород доскладчатых комплексов, с чем хорошо коррелируется наличие (за пределами рудного узла) в вулканогенно осадочной толще верхнего мела медносульфидных месторождений колчеданного типа (Маднеули, Цители-Сопели, Квемо-Болнис и др.).

Наряду с этим нельзя не отметить, что отрицательная специализация верхнемеловой вулканогенной толщи по цинку не соответствует высоким концентрациям цинка и медно-сульфидных колчеданных месторождений, а также факту присутствия в этой толще Маднеульского барито-свинцово-цинкового месторождения, генетически связываемого с верхнемеловым магматизмом.

Резюмируя литературные и наши данные в отношении металлогенической специализации магматических комплексов по свинцу, цинку и меди, нельзя прийти к однозначному выводу в отношении её использования в качестве критерия установления генетической связи гидротермаль-



ной минерализации с магматизмом. Можно рассчитывать, что в дальнейшем хотя бы частично удастся решить эту интересную проблему.

(Представлено 10. XI. 1971)

Кафедра
минералогии и петрографии

ЛИТЕРАТУРА

1. Р. Д. Гаврилин, Б. И. Злобин, Л. Л. Леонова, Л. А. Певцова, Л. С. Агафонникова, Н. С. Классова, Геохимия варисских интрузивных комплексов Северного Тянь-Шаня, ГЕОХИ, АН СССР, М., 1966.
2. Т. В. Иваницкий, Н. Д. Гварамадзе, Т. Д. Мchedlishvili, И. Д. Шавишвили, Д. Г. Надарейшвили, М. Ш. Мачавариани, Геохимия и мегаллогеническая специализация интрузивов Аджарии, Тр. ГИН АН СССР, нов. сер., вып. 20, Тбилиси, 1969.
3. В. Ю. Казицын, Зап. всеюзн. минералог. об-ва, вторая сер., ч. 94, вып. 1, 1969, стр. 28—40.
4. Ю. В. Казицын, Г. В. Александров, В. В. Павлова, Е. Н. Панов, Сов. геология, 9, 1962, стр. 61—77.
5. А. В. Рабинович, А. Н. Муравьева, М. В. Жданова, Геохимия, № 2, 1958, стр. 118—123.
6. Л. В. Таусон, в сб. „Химия земной коры“, изд. „Наука“, 1964, М., стр. 229—239.

თ. ივანიცკი, თ. მგელიაშვილი

მაგმური კომპლექსების მეტალოგენური სპეციალიზაციის საკითხისათვის ლოქის მაღლიანი კვანძის მაგალითზე (საქართველო)

(რეზიუმე)

წერილში განხილულია მაგმური კომპლექსების მეტალოგენური სპეციალიზაციის საკითხის თანამედროვე მდგომარეობა და ნავარაუდევია ამგვარი კვლევის განვითარების გზები.

ლოქის მასივის მაგმურ ქანებში ტყვიის, თუთიის და სპილენძის შემცველობის და განაწილების საფუძველზე გამოთქმულია მოსაზრება შესწავლილი მაგმური კომპლექსების მეტალოგენური სპეციალიზაციის შესახებ.

К ВОПРОСУ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ МАГМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ НА ПРИМЕРЕ ЛОКСКОГО РУДНОГО УЗЛА (ГРУЗИЯ)

Т. В. ИВАНИЦКИЙ, Т. Н. МГЕЛИАШВИЛИ

Вводные замечания. Большинство исследователей придерживается представления о генетической и парагенетической связи постмагматических месторождений с магматизмом. Другая часть исследователей придерживается взгляда о подкоровом происхождении рудоносных растворов, связанных с глубинными разломами в земной коре. Существуют также взгляды о роли магматических процессов как стимуляторов процесса мобилизации рудного вещества вмещающих толщ и некоторые другие разновидности этой гипотезы.

Несмотря на скептическое отношение многих геологов к регионально-металлогеническим построениям, совершенно ясно, что существующие эмпирические закономерности в отношении связи различных рудных формаций с определенными типами магматических пород не являются случайными. Поэтому на необходимость решения вопроса о зависимости между содержанием рудных элементов в магматических породах в связи с ассоциирующими с ними в пространстве и во времени рудными месторождениями указывалось еще С. С. Смирновым. Однако, несмотря на это, еще не установлены геохимические (петрогеохимические) критерии генетической связи гидротермальной минерализации с магматизмом. В настоящее время необходимо проводить детальные исследования по отдельным вопросам проблемы: 1) следует выяснить закономерности поведения рудных элементов в сходных по химическому и минералогическому составу, но различных по генезису гранитоидах; 2) в регионах полициклического геологического развития нужно выяснить влияние процессов регенерации (омолаживания) на перераспределение примесей и их вторичную мобилизацию; 3) следует установить уровни (нормы) содержания для различных рудных элементов в предположительно рудоносных членах того или иного комплекса; 4) решить вопросы взаимосвязи между провинциальными геохимическими признаками и уровнями содержания примесей рудных элементов в породах, влияние автometасоматических и постмагматических процессов на мобилизацию рудных элементов и их перераспределение в породах и ряд других не менее важных вопросов.



нию ряда авторов) — 5—10 км [2]. Обнаружена корреляция между мощностью седиментного слоя и промежуточного проводящего горизонта. Механизм этой связи приводится авторами в работе [7]. С глубин 30—70 км сопротивление вновь повышается. Оно связано с прекращением механизма дегидратации и продолжается до глубин 300—350 км. Третий проводящий слой на территории Восточной Грузии фиксируется на глубинах 300—350 км, который выделен на основании данных МТЗ и комбинированного теллурического зондирования (КТЗ), впервые полученных в Грузии [4, 5]. Ожидаемые температуры на этих глубинах порядка 1200—1500° С [8, 9]. При таких температурах возможен расплав горных пород, что неизбежно влечет за собой аномальное увеличение проводимости. Увеличение электропроводности на 3—4 порядка за счет роста температуры отмечается рядом авторов (Прайс, Макдональд, Рикитакэ и др.). Под этим горизонтом наблюдается понижение электропроводности, что явствует из кривых комбинированного теллурического зондирования, полученных на территории Восточной Грузии (см. рис. 1).

Увеличение сопротивления соответствует температурной кривой Тозера (см. рис. 2). Кривая указывает на резкое уменьшение градиента

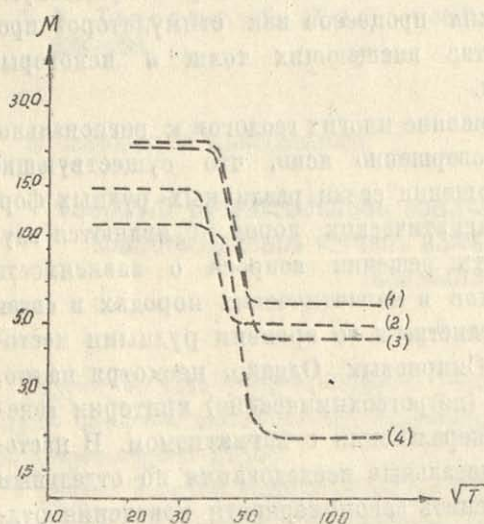


Рис. 1.

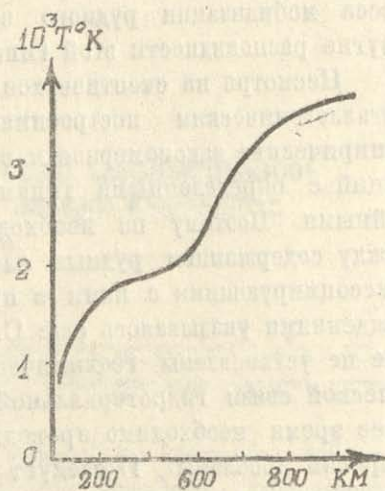


Рис. 2.

температур на глубинах 300—800 км [8]. Увеличение давления на соответствующих глубинах в комплексе с минимальным градиентом температур должно способствовать переходу вещества из жидкой фазы в твердую на глубинах 500—800 км.

По данным ряда авторов, на глубинах 800—1000 км [3 и др.] выделяется проводящий горизонт, который, по всей вероятности, вызван переходом из „переходного“ слоя (слой С) в мантию (слой Д). По нашему мнению, конечная ветвь КТЗ (см. рис. 1) завершается перегибом, соответствующим вышеотмеченному переходу из слоя С в слой Д.

Приведенные выше результаты позволяют построить схематический разрез земной коры и верхней мантии, который представляется в виде семислойной модели (см. табл. 2)

Таблица 2

	Горизонт	Кровля, в км	Подошва, в км
1	I проводящий горизонт	0	0—15
2	I высокоомный горизонт	0—15	20—45
3	II проводящий горизонт	20—60	25—70
4	II высокоомный горизонт	25—70	300—350
5	III проводящий горизонт	300—350	—
6	III высокоомный горизонт	—	800—1000
7	IV проводящий горизонт	800—1000	—

Первый проводящий горизонт представлен осадочным комплексом мощностью от 0—15 км. Под ним залегает высокоомный горизонт, подошва которого находится на глубинах от 20—60 км. Мощность его варьирует в пределах 5—10 км [2] (здесь и далее отсчет глубин ведется от дневной поверхности). Под промежуточным проводящим горизонтом до глубин порядка 300—350 км находится слой плохой проводимости. С этой глубины наблюдается новое понижение сопротивления в виде слоя значительной мощности, сменяющегося слоем низкой проводимости, который простирается до глубин 800—1000 км. Следующее повышение проводимости, видимо, начинается со слоя „Д“.

(Представлено 17. V. 1971)

Кафедра геофизики и методов
поиска и разведки полезных ископаемых

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Н. Тихонов, Н. В. Липская, Н. А. Денискин, Н. Н. Никифорова, З. Д. Ломакина, ДАН СССР, т. 140, № 3, 1961, стр. 587—590.
2. М. Н. Бердычевский, В. П. Борисова, В. П. Бубнов, Л. Л. Ваиьян, И. С. Фельдман, И. А. Яковлев. Изв. АН СССР, „Физика Земли“, № 10, 1969, стр. 43—45.
3. H. G. Fournier S. H. Word, H. F. Morrison, Magnetotelluric evidence for the low velocity layer, Space Se hab., Uty of Calif, Berkeley 4. Techn. Rep. on Nonr 222 (89) Ser. n 4, Issue n, 76, November 6, (1963).
4. В. В. Кебуладзе, Г. Е. Гугунава, „Физика Земли“, № 9, 1970, стр. 91—93.
5. Г. Е. Гугунава, В. В. Кебуладзе, О. В. Татишвили, „Физика Земли“ № 2, 1971, стр. 97—99.
6. Г. Е. Гугунава, № 10, 1969, стр. 96—99.
7. Г. Е. Гугунава, Д. А. Кикнадзе, АН ГССР, т. 53, № 1, 1970, стр. 69—72.
8. D. C. Tozer, The electrical properties of the earth's interior. In: L. H. Ahrens' T. Press, K. Rankama, S. K. Runcorn (editors), Physics and chemistry of the Earth Pergamon, 1959, 3, pp 413—434.
9. Е. А. Любимова, Термика Земли и Луны, изд. „Наука“, 1968.

დ. კიკნაძე, გ. გუგუნიანი

**დედამიწის ჰერმისა და ზედა მანტიის ავგუზულების საკითხისათვის
 ავგუზულებული და კომპინირებული ტელურული ზონირების
 მონაცემების მიხედვით**

(რეზიუმე)

შრომაში მოცემულია დედამიწის ჰერმის და ზედა მანტიის გეოლექტრულ ავგუზულების მოდელის შემუშავების ცდა. ავტორები იძლევიან მის შვიდ-ფენოვან სტრუქტურას.

მდინარე რიონის აუზის (სოფ. ალპანას ჯემოთ) ლანდშაფტური დიფერენციაცია და ფიზიკურ-გეოგრაფიული დარაიონება

მ. ხ ა რ ა ტ ი შ ვ ი ლ ი

ბუნების შემადგენელი ცალკეული კომპონენტის მიხედვით ჩატარებული გეოგრაფიული კვლევა, რაგინდ სრულყოფილად უნდა იყოს შესრულებული, მაინც ვერ ასახავს მოცემული ტერიტორიის ბუნებრივი პირობების ყველა თავისებურება-ნაირგვარობას. ჩვენი ქვეყნის სახალხო მეურნეობის შემდგომი აღმავლობა და განსაკუთრებით სოფლის მეურნეობის დარგების რაციონალურად განლაგება-განვითარება ცალკეული რეგიონის ბუნების კომპლექსურად შესწავლის აუცილებლობას გვისახავს. აღნიშნული პირობა აყენებს ფიზიკურ-გეოგრაფიული კვლევის ახალ ამოცანებს, რითაც იქმნება მეცნიერული გეოგრაფიული ცოდნის პრაქტიკულად გამოყენების შესაძლებლობა.

ამის შედეგად გეოგრაფია, სხვა კლასიკურ მეცნიერებათა მსგავსად, ამჟამად ძირეულ გარდაქმნებს განიცდის. კვლევა-ძიების ერთ-ერთ სფეროს, რომლისკენაც მიპყრობილია ფიზიკური გეოგრაფიის ყურადღება, წარმოადგენს ლანდშაფტმცოდნეობის თეორიისა და ლანდშაფტური კვლევის პრაქტიკის ყოველმხრივი განვითარება.

ბუნებრივი პირობების მხრივ რიონის აუზი საქართველოს ერთ-ერთი მრავალფეროვანი და საინტერესო კუთხეა. კვლევის ობიექტად მთიანი მხარე იმიტომ ავირჩიეთ, რომ უკანასკნელ წლებში მათი შესწავლა ერთ-ერთი პრობლემური საკითხია გეოგრაფიულ მეცნიერებაში.

ჩვენ მიერ შესრულებული ლანდშაფტური დიფერენციაცია და ფიზიკურ-გეოგრაფიული დარაიონება, რა თქმა უნდა, ყოვლისმომცველი და ამომწურავი არ არის და ნაშრომს არცა აქვს ამის პრეტენზია. მაგრამ ამ ეტაპზე შესრულებული კვლევის დეტალიზაცია შემდგომი მსხვილმასშტაბიანი ლანდშაფტური დახასიათებისათვის აუცილებელ საფეხურს წარმოადგენს.

შესწავლილი ტერიტორიის საზღვრებია: ჩრდილოეთით — რიონ-ცხენისწყლის გამყოფი ლეჩხუმის ქედის თხემი, სამხრეთით — რიონ-ყვირილას წყალგამყოფი რაჭის ქედის თხემი, დასავლეთით — ლაჯანურ-ცხენისწყლის წყალგამყოფი შუა ლეჩხუმის სერის თხემი, ხოლო აღმოსავლეთით — კავკასიონის მთავარი წყალგამყოფი ქედის თხემი მ. ფასის მთიდან მ. ზეკარამდე. ამრიგად, რიონის აუზი საკვლევი ფარგლებში ყოველი მხრიდან ქედებითაა შემოსაზღვრული და ამდენად მკვეთრად გამოყოფილ ფიზიკურ-გეოგრაფიულ ერთეულს წარმოადგენს. მისი ფართობი 3200 კვ. კმ უდრის და საქართველოს სსრ-ის 4,5%-ს შეადგენს. იგი მთლიანად



მოიცავს ამბროლაურის, ონის, ხოლო ნაწილობრივ — ცაგერისა და ჯავის რაიონებს.

აუზის უმაღლეს წერტილს წარმოადგენს მ. ჭანჭახი (ზ. დ. 4461 მ), რომელიც აღმართულია კავკასიონის მთავარ წყალგამყოფ ქედზე, ხოლო უდაბლესი რიონის ხეობის ძირზე, სიფ. ალპანასთან ზ. დ. 350 მეტრზე მდებარეობს. დიდი ჰიფსომეტრიული კონტრასტი, სხვა ფაქტორებთან ერთად, განაპირობებს ლანდშაფტების სიმაღლით ზონურობას.

რიონის აუზი მდებარეობს მესამეული ნაოჭა სისტემის ჩრდილო ტოტის — კავკასიონის სამხრეთ ფერდობზე, რომელიც აგებულია პალეოზოური, იურული, ცარცული და მესამეული ნალექებით, ხოლო ტექტონიკურად იგი პ. გამყარების ტექტონიკური სქემის მიხედვით ერთიანდება კავკასიონის მთავარი ქედის ანტიკლინორაიუმის კრისტალური გულის აზეგების ცენტრალურ ზონაში, კავკასიონის სამხრეთი ფერდის ნაოჭა სისტემაში შემავალი ზედა იურისა და ცარცის კარბონატული ფლიშის მესტია-თიანეთის ზონის შოგი-ფსანაურის ქვეზონაში, აგრეთვე გაგრა-ჯავის ზონის პორფირიტული იურის ჩრდილო და რაჭა-ლეჩხუმის სინკლინის ქვეზონებში. კლიმატურად მდ. რიონის აუზის აღნიშნული ნაწილი ერთიანდება სუბტროპიკული ზონიდან ზომიერი სარტყლისაკენ გარდამავალ ქვეზონაში, სადაც მთა-მდელოთა და მთა-ტყეთა ნიადაგებზე ძირითადად განვითარებულია სუბალპურ-ალპური და მთის ტყეთა მცენარეულობა.

ამგვარად, ბუნების კომპონენტების მიხედვით განსახილველი ტერიტორია წარმოადგენს კავკასიონის მეტად მრავალფეროვან უბანს, რაც ნათლად აისახება ლანდშაფტების ნაირგვარობაშიც.

როგორც ცნობილია, ლანდშაფტები შეიძლება გავაერთიანოთ ან დავყოთ თავისებრივი მსგავსებისა და ტერიტორიული ერთიანობის მიხედვით. აქედან გამომდინარე, ლანდშაფტების სისტემატიზაციის საშუალებებია ტიპიზაცია და დარაიონება, ე. ი. ტიპოლოგიურ და რეგიონულ ერთეულთა გამოყოფა. უკანასკნელ წლებში მთიან მხარეთა კვლევის საქმეში ამ მხრივ მნიშვნელოვანი წარმატებები მიღწეული.

მთიან მხარეთა ძირითად დამახასიათებელ თავისებურებას ბუნებრივი ლანდშაფტების სიმაღლითი ზონურობა წარმოადგენს. სიმაღლითი ზონების სტრუქტურა ძირითადად გაპირობებულია განედური ზონურობითა და გრძედული „სექტორულობით“. ზონების რიცხვი და ხასიათი, თითოეული მათგანის სიმაღლითი საზღვრები და მნიშვნელოვანი განსხვავებანი მთლიანად განისაზღვრება მთიანი მხარის განედური და გრძედული მდებარეობით, მისი ოროგრაფიული თავისებურებებით. მაგრამ ფიზიკურ-გეოგრაფიული დიფერენციაციისას, როდესაც გეოგრაფიული მოზაიკის ფართო განსხვავებიდან დეტალებში გადავდივართ, ვამჩნევთ, რომ შეუძლებელი ხდება ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობების მრავალფეროვნება ავსნათ საერთო ზონური და აზონური კანონზომიერებებით. „ერთმანეთის გვერდით, ერთსა და იმავე ზონურ და აზონურ პირობებში, ერთი და იმავე მაღლობის ფერდობზე ბუნების განსხვავება უკვე აღარაა დამოკიდებული აღარც განედურ-ვერტიკალურ პირობებზე, აღარც ჰაერის მასების კონტინენტურ-ოკეანურ გადაადგილებზე. აქ წინა პლანზე გამოდის ადგილობრივი შიდალანდშაფტური ფაქტორები — ლანდშაფტის მორფოლოგიური თავისებურებანი“ (2). ლანდშაფტური კვლევის მთავარი ამოცანა სწორედ ლანდშაფტის მორ-

ფოლოგიური სტრუქტურის შეცნობაში, მის კარტოგრაფიულად გამოხატვის და შესწავლა-დახასიათებაში მდგომარეობს.

