

1968



საქართველოს სსრ
მეცნიერებათა აკადემიის

ბ ი ა ბ ე ე



СООБЩЕНИЯ

АКАДЕМИИ НАУК
ГРУЗИНСКОЙ ССР

81



BULLETIN

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE GEORGIAN SSR

L, № 2

მაისი 1968 მაჩ

თბილისი * ТБИЛИСИ * TBILISI

საქართველოს სსრ
პეტროპოლისის აკადემიის

გ მ ა გ ე ე



СООБЩЕНИЯ
АКАДЕМИИ НАУК
ГРУЗИНСКОЙ ССР

ს ა