ლანდშაფტური დიფერენციაციის დროს ჩვენ ვეყრდნობით ფაქტობრივ მასალას, რომელიც ველზე მუშაობის პერიოდში შევავსოვეთ, ვითვალისწინებთ სხვა მკვლევართა მიერ ჩატარებულ დაყოფის ცდებსა და მათ მეთოდულებს. თუმცა უნდა მივუთითოთ, რომ საკვლევი ტერიტორიის ლანდშაფტების დიფერენციაცია ჩვენამდე არ ჩატარებულა. ამიტომ გამოვიყენეთ ის დაყოფანი, რომლებიც მთლიანად კავკასიას ან საქართველოს ეხება—კერძოდ, 1944 წელს მ. საბაშვილის, ბ. კლოპოტოვსკის, ლ. მარუაშვილისა და გ. ტარასაშვილის მიერ ბ. დობრინინის თანაავტორობითა და რედაქტორობით შედგენილი საქართველოს სსრ ფიზიკურ-გეოგრაფიული ოლქების, მთავარი რაიონებისა და ზონების რუკა, ბ. დობრინინის მიერ შედგენილი კავკასიის ფიზიკურ-გეოგრაფიული (ლანდშაფტური) ოლქების რუკა, რომელიც დაერთვის 1949 წელს გამოცემულ სსრ კავშირის ფიზიკური გეოგრაფიის სახელმძღვანელოს, 1961 წელს ალ. ჯავახიშვილის მიერ გამოცემული საქართველოს სსრ ბუნებრივი ლანდშაფტების რუკა, 1963 წელს მ. სანებლიძის მიერ შედგენილი საქართველოს სსრ ლანდშაფტური ზონების სქემა, 1964 წელს საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ვახუშტის სახ. გეოგრაფიის ინსტიტუტის მიერ გამოცემული საქართველოს სსრ ატლასში მოთავსებული ლანდშაფტური რუკა (ავტორები მ. სანებლიძე, დ. უკლება, ა. ჯავახიშვილი და ქ. ჯაყელი), 1970 წელს გამოსული საქართველოს სსრ ლანდშაფტური რუკა უმაღლესი სკოლებისათვის (ავტორები მ. სანებლიძე, დ. უკლება, და ქ. ჯაყელი).

საკვლევი ტერიტორიის ლანდშაფტების ნაირგვარობა მჭიდროდაა დაკავშირებული მათი შემადგენელი კომპონენტების თავისებურებებთან. მთიან მხარეებში გეოლოგიური აგებულება, რელიეფი, კლიმატური პირობები და ა. შ. განაპირობებს ბუნების კომპონენტებისა და შესაბამისად თვით ლანდშაფტების თავისებურებას. ამიტომ გათვალისწინებული ლანდშაფტური დიფერენციაციისათვის ჩვენ მოგვიხდა დარგობრივ-გეოგრაფიული ხასიათის (ავტორები ე. წერეთელი, მ. კორძაია, ლ. ვლადიმეროვი, მ. საბაშვილი, ნ. კეცხოველი) სხვადასხვა მასშტაბის რუკებისა და სქემების შეჯერება -შეთანაწყობა.

ლანდშაფტურ-ტიპოლოგიური ერთეულების სისტემიდან ჩვენ ვეყრდნობით შემდეგ თანმიმდევრობას: კლასი, ჯგუფი, ტიპი და ქვეტიპი.

ლანდშაფტების ტიპოლოგიური ერთეულების გამოვლენისას—ლანდშაფტების დიაგნოსტიკისას ვითვალისწინებთ იმ გარემოებას, რომ მთიან მხარეთა ძირითად დამახასიათებელ თავისებურებას ბუნებრივი ლანდშაფტების სიმაღლითი ზონალობის კანონზომიერება წარმოადგენს. ჩვენ მიგვაჩნია, რომ უმაღლესი განმარტვადი კლასიფიკაციური ერთეული, რომელიც ხასიათდება ზონურობის საერთო ტიპით (სტრუქტურით), არის ლანდშაფტური კლასი. აქედან გამომდინარე, ჩვენი ტერიტორია ეკუთვნის მთის ლანდშაფტების კლასს (ა).

ლანდშაფტური ჯგუფი არის სიმაღლითი ზონურობის გამოვლენის კონკრეტული გამოხატულება, რომელიც ძირითადად მაკრორელიეფისა და ჰავის თავისებურებითაა გაპირობებული. ამ ფაქტორის გათვალისწინებით გამოვყოფთ ლანდშაფტების 3 ჯგუფს; ესენია: ალპური ლანდშაფტები მაღალმთის ჰავით (I_1), საშუალომთიანი ლანდშაფტები ზომიერი ჰავით (I_2) და დაბალმთიანი ლანდშაფტები ზომიერად ნოტიო სუბტროპიკული ჰავით (I_3).



ლანდშაფტური ტიპი არის გარეგნულად ერთფეროვანი და გენეტიკურად მრავალფეროვანი ბუნებრივი ზონა, რომელსაც ახასიათებს შემადგენელი კომპონენტების კანონზომიერი, ურთიერთგაპირობებული ერთტიპობრივი შეერთება. კვლევის ლანდშაფტურ-გენეტიკური პრინციპის მომარჯვებისას მხედველობაში გვქონდა, რომ ლანდშაფტების მსხვილი ერთეულების გენეტიკური ერთიანობა შეფარდებითია, რამდენადაც მათ განვითარების პროცესში მცირე ერთეულებად ბუნებრივ ზონებად — ლანდშაფტურ ტიპებად დიფერენციაცია განიცადეს. ამგვარად, რანგის შემცირებასთან ერთად იზრდება მათი გენეტიკური ერთიანობის ხარისხი.

იმის გამო, რომ ვერავითარი სახელწოდება ვერ გადმოგვცემს გამოყოფილი ლანდშაფტური ტიპის მთელ მრავალფეროვნებას, მათი სახელწოდებები მოკლე და სრული რომ იყოს, ამისათვის მას რელიეფის და ნიადაგურ-მცენარეული საფარის თავისებურებებით აღვნიშნავთ. ლანდშაფტური ტიპის სახელწოდების განსაზღვრისას უმეტეს შემთხვევაში ძირითადი ფაქტორია რელიეფი, რადგან იგი მეტად სტაბილურია დროის მიხედვით. ცნობილია, ხატოვანი გამოთქმა: რელიეფი ლანდშაფტის ხერხემალიაო. ლანდშაფტის შემადგენელი კომპონენტებიდან მცენარეული საფარი ყველაზე მობილური, სწრაფად ცვალებადი და დამახასიათებელი — ფიზიონომიური კომპონენტია. ამბობენ, მცენარეული საფარი ლანდშაფტის სარკეაო. ასევე მნიშვნელოვან ყურადღებას მოითხოვს ნიადაგური საფარი, როგორც ლანდშაფტის შემადგენელი ყველა კომპონენტის ურთიერთშემოქმედების პროექტი.

შემოაღნიშნულის გათვალისწინებით, საკვლევ ტერიტორიაზე გამოყოფილ ალპური ლანდშაფტების ჯგუფს მაღალმთის ჰავით (I_1) ოთხ ლანდშაფტურ ტიპად ვყოფთ:

1. ნივალური ლანდშაფტის ტიპი მუდმივი თოვლითა და მყინვარებით;
2. სუბნივალური ლანდშაფტის ტიპი კლდოვანი გაშიშვლებებითა და პრიმიტიული ნიადაგებით;
3. ალპური ლანდშაფტების ტიპი მთა-მდელოს ნიადაგებითა და მცენარეულობით. აღნიშნულ ტიპში ლითოლოგიური და მიკრორელიეფური თავისებურებების გათვალისწინებით გამოვყოფთ შემდეგ ქვეტიპებს: ა. ლიასურ თიხა-ფიქლებზე განვითარებული გლაცოიგენურ-დენუდაციური ნაზი რელიეფით, ბ. კარბონატულ ფლიშურ ნალექებზე განვითარებული კლდოვანი კარსტული რელიეფით, გ. ლიასურ თიხა-ფიქლებზე განვითარებული დენუდაციური მკვეთრი რელიეფით.
4. ტყიან-მდელოიანი სუბალპური ლანდშაფტის ტიპი: ა. ლიასურ თიხა-ფიქლებზე განვითარებული გლაცოიგენურ-დენუდაციური ნაზი რელიეფით, ბ. კარბონატულ ფლიშურ ნალექებზე განვითარებული კლდოვანი კარსტული რელიეფით, გ. ლიასურ თიხა-ფიქლებზე განვითარებული დენუდაციური მკვეთრი რელიეფით, დ. ბაიოსურ ვულკანოგენურ ქანებზე განვითარებული დენუდაციური რელიეფით და ე. კარბონატულ სუბსტრატზე განვითარებული დენუდაციურ-კარსტული რელიეფით.

საშუალომთიანი ლანდშაფტების ჯგუფში ზომიერი ჰავით (I_2) გამოვყოფთ 2 ლანდშაფტურ ტიპს:

5. წიწვიანი ტყის ლანდშაფტის ტიპი მთა-ტყის ნიადაგებით; 6. შერეული ტყის ლანდშაფტის ტიპი ტყის ყომრალი ნიადაგებით.
- პირველში გამოვყოფთ შემდეგ ქვეტიპებს: ა. ფლიშურ ნალექებზე განვითარებული

რებული, მყინვარულ-ეროზიული რელიეფით. ბ. კარბონატულ ფლიშურ ნალექებზე განვითარებული დენუდაციურ-ეროზიული რელიეფით, ნეომპალა-კარბონატული ნიადაგებით, გ. ლიასურ თიხა-ფიქლებზე განვითარებული ეროზიულ მთახეობიანი რელიეფით.

მეორე ტიპში გამოიყოფა ქვეტიპები: ა. კარბონატულ ფლიშურ ნალექებზე განვითარებული ეროზიულსერებიანი რელიეფით ნეომპალა-კარბონატული ნიადაგებით, ბ. ფლუვიოგლაციურ ნალექებზე განვითარებული აკუმულაციური რელიეფით, ჭალის მცენარეულობით, გ. ვულკანოგენურ ქანებზე განვითარებული დენუდაციურ-წყალგამყოფებიანი რელიეფით, დ. ცარცულ ნალექებზე განვითარებული კარსტულ-ეროზიული რელიეფით.

დაბალმთიანი ლანდშაფტების ჯგუფში ზომიერად ნოტიო სუბტროპიკული ჰავით (I_3) გამოვყოფთ ერთ ლანდშაფტურ ტიპს:

7. ფართოფოთლოვანი კოლხური ტყის ლანდშაფტებს, რომელშიც 3 ლანდშაფტური ქვეტიპი გაერთიანდება: ა. მესამეულ ქანებზე განვითარებული ეროზიულ-მეწყრული რელიეფით, ბ. კარბონატულ ქანებზე განვითარებული კარსტულ-ეროზიული რელიეფით და გ. ფლუვიალურ ნალექებზე განვითარებული აკუმულაციური რელიეფით.

გარდა თვისებრივი მსგავსებისა, ლანდშაფტები შეიძლება გავაერთიანოთ—დავყოთ ტერიტორიული ერთიანობის—მთლიანობის მიხედვით.

„ფიზიკურ-გეოგრაფიული დარაიონება, უპირველეს ყოვლისა, დედამიწის ზედაპირის ისეთი დაყოფაა, როცა გამოყოფილი რეგიონები ინარჩუნებენ ტერიტორიულ მთლიანობასა და შინაგან ერთიანობას, რომლებიც ისტორიული განვითარების მთლიანობიდან და ცალკეული შემადგენელი ნაწილების სივრცითი კავშირებიდან გამომდინარეობს“ (2). ამ აზრს ავტორი კიდევ უფრო აზუსტებს და დასძინს: „ფიზიკურ-გეოგრაფიული დარაიონება არის დედამიწის ზედაპირზე ზონური და აზონური ფაქტორების ზემოქმედების შედეგად ისტორიულად ჩამოყალიბებული ინდივიდური ფიზიკურ-გეოგრაფიული განსხვავებების გეოგრაფიული დიფერენციაციის გამოვლენა“.

ჩვენი აზრით, განმარტების პირველი ნაწილი, სადაც ლაპარაკია, რომ დარაიონება დაყოფააო, შესწორებას მოითხოვს; ჩვენ დარაიონებას ვიხილავთ, როგორც დაყოფასა და გაერთიანებას ერთდროულად, ე. ი. ვიყენებთ კვლევის ინდუქციურ და დედუქციურ მეთოდებს; გამოყოფილ ერთეულს გამოწმებით როგორც „ქვემოდან“, ისე „ზემოდან“.

ჩვენ მიგვაჩნია, რომ ფიზიკურ-გეოგრაფიული დარაიონება ბუნებაში ობიექტურად არსებული, ერთმანეთისაგან განსხვავებული ტერიტორიული ერთეულების დაჯგუფებათა გამოვლენის რთული პროცესია.

ლანდშაფტურ-ტიპოლოგიური და ფიზიკურ-გეოგრაფიული დარაიონების პრინციპებისა და მეთოდების შესახებ ცნობილი ლიტერატურული წყაროების, საკვლევი რეგიონის მიმართ უკვე არსებული ამგვარი რუკებისა თუ სქემების, აგრეთვე ჩვენ მიერ საველე-კვლევითი მუშაობის დროს შესრულებული რუკების ანალიზის შედეგად ვიძლევიტ მდინარე რიონის აუზის (სოფ. ალაპანას ზემოთ) ფიზიკურ-გეოგრაფიულ დარაიონებას. ფიზიკურ-გეოგრაფიულ რაიონად მიგვაჩნია გენეტურად შედარებით ერთგვაროვანი ტერატორიული ერთეული, რომელიც ხასიათდება მისთვის დამახასიათებელი ლანდშაფტის ტიპების შეთანაწყო-



ბით, ე. ი. როგორც ქართველ გეოგრაფთა უმრავლესობა (სანებლებელი ქ., უკლებად 1967), ჩვენც დარაიონებას საფუძვლად ვუდებთ ლანდშაფტურ რუკას: „ვახდენთ ბუნებაში ობიექტურად არსებული ლანდშაფტების ტიპური შეთანაწყობების (კომპლექსების) გაერთიანებას ფიზიკურ-გეოგრაფიულ რაიონში“.

საქართველოს სსრ ფიზიკურ-გეოგრაფიული დარაიონების ფონზე საკვლევ ტერიტორიას ვაერთიანებთ კავკასიონის მთიან მხარეში (ა) შემავალი დასავლეთ კავკასიონის ოლქის (1) რაჭა-ლეჩხუმის ქვეოლქში (I₁), სადაც გამოვყოფთ რიონის ზემოწელისა (ა) და შუაწელის აუზის (ბ) რაიონებს. გამოყოფილ რეგიონულ ერთეულებს ადგილის გეოგრაფიული სახელწოდებით აღვნიშნავთ.

რიონის ზემოწელის აუზის რაიონში (ა) გამოვყოფთ 3 ქვერაიონს: 1. რაჭის კავკასიონს; 2. რიონ-ჭანჭანის ხეობას, 3. შოდა-კედელას ქედს.

რიონის შუაწელის აუზის რაიონში (ბ) გამოვყოფთ 4 ქვერაიონს: 4. ლეჩხუმის ქედი, 5. რაჭის ქედი, 6. რიონის ხეობა და 7. კუდარო.

საკვლევ რეგიონის ბუნების შესწავლა, როგორც პრაქტიკული მნიშვნელობის ამოცანა, განზრახული გვაქვს გამოყოფილი ლანდშაფტური ტიპების კომპლექსური დახასიათებით გადავწყვიტოთ.

(წარმოდგენილია 29. XI. 1971)

ფიზიკური
ქვეყანათმცოდნეობის კათედრა

ლიტერატურა

1. ჟურნალ „სკოლა და ცხოვრების“ დამატება-ისტორია, საზოგადოებათმცოდნეობა, გეოგრაფია სკოლაში; № 2, 1967, გვ. 11—18.
2. Исаченко А. Г., Учение о ландшафте и физико-географическое районирование Л., 1962.

М. Ш. ХАРАТИШВИЛИ

ЛАНДШАФТНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ И ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ БАССЕЙНА РЕКИ РИОНИ (ВЫШЕ С. АЛПАНИ)

(Резюме)

В работе дана краткая характеристика отдельных компонентов природы. Автор выделяет следующие типологические единицы: класс, группа, тип, подтип и определяет каждый из них. В классе горных ландшафтов выделены 3 группы, 7 типов и 18 подтипов ландшафтов. Выделены также 2 района и 7 подрайонов.

К ВОПРОСУ О РАСПРЕДЕЛЕНИИ СУММАРНОЙ РАДИАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ ГРУЗИИ

А. Ф. КОТАРИА

Суммарная радиация представляет собой суммарный поток прямой и рассеянной солнечной радиации. Количественным показателям суммарной радиации как одному из компонентов радиационного баланса, придают важное значение для решения ряда как общеклиматических, так и практических задач.

Известно, что величина суммарной радиации зависит от высоты солнца, прозрачности атмосферы, продолжительности солнечного сияния, влажности воздуха, характера подстилающей поверхности (альбедо), количества и физического строения облаков, высоты места над уровнем моря и др. Влияние на суммарную радиацию последних двух факторов (облачность и высота места) настолько значительно, что оно сильно усложняет изучение радиационного климата в горных условиях. Этот вопрос является предметом изучения ученых разных стран.

На территории Грузии актинометрические наблюдения над суммарной радиацией имеются для Сухуми, Анасеули, Цхакая, Гори (588 м над ур. м.), Тбилиси (404 м), Телави (568 м), Цалка (1464 м), Крестовый перевал (2395 м) и Казбеги (3657 м). Три из перечисленных пункта являются высокогорными. Имеющееся число актинометрических пунктов крайне недостаточно для характеристики территориального распределения суммарной радиации, поэтому величины суммарной радиации были вычислены методом климатологического расчета большого числа метеонаблюдений.

Для низинных пунктов расчеты производят усовершенствованной в ГГО формулой Савинова-Онгстрема (2):

$$Q_n = Q_0 [1 - (1 - k)n] \dots \dots \dots (1)$$

где: Q_0 — возможная суммарная радиация, n — средняя общая облачность в долях единицы, k — коэффициент, показывающий, какая доля солнечной радиации доходит до земной поверхности при наличии сплошной облачности.

Если для низинных пунктов территории Грузии вычисленные по [1] формуле величины суммарной радиации хорошо согласовываются с наблюдаемыми (4, 5, 7), то для высокогорных пунктов они существенно расходятся (20—30% и более). Расхождение вычисленных и наблюдаемых



величин линейно увеличиваются с повышением высоты местности. Это обстоятельство вызвано тем, что возможная суммарная радиация с повышением высоты увеличивается, т. е. плотность воздуха, путь лучей, водяной пар и различные примеси аэрозоля в атмосфере уменьшаются. Таким же образом уменьшение мощности облаков и увеличение продолжительности залегания снежного покрова по высоте обуславливают неоднократное отражение радиации от облаков и снежной поверхности и тем самым возрастание не только фактического притока суммарной радиации, но и величин k .

Ниже приводится годовой ход k для некоторых актинометрических пунктов Грузии, Армении, Азербайджана и Дагестана (см. таб. 1).

Таблица 1

Пункты	Высота в м-ах	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. годо- вой
Анасеули	167	0,32	0,31	0,27	0,29	0,32	0,34	0,34	0,33	0,31	0,33	0,29	0,31	0,31
Сухуми	100	0,36	0,40	0,33	0,33	0,32	0,34	0,35	0,34	0,34	0,36	0,35	0,31	0,34
Тбилиси	404	0,30	0,20	0,30	0,28	0,33	0,31	0,34	0,32	0,34	0,30	0,29	0,28	0,31
Цалка	1464	0,40	0,41	0,40	0,34	0,35	0,34	0,34	0,35	0,32	0,31	0,37	0,40	0,36
Севан	1919	0,42	0,40	0,42	0,37	0,38	0,35	0,34	0,37	0,32	0,34	0,38	0,45	0,38
Гейгель (Шамхорск)	2470	0,50	0,46	0,45	0,45	0,36	0,34	0,31	0,36	0,34	0,34	0,46	0,43	0,40
Сулак	2930	0,45	0,46	0,47	0,49	0,45	0,40	0,30	0,29	0,30	0,34	0,38	0,53	0,41
Казбеки	3657	0,54	0,54	0,51	0,50	0,47	0,41	0,37	0,35	0,40	0,42	0,54	0,49	0,46

Из таблицы 1 особенно хорошо видна тесная линейная зависимость среднегодовых величин k от высоты местности. Поэтому изменение k по высоте можно выразить уравнением И. Дирмхирна (8), которое для Закавказья незначительно видоизменяется:

$$k = k_0 + 0,035H \dots \dots \quad (2)$$

где k_0 —коэффициент на уровне моря, H —высота местности в километрах

В низменных районах Грузии годовое значение k в среднем составляет 0,33. И. Борзенкова (3) в целом для Кавказа считает его равным 0,27—0,29, а по И. Дирмхирну для Альп k равняется 0,21.

Годовой ход k более ясно выражен на высокогорных пунктах. Максимальных величин он достигает в зимние месяцы, минимума—в летние. Объясняется это тем, что при одной и той же высоте солнца, облака среднего и нижнего ярусов пропускают зимой большее количество радиаций, чем летом (1). Для низинных пунктов годовой ход k более сглаженный и замечается тенденция к наличию летних максимумов.

Как видно из таблицы 1, в Анасеули и Тбилиси среднегодовое значение $k=0,31$, а для Казбеги—0,46, т. е. столько, сколько на широте 66°. Если в Анасеули снижение k можно объяснить значительным количеством мощных облаков, то в Тбилиси оно связано с загрязнением атмосферы.

Ввиду малочисленности высокогорных актинометрических пунктов надежные данные по возможной суммарной радиации пока отсутствуют. Более того, многочисленность методики расчета возможной суммарной радиации (эмпирические и расчетные) затрудняет вычисление суточных и месячных сумм такой необходимой и важной характеристики солнца как возможная радиация.

Исходя из вышеизложенного и принимая во внимание, что интенсивность лучистого потока солнца является приближенной функцией высоты местности, формулу [1] можно представить следующим образом:

$$\frac{Q_n}{Q_0} = 1 - (1-k) n \left(1 - \frac{H}{10} \right) \dots, \quad (3)$$

где Q_0 — возможная радиация на уровне моря, H — высота местности в километрах.

Правая часть [3] уравнения хорошо согласовывается с левой, если за основание Q_0 возьмем величины, приведенные в труде (1).

Результаты суммарной радиации, вычисляемые из [3] уравнения, хорошо согласовываются с фактическими данными 15 актинометрических

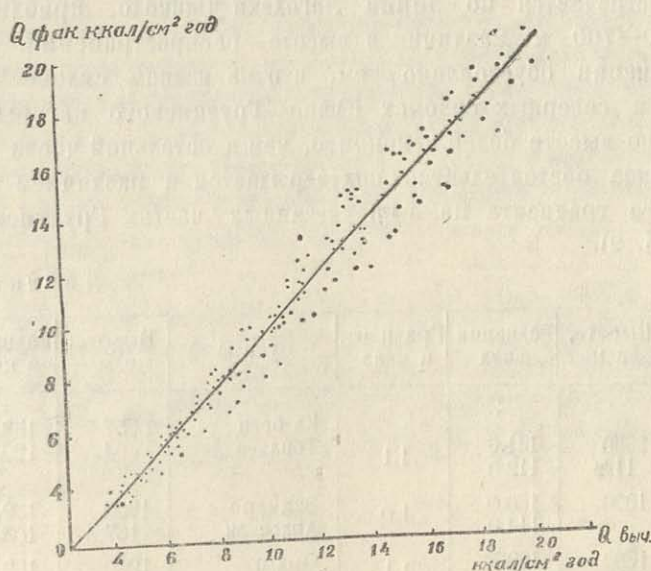


Рис. 1.

станций, расположенных на различных высотах Закавказья (см. рис. 1). В отдельные месяцы разность между фактическими и вычисленными величинами в среднем составляет 6—7%, а в годовом разрезе 1—3%. Таким образом, [3] уравнение выделяется не только простотой определения величин суммарной радиации в месячном разрезе, но оно по сравнению с



другими формулами для высокогорных пунктов дает желаемую точность.

Вышеприведенное обстоятельство дало возможность по 10-летним данным облачности 92 метеостанций, расположенных на различных высотах территории Грузии, составить схематическую карту распределения годовых сумм суммарной радиации (см. рис. 2). Анализ облачности для Тбилиси показал, что отклонение 5-летней среднемесячной величины облачности от многолетнего среднего не превышает 5%, поэтому 10-летний период наблюдений над облачностью вполне достаточен для получения устойчивых средних величин радиации.

На схематической карте изолинии проведены через $10^{\text{ккал}}/\text{см}^2$. Проведение изоляций на меньшую величину вызвало бы перегрузку и без того значительно уменьшенной карты (см. рис. 2).

На представленной карте годовые суммы суммарной радиации изменяются от 105 до $150^{\text{ккал}}/\text{см}^2$ в год и более. На Колхидской низменности, она в основном колеблется от 105 до $120^{\text{ккал}}/\text{см}^2$ в год; на южных склонах Кавказиони величина радиации— 110 — $120^{\text{ккал}}/\text{см}^2$ —распространяется до 700 — 900 м, а на Аджаро-Грузинской предгорной зоне—от 200 до 600 м. В Восточной Грузии сумма годовой радиации в вышеозначенном интервале встречается по линии Лагодехи-Джаколо, приблизительно до высоты 400 — 700 м. Различие в высоте распространения однозначных величин радиации обусловлено тем, что на южном склоне Кахетинского Кавказиони и северных склонах Южно-Грузинского нагорья количество облачности по высоте более изменчиво, чем в остальной части Кавказиони.

Указанное обстоятельство подтверждается и различием в значениях вертикального градиента на вышеуказанных частях Грузинской территории (см. таб. 2).

Таблица 2

Пункты	Высота, в м	Радиация, ккал	Градиент, в ккал	Пункты	Высота, в м	Радиация, в ккал	Градиент в ккал
Мамисонск. перевал	2850	141.6	1.1	Казбеки	3657	152.0	1.0
Цхалтубо	114	112.0		Тбилиси	404	120.0	
Авадхара	1600	130.0	1.0	Бахмаро	1900	139.0	1.8
Гагра	6	114.0		Анасеули	167	108.8	
Лебарде	1600	129.5	1.1	Омало	1900	132.0	1.7
Цхакая	25	112.0		Джоколо	665	112.0	
Гагрский хребет	1644	133.0	1.1	Радионовка	2038	139.0	1.1
Гагра	6	114.0		Тбилиси	404	120.0	
Крестовый перевал	2400	129.0	0.007	Цхра-Цкаро	2408	133.0	0.0
Душети	923	128.0		Либани	1363	133.0	

Из таблицы 2 видно, что на южном склоне Кавказиони и между Джавахетским плато (Радионовка) и Нижним Баргли (Тбилиси) вертикальный гра-

диент радиации на 100 м высоты составляет 1,0—1,1 ккал, а на склонах Аджаро-Гурийской горной системы (Бахмаро—Анасеули) и Кахетинском Кавкасиони (Омало—Джаколо) он превышает 1,7—1,8 ккал/100 м. Более того, значение градиента Бахмаро—Вакиджвари (400 м) достигает 2,2 ккал/100 м. Из приведенного примера становится ясным, что для территории Грузии (и для остальных республик Закавказья) применение единого градиента недопустимо. Необходимо знать для данного склона конкретное значение градиента, так как возможно значительное уменьшение последнего или, что часто случается, он может принять отрицательный знак (Душети—Крестовый пер., Либани—Цхра-Цхаро и др.).

Различие в распределении градиентов по высоте обуславливает распределение по высотам годовых сумм суммарной радиации. Пространство распределения годовых величин суммарной радиации в количестве 120—130 ккал в Восточной Грузии охватывает большой интервал высот (200—2400 м). Она распространяется на Карталинскую и Эларскую равнины в доль по Военно-Грузинской дороге до Крестового перевала. В Западной Грузии теми же величинами характеризуются предгорья Кавкасиони и Южно-Грузинского нагорья.

На территории Месхет-Джаваheti годовые суммы суммарной радиации колеблются в пределах 130—140 ккал. Здесь выше 2100 м над уровнем моря, в виде островов, суммы радиации достигают 140—150 ккал. Те же количества радиации на южном склоне Кавкасиони ввиду увеличения облачности распределяются примерно от 2600—2800 м высоты, а выше 3200—3500 м над уровнем моря радиация превышает 150 ккал.

Особо выделяются северо-западные склоны Гурийских гор и низменная зона между средним течением рек Натанеби и Супса своим незначительным количеством радиации (105—110 ккал), которое обусловлено увеличением облачности.

Годовые суммы суммарной радиации, вычисленные для территории Азербайджана (7), представляют естественное продолжение величин радиации, характеризующей низменные и предгорные районы Восточной Грузии. Незначительное различие имеется в высокогорной зоне, оно обусловлено тем, что в труде (7) вычисления радиации производились единым вертикальным градиентом.

(Представлено 25. . 1971)

Кафедра метеорологии,
климатологии и океанологии

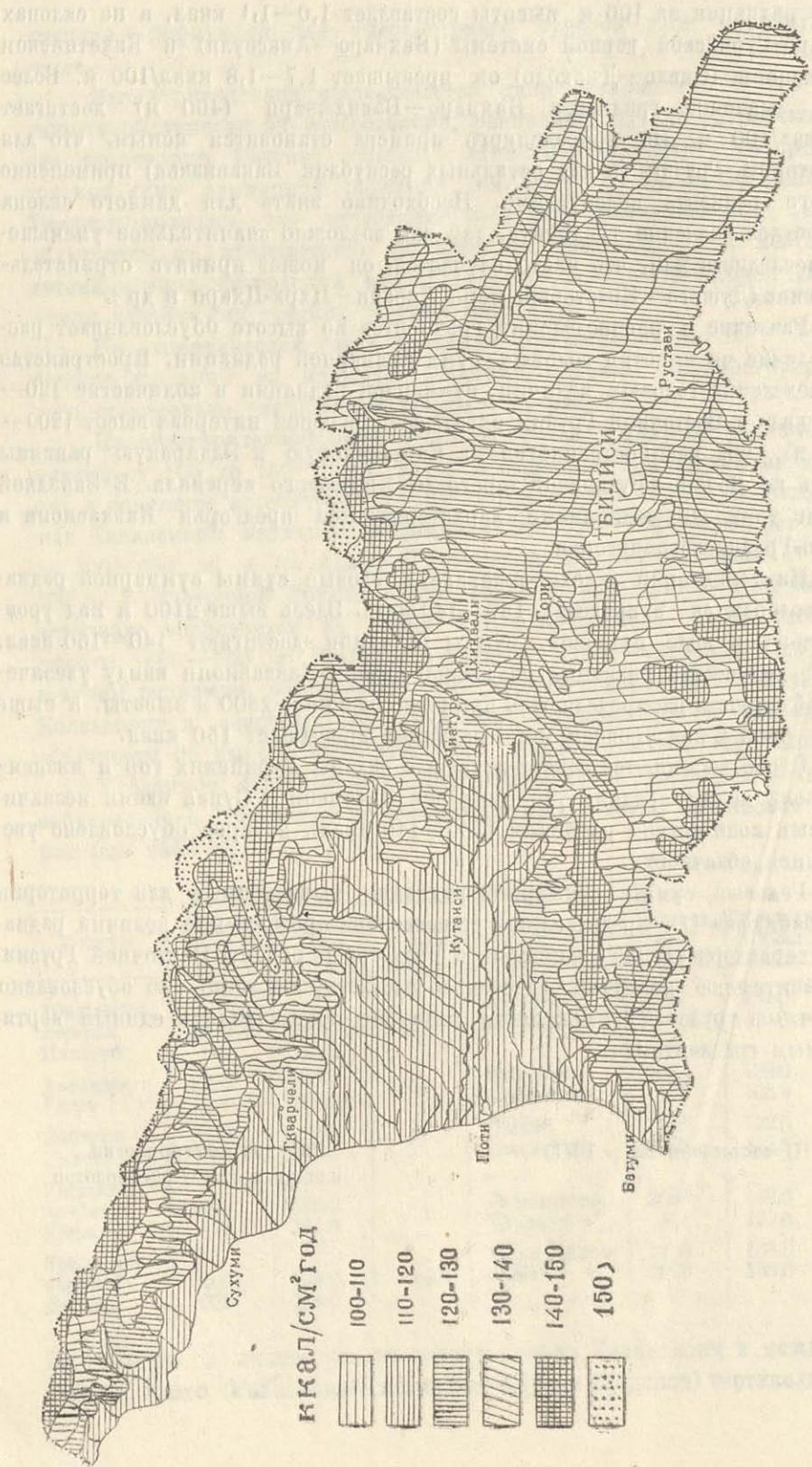
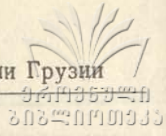


Рис. 2.

ЛИТЕРАТУРА

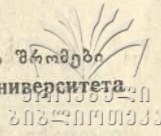
1. Т. Г. Берлянд, Распределение солнечной радиации на континентах. Гидрометеоздат, Ленинград, 1961.
2. М. И. Будыко, Т. Г. Берлянд, Л. И. Зубенок, Тр. ГГО, вып. 48 (110), 1954, стр. 15—23.
3. И. И. Борзенкова, Тр. ГГО, вып. 179, Л., 1965, стр. 98—106.
4. А. Ф. Котариа, Сообщ. АН. Груз. ССР, т. XXVI, № 2, 1961, стр. 161—165.
5. Ш. В. Мосидзе, Тр. Тбилисского НИГМИ, вып. 2, 1957, стр. 37—45.
6. Я. А. Цуцкиридзе, Тр. Зак. НИГМИ, вып. 23, Л., 1967 (Монография).
7. Э. М. Шихлинский, Тепловой баланс Азербайджанской ССР, Баку, 1969.
8. J. Dirmhirn, Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie (B), Bd. II, N. 4, 1951.

ა. კობარია

საქართველოს ტერიტორიაზე მთლიანი რადიაციის განაწილების საკითხისათვის

(რეზიუმე)

საქართველოს ტერიტორიაზე მთლიანი რადიაციის მნიშვნელობები გამოთვლილია 92 მეტეოსადგურის მონაცემების საფუძველზე. რადიაციის წლიური ჯამების ტერიტორიული განაწილება მოცემულია სქემატურ რუკაზე. როგორც რუკიდან ჩანს, საქართველოს ტერიტორიაზე რადიაცია იცვლება 105-დან 150 კკალ./სმ² წელი და მეტად. დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოში მოლ-რუბლულობის ზეგავლენით ერთი და იმავე სიდიდის ჯამები ვრცელდებიან სხვადასხვა სიმაღლემდე.



მიკროელემენტებით გამოწვეული ნახშირწყლების შემცველობის ცვლილება სოიის თესლში

ძ. ცხაკაია, ე. ცხადაია

მიკროელემენტები დიდ გავლენას ახდენს მცენარეში მიმდინარე ფიზიოლო-
გიურ-ბიოქიმიური პროცესების მსვლელობაზე. უკანასკნელ წლებში მნიშვნელოვ-
ნად გაფართოვდა მიკროელემენტების გამოყენება მაკროსასუქებთან ერთად სასოფ-
ლო-სამეურნეო კულტურათა მაღალი და მდგრადი მოსავლისა და მაღალხარის-
ხოვანი პროდუქციის მიღებისათვის [1, 2, 3].

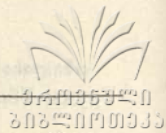
სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოთხოვნილება მიკროელემენტებზე ზოგ-
ჯერ იმდენად მკვეთრად ვლინდება, რომ მათ გარეშე მცენარე ავადდება, თუმცა
ზოგჯერ მას გარეგნულად არ ეჩვენება დაავადების აშკარა ნიშნები, მაგრამ ნორმალუ-
რად არ ვითარდება და დაბალ მოსავალს იძლევა. ამჟამად სოფლის მეურნეობა-
ში დანერგილია და გამოყენებულია მრავალი სახის მიკროსასუქი. ეს მიკროსასუქები
გამოცდილია როგორც სამეცნიერო-კვლევით დაწესებულებებში, ისე კოლმეურ-
ნეობებისა და საბჭოთა მეურნეობების მინდვრებში. მათი მაღალი ეფექტიანობა
მცენარეზე საქართველოს პირობებშიც დადგენილია [4, 5].

მცენარეზე მიკროელემენტების მოქმედებას სწავლობენ ნიადაგში შეტანით,
შესხურებით, თესლის თესვისწინა დალბობით, შეფრქვევით და სხვ.

ჩვენ შეეჩერდით თესლის თესვისწინა დალბობის ხერხზე თესლის თესვისწი-
ნა დამუშავებისას ხდება მცენარის ძალიან ადრეული დამატებითი გამოკვება მიკ-
როელემენტებით. ამის შედეგად თესლში აქტიურდება ფერმენტული მოქმედება,
ქლიერდება სუნთქვა, თესლი უფრო სწრაფად ღივდება და იძლევა თანაბარ აღმო-
ნაცენს [6].

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მცენარეთა ანატომიისა და ფიზიო-
ლოგიის კათედრაზე წლების მანძილზე წარმოებს მუშაობა პარკოსან მცენარეებზე
მიკროელემენტების მოქმედების ეფექტიანობის შესწავლისათვის. საცდელად აღე-
ბული იყო სოიის ჯიშები — ადრეულა 6, მოწინავე 7 და იმერული კომპაქტური.
აღნიშნული ჯიშების თესლი დამუშავებულია თესვის წინ, წინა წლებში გამოცდი-
ლი დოზების მიხედვით მიკროელემენტებით — მოლიბდენით (მოლიბდენმყავა ამო-
ნიუმის 0,025%), ბორით (ბორისმყავას 0,02%), მანგანუმით (გოგირდმყავა მანგა-
ნიუმის 0,05%) როგორც ცალ-ცალკე, ისე მათი დაწყვილებული (1:1) ხსნარით.

შესწავლილია აღნიშნული ჯიშების თესლების მიკროელემენტებით თესვისწი-
ნა დამუშავების გავლენა მიღებული მოსავლის თესლში ნახშირწყლების შემცვე-



ლობაზე. წყალში ხსნადი შაქრები ისაზღვრებოდა ბერტრანის მეთოდით, ხოლო სახამებელი—კიზელის მიხედვით [7].

ჩატარებულმა გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ მოლიბდენისა და ბორის ხსნარში თესვის წინ დამუშავებული სოია აღრეულა 6-ის მწიფე თესლში სახამებლის შემცველობა გადიდებულია საკონტროლოსთან შედარებით (ცხრილი 1). მოლიბდენბორის დაწყვილებული მოქმედება სახამებლის დაგროვების მიმართ უფრო თვალსაჩინოა, ვიდრე ცალ-ცალკე მოლიბდენისა და ბორის მოქმედება. ცალ-ცალკე მიკროელემენტებიდან სახამებლის დაგროვებაზე უფრო ეფექტიანია მოლიბდენი, ვიდრე ბორი. აკიმცევი და ვიგუტოვა [8] ბარდის თესლის თესვისწინა დამუშავებით ბარდის მოსავლის გადიდებას ხსნიან მოლიბდენის მოქმედებით ნიადაგიდან ფოსფორისა და აზოტის უკეთ გამოყენებით. ჩვენი ცდები ფოსფორიანი სასუქის ფონზე ტარდება. სოია აღრეულა 6-ის მწიფე თესლში ხსნადი შაქრების შემცველობაზე ყველაზე მეტი დადებითი გავლენა ცალკე მიკროელემენტმა—მოლიბდენმა გამოამჟღავნა. მეორე ადგილზეა დაწყვილებული მოლიბდენისა და ბორის მოქმედება.

ცხრილი 1

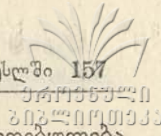
სოიის მწიფე თესლში ნახშირწყლების შემცველობა (მშრალ მასაში %-ით)

ვარიანტები	აღრეულა 6				მოწინავე 7			
	საკონტროლო	მიკროელემენტებით დამუშავება			საკონტროლო	მიკროელემენტებით დამუშავება		
		Mo	B	MoB		Mo	B	MoB
ნივთიერებები								
სახამებელი	7.27	9.16	8.03	9.23	7.50	8.41	8.04	8.30
შაქრების საერთო რაოდენობა	6.50	7.38	7.01	7.05	6.21	8.10	7.86	8.14
აღმდგენელი შაქრები	0.57	0.83	0.63	0.70	0.52	0.86	0.73	0.95
საქაროზა	5.63	6.20	6.06	6.03	5.40	6.31	6.77	6.82

მიღებული მონაცემები გარკვეულ შესაბამისობაშია აღრე ჩატარებული მუშაობის შედეგთან [9, 10, 11].

ბარდის თესლში ნახშირწყლების მეტ ნამატს ბორთან და მანგანუმთან შედარებით მოლიბდენის ვარიანტი იძლეოდა.

სოია მოწინავე 7-ის მწიფე თესლში ზემოხსენებული მიკროელემენტების მოქმედება ნახშირწყლების დაგროვებაზე განსხვავებულია. მაგალითად, ცალკე მიკროელემენტ მოლიბდენით თესლის თესვისწინა დამუშავებამ მოწინავე 7-ის თესლში სახამებლის ყველაზე მეტი ნამატი მოგვცა საკონტროლოსთან შედარებით (ცხრილი 1). მოლიბდენისა და ბორის ხსნარის დაწყვილება სახამებლის დაგროვებაზე არ იძლევა უპირატესობას ცალკე მოლიბდენთან შედარებით, როგორც ეს აღრეულა 6-ის თესლში ჩანდა. ეს მოვლენა შეიძლება აიხსნას ჯიშობრივი თავისებურებით, რადგანაც ორივე ჯიში ყოველმხრივ ერთნაირ პირობებში იზრდებოდა.



წყალში ხსნადი შაქრების დაგროვების მხრივ შესამჩნევია უკუდამოკიდებულება. მაგალითად, შაქრების საერთო რაოდენობა მოლიბდენისა და ბორის დაწყვილებული მოქმედებით მეტია. როგორც ვხედავთ, ერთი და იგივე მიკროელემენტი ერთ და იმავე პირობებში სოიის სხვადასხვა ჯიშზე განსხვავებულად მოქმედებს ნახშირწყლების ფრაქციების დაგროვებაზე. აღინიშნება, რომ შაქრის საერთო რაოდენობის შემცველობა მწიფე თესლში ძირითადად საქაროზის ხარჯზეა.

ცდები ჩატარებული იყო აგრეთვე სოია იმერულ კომპაქტურზე. ნახშირწყლების შემცველობაზე გავლენის გასარკვევად მისი თესლი დამუშავებულია თესვის წინ როგორც ცალკე მანგანუმის, ასევე დაწყვილებული მანგანუმბორის, მანგანუმმოლიბდენის და მოლიბდენბორის ხსნარით.

სოია იმერული კომპაქტურის ყველა ვარიანტის თესლში ცალ-ცალკე თუ დაწყვილებული სახით გამოყენებისას სახამებლის რაოდენობა გადიდებულია საკონტროლოსთან შედარებით (ცხრილი 2).

ცხრილი 2

სოია იმერული კომპაქტურის მწიფე თესლში ნახშირწყლების შემცველობა (მშრალ მასაში %-ით)

ვარიანტები	საკონტროლო	დამუშავებული			
		Mn	MnB	MnMo	MoB
ნახშირწყლები					
სახამებელი	7.20	8.95	9.05	8.17	10.24
შაქრების საერთო რაოდენობა	3.48	3.61	4.60	5.35	5.01
აღმდგენელი შაქრები	0.33	0.75	0.93	0.97	17.0
საქაროზა	2.84	2.57	3.27	3.94	3.61

როგორც ცხრილიდან ჩანს, დაწყვილებულ მიკროელემენტებს შორის პირველ ადგილზე, სოია ადრეულას მსგავსად, მოლიბდენბორის ვარიანტია. წყალში ხსნადი შაქრების დაგროვების მხრივ კი სურათი განსხვავებულია: მეტი შემცველობით გამოირჩევა დაწყვილებული მანგანუმმოლიბდენის ვარიანტი. თესლში შაქრების დაგროვება აქაც საქაროზის ხარჯზეა.

შეიძლება დავასკვნათ, რომ სხვადასხვა მიკროელემენტის დაწყვილება სოიის სხვადასხვა ჯიშში განსხვავებულ მოქმედებას ავლენს ნახშირწყლების დაგროვებაზე. მიკროელემენტების გავლენა განსხვავებულია აგრეთვე ნახშირწყლების სხვადასხვა ფრაქციაზე. ამასთანავე ხაზი უნდა გაესვას იმას, რომ ცალკე მიკროელემენტებიდან ყველაზე ეფექტიანი აღმოჩნდა მოლიბდენი, ხოლო მიკროელემენტების დაწყვილებისას თესლში ნახშირწყლების დაგროვების უკეთესი შედეგი მიღებულია იქ, სადაც წყვილში მოლიბდენი მონაწილეობდა.

ლ ი ბ მ რ ა ტ უ რ ა

1. М. Я. Школьник, Физиология сельскохозяйственных растений, т. 2, 1967.
2. П. А. Власюк, Биологические элементы в жизнедеятельности растений, изд. «Наукова думка», Киев, 1969.
3. Я. В. Пейве, И. П. Айзупиет, Микроэлементы в СССР. № 12, 1970, стр. 3—30.
4. А. Д. Менагаришвили, Микроэлементы в СССР, № 7, 1966.
5. Н. Г. Мангаладзе, Влияние микроэлементов на морфолого-анатомические признаки и обмен веществ овощных растений, Автореферат докт. диссертации, Тбилиси, 1970.
6. К. Е. Цхакая, Всесоюзное межвузовское совещание по проблеме «Микроэлементы и естественная радиоактивность», ч. 2, Петрозаводск, 1965.
7. А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, М. И. Смирнова-Иконникова, И. К. Мурри. Методы биохимического исследования растений, Сельхозгиз, 1952.
8. В. В. Акимцев, А. Я. Вигутова. Всесоюзное межвузовское совещание по проблеме «Микроэлементы и естественная радиоактивность», кн. I, Петрозаводск, 1965.
9. К. Е. Цхакая, К. И. Бекая, Е. Т. Цхадая, Всесоюзное межвузовское совещание по проблеме «Микроэлементы и естественная радиоактивность», ч. 2, Петрозаводск, 1965.
10. Н. П. Немсадзе, Всесоюзное межвузовское совещание по проблеме «Микроэлементы и естественная радиоактивность», ч. 2, Петрозаводск, 1965.
11. ცხადაია, თ. სამეცნიერო სესია მოღვაწილი თბილისის უნივერსიტეტის 50-ე წლისთავისადმი, 1968, გვ. 19—20.

К. Е. ЦХАКАЯ, Е. Т. ЦХАДАЯ

ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕВОДОВ В СЕМЕНИ СОИ, ВЫЗВАННЫЕ МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ

(Р е з ю м е)

Опыты проводились предпосевной обработкой семян сои молибденом, бором и марганцем, а также молибденом в двухкомпонентном сочетании с бором и марганцем. Испытывались сорта сои: Адреула 6, Моцинаве 7 и Имерула компактури.

На содержание углеводов в семенах сои все микроэлементы оказали положительное действие. По содержанию углеводов наибольший эффект получен в вариантах с применением молибдена. В ответной реакции отмечены сортовые особенности.

გარდაბნის რაიონში გავრცელებული პარკოსნების მავნე ენტომოფაუნის შემწავლისათვის

(თანაბარფრთიანები, ბუგრები, ნახევრადნეშეფრთიანები)

გ. გუწვივნილი

ჩვენ გამოვიკვლიეთ პარკოსნებზე გავრცელებული მავნე ენტომოფაუნა გარდაბნის რაიონში.

ქვემოთ მოგვყავს გარდაბნის რაიონში პარკოსნებზე გავრცელებული მავნე მწერების სახეობრივი შედგენილობა.

რიგი თანაბარფრთიანები — Homoptera

ქვერიგი ჭიჭინობელები — Auchenorrhyncha

1. *Oliarus pallens* Germ. გავრცელებულია საბჭოთა კავშირის სამხრეთ ევროპულ ნაწილში, კავკასიაში. ჩვენ ვიპოვეთ დილომში (10. 5. 1963), გლდანში (11. 5. 1963) ბარდას ფოთლებზე.

2. *Lepironia coleoptrata* L. გავრცელებულია ჩრდილოეთ ამერიკაში, შუა აზიაში, თურქეთში, სომხეთში. ჩვენ ვიპოვეთ ტაბახმელაში (15. 7. 1962) ბარდას ფოთლებზე.

3. *Agallia sinuata* M. R. გავრცელებულია ჩრდილოეთ აფრიკაში, შუა აზიაში, სპარსეთში, საბჭოთა კავშირის სამხრეთ ევროპულ ნაწილში, კავკასიაში. ჩვენ ვიპოვეთ დილომში (10. 5. 1963) ლობიოს ყვავილში, ბარდას ფოთლებზე.

4. *Aphrophora alni* Tall. გავრცელებულია ჩრდილოეთ ამერიკაში, ევროპაში, თურქეთში, ციმბირში. ჩვენ ვიპოვეთ ტაბახმელაში (15. 7. 1963), კოჯორში (17. 7. 1963) ბარდას ფოთლებზე.

5. *Macrosteles quadripunctulatus* Kbm. გავრცელებულია პალეარქტიკაში, ინდოეთში, ვორონეჟში, ჩვენ ვიპოვეთ დილომში (6. 8. 1963) ცერცვის ყვავილში.

6. *Hyalesthes obsoletus* Sign. გავრცელებულია სამხრეთ ევროპაში, შუა აზიაში, დაღესტანში. ჩვენ ვიპოვეთ გარდაბანში ბარდას ყვავილში (31. 7. 1964).

7. *Philaenus spumarius* L. გავრცელებულია პალეარქტიკაში, ნეარქტიკაში. ჩვენ ვიპოვეთ ტაბახმელაში (15. 7. 1963) ბარდას ფოთლებზე.

8. *Aphrodes bicinctus* Schrk. გავრცელებულია ნეარქტიკაში, ჩრდილოეთ აფრიკაში, შუა აზიაში, ციმბირში. ჩვენ ვიპოვეთ გამარჯვებაში (10. 8. 1964) ბარდას ფოთლებზე.

9. *Psammotettix provincialis* Rib. გავრცელებულია პალეარქტიკაში, ყაზახეთში, შუა აზიაში, სომხეთში. ჩვენ ვიპოვეთ კოჯორში (17. 7. 1964), ტაბახმელაში (15. 7. 1963) ბარდას ფოთლებზე.

ქვერივი ბუგრები — Aphidodea

1. ბარდას ბუგრი — *Acyrtosipon pisi* Kalt. გავრცელებულია აზერბაიჯანში, უზბეკეთში, თურქეთში, ტაჯიკეთში, სომხეთში. ჩვენ ვიპოვეთ დილომში (10. 7. 1962), გლდანში (18. 8. 1962), გამარჯვებაში (10. 8. 1963), მარტყოფში (13. 7. 1964), კრწანისში 19. 7. 1962) ბარდას ფოთლებზე.

2. იონჯის ბუგრი — *Aphis medicaginis* Koch. გავრცელებულია ჩრდილოეთ ამერიკაში, ინდოეთში, ციმბირში, შუა აზიაში. ჩვენ ვიპოვეთ დილომში (10. 8. 1962), გლდანში (11. 8. 1962), კრწანისში (14. 8. 1962), გარდაბანში (30. 7. 1964) ბარდას ფოთლებზე.

3. ჭარხლის ბუგრი — *Aphis fabae* Scop. გავრცელებულია ჩრდილოეთ ამერიკაში, პალეარქტიკაში, პალესტინაში, ჩინეთში, შუა აზიაში. ჩვენ ვიპოვეთ დილომში (28. 8. 1962).

რივი ნახევრადხეშეფრთიანები — Hemiptera

1. ჭარხლის ბალღინჯო — *Polymerus (Poecilosectus) cognatus* Tieb. გავრცელებულია გერმანიაში, საფრანგეთში, იტალიაში, ესპანეთში, ჩინეთში, ფინეთში, ჩვენ ვიპოვეთ კოჯორში (24. 7. 1963) ლობიოს ფოთლებზე.

2. იონჯის ბალღინჯო — *Adelphocoris lineolatus* Goeze. გავრცელებულია ჩინეთში, იაპონიაში, ფინეთში, მონღოლეთში, თურქეთში. ჩვენ ვიპოვეთ მარტყოფში (31. 8. 1963) ბარდას ფოთლებზე. ე. აკრამოესკაიას მიხედვით (1) აზიანებს პარკოსანი მცენარეების ფოთლებს, ყვავილებს, ღეროებს. ეს მანებელი მარტყოფში მასობრივადაა გავრცელებული.

3. იონჯის მეფარე — *Piezodorus lituratus* F. გავრცელებულია აფრიკაში, აზიაში, კავკასიაში. ნ. ზაიცევის მიხედვით (4) მესტიაში. ჩვენ ვიპოვეთ მარტყოფში (31. 7. 1962) ბარდას ფოთლებზე, დილომში (25. 7. 1962) ცერცვის ყვავილში. ვ. პუჩკოვის მიხედვით (2) ეს სახეობა აზიანებს აგრეთვე პარკოსანი მცენარეების ფესვთა სისტემას.

4. მდელოს ბალღინჯო — *Lygus pratensis* L. გავრცელებულია კანადაში, შვედეთში, შტატებში, მექსიკაში, ჩინეთში, იაპონიაში, ევროპაში. ჩვენ ვიპოვეთ კოჯორში (19. 8. 1964) ლობიოს ფოთლებზე. ეს სახეობა აზიანებს აგრეთვე იონჯას, სამყურას, ჭარხალს.

5. *Odontotarsus purpurlineatus* Rossi. გავრცელებულია სამხრეთ ევროპაში, მცირე აზიაში, ჩრდილოეთ აფრიკაში, საბჭოთა კავშირის ევროპულ ნაწილში, კავკასიაში. ჩვენ ვიპოვეთ კოჯორში (19. 7. 1963) ბარდას ფოთლებზე.

6. *Corizus hyoseyami* L. გავრცელებულია პალესტინაში, შუა აზიაში. ნ. ზაიცევის მიხედვით (3) სვანეთში. ჩვენ ვიპოვეთ კოჯორში (15. 7. 1963) ბარდას ფოთლებზე. ი. კერჟნერის მიხედვით (4) აზიანებს მუხუდოს, ცერცვს, საკვებ ბალახებს.

7. *Alydus calcaratus* L. ჩვენ ვიპოვეთ ტაბახმელაში (15. 7. 1963) ბარდას ფოთლებზე; როგორც ი. კერჟნერი აღნიშნავს (4) ეს სახეობა ინტენსიურად აზიანებს პარკოსან მცენარეებს.

8. *Graposoma lineatum* L. გავრცელებულია მცირე აზიაში, სირიაში, ციმბირში. კავკასიაში. ჩვენ ვიპოვეთ კოჯორში (19. 7. 1963) ბარდას ფოთლებზე. ვ. პუჩკოვის მიხედვით (2) ეს მანებელი ინტენსიურად აზიანებს პარკოსნების გარდა აგრეთვე საკვებ ბალახსა და ჭარხალს.

9. *Stenodema calcaratum* Fall. გავრცელებულია სომხეთში. ჩვენ ვიპოვეთ კოჯორში (12. 8. 1964) ლობიოს ფესვებზე მასობრივად.

10. *Lygus gemellatus* H—S. გავრცელებულია ერევანში, სევანში, ერზინში. ჩვენ ვიპოვეთ გარდაბანში (25. 8. 1964) ბარდას ფოთლებზე, მასობრივად.

11. *Carpocoris pudicus* Poda. გავრცელებულია აზიაში, სირიაში, ჩრდილოეთ აფრიკაში, ევროპაში. ჩვენ ვიპოვეთ მარტყოფში (31. 7. 1962) ბარდას ფოთლებზე, ამავე დროს მისგან ზიანდება ბრინჯი და პურეული მარცვლოვანები.

12. *Coriomeris denticulatus* Scop. გავრცელებულია სომხეთში. ჩვენ ვიპოვეთ ტაბახმელაში (15. 7. 1963) ბარდას ფოთლებზე.

13. *Dicranomerus medius* M. R. გავრცელებულია მთელ საბჭოთა კავშირში. ჩვენ ვიპოვეთ კოჯორში (10. 7. 1963), ტაბახმელაში (15. 7. 1963) ბარდას ფოთლებზე.

14. *Dicranomerus albipes* F. გავრცელებულია მთელ საბჭოთა კავშირში. ჩვენ ვიპოვეთ ტაბახმელაში (17. 6. 1963) ბარდას ფოთლებზე.

15. *Dicranomerus agillis* Scop. გავრცელებულია სომხეთში. ჩვენ ვიპოვეთ ტაბახმელაში (17. 7. 1964) ბარდას ფოთლებზე.

16. *Trapezonotus arenarius* L. გავრცელებულია სომხეთში. ჩვენ ვიპოვეთ დიღომში (14. 8. 1964) ბარდას ფოთლებზე. ვ. პუჩკოვის მიხედვით (2) ეს მავნებელი ინტენსიურად აზიანებს სამყურას, იონჯას, ესპარცეტს, ხორბალს.

17. *Holcostethus vernalis* Wolff. გავრცელებულია სომხეთში. ჩვენ ვიპოვეთ გლდანში (10. 8. 1964) ბარდას ფოთლებზე. როფორც ე. აკრამოვსკაია აღნიშნავს (1), ეს მავნებელი აზიანებს აგრეთვე იონჯას, სამყურას.

18. *Acanthosoma haemorrhoidale* L. გავრცელებულია სომხეთში. ჩვენ ვიპოვეთ გარდაბანში (25, 8. 1964) ბარდას ფოთლებზე, რომელსაც საგრძნობლად აზიანებს.

19. *Stictopleurus abitilon* Rossi. გავრცელებულია სომხეთში. ჩვენ ვიპოვეთ კოჯორში (21.8. 1964) მასობრივად ლობიოს ფოთლებზე.

20. *Halticus apterus* L. გავრცელებულია სომხეთში. ჩვენ ვიპოვეთ კოჯორში (12. 7. 1963) ლობიოს ფოთლებზე.

დასკვნები

1962-64 წლებში ჩატარებული გამოკვლევების შედეგად გარდაბნის რაიონში დადგენილ იქნა პარკოსნების მავნებლებიდან მწერების 32 სახეობა, მათ შორის 23 სახეობა ჩვენ მიერ პირველად აღინიშნა პარკოსნების კულტურაზე. თანაბარ ფართობიდან, როგორც პარკოსანი კულტურების მავნებლები, ჩვენ მიერ აღნიშნულია 7 სახეობა: *Oliarus pallens* Germ. *Agallia sinuata* M. R. *Macrosteles quadripunctulatus* Kbm, *Hyalesthes obsoletus* Sign. *Philaenus spumarius* L. *Aphrodes bicinctus* Schrk. *Psammotettix provincialis* Rib.

ნახევრადხეშფრთიანებიდან 16 სახეობა: *Polymerus (Poecilosecytus) cognatus* Fieb., *Adelphocoris lineolatus* Goeze, *Piezodorus litoratus* F., *Lygus pratensis* L., *Lygus gemellatus* H—S, *Odontotarsus purpurlineatus* Rossi, *Corizus hyoscyami* L., *Alydus calcaratus* L., *Stenodema calcaratum* Fall, *Dicranomerus agillis* Scop, *Dicranomerus medius* M. R. *Dicranomerus albipes* F., *Trapezonotus arenarius* L., *Holcostethys vernalis* Wolff, *Acanthosoma haemorrhoidale* L., *Stictopleurus abitilon* Rossi.

(წარმოდგენილია 6. IX. 1971)

უხეზემლოთა ზოოლოგიის კათედრა.

შ ი ტ ა რ ა ტ უ რ ა

1. ე. ზ. გ. აკრამოვსკაია, Материалы по изучению фауны Арм. ССР, Зоол. сб. XI, Ереван, 1959, стр. 65—78.
2. В. Г. Пучков, Энт. обзор, т. 39, вып. 2, 1960, стр. 300—312.
3. Н. Ф. Зайцева, Сообщ. Акад. наук Груз. ССР, т. 29, вып. 2, 1962, стр. 190—201.
4. И. М. Кержнер, Зоол. журнал, т. 41, вып. 6, 1962, стр. 771—875.

В. Д. МУНДЖИШВИЛИ

МАТЕРИАЛЫ К ИЗУЧЕНИЮ ВРЕДНОЙ ЭНТОМОФАУНЫ БОБОВЫХ РАСТЕНИЙ ГАРДАБАНСКОГО РАЙОНА (РАННОКРЫЛЫЕ, ТЛИ, ПОЛУЖЕСТКОКРЫЛЫЕ)

(Р е з ю м е)

В результате проведенной работы в 1962-64 гг. в условиях Гардабанского района выявлены 32 вида вредной энтомофауны бобовых растений: *Oliarus pallens* Germ., *Lepironia coleoptrata* L., *Agallia sinuata* M. R., *Aphrophora alni* Fall, *Macrosteles quadripunctulatus* Kbm, *Hyalesthes obsoletus* Sign, *Philaenus spumarius* L., *Aphrodes bicinctus* Schrk, *Psammotettix provuxialis* Rib, *Acyrtosipon pisi* Kalt, *Aphis medicaginis* Koch, *Aphis fabae* Scop, *Polymerus (Poecilosecytus) cognatus* Fieb, *Adelphocoris lineolatus* Goeze, *Piezodorus litoratus* F., *Lygus pratensis* L., *Lygus gemellatus* H—S, *Odontotarsus purpurlineatus* Rossi, *Corizus hyoscyami* L., *Alydus calcaratus* L., *Graposoma lineatum* L., *Stenodema calcaratum* Fall, *Carpocoris pudicus* Poda, *Coriomeris denticulatus* Scop, *Dicranomerus medius* M. R. *Dicranomerus albipes* F., *Dicranomerus agillis* Scop, *Trapezonotus arenarius* L., *Holcostethus vernalis* Wolff, *Acanthosoma haemorrhoidale* L., *Stictopleurus abitilon* Rossi, *Halticus apterus* L.

Как вредители бобовых растений Гардабанского района впервые отмечаются следующие виды: *Oliarus pallens* Germ, *Agallia sinuata* M. R. *Macrosteles quadripunctulatus* Kbm. *Hyalesthes obsoletus* Sign, *Philaenus spumarius* L. *Aphrodes bicinctus* Schrk, *Psammotettix provincialis* Rib, *Polymerus (Poeciloscytus) cognatus* Fieb, *Adelphocoris lineolatus* Goeze, *Piezodorus lituratus* F, *Lygus pratensis* L, *Lygus gemellatus* H—S, *Odonotarsus purpurlineatus* Rossi, *Corizus hyoscyami* L, *Alydus calcaratus* L. *Stenodema calcaratum* Fall, *Dicranomerus medius* M. R, *Dicranomerus albipes* F, *Dicranomerus agillis* Scop, *Trapezonotus arenarius* L, *Holcostetyus vernalis* Wolff, *Acanthosoma haemorrhoidale* L, *Stictoplenrus abitilon* Rossi.

ფიტონციდებისა და მათი მაიონიზებელ გამოყენებასთან
კომბინირებული ჯამოქმედების გავლენა დროჟოფილას
(*Drosophila melanogaster*) მემკვიდრულობაზე

ე. პაპალაშვილი

როგორც ცნობილია, ფიტონციდები წარმოადგენენ დამცველ ნივთიერებებს, რომელთაც მცენარეული ორგანიზმი გამოყოფს. ფიტონციდების გამოყოფა მცენარის ისტორიული განვითარების პროცესში გამომუშავებული თვისებაა. ფიტონციდებს ახასიათებს მძლავრი ზემოქმედება მიკრო და მაკროორგანიზმების მიმართ, რაც ვლინდება ზრდისა და გამრავლების შეფერხებაში, ფერმენტების ბლოკირებაში, ცოცხალი სტრუქტურის დაშლაში, რაც რიგ შემთხვევებში იწვევს სიკვდილს (1).

აღსანიშნავია, რომ უმაღლეს მცენარეებს შორის განსაკუთრებით მძლავრი მოქმედებით ხასიათდება ნივრის და ხახვის ფიტონციდები. ნივრის ფიტონციდები კლავენ აერობულ და ანაერობულ ბაქტერიებს, ფიტოპათოგენურ ბაქტერიებს და სოკოებს, ადამიანისათვის პათოგენურ მიკროორგანიზმებს, პათოგენურ და არაპათოგენურ უმარტივესებს, რომლებიც იხოცებიან ზემოქმედების პირველსავე წუთებში (1, 2).

დადგენილია, რომ ერთი სახეობის მცენარეების ფიტონციდები უმეფერებლად მოქმედებენ სხვა სახეობის მცენარეებზე (3).

ნაჩვენებია ფიტონციდების ტოქსიკური მოქმედება რიგ ცხოველურ ორგანიზმებზე: მწერებზე, კიბებზე, ტკიპებზე, მღრღნელებზე (4).

ფიტონციდების ქიმიური ბუნება მეტად ნაირგვარია და საბოლოოდ არაა დადგენილი. უმეტეს შემთხვევაში ეს ერთი რომელიმე ნივთიერება კი არაა, არამედ ორგანული ნაერთების კომპლექსია. სხვადასხვა ფიტონციდების უმაღლესობაში შედის მთარმლავი ნივთიერებები, ალკალოიდები, ორგანული მჟავები, ქინონები, ეთერზეთები და სხვ. (5).

როგორც ირკვევა, ფიტონციდების ბიოლოგიური აქტივობა დაკავშირებულია მათი ფერმენტულ სისტემებზე მოქმედებასთან. მაგალითად, ნივრის ფიტონციდური საწყისი ალიცინი ახდენს რიგი უმნიშვნელოვანესი ფერმენტების ბლოკირებას (6, 7, 8, 9, 10, 11).

ფიტონციდების აღნიშნული თვისებებიდან გამომდინარე, ჩვენს წინაშე ბუნებრივად დაისვა საკითხი: ახდენენ თუ არა ისინი გავლენას მემკვიდრეობაზე იმ ორგანიზმებში, რომლებშიც მათი მოქმედება ძლიერი ბიოლოგიური აქტიურობით ხასიათდება.

მასალა და მეთოდი

ამ საკითხის გამოკვლევის მიზნით ჩვენ ავირჩიეთ გენეტიკის კლასიკური ობიექტი *Drosophila melanogaster*. ზემოქმედებას ვაწარმოებდით ნივრის ნატივური ქსოვილოვანი წვენით, რომელიც შეიცავს ფიტონციდების როგორც აქროლადი, ასევე არააქროლადი ფრაქციების სრულ კომპლექსს. წვენის დოზირებას ვახდენდით წვეთების ისეთი რაოდენობით, რომლის დროსაც ბუზების 50% რჩებოდა ცოცხალი. წვენი შეგვქონდა საკვები არის ზედაპირზე მოსხურებით.

ნივრის ნატივური წვენის ფიზიოლოგიური და გენეტიკური ეფექტის დასადგენად მის მოქმედებას დაექვემდებარა დროზოფილა განვითარების სხვადასხვა სტადიებზე.

გენური მუტაციების შესწავლის მიზნით გამოყენებულ იქნა სპეციალური მეთოდიკა ხილული და ლეტალი მუტაციების აღმოჩენისა, შემუშავებული მელერის მიერ „მელერ—5“, რომლის მეშვეობით შეიძლება დავადგინოთ სასქესო ქრომოსომში წარმოშობილი გენური მუტაციების სიხშირე ამა თუ იმ ფაქტორის ზემოქმედებისას.

ქრომოსომის სტრუქტურული ცვლილებების — აბერაციების წარმოშობის დადგენის მიზნით გამოვიყენეთ თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გენეტიკის კათედრაზე გამოყვანილი ხაზი *vestigial—ebony*, რომელიც მარკირებულია ორი რეცესიული გენით II და III ქრომოსომიდან. ეს ხაზი საშუალებას იძლევა დავადგინოთ ტრანსლოკაცია ანუ არაპოლოლოგიურ (II და III) ქრომოსომა შორის ნაწილთა ურთიერთგაცვლა.

ცდების სხვადასხვა სერიაში შესწავლილ იქნა ნივრის ფიტონციდების გავლენა გენური მუტაციებისა და ტრანსლოკაციების სიხშირეზე როგორც ცალკე, ისე მაიონიზებელ რადიაციასთან კომბინაციაში (რენტგენისა და γ -სხივები, დოზა 3000 r).

მიღებული შედეგები

ფიზიოლოგიური ეფექტი: ნივრის წვენის ზემოქმედებას დაექვემდებარა ველური ტიპის დროზოფილას განვითარების სხვადასხვა ფაზები (კვერცხი, მატლი, ჭუპრი და *imago*). ვხმარობდით ახლად მომზადებული ნივრის წვენის მაქსიმალურ დოზებს, ე. ი. როცა იხოცებოდა 50% ბუზებისა. ნივრის წვენი კვერცხის სტადიაზე მოქმედებამ გვიჩვენა კვერცხის უკიდურესი უმდგრადობა ავგენტისადმი. როგორც ჩანს, ნივრის ფიტონციდები ძლიერ სწრაფად შეაღწევს კვერცხის გარსში და კლავს ჩანასახს.

მატლის სტადიაზე ზემოქმედებისას მგრძნობიარობა ეცემოდა მატლის ასაკის მიხედვით: 1 დღის მატლები უფრო მეტად იხოცებოდნენ. ამასთან, აღინიშნებოდა გადარჩენილი მატლების განვითარების გახანგრძლივება (ორ კვირაზე მეტი).

მაქსიმალური დოზების ხმარებისას (საშუალოდ 12 წვეთზე მეტი) ფიტონციდების მოქმედება იმდენად მძლავრი იყო, რომ მატლები თავისებურ „აორთქლებს“, განიცდიდნენ, სინჯარის კედლებზე რჩებოდა ნაშთები.

ჭუპრის სტადია უფრო მეტ რეზისტენტობას ამჟღავნებდა. აქაც მგრძნობიარობა დამოკიდებულია ასაკზე: 1—2 დღის ჭუპრები უფრო მგრძნობიარეა. ჭუპრის დიდ გამძლეობას განაპირობებს მისი მკვრივი გარსი.

მოზრდილ ბუზზე (იმაგოზე) მოქმედებისას მგრძობიარობა ასაკზე უარეს დამოკიდებული. აღსანიშნავია, რომ ახლად გამოსული ბუზი უფრო მგრძობიარობა, ვიდრე მომწიფებული ჭუპრი.

ამგვარად, დადგენილ იქნა განვითარების სხვადასხვა ფაზების განსხვავებული მგრძობიარობა ნივრის ფიტონციდების მიმართ, რაც სავსებით ეთანხმება ტოკინის ანალოგიურ მონაცემებს სხვა ობიექტებზე.

ნივრის ფიტონციდების ფიზიოლოგიური ეფექტი გამოვლინდა აგრეთვე რიგი ფენოტიპური მოდიფიკაციების—მორფოზების წარმოშობაში. ეს მორფოზები მსგავსებას იჩენენ მაონიზებელა გამოსხივების ზემოქმედებით გამოწვეულ მორფოზებთან (12, 13). ფიტონციდური მორფოზები ხასიათდება შედარებით ნაკლები მასობრივობით. წარმოშობილი მორფოზები შემდეგი ტიპისაა: apterous-ის უფრო, Dichaete-ს გაფარჩხულფრთიანი, cut-ის — ჩამოჭრილფრთიანი, Notch—ნაკლდევანი ფრთებით.

წარმოშობილი მორფოზები, რენტგენომორფოზების მსგავსად, ემსგავსება განსაზღვრულ მუტაციური ტიპის ცვლილებებს.

გენეტიკური ეფექტი

ნივრის ნატივური წვენი ფიტონციდების გენეტიკური ეფექტის შესწავლის შედეგები წარმოდგენილია 1-ელ ცხრილში.

ცხრილი 1

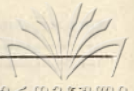
ფიტონციდებისა და მათი რენტგენის სხივებთან (დოზა 3000r) კომბინაციის გავლენა გენური მუტაციების წარმოშობის სიხშირეზე

ცდის სერია	გამოკვლეულ ქრომოსომა რაოდენობა (n)	სქესთან დაკავშირებულ ლეტალებს რაოდენობა (n)	სქესთან დაკავშირებული ლეტალების %	$\frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$
საკონტროლო ფიტონციდები	900	—	—	0,20
რენტგენის სხივები	800	1	0,10 ± 0,10	
ფიტონციდები + რენტგენის სხივები	302	12	3,97 ± 1,12	
რენტგენის სხივები	295	13	4,30 ± 1,18	

ფიტონციდებით ზემოქმედება წარმოებდა დასხივებამდე 18 საათით ადრე. თავდაპირველად შევისწავლეთ მხოლოდ ფიტონციდების გენეტიკური ეფექტი. როგორც ცხრილიდან ჩანს, ცდები ოთხ სერიად ჩატარდა.

უწინარეს ყოვლისა გაანალიზებულ იქნა 900 ქრომოსომა ზემოქმედების გარეშე (საკონტროლო), რომელშიც არც ერთი მუტაცია არ აღინიშნა.

ფიტონციდების მუტაგენურობაზე გავლენის შესწავლის მიზნით გამოკვლეულ იქნა 800 ქრომოსომა. აღინიშნა მხოლოდ ერთი მუტაცია (0,1%), ე. ი. სპონტანური მუტირების ფარგლებში, რაც აშკარად მეტყველებს იმას, რომ ფიტონციდები გენური მუტაციების წარმოშობის სიხშირეზე გავლენას არ ახდენენ.



შემდეგ შესწავლილ იქნა მარტო რენტგენის სხივების გენეტიკური ეფექტის გამოკვლეულ 302 ქრომოსომზე მიღებულ იქნა 12 ლეტალი ანუ 3,97%.

ფიტონციდებისა და რენტგენის სხივების კომბინაციის მემკვიდრეობაზე ვაგლენის შესწავლის მიზნით გამოკვლეულ იქნა 295 ქრომოსომი. მიღებულ იქნა 13 ლეტალი ანუ 4,3%, რაც თითქმის მარტო რენტგენის სხივების გენეტიკურ ეფექტს ეთანაბრება.

ამრიგად, ნივრის ფიტონციდები ცალკე ან მაიონიზებელ გამოსხივებასთან კომბინაციაში მუტაგენურ ეფექტურობას არ იჩენენ გენური მუტაციების წარმოშობის სიხშირეზე.

ცდების მომდევნო სერიებში შევისწავლეთ ქრომოსომული აბერაციების (ტრანსლოკაციების) სიხშირე (იხ. ცხრილი 2).

ცხრილი 2

ფიტონციდებისა და მათი რენტა სხივებთან (3000r) კომბინაციის გავლენა ტრანსლოკაციების წარმოშობის სიხშირეზე

ცდის სერია	გამოკვლეულ ქრომოსომთა რაოდენობა (n)	ტრანსლოკაციების რაოდენობა (n)	ტრანსლოკაციების %	$\frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$
საკონტროლო	640	—	—	0,10
ფიტონციდები	547	—	—	
რენტგენის სხივები	107	3	2,80 ± 1,59	
ფიტონციდები + რენტგენის სხივები	117	3	2,56 ± 1,46	

როგორც ცხრილიდან ჩანს, საკონტროლო მასალაში შესწავლილ იქნა 640 ქრომოსომი. მათ შორის არც ერთი ტრანსლოკაცია არ აღინიშნა. ფიტონციდების ცალკე ზემოქმედების გავლენის დადგენისათვის გამოკვლეულ იქნა 547 ქრომოსომი. ქრომოსომების ამ რაოდენობაში არც ერთი ტრანსლოკაცია არ ყოფილა აღნიშნული.

რენტგენის სხივების ცალკე ზემოქმედება შესწავლილ იქნა 107 ქრომოსომის მიხედვით. წარმოშობილი ტრანსლოკაციების %-მა შეადგინა 2,8.

შემდეგ გამოვიკვლიეთ ფიტონციდებისა და რენტგენის სხივების ერთობლივი მოქმედება. შესწავლილი იყო 117 ქრომოსომი. ტრანსლოკაციების %-მა შეადგინა 2,56. ამგვარად, რენტგენის სხივების ცალკე მოქმედებისა და მისი ფიტონციდებთან კომბინირების ეფექტი აქაც თითქმის ერთნაირი აღმოჩნდა (სხვაობის რეალობა 0,10). შესწავლილ იქნა აგრეთვე ფიტონციდების γ-სხივებთან (3000r) კომბინაციის გენეტიკური ეფექტი ტრანსლოკაციის წარმოშობის სიხშირის მიხედვით (იხ. ცხრილი 3).

როგორც ვხედავთ, საკონტროლოდ შესწავლილი იყო 640 ქრომოსომი, არც ერთი ტრანსლოკაცია არ აღინიშნულა. ფიტონციდების მოქმედებაზე შესწავლილი 547 ქრომოსომიდან ტრანსლოკაციის არც ერთი შემთხვევა არ აღინიშნა. ხოლო γ-სხივებით დამუშავებული მასალის 93 ქრომოსომიდან ტრანსლოკაციის წარმოშობის სიხშირემ შეადგინა 3,2%, ფიტონციდებისა და γ-სხივების ერთობლივი

ფიტონცილებისა და მათი γ -სხივებთან (დოზა 3000r) კომბინაციის გავლენა ტრანსლოკაციების წარმოშობის სიხშირეზე

ცდის სერია	გამოკვლეულ ქრომოსომთა რაოდენობა (n)	ტრანსლოკაციების რაოდენობა (n)	ტრანსლოკაციების %	$\frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$
საკონტროლო	640	—	—	0.10
ფიტონცილები	547	—	—	
γ -სხივები	93	3	3,2±1,82	
ფიტონცილები + γ -სხივები	102	3	2,94±1,67	

მოქმედებისას 102 შესწავლილ ქრომოსომზე მივიღეთ თითქმის იმავე დონის გენეტიკური ეფექტი 2,94 %.

ამგვარად, ამ ცდამაც დაადასტურა ის შედეგები, რაც ჩვენ ფიტონცილებისა და რენტგენის სხივების ერთობლივი მოქმედების შესწავლის შემთხვევაში მივიღეთ

შედეგების ანალიზი

ჩატარებული გამოკვლევები აშკარად გვიჩვენებს, რომ ფიტონცილები დრო-ზოფილაში ღრმა მორფოლოგიურ და ფიზიოლოგიურ ძვრებს აპირობებენ, რაც ვლინდება ცოცხალი სტრუქტურის დაშლასა და ფერმენტების ბლოკირებაში. ეს უკანასკნელი კი იწვევს დიდი რაოდენობით მორფოზების წარმოშობას, როგორც ფიტონცილების ცალკე, ისე მისი რადიაციასთან კომბინაციის შემთხვევაში. ეს მორფოზები დროზოფილას ცნობილი მუტაციების apterous, cut, Dichaete, Notch გენოტიპების ფენოტიპურ ასლებს წარმოადგენენ. მაშინ როცა, როგორც ირკვევა, ფიტონცილები სრულიად არ შედიან კონტაქტში გენებთან და ქრომოსომებთან და არ იწვევენ არც გენურ მუტაციებს და არც ქრომოსომის სტრუქტურულ ცვლილებებს—აბერაციებს. ფიტონცილები არ ცვლიან აგრეთვე მაიონიზებელ გამოსხივებათა (რენტგენის სხივები, γ -სხივები) გენეტიკურ ეფექტებს არც გენური მუტაციებისა და არც ტრანსლოკაციების წარმოშობის შემთხვევაში.

ფიტონცილებისა და მაიონიზებელი რადიაციის მუტაციათა წარმოშობის სიხშირეზე გავლენის შესწავლით მიღებული მონაცემები მეტყველებს, რომ ფიტონცილები არ იწვევენ გენეტიკურ მასალაში ისეთ პოტენციურ ძვრებს, რომლებიც შეიძლება გადაზრდილიყო ნამდვილ მუტაციებში რადიაციის მოქმედების შედეგად.

ფიტონცილების ცალკე და რადიაციასთან კომბინაციაში მოქმედების შესწავლის შედეგებს აქვს ორნაირი მნიშვნელობა: ჯერ ერთი, გარემოს ზოგიერთი ფაქტორის ორგანიზმზე მოქმედება შეიძლება განხორციელდეს ისეთი მექანიზმით, როცა ის ღრმა მორფოფიზიოლოგიურ ცვლილებებს აპირობებს ონტოგენეზში, მაგრამ გენეტიკური მასალის დეზოქსირიბონუკლეინის მქაევის გარდაქმნას და შესაბამისი გენური მუტაციებისა და აბერაციების წარმოშობას არ იწვევს; მეორე: შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ამ მექანიზმს ადაბტური მნიშვნელობა აქვს, რად-



განაც ბუნებაში ფართოდ გავრცელებული ისეთი ძლიერი აგენტის, როგორც ფიტონციდები, მიმართ მწერებში გამომუშავდა მემკვიდრეობის დამცველი მექანიზმები, რაც, როგორც ჩანს, თავდაპირველად სათანადო მუტაციების წარმოშობისა და შთამომავლობაში განმტკიცების საშუალებით განხორციელდა, ან კიდევ, ფიტონციდების ქიმიური შედგენილობა ვერ ცვლის დ ნ მ.

ჩატარებული ცდების მონაცემების ბიოლოგიური და გენეტიკური მნიშვნელობა შემდეგია: ცნობილია, რომ მაიონიზებული გამოსხივება იწვევს როგორც გენურ მუტაციას, ისე ქრომოსომების სტრუქტურულ ცვლილებებს (აბერაციებს). ქიმიური მუტაგენები, უბირატესად, უშუალოდ გენებთან ურთიერთქმედებაში არიან და ცვლიან მათ, აპირობებენ გენურ მუტაციებს (14). ფიტონციდების სპეციფიკურობა კი ისაა, რომ ისინი არ იწვევენ არც გენურ მუტაციებს და არც აბერაციებს, მათი მოქმედების მექანიზმი იმაში გამოვლინდა, რომ ისინი ცვლიან გენის მოქმედების პროდუქტებს—ფერმენტებს და ამით ნაირგვარ მორფოზების წარმოშობას იწვევენ.

დასკვნა

ნაშრომში შესწავლილ იქნა ფიტონციდების გავლენა დროზოფილას მემკვიდრეობაზე.

1. ფიტონციდები არც ცალკე და არც მაიონიზებელ გამოსხივებასთან კომბინაციაში (რენტგენის სხივები, γ -სხივები) გავლენას არ ახდენენ არც გენური მუტაციების და არც ქრომოსომული აბერაციების წარმოშობის სიხშირეზე.

2. ფიტონციდები მოქმედებენ გენის პროდუქტებზე—ფერმენტებზე და იწვევენ ნაირგვარი მორფოზების წარმოშობას.

(წარმოდგენილია 5. IX. 1971)

გენეტიკის კათედრა

ლიტერატურა

1. Б. П. Токин, Фитонциды, М., 1948.
2. Сборник „Фитонциды, их роль в природе и значение для медицины“, под. ред. Б. П. Токина, М., 1952, Изд-во АМН СССР.
3. А. А. Часовенная, Избранные доклады Второго совещания по проблеме фитонцидов, Изд. Лен. унив., 1957, стр. 6—9.
4. Б. П. Токин, Губители микробов фитонциды, Л., 1960.
5. Л. М. Модель, в сборнике „Фитонциды в медицине“, Изд-во АН УССР, Киев, 1959, стр. 10—14.
6. М. М. Эпштейн, Сборник „Фитонциды в медицине“, Киев, 1961, стр. 16—18.
7. М. М. Эпштейн, Биохимический механизм действия некоторых фитонцидов на организм, Автореферат докт. дисс., Киев, 1962.
8. Cavallito Ch. J. and Bailey J. H. Journal of the American Chemical Society, vol 66, № 11, 1944, P. 1950-54.
9. Cavallito Ch. J., Buck J. S. and Suter C. M., Journal of the American

- Chemical Society, vol. 66, № 11, 1946, P. 1952—53.
10. Small L., Bailey J., Cavallito Ch., Journ. Amer. Chem. Soc., vol. 69, № 7, 1947, P. 1710.
11. Cavallito Ch., The Journal of Biological Chemistry, vol. 164, № 1, 1946, P. 29—32.
12. Г. Фризен, Биологический журнал, 1935, т. IV, № 4, стр. 687—704.
13. М. Е. Лобашев, Доклады АН СССР, 1940, т. XXVIII, № 9, стр. 841—844.
14. И. А. Раппопорт, в сборнике „Специфичность химического мутагенеза“, М., изд-во „Наука“, 1968, стр. 3—5.

Э. Г. ПАПАЛАШВИЛИ

ВЛИЯНИЕ ОТДЕЛЬНОГО И КОМБИНИРОВАННОГО
ДЕЙСТВИЯ ФИТОНЦИДОВ С ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИЕЙ НА
НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ DROSOPHILA MELANOGASTER

(Резюме)

В настоящей работе изучалось влияние отдельного и совместного действия фитонцидов с ионизирующей радиацией (рентгеновые и γ -лучи).

Воздействию нативного сока чеснока подвергались личинки и куколки дрозофилы. При изучении комбинированного действия производилась предварительная обработка их, а затем они облучались при дозе 3000 г.

Анализ генных мутаций производился с использованием метода „Меллер—5“. Изучались также транслокации между второй и третьей хромосомами. С этой целью использовалась линия, маркированная двумя рецессивными генами (vestigial—II хромосома и ebony—III хромосома).

Опытами по изучению отдельного действия фитонцидов установлено отсутствие какого-либо генетического эффекта на частоту возникновения генных мутаций.

На 800 проанализированных хромосом при отдельном действии фитонцидов была обнаружена лишь одна леталь (0,10 \pm 0,10%). В контроле было проанализировано 900 хромосом. Мутации не было обнаружено.

Не обнаружено также влияние фитонцидов на мутагенный эффект рентгеновых лучей.

В случае воздействия рентгеновыми лучами процент сцепленных с полом леталей на изученные 302 хромосомы составил 3,97 \pm 1,12, а при комбинированном (фитонциды + рентгеновые лучи) действии — 4,30 \pm 1,18 (ratio 0,2).

Установлено отсутствие генетического эффекта также в отношении частоты возникновения транслокации. На проанализированных 547 хромосом не обнаружено ни одной транслокации. В контроле было изучено 648 хромосом, где также не было хромосомных аббераций. Фитонциды в комбинациях с рентгеновыми лучами не показали влияния на генетический эффект рентгеновых лучей в отношении частоты возникновения трансло-



каций. Процент транслокаций при воздействии только рентгеновыми лучами составил $2,8 \pm 1,59$, а в комбинации— $2,56 \pm 1,46$ (ratio 0,10).

Фитонциды не влияют также на генетический эффект γ -лучей.

Вместе с тем, под воздействием фитонцидов возник ряд ненаследственных изменений—морфозов типа *apterous*, *cut*, *Dichaete*, *Notch*.

Полученные данные убедительно показывают, что фитонциды при весьма резком физиологическом эффекте, структурном нарушении клетки, гибели от 50 до 100% особей—не затрагивают генетический материал—ДНК. Следовательно, они действуют на ферменты—продукты действия гена, вызывая разного рода морфозы.

Полученные данные имеют определенное значение в связи с механизмом дифференциального действия внешних агентов на гены, хромосомы и продукты действия генов (ферменты).

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ НА СКОРОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ УСЛОВНОГО РЕФЛЕКСА

С. Н. ЦАГАРЕЛИ

В данной работе на основе статистического анализа поведения животных делается попытка установить влияние переменного магнитного поля низкой частоты на скорость формирования условной реакции. Исследовалось влияние магнитного поля на различные виды условнорефлекторной деятельности, а именно, на защитную реакцию избегания болевого раздражителя и на пищедобывательную реакцию.

Исследование проводилось на половозрелых белых крысах весом от 250 до 300 г в хронических опытах. Переменное магнитное поле создавалось в катушке индуктивности со следующими параметрами: сечение катушки—правильный восьмиугольник, эквивалентный диаметр катушки—41 см, проводом ПЭВ 0,86, длина намотки—79 см, число витков обмотки—830, сопротивление для постоянного тока—33 ома, индуктивность—0,12 гн. Для создания резонансного тока в соленоиде последовательно к нему включался конденсатор. Тепловым амперметром измерялся ток в катушке. Напряженность магнитного поля на оси соленоида рассчитывалась по формуле:

$$H = nJ \frac{L}{\sqrt{4R^2 + L^2}},$$

где H —напряженность магнитного поля

J —ток в амперах

n —число витков

L —длина намотки

R —радиус катушки.

При конденсаторе ёмкостью 0,1 мкф, резонансная частота устанавливалась в 1460 герц, а максимальный ток в 0,3 ампера. В нашем случае величина напряженности магнитного поля равнялась 5 эрстедам.

Электрооборонительный условный рефлекс вырабатывался на основе электрокожного раздражения в специально оборудованной камере. На правой половине камеры на высоте 7 см смонтирована полка, которую можно в нужный момент опускать и поднимать снаружи. Пол камеры



покрыт металлическими пластинками, расположенными параллельно друг другу и включенными в электрическую сеть. Условным раздражителем служил свет электрической лампы, безусловным—включение тока 30 в на пол камеры. Длительность изолированного действия условного сигнала—15 сек, время совпадения—5 сек. При анализе результатов рассматривались реакция избегания (прыжок на полку до включения тока—условный рефлекс) и реакция избавления (прыжок на фоне действия тока—безусловный рефлекс).

Пищевой условный рефлекс вырабатывался по методу свободного передвижения животного. Открытием двери камеры, являющимся условным раздражением, животным предоставляется свободный доступ к кормушке. Кормушка находилась в противоположной стороне камеры, в которой между пробами помещались подопытные животные. Если животные после открытия двери камеры в течение одной минуты не подходили к кормушке, реакцию считали ошибочной и крысу сажали обратно в камеру. Интервал между пробами брали от одной до трех минут. С целью достижения равномерности распределения этих интервалов каждому значению интервала приписывали вероятность, согласно закону равномерного распределения, и способом статистических испытаний (методом Монте-Карло) находили последовательность интервалов между пробами, которой строго придерживались в экспериментах (2).

Животные были разбиты на две группы. Первая опытная группа каждый день непосредственно перед проведением условнорефлекторного эксперимента помещалась в переменное магнитное поле на 10 мин. Вторая группа животных действию магнитного поля не подвергалась и служила контролем.

С целью установления влияния переменного магнитного поля низкой частоты на скорость формирования условной реакции, на каждый день эксперимента для нескольких крыс из протоколов опыта вычислялась оценка вероятности осуществления реакции в виде частоты. Для сравнения, подобные же числа определялись из экспериментов на контрольных крысах. Результаты опытов после групповой статистической обработки материала суммированы в таблицах 1 и 2. Разность между частотами успеха реакции для опытных и контрольных крыс указывает на различие в состояниях этих крыс. Однако благодаря относительной малочисленности подопытных животных эти разности являются случайными числами с достаточно большим разбросом, поэтому возникает задача об определении достоверности выводов о значимости расхождения между двумя группами крыс. Эту задачу мы решили применением методики проверки статистических гипотез. В качестве нулевой гипотезы применялась гипотеза о том, что опытные и контрольные животные не отличаются друг от друга в смысле наших экспериментов, то есть полагали, что разность между частотами—величина чисто случайная, не связанная с разницей в состоянии

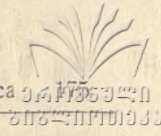


Таблица 1

Характеристика процесса выработки электроборонительной условной реакции у опытных и контрольных животных

Дни опытов	Опытная группа				Контрольная группа			
	условный рефлекс		безусловный рефлекс		условный рефлекс		безусловный рефлекс	
	частота реакции	латентный период реакции	частота реакции	латентный период реакции	частота реакции	латентный период реакции	частота реакции	латентный период реакции
1	0,1	5	0,5	5	0	0	0,2	4
2	0,2	4	0,6	4	0	0	0,3	5
3	0,5	4	1	3	0,1	7	0,4	3
4	0,5	3	1	2	0,2	5	0,6	3
5	0,7	5	1	4	0,4	6	1	2
6	0,9	3	1	2	0,6	5	1	2
7	0,8	3	1	2	0,6	4	0,9	2
8	0,9	4	1	2	0,5	3	1	2
9	1	3			0,8	3	1	2
10	1	3			0	5		
11	1	3			0,9	3		
12	1	3			1	3		
13	1	3			1	3		
14	1	3			1	3		
15	1	3			1	3		

Таблица 2

Характеристика процесса выработки пищедобывательной условной реакции у опытных и контрольных животных

Дни опытов	Опытная группа		Контрольная группа	
	частота условной реакции	латентный период условной реакции	частота условной реакции	латентный период условной реакции
1	0,5	27	0,2	50
2	0,6	15	0,2	45
3	0,8	9	0,3	26
4	1	5	0,5	16
5	1	4	0,8	7
6	1	5	1	9
7	1	4	1	4
8	1	7	0,9	6
9	1	6	1	15
10	1	4	1	4
11	1	4	1	8
12	1	4	1	4
13	0,9	3	1	4
14	1	4	1	4
15	1	4	1	5



Разница в поведении между опытными и контрольными животными при образовании условного рефлекса

Дни опытов	Разница в поведении между опытными и контрольными животными при образовании электро-оборонительного условного рефлекса				Разница в поведении между опытными и контрольными животными при образовании пище-добывательного условного рефлекса	
	условный рефлекс		безусловный рефлекс		частота реакции	латентный период реакции
	частота реакции	латентный период реакции	частота реакции	латентный период реакции		
1	—	—	—	+	—	—
2	—	—	—	+	—	—
3	—	—	—	+	—	—
4	—	+	—	+	—	—
5	—	+	+	—	—	—
6	—	—	+	+	+	—
7	—	+	+	+	+	+
8	—	+	+	+	+	+
9	—	+	+	+	+	—
10	+	—	+	+	+	+
11	+	+	+	+	+	+
12	+	+	+	+	+	+
13	+	+	+	+	+	+
14	+	+	+	+	+	+
15	+	+	+	+	+	+

животных. Для проверки гипотезы пользовались t -критерием Стьюдента 1. При сравнении средних значений пользовались формулой:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}},$$

где n_1 —число измерений для опытных животных,

n_2 —число измерений для контрольных животных,

\bar{x}_1 —среднее значение для опытных животных,

\bar{x}_2 —среднее значение для контрольных животных,

s^2 —оценка дисперсии, полученная при объединении обеих выборок, которая вычисляется по формуле:

$$s^2 = \frac{\sum_1 (x - \bar{x}_1)^2 + \sum (x - \bar{x}_1)^2}{n_1 + n_2 - 2}.$$

Разница в поведении между контрольными и опытными животными после вычисления величины t для уровня значимости 0,05 показана в таблице 3. Знак (—) означает, что разница в поведении значимая, а знак (+),—что разница незначимая.

Анализ таблицы 3 показывает, что влияние переменного магнитного поля низкой частоты ускоряет выработку как электрооборонительного, так и пищедобывательного условного рефлекса. У животных, подвергшихся действию переменного магнитного поля, условный рефлекс избегания от болевого раздражения с вероятностью, равной 0,9, выработался в течение восьми дней, а животные, не подвергшиеся влиянию магнитного поля, такого уровня условной реакции достигали позже—на десятый день. Опыты показали, что под влиянием переменного магнитного поля у подопытных животных по сравнению с контрольными, начиная с первого дня до десятого, вероятность осуществления электрооборонительного условного рефлекса всегда остается высокой. В латентных периодах этой реакции не наблюдается отклонений по сравнению с контрольными животными, если не считать отдельных дней, которые носят, по-видимому, случайный характер. В безусловной реакции разница в поведении между опытной и контрольной группами наблюдается в течение четырех дней.

В случае пищедобывательной реакции у животных, которые подвергались влиянию магнитного поля, в течение первых пяти дней по сравнению с контрольными животными вероятность осуществления условного рефлекса была высокая. В эти дни у контрольных животных по сравнению с опытными животными латентный период был удлинен.

Таким образом, все приведенные данные говорят о том, что под влиянием переменного магнитного поля низкой частоты ускоряется выработка пищедобывательного и электрооборонительного условного рефлекса у белых крыс.

(Представлено 18. X. 1971)

Проблемная лаб.
кибернетики

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Бейли, Статистические методы в биологии, М., 1962.
2. Н. П. Бусленко, Д. И. Голенко, И. М. Соболев, В. Г. Срагович, Ю. А. Шрейдер, Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло), М., 1962.

ს. ცაგარელი

დაბალი სიხშირის ცვლადი მაგნიტური ველის გავლენა პირობითი რეფლექსის გამოყვანების სიჩქარეზე

(რეზიუმე)

შრომში ცხოველთა ქცევის სტატისტიკური ანალიზის შედეგად დადგენილია, რომ დაბალი სიხშირის ცვლადი მაგნიტური ველის მოქმედებით ჩქარდება საკვებმოპოვებითი და ელექტროთავდაცვითი პირობითი რეფლექსის გამოყვანება.

К ИЗУЧЕНИЮ ЧИСЛЕННОСТИ И ЭКОЛОГИИ ГЮРЗЫ (*Vipera Iebetina obtusa* Dwig.) в Грузии

М. А. БАКРАДЗЕ

Биология змей в условиях Грузии до настоящего времени изучена недостаточно, несмотря на то, что их изучение представляет значительный теоретический и практический интерес. В первую очередь это касается тех змей, яд которых используется в медицине, биохимии и т. д. В Грузии в этом отношении наибольший интерес представляет гюрза.

В целях изучения некоторых вопросов экологии, биологии, а также определения численности гюрзы в пределах Грузии кафедрой зоологии позвоночных Тбилисского государственного университета и Институтом зоологии АН Груз. ССР была проведена совместная работа в 1968—70 гг. Наблюдения проводились как в естественных условиях, во время экспедиций, так и над змеями, находившимися в террариуме кафедры зоологии позвоночных.

Всего нами было добыто 98 экземпляров гюрзы. 58 из них были вскрыты с целью изучения количества питательных веществ (жировые тела), состояния половых органов, наличия паразитов и др. 16 гюрз было помещено в террариум, 10—в комнату искусственного климата, а 4 беременные самки и 2 самца—в обыкновенные террариумы. 22 гюрзы были помечены и отпущены в местах их отлова для дальнейших наблюдений.

Основными вопросами в нашей работе было выявление численности гюрзы в пределах республики, сезонная и суточная активность гюрзы, активность в зависимости от метеорологических условий, размножение, питание как в природе, так и при содержании в неволе, накопление жировых отложений, а также действие яда на некоторые живые организмы.

Кавказский подвид гюрзы достигает 1,6 метра. Из добытых нами самый крупный экземпляр имел длину 1350 мм.

Окраска серовато-песчаная или коричневатая, вдоль спины идет ряд темных пятен, иногда ярко выраженных, а иногда почти незаметных. По бокам тела расположен ряд более мелких темных пятен. Голова однотонная, с двумя темными точками на темени. Нижняя сторона тела светло-серая в мелких темных пятнышках.

Гюрза обычно обитает в сухих предгорьях, ущельях, долинах и на склонах холмов, поросших разреженным кустарником, редко попадаясь в



заболоченных участках. Не избегает и возделываемых земель, садов, виноградников и бахчей.

В качестве укрытий использует норы грызунов, расщелины в скалах, промоины в обрывах, обломки скал, заброшенные или пустующие летом зимние овчарни.

Летом, с наступлением жары, плетеные из веток и покрытые землей крыши и стены овчарен—почти единственное место, где можно встретить гюрз днем. Здесь они обычно лежат не двигаясь, спасаясь от жары. Часто гюрзы скопляются под обрывами, где гнездятся ласточки, птенцы которых, выпавшие из гнезд, становятся их добычей. Заползают в курятники, охотясь за цыплятами. Мы наблюдали случай поедания двумя гюрзами крольчат в крольчатнике у сторожа в Тбилисском ботаническом саду.

Активность гюрзы связана главным образом с температурой. В активном состоянии гюрза встречается при температуре воздуха выше $9-10^{\circ}\text{C}$, при более низкой температуре она еле шевелится. Однако следует отметить, что в солнечную погоду, на солнце гюрза нагревается быстрее, чем окружающий воздух и поэтому нам попадались гюрзы, температура тела которых превосходила температуру воздуха на 12°C . Максимальная отмеченная нами температура тела гюрзы 35°C , однако при подобной температуре змеи находятся в укрытии. При температуре тела ниже 20°C гюрзы также малоактивны.

Сезонная активность гюрзы на протяжении ареала заметно меняется в зависимости от географических и климатических условий, но, в общем, характеризуется следующими чертами: весенний выход единичных особей отмечается во второй половине февраля. Пробуждение основной массы гюрз приходится на март—апрель. В это время нам встречались гюрзы вблизи от зимовок, часто парами. Уход гюрз в зимнюю спячку наблюдается в ноябре. В виде исключения отдельные экземпляры гюрз попадают на поверхности и зимой, даже на снегу, что может быть вызвано какими-либо нарушениями нормальных условий зимовки. Суточная активность гюрзы меняется по сезонам года. После выхода из зимней спячки гюрза ведет дневной образ жизни, появляясь на поверхности в теплые, солнечные дни. Нами наблюдались гюрзы в марте, в 14 ч. в активном состоянии при температуре воздуха 17°C и температуре поверхности почвы 24°C , в 16 час. 30 мин. при температуре воздуха 11°C и поверхности почвы 9°C , в 14 час. при температуре воздуха 16°C и поверхности почвы 26°C .

Разогревшись, гюрза сохраняет активность и при более низкой температуре.

В дальнейшем гюрзы активны в дневное время при температуре воздуха не выше 28°C , так как при более высокой температуре, в мае две гюрзы нам попадались только в укрытиях—плетеных крышах овчарен в тени кустов, под камнями и в др. тенистых местах. В конце июня гюрзы переходят к ночному образу жизни. В это время днем они изредка попадаются вне укрытий или рано утром (в основном особи, заглотившие

ночью добычу) или в пасмурную погоду. Период ночной активности длится до конца сентября. В июле и августе, в дневное время гюрзы нам попадались исключительно в укрытиях. В октябре—ноябре гюрзы снова переходят на дневную активность. В это время мы встречали их недалеко от убежищ при температуре воздуха 22—27°C.

Следует отметить, что активность гюрз может несколько смешаться от указанных сроков в зависимости от состояния погоды.

Наблюдения в условиях неволи над активностью гюрз находятся в полном соответствии с их активностью в естественных условиях. При температуре в террариуме 20°C и ниже гюрзы малоактивны, лежат неподвижно и не реагируют на предлагаемую пищу. Наблюдался единственный случай принятия пищи гюрзой при температуре 20°C. Наиболее активны гюрзы при температуре от 25°C до 30°C. В это время они активно питаются и охотятся за живой добычей. При температуре выше 30°C гюрзы уползают в тенистые, необогреваемые углы террариума.

В комнате искусственного климата, где имелась градация температур от 23°C до 34°C, основная масса гюрз располагалась в зоне температуры 25—27°C, а гюрзы, принявшие пищу, в зоне, где температура их тела достигала 29—31°C.

Для определения численности гюрзы нами были взяты пробные площадки на пяти основных биотопах гюрзы:

- 1) каменная гряда,
- 2) поlynная полупустыня,
- 3) светлый лес,
- 4) колюче-кустарниковая и бородачево-разнотравная степь.
- 5) освоенная территория.

Площадь контрольного участка равнялась 6 га. Определение плотности производилось путем многократного прочесывания участка за один рабочий день в весенне-летний период, во время наивысшей активности змей. Кроме того, прибегали к методу трансекта, предложенному в 1936 году А. М. Андрушко [1]. Длина маршрутной ленты (трансекта) бралась от 1 до 3 км (в зависимости от рельефа). Ширина колебалась от 10 до 30 метров и зависела от количества учетчиков.

Наибольшая плотность популяции наблюдалась в светлом лесу—5 экз. на 10 га, затем каменная гряда, поlynная полупустыня и степь—3 экз. на 10 га, а на освоенной территории—1 гюрза на 10 га. Таким образом, плотность популяции гюрзы в Грузии крайне невысокая (В Средней Азии по данным О. П. Богданова [2], местами плотность популяции гюрз достигает 4 на 1 га).

Исходя из встречаемости гюрз на единице площади в единицу времени в наиболее характерных биотопах и в периоды наивысшей активности, мы для характеристики встречаемости гюрз на всей территории ареала в Грузии прибегли к распределению Пуассона и получили следующие результаты (см. табл.).



Кол-во гюрз на 0,1 км ²	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Число участков с данным коли- чеством гюрз	3000	9000	13500	13500	10200	6075	3030	1290	480	150	48

Обычно гюрза убивает свою добычу укусом ядовитых зубов, а затем заглатывает. Однако нами наблюдался случай заглатывания живой белой мыши без предварительного укуса ядовитыми зубами. Довольно часто нами наблюдались факты заглатывания уже сильно парализованной, но еще живой добычи, а в единичном случае, крыса, которая после укуса впала в шоковое состояние, очнулась будучи уже наполовину проглоченной гюрзой. Несмотря на резкие движения крысы гюрза продолжала ее заглатывать. Движения лап крысы можно было заметить даже тогда, когда она уже была полностью заглотана и находилась в пищевом тракте гюрзы.

Кусая птиц, гюрза, как правило, удерживает их до тех пор, пока они не умрут. Птицы, по нашим наблюдениям, погибают от укуса гюрзы от 1 до 2,5 мин. Заглатывание происходит чаще всего с головы и длится от 10 до 30 мин. Мышей крупная гюрза часто после укуса продолжает удерживать зубами, пока они не погибнут.

По литературным данным [3], мыши (белые и обыкновенные) гибнут от укуса гюрзы в течение 3—4 сек. Нашими наблюдениями установлено, что мыши гибнут от 3 сек. до 10 мин. Наблюдался единичный случай, когда после 6 укусов 4-х гюрз белая мышь жила в течение 40 мин. и была заглочена живой. Заглатывают мышей гюрзы от 3 до 6 минут.

Воробьи и жаворонки гибнут за 1—2,5 мин.

Укусив крысу, гюрза всегда ее отпускает, а затем ищет ее, ощупывая языком землю и окружающие предметы. Найдя крысу, если она уже мертва или не в состоянии сопротивляться, заглатывает, как правило, с головы. Если же крыса еще активна—ждет, пока действие яда ее убьет или сильно парализует.

По литературным данным [3], белые крысы гибнут от укуса гюрзы за 45—48 сек. По нашим наблюдениям, крысы (белые и обыкновенные) гибнут от 10 мин. до 1 час. 45 мин. Имел место единичный случай гибели крысы через 2 суток после укуса в шею. Над кроликами наши эксперименты не проводились, но по литературным данным [3], кролики от укуса гюрзы гибнут от 16 мин. до 1 часа. Описывается два случая, когда кролики остались живы (один был укушен в верхушку уха, а другой в ногу). У Никольского [4] описан случай, когда собака, укушенная гюрзой, пада через 15 мин.

В нашей практике имел место случай укуса гюрзой собаки в верхнюю губу. Через 30 мин. после укуса появилась небольшая опухоль

выступили 2 капли крови. Собаке была введена 1 ампула сыворотки «антигюрза»; несмотря на это в течение суток собака чувствовала себя плохо и опухоль распространилась на всю голову и частично шею настолько, что морда собаки увеличилась в объеме вдвое, а голова—в 1,5 раза. Затем самочувствие улучшилось, опухоль продолжала держаться еще несколько суток, после чего начала постепенно уменьшаться и через 1,5 недели почти полностью прошла. На месте укуса появилась глубокая, почти до кости долго не заживающая язва, которая исчезла только через 2 месяца.

По литературным данным [5], в Закавказье от укуса гюрзы погибало много людей. Павловский [6] также приводит случай смертельного исхода укушенного гюрзой человека. Нам известно несколько случаев укуса гюрзой человека, однако благодаря принятым мерам смертельных исходов не наблюдалось.

Следует отметить, что действие яда сильно варьирует в зависимости от места укуса, величины животного, подвергнувшегося укусу, а также его состояния—больные, слабые или не достигшие взрослого состояния животные погибают от укуса быстрее, чем крупные, взрослые, здоровые экземпляры.

Симптомы действия яда гюрзы на различных животных почти одинаковы (разница в основном во времени действия яда).

После укуса животное (мыши, крысы) испытывают беспокойство и, вероятно, боль в месте укуса, они бегают по клетке илизывают место укуса. Затем наблюдается учащенное дыхание, угнетенное состояние животного, они часто пьют воду, укушенное место опухает, начинаются конвульсивные движения и животное умирает. Если агония затягивается (у крыс), животное очень опухает, на месте укуса появляется черный отек.

Укус одной гюрзы другой практически безвреден. У нас имели место несколько случаев укуса одной гюрзы другой во время кормежки. В двух случаях укусы были в голову, в остальных—в шею и туловище. Только в одном случае была заметна незначительная опухоль в месте укуса, в остальных же случаях место укуса можно было обнаружить только по капле крови на месте укуса. Укушенные змеи не проявляли никаких признаков отравления и продолжали заглатывать добычу. Имели место случаи укуса змеями друг друга и не замеченные нами, так как дважды нами были обнаружены (вонзившиеся на 1/3) ядовитые зубы в теле гюрз (один раз в голове, второй раз на шее).

Одной из задач содержания гюрзы в неволе является питание. Проведенные нами наблюдения показали следующее: наиболее охотно питаются гюрзы птицами (воробьями и др. примерно такой же величины), затем отдают предпочтение мышам (серым более, чем белым) и наконец, крысам. Некоторые экземпляры охотно поедают кавказских агам. Однако наиболее выгодным кормом являются крысы по следующим соображениям:



По весу крыса в 13 раз превосходит воробья и в 17 раз (средний вес крысы 320 г, воробья—25 г и мыши—20 г.). Кроме того, они более неприхотливы при разведении и содержании. Несмотря на величину, заглатываются почти за то же время, что и воробьи. Из-за большого объема перьев, по нашим наблюдениям, гюрза заглатывает подряд не более 6-ти воробьев, что по питательности равно примерно половине крысы.

Крыс скармливали крупным гюрзам, более мелким—мышей и воробьев, т. е. небольшая гюрза, заглотив крупную крысу, не всегда в состоянии ее переварить и отрыгивает через несколько дней.

Крыс гюрзы более охотно поедают мертвыми, мышей одинаково как мертвыми, так и живыми, воробьев хватают живыми.

Крыс следует давать мертвых еще и по следующей причине—живая крыса во время укуса ее гюрзой может повредить ей зубы, а также покусать как укусившую ее змею, так и остальных, которые будут попадаться ей по дороге во время агонии, которая может длиться довольно долго (по нашим наблюдениям—от 20 мин. до 1 час. 45 мин., в очень редких случаях—более суток). После чего гюрзы могут некоторое время отказываться от крыс, даже если те предварительно умерщвлены.

Количество еды, в среднем необходимое гюрзе в месяц, зависит от величины экземпляра и от температуры в террариуме.

Для нормального содержания гюрз при температуре, соответствующей дневному времени—26—30°C и ночному—23—26°C, по нашим наблюдениям, 210 г или 10 мышей в месяц.

При указанной температуре переваривание крыс и мышей происходит за 5—6 дней, а воробьев—за 4—5 дней, поэтому кормить гюрз следует раз в неделю.

При температуре в террариуме 25—27°C должно быть место, где температура доходила бы до 30—34°C, так как, по нашим наблюдениям, после приема пищи большинство змей располагается в том месте террариума, где температура их тела доходит до 29—31°C.

Что же касается питания гюрз в природе, мы наблюдали следующее. У пойманных гюрз в желудке были обнаружены:

1. У молодой гюрзы (примерно 2—3-х летнего возраста)—2 крупные фаланги.

2. У взрослой гюрзы, пойманной на кукурузном поле—2 полевки и 1 перепел.

3. У двух гюрз, пойманных под ласточкиными гнездами—птенцы ласточек и 1 птенец стрижа.

4. У гюрзы, пойманной в степи (Шираки), в желудке был жаворонок.

5. У небольшой гюрзы, пойманной в районе оз. Джандари, в фекалиях были остатки насекомых.

Нами ни разу у гюрз в желудке не были обнаружены агамы, однако можно предполагать, на основе наблюдений над питанием гюрз в неволе, а также питанием среднеазиатских гюрз (по Богданову), что в местах,

где имеется много агам, они занимают значительное место в питании гюрзы.

В литературных источниках нами не было найдено указаний о поедании гюрзами мертвой добычи. В нашей практике не было случая, чтобы гюрзы отказывались от мертвого корма, напротив, 80% скормливаемых животных (крыс, воробьев, мышей) давалось мертвыми. Наблюдалось поедание мертвых птиц в природных условиях.

Проводились эксперименты по питанию гюрз животными уже с признаками разложения. При этом ни разу не наблюдалось отрыгивания проглоченной пищи или каких-либо признаков отравления.

Вопросы размножения гюрзы до недавнего времени были довольно неясны. Предполагалось, что она яйцеживородяща. Однако из диссертации М. П. Зиняковой [8], а также сообщения О. Богданова и Л. Корневой [7] явствует, что гюрза как среднеазиатская, так и закавказская яйцекладуща. Это подтверждается и нашими наблюдениями.

Наши данные по размерам и весу семенников половозрелых особей говорят о том, что период активации гонад у самцов гюрз начинается сразу же после выхода из зимней спячки—март-май. Прекращается активация гонад в июле. У самцов наблюдается также и осенняя активация гонад. Спаривание происходит в апреле—мае. У нас имеются данные по яйцекладкам в Ширак-Эльдари. Кладка яиц происходит в июле, а вылупление из яиц—с конца августа до середины сентября. Беременная самка гюрзы длиной 750 мм, добытая в мае 1970 г. в Вашлованском заповеднике и помещенная в террариум, была вскрыта 25 июня. В правом яйцеводе у нее оказалось 7 яиц, в левом—3 нормальных и 4 резорбцированных. Самка, добытая в Вашловани 9 июля 1970 г. с 17 по 20 июля, отложила 10 яиц. Вес и размеры яиц:

Вес, в мг	Размеры, в мм
17500	47,5×26,7
15670	50,0×22,0
16300	45,8×24,8
14400	43,2×24,2
15600	38,8×28,0
15950	43,3×24,8
16000	41,7×26,2
15500	40,2×26,4
13050	34,3×27,0
15100	37,9×26,8

По сообщению О. Богданова и Л. Корневой [7], закавказские гюрзы вылупляются с конца августа до середины сентября. Их вес достигает 20 г, а размеры—215 мм. Сеголетки гюрз ведут крайне скрытный образ жизни. Нами добыто 2 экземпляра: 18 октября 1970 г., размером 220 мм



и 17 октября 1971 г. размером 214 мм. Следует предположить, что с увеличением размеров змей возрастает и количество откладываемых ими яиц.

По данным М. П. Зиняковой [8] и З. К. Брушко [9], гюрзы достигают половой зрелости в трехлетнем возрасте, при длине свыше 700 мм.

Изучение динамики жировых накоплений и гонад показало, что у гюрзы, как и у других пресмыкающихся, имеется тесная взаимосвязь между весом жировых тел и половых органов, т. е. в период максимальной активации семенников (у самцов) жировые накопления имеют наименьший вес и наоборот, по мере уменьшения веса гонад жировые накопления увеличиваются. У самок расход жировых тел происходит с апреля по июль, т. е. в период созревания фолликул и яиц. В сентябре наблюдается резкое увеличение веса жировых тел, которое начинается, вероятно, после кладки яиц.

За три года содержания гюрз в неволе наблюдался всего один случай затрудненной линьки, два случая начала гниения пасти и появления клещей.

При затрудненной линьке гюрза несколько раз подвергалась купанию в воде 30°C, после чего кожа с неслинявших участков была нами осторожно снята.

Второй случай затрудненной линьки был связан с началом гниения пасти, в том месте, где была повреждена губа, кожа с нее не отставала. После купания в воде 30°C кожа нами в этом месте была отделена и гюрза легко слиняла. Оба случая начала гниения пасти были связаны с повреждением ядовитых зубов.

В первом случае зуб был поврежден при укусе гюрзой крупной крысы. Через несколько дней челюсть стала опухать и сломанный зуб был удален. Пасть была промыта раствором перманганата. Несмотря на это опухоль увеличилась и не проходила в течение 2-х месяцев. Все это время гюрза регулярно питалась мертвыми мышами и крысами.

Во втором случае при осмотре пасти гюрзы, у которой появилась покрытая слизью опухоль на верхней челюсти, было извлечено из одного гнезда 9 вполне развитых зубов (В нормальном состоянии нам попалось по 2, реже 3, 4 сформированных зуба в одном гнезде). Вероятно, по какой-то причине замещенные зубы не выпали из складки кожи, что и привело к началу гниения пасти.

Пасть была промыта раствором перманганата и перекиси водорода, после чего гюрза была помещена в отдельный террариум, где поддерживалась постоянно температура 27—30°C и пол не был покрыт песком. Пищу продолжала принимать, правда, за один раз не более одной мыши, т. к. ее мучил процесс заглатывания. Опухоль прошла в течение 3-х месяцев.

При появлении клещей террариум обрабатывался аэрозолем дихлофоса (следует избегать попадания его на змей) после чего клещи исчезали.

(Представлено 12. III. 1971)

Кафедра зоологии
Позвоночных

ЛИТЕРАТУРА

1. А. М. Андрушко, Методика и техника количественного учета пресмыкающихся, „Вопросы экологии и биоценологии“, в. 3. 1936.
2. О. П. Богданов, Материалы по количественному учету змей в окрестностях г. Иолатани, ИЗИП АН Узб. ССР, т. 5. 1956.
3. А. Г. Джанашвили, Некоторые наблюдения над действием яда гюрзы. Труды Тбилисского зоопарка, т. I, 1948.
4. А. М. Никольский, Пресмыкающиеся и земноводные Кавказа, Тифлис, 1913.
5. А. М. Никольский, Гады и рыбы, СПб, 1902.
6. Е. Н. Павловский, Ядовитые животные СССР, 1931.
7. О. П. Богданов и О. И. Корнева, „Неделя“, № 44. 1968.
8. М. П. Зинякова, Распространение, экология гюрзы (*Vipera lebetina*) в Средней Азии и содержание в серпентарии. Автореферат кандидат. диссертации, Ташкент, 1967.
9. З. К. Брушко, Строение и функционирование половых желез ядовитых змей семейства гадюк в природе и при содержании в питомнике. Автореферат кандидатской диссертации, Ташкент, 1970.

მ. ბაჭრაძე

გიურზას (*Vipera lebetina obtusa* Dwig.) რიცხოზობისა და
ეკოლოგიის შესწავლისათვის საქართველოში

(რეზიუმე)

ნაშრომში განხილულია გიურზას შესწავლის შედეგები, მოპოვებული 1968-70 წლებში ჩატარებული საექსპედიციო მუშაობისა და ლაბორატორიული დაკვირვების შედეგად. ამ ხნის განმავლობაში მოპოვებული და შესწავლილი იყო გიურზას 98 ეგზემპლარი; აქედან რიგი დაინიშნა და გაშვებულ იქნა საბინადრო აღვილებში, რიგი გაიკვთა, ხოლო რიგი მოთავსებული იყო ლაბორატორიული დაკვირვებებისათვის უნივერსიტეტის პერპეთოლოგიურ ლაბორატორიაში. ჩვენ მიერ მოპოვებული გიურზებიდან უგრძესის ზომა აღწევდა 1350 მმ. მოცემულია ჰაერის სხვადასხვა ტემპერატურის დროს გიურზას აქტივობის მდგომარეობა ველზე და ლაბორატორიულ პირობებში.

გიურზას რიცხოზობა შესწავლილი იყო ხაზობრივი ტრანსექტის მეთოდით; ტრანსექტის სიგრძე მერყეობდა 1-დან 3 კმ-მდე, ხოლო სიგანე შეადგენდა 10-დან 30 მ-მდე. ყველაზე მრავალრიცხოვანი გიურზა აღმოჩნდა ნათელ ტყეში (5 ეგზ. 10 ჰა-ზე), ხოლო ყველაზე ნაკლებრიცხოვანი—ანთროპოგენულ ნაკვეთზე (1 ეგზ. 10 ჰა-ზე). აღწერილია გიურზას კვების ინტენსიურობა და რეჟიმი და სამსხვერპლო ცხოველის დაგვსვის შემდეგ რა დრო გადის მის სიკვდილამდე (3 წამიდან 1 სთ. და 45 წუთამდე) და შრატ „ანტიგიურზინის“ მოქმედება, ცხოველების მოქმედება ამ დროს. დადგენილია, რომ გიურზები იკვებებიან თავგებით, ვირთაგვებით, ფრინველებით, ჯოჯოებით, მწერებით. კვების ინტენსიურობაში დიდ როლს ასრულებს ჰაერის ტემპერატურა.

ИНДУЦИРОВАНИЕ УФ-ЛУЧАМИ МУТАЦИЙ, ПОДАВЛЯЮЩИХ СПОРУЛЯЦИЮ У ДРОЖЖЕЙ

А. Ф. ШАТИРИШВИЛИ

В настоящее время особый интерес представляет изучение генетического аппарата, контролирующего мейоз. Современные данные о биохимических, цитологических и генетических процессах, которые сопровождают мейоз, не дают информации о числе стадий и механизме, которые необходимы для осуществления этого процесса [1, 2, 3].

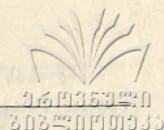
Дрожжи являются удобным объектом для изучения процесса мейоза и споруляции. У дрожжей индуцирование споруляции (мейоз и образование асков) возможно в культуральных условиях на специальных средах. Споруляция происходит в отдельных клетках, не влияя на окружающие клетки. Генетика дрожжей изучена хорошо, имеется несколько маркированных групп сцепления, которые могут быть использованы для изучения этого явления [1].

Генетическое изучение споруляции проводилось у дрожжей *Saccharomyces sp.* и *Schizosaccharomyces pombe* [1, 2].

Объектом исследования служила монокультура из местного гомоталлического штамма *Saccharomyces paradoxus* ГИВ-51, для которого характерна высокая споруляция. Мутагенным фактором служили ультрафиолетовые лучи (лампа БУВ-30, мощность излучения 200 эрг/см² сек., экспозиция 30 сек.).

В качестве селективных сред использовались среда PETHTE и полная среда со спиртом. Искусственное индуцирование мейоза производилось на ацетатной среде. Мутанты были выделены у гомозиготного штамма ГИВ-51 с генотипом $a\alpha D D m_1 m_1$. В генотипе существование D—гена представляет систему, удобную для изучения мутантов, влияющих на споруляцию [1].

Облученную культуру после инкубации из селективных сред перенесли на споруляционную среду. Выделенные мутанты клонировались и проверялись на способность к споруляции при температуре 20°C и 30°C четыре раза. Неспорулирующие мутанты подвергались генетическому анализу. Как известно из литературных данных, потерю способности к споруляции может еще вызвать: а) утрата функции гена D (гаплоидизация); б) возникновение диплоидов $a\alpha$ или aa по типу спаривания. В обоих случаях культура скрещивается с тестерами, но не спорурует [4]. Для изу-



чения неспорулирующих культур провели скрещивание их с Петергофскими тест-культурами р 22 (генотип aad_1) и 6 П-ПЗ (генотип aad_1). Ни один мутант не дал комплементацию тест-культурами. Таким образом, результаты проверок показали, что эти мутации полностью блокируют споруляцию (см. табл.)

Таблица

Процент асков при температуре 20°C и 30°C и УФ чувствительность у Sp мутантов

№	мутант	30°		20°		УФ чувст.	№	мутант	30°		20°		УФ чувст.
		I	II	I	II				I	II	I	II	
1	Sp-1	—	—	—	—		12	Sp-24	3,7	2,0	8,7	9,9	
2	Sp-2	—	—	0,9	0,6		13	Sp-94	—	—	—	—	
3	Sp-3	8,7	7,4	30,0	27,7	uvs	14	Sp-101	6,3	2,8	4,5	8,1	uvs
4	Sp-4	—	—	—	—	uvs	15	Sp-103	—	—	—	—	uvs
5	Sp-11	2,7	9,6	36,3	30,4	uvs	16	Sp-110	15,0	15,9	23,6	30,5	uvs
6	Sp-12	—	—	—	—	uvs	17	Sp-121	—	—	—	—	
7	Sp-13	—	—	—	—		18	Sp-122	—	—	—	—	
8	Sp-17	4,8	4,2	3,3	1,3		19	Sp-126	0,6	2,6	0,4	2,4	
9	Sp-18	2,7	4,2	10,9	19,1		20	Sp-128	2,6	0,8	1,7	0,7	
10	Sp-21	15,6	20,0	3,2	10,1		21	ГИВ-51	66,2	81,3	77,5	78,0	
11	Sp-22	0,5	0,7	5,8	4,7	uvs							

Как видно из таблицы, среди 20 мутантов восемь оказались аспорогенными, а семь — с пониженной споруляцией. У пяти мутантов характер споруляции зависит от температуры.

У Sp мутантов изучена зависимость от ультрафиолетовых лучей. Восемь мутантов оказались чувствительными к УФ-лучам.

Выводы

При помощи ультрафиолетовых лучей индуцированы мутанты, подавляющие споруляцию, которые разбиты на четыре группы:

1. Аспорогенные мутанты, у которых полностью блокирован процесс споруляции.
2. Термочувствительные мутанты. Характер споруляции зависит от температуры.
3. Мутанты с пониженной споруляцией.
4. УФ-чувствительные (Sp/uvs) мутанты.

(Представлено 12. XI. 1971)

Кафедра генетики

ЛИТЕРАТУРА

1. M. Esposito, R. Esposito, 1969. The genetic control of sporulation in *Saccharomyces*. 1. The isolation of temperature-sensitive Sporulation-deficient mutants. *Genetics*, 61: 79—89.
2. C. Bresch, Gretel Müller, K. Egel, 1968. Genes Involved in meiosis and Sporulation of a Yeast. *Molec. Gen. Genetics*, 102, 301—306.

3. А. Ф. Шатиришвили, Тезисы докладов конференции по вопросам теоретической и экспериментальной биологии, ТГУ, Тбилиси 1971.
4. H. Reman, M. Phillips, S. Sands, 1955. Studies of polyploid *Saccharomyces*. 1. Tetraploid segregation. *Genetics*, 50, 446-561.

ბ. შათირიშვილი

**ულტრაიისფერი სხივებით სპორულაციის ჩამშობი
მუტანტების ინდუცირება საფუარში**

(რეზიუმე)

Saccharomyces paradoxus-ის შტამ ГИВ-51-ში ულტრაიისფერი სხივებით ინდუცირებული მუტანტები, რომლებიც სპორულაციის პროცესს უწყვეტ კონტროლს, დაიყო ოთხ ჯგუფად:

1. ასპოროგენული მუტანტები.
2. ტემპერატურა მგრძობიარე მუტანტები. სპორულაციის ხარისხი დამოკიდებულია ტემპერატურაზე.
3. მუტანტები დაბალი სპორულაციის ხარისხით.
4. ულტრაიისფერი სხივებისადმი მგრძობიარე Sp/uvs მუტანტები.

შინაარსი

გ. ძოწენიძე — ალექსანდრე თვალჭრელიძე (დაბადების 90 წლის გამო) 3

მათემატიკა

2. თევზაძე — წრფეთა კონგრუენციების ერთი ჩაკეტილი ლაპლასის მიმდევრობის შესახებ 16

ნ. თევზაძე — ორჯერადი არასაკუთრივი ინტეგრალების შესახებ 29

ი. ტოროშელიძე — შენიშვნა ჩვეულებრივ დიფერენციალურ განტოლებათა კვაზი-წრფივი სისტემების ამოხსნათა შესახებ 35

ე. სამსონაძე — ლის ორთოგონალურ B_n და D_n ალგებრების დაუყვანადი წარმოდგენების ხასიათებს შორის დამოკიდებულების შესახებ 40

კიბერნეტიკა

დ. ბაშალეიშვილი — უჯრედების ბირთვთა ზომების გარდაქმნის მათემატიკური მოდელები 45

ფიზიკა

თ. აბელიშვილი — დეიტრონის ელექტრული პოლარიზების შესახებ კულონურ ველში 49

გ. გოგსაძე, თ. კობალეიშვილი — $A=4$ ბირთვების უარყოფითი ლუწობის დონეების გამოთვლა $N=3$ კონფიგურაციის სრული გათვალისწინებით 55

გ. მანაგაძე — ვერტიკალური კონტაქტის გასწვრივ მაგნიტური მოცემულობების ინტერპრეტაციისათვის 60

ა. ხელაშვილი — უნიტარობის ორნაწილაკოვანი პირობა და სპინიანი ნაწილაკების დრეკადი გაბნევის ამპლიტუდის წარმოდგენა 67

ქიმია

გ. სუპატაშვილი — ელექტრული დაცლების შედეგად წარმოქმნილი ატმოსფერული ნალექების ნიტრატული აზოტის რაოდენობრივი შეფასება 71

ნ. კარსანიძე, გ. სუპატაშვილი — მდინარე არაგვის ჰიდროქიმიური დახასიათება 79

ი. გვერდწითელი, ლ. ბარამიძე, მ. ჯელია — ჰიდრიდ- და ქლორსილანების მოქმედება მეთილბუტილფენილაცეტილენილკარბინოლზე 83

ი. გვერდწითელი, ე. გელაშვილი — ტრიეთილსილანის მოქმედება აცეტილენის რიგის ზოგიერთ მეთოქსი- γ -გლიკოლზე 89

ი. გვერდწითელი, მ. მელუა, თ. დოქსოპულო — ფენილისა და აცეტილენის ჯგუფების შემცველი სილიციუმორგანული ნაერთები 96

ა. ნოდარდელი, ქ. ძაგანიძე — ნ-ეთილ-ოქტინ-4-ენ-1-დიოლი-3, 6-ის სინთეზი და ზოგიერთი გარდაქმნები 97



ა. ნოდაიდელი, ნ. რთველიაშვილი — ალკილქლორ-და ჰიდრიდსილაზების მოქმედება 2,3 დიმეთილჰექტინ-4-ენ-6-დიოლი-2,3-ზე 101

ვ. კოკჩიაშვილი, ლ. სეფიაშვილი, ა. გრიგალაშვილი — ზოგიერთი სამკომპონენტური სისტემის (ნახშირწყალბადი—სპირტი—წყალი) ურთიერთ-შერევალობის საკითხისათვის 110

გეოლოგია-გეოგრაფია

ბ. გამყრელიძე — კავკასიის ტექტონიკის ზოგიერთი საკითხი 111

გ. თვალჭრელიძე, ვ. ბუაძე — საქართველოს სპილენძ-პიროტინული საბადოების გენეტიკური თავისებურებები 121

ნ. სხირტლაძე — ახალი მონაცემები გორაძირის ვულკანური კონუსების შესახებ 123

თ. ივანიცკი, თ. მგელიაშვილი — მავშური კომპლექსების მეტალოგენური სპეციალიზაციის საკითხისათვის ლოქის მადნიანი კვანძის შავალითზე (საქართველო) 136

დ. კიკნაძე, გ. გუგუნავა — დედამიწის ქერქისა და ზედა მანტიის აგებულების საკითხისათვის მაგნიტოტელურული და კომბინირებული ტელურული ზონდირების მონაცემების მიხედვით 140

მ. ხარატიშვილი — მდინარე რიონის აუზის (სოფ. ალპანას ზემოთ) ლანდშაფტური დიფერენციაცია და ფიზიკურ-გეოგრაფიული დაბალიანობა 141

ა. კოტარია — საქართველოს ტერიტორიაზე მთლიანი რადიაციის განაწილების საკითხისათვის 153

ბიოლოგია

ქ. ცხაკაია, ე. ცხადაია — მიკროელემენტებით გამოწვეული ნახშირწყლების შემცველობის ცვლილება სოიის თესლში 155

ვ. მუწაიშვილი — ვარდაბნის რაიონში გავრცელებული პარკოსნების მავნე ენტომოფაუნის შესწავლისათვის (თანაბარფრთიანები, ბუგრები, ნახევრადნემფფრთიანები) 159

ე. პაპალაშვილი — ფიტონციდებისა და მათი მაიონიზებელ გამოსხივებასთან კომბინირებული ზემოქმედების გავლენა დროზოფილას (*Drosophila melanogaster*) მემკვიდრულობაზე 165

ს. ცაგარელი — დაბალი სიხშირის ცვლადი მაგნიტური ველის გავლენა პირობითი რეფლექსის გამომუშავების სიჩქარეზე 177

მ. ბაქრაძე — ვიურზას (*Vipera lebetina obtusa Dwig.*) რიცხოვნობისა და ეკოლოგიის შესწავლისათვის საქართველოში 187

ა. შათირიშვილი — ულტრაიისფერი სხივებით სპორულაციის ჩამსწობი მუტანტების ინდუცირება საფუარში 191

СОДЕРЖАНИЕ

- Г. С. Дзоценидзе—Александр Антонович Гвалчрелидзе (К 90-летию со дня рождения) 6

Математика

- Г. Н. Тевзадзе—Об одной замкнутой последовательности Лапласа конгруэнций прямых 7
 Н. Р. Тевзадзе—О несобственных двойных интегралах 17
 И. А. Торошелидзе—Замечание о решениях квазилинейных систем обыкновенных дифференциальных уравнений 31
 Э. Т. Самсонадзе—О зависимости между характеристиками неприводимых представлений левых ортогональных алгебр B_n и D_n 37

Кибернетика

- Д. И. Башалейшвили—Математические модели преобразования размеров ядер клеток 41

Физика

- Т. Л. Абелишвили—Об электрической поляризуемости дейтрона в кулоновском поле 47
 Г. Ш. Гогсадзе, Т. И. Копалейшвили—Полный учет конфигурации с $N=3$ в расчетах энергетических уровней отрицательной четности ядер с $A=4$ 51
 Г. Д. Манагадзе—Об истолковании магнитных данных над вертикальным контактом 57
 А. А. Хелашвили—Двухчастичное условие унитарности и представление амплитуды упругого рассеяния спиновых частиц 61

Химия

- Г. Д. Супаташвили—Количественная оценка нитратного азота атмосферных осадков, образовавшегося в результате электрических разрядов 69
 Н. К. Карсанидзе, Г. Д. Супаташвили—Гидрохимическая характеристика реки Арагви 73
 И. М. Гвердцители, Л. В. Барамидзе, М. И. Джелиа—Действие гидрид- и хлорсиланов на метилбутилфенилацетиленилкарбинол 81
 И. М. Гвердцители, Е. С. Гелашвили—Действие триэтилсилана на некоторые ацетиленовые метокси- γ -гликоли 85
 И. М. Гвердцители, М. С. Мелуа, Т. П. Доксопуло—Кремнийорганические соединения с фениленовыми и ацетиленовыми звеньями в цепи 91



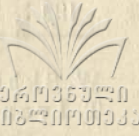
А. И. Ногайдели, К. Я. Дзагидзе—Синтез и некоторые превращения 6-этил-октин-4-ен-1-диола-3-6	100
А. И. Ногайдели, Н. А. Ртвелишвили—Действие алкилхлора и алкил- гидридсиланов на 2,3-диметилгептин-4-диол-2,3	105
В. И. Кочочашвили, Л. М. Сепиашвили, А. А. Григалашвили— К вопросу о взаимной растворимости некоторых трехкомпонентных систем (углерод — спирт — вода)	107

Геология-география

П. Д. Гамкрелидзе—Некоторые вопросы тектоники Кавказа	115
Г. А. Твалчрелидзе, В. И. Буадзе—Генетические особенности медно- пирротиновых месторождений Грузии	117
Н. И. Схиртладзе—Новые данные о вулканических конусах Горадзири	129
Т. В. Иваницкий, Т. Н. Мгелишвили—К вопросу металлогенической специализации магматических комплексов на примере локского рудного узла (Грузия)	131
Д. А. Кикнадзе, Г. Е. Гугунава—К вопросу строения земной коры и верхней мантии по данным магнитотеллурического и комбинированного теллурического зондирования	137
М. Ш. Харатишвили—Ландшафтная дифференциация и физико-географи- ческое районирование бассейна реки Риони (выше с. Алпани)	146
А. Ф. Котария—К вопросу о распределении суммарной радиации на тер- ритории Грузии	147

Биология

К. Е. Цхакая, Е. Т. Цхада я—Изменения содержания углеводов в семени сои, вызванные микроэлементами	158
В. Д. Мунджишвили—Материалы к изучению вредной энтомофауны бобо- вых растений Гардабанского района (равнокрылые, тли, полужестко- крылые)	162
Э. Г. Папалашвили—Влияние отдельного и комбинированного действия фитонцидов с ионизирующей радиацией на наследственность <i>Drosophila</i> <i>melanogaster</i>	171
С. Н. Цагарели—Влияние переменного магнитного поля низкой частоты на скорость формирования условного рефлекса	173
М. А. Бакрадзе—К изучению численности и экологии гюрзы (<i>Vipera lebetina</i> <i>obtusa</i> Dwig.) в Грузии	179
А. Ф. Шатиришвили—Индукцирование УФ-лучами мутаций, подавляющих споруляцию у дрожжей	189



Contents

G. Dzotsenidze, Alexander Tvalchrelidze

Mathematics

G. Tevzadze, On congruence of lines for one Laplace closed sequence . . . 7
 N. Tevzadze, On the improper double integral 17
 I. Toroshelidze, Some remarks on the solutions of the quasi-linear system of ordinary differential equation 30
 E. Samsonadze, On dependence between characters of irreducible representation of Lie's orthogonal algebras B_n and D_n 37

Cybernetics

D. Bashaleishvili, Mathematical models of transformation of size of nuclei of cells 40

Physics

T. Abelishvili, On electric polarisation of deuteron in Coulomb field . . . 46
 G. Gogsadze, T. Kopaleishvili, Complete taking into account the configuration n-3 in calculations of negative parity energy levels in nuclei with A-J
 G. Managadze, On interpretation of magnetic data over a vertical contact . . . 57
 A. Khelashvili, Two particle unitarity condition and representation for the elastic Scattering amplitude of spin particles 60
 G. Supatashvili, Quantitative calculation of nitric nitrogen of atmospheric precipitation, formed as a result of electric discharge 69
 N. Karsanidze, G. Supatashvili, Hydrochemical characteristic of the Aragvi river 73
 I. Gverdtsiteli, L. Baramidze, M. Jelia, The action of hydride and chlorine silanes on methylbutylphenylacetylenylcarbinol 81
 I. Gverdtsiteli, E. Gelashvili, The action of triethylsilane on some acetylenic methoxy- γ -glycols 85
 I. Gverdtsiteli, M. Jelia, T. Dooxopulo, Organosilicon compounds containing phenylene and acetylene rings in the chain 91
 A. Nogaideli, K. Dzagnidze, Synthesis and some transformations of 1,6-heptyne-4-en-1-diol-3,6 97
 A. Nogaideli, N. Rtvelishvili, The action of alkyl chlorine and alkyl hydride silanes on 2,3-dimethylheptyne 4-an-6-diol-2,3 101
 V. Kokochashvili, L. Sepiashvili, A. Grigalashvili, On the solubility of some three-component systems (hydrocarbon—alcohol—water) 107

Geology, Geography

P. Gamkrelidze, Some problems of the tectonics of the Caucasus 111
 G. Tvalchrelidze, V. Buadze, Genetic peculiarities of the copper—pyrrhotine deposits of Georgia 117



W. Skhirtladze, New data on the volcanic cones of Goradziri	123
T. Ivanitski, T. Mgeleshvili, A study of the metallogenic specialization of magmatic complex basing on the evidence from the Loki Ore-Deposites (Georgia)	131
D. Kiknadze, G. Gugunava, On structure of the Earth's Crust and the upper mantle based on the data of magnetometric and Combined Telluric zondage	137
M. Kharatishvili, Landscape differentiation and physical division of the Rioni Basin (up stream from the village Alpna)	141
A. Kotaria, A study of distribution of summary radiation on the territory of Georgia	147

Biology

K. Tskhakaia, E. Tskhadaia, Changes in the contents of carbohydrates in soya-bean seeds activated by microelements	155
V. Mundzishvili, On the study of harmful entomofauna of the leguminous plants in Gardabani area	159
E. Papalashvili, The influence of phytoneides and their combination with ionizing irradiation on the heredity of <i>Drosopdhila melanogaster</i>	165
S. Tsagareli, The influence of alternating magnetic [field of low frequency on speed of forming conditioned refleeyes	173
M. Bakradze, On the number and eilogy of <i>Vipera lebetina offusa</i> Dwig in Georgia	179
A. Shatirishvili, The induction of mutation with inhibition of sporulation by UV rays	189



გამომცემლობის რედაქტორები: რ. აზმაიფარაშვილი, ლ. გამცემლიძე
ტექნიკური ი. ხუციშვილი
კორექტორი მ. ჯანელიძე

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26/VII-72
ქაღალდის ფორმატი 70×108/16
ნაბეჭდი თაბახი 17,5
სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 14

შეკვეთა 44 უე 13011 ტირაჟი 500

ფასი 1 მან. 50 კაპ.

თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა,
თბილისი, ი. ჭავჭავაძის ბროსპექტი, 14.
Издательство Тбилисского университета,
Тбилиси, пр. И. Чавчавадзе, 14.
თბილისის უნივერსიტეტის სტამბა,
თბილისი, ი. ჭავჭავაძის ბროსპექტი, 1.

Типография Тбилисского университета,
Тбилиси, пр. И. Чавчавадзе, 1.

51

1972

~~72-678~~

041065040
20240101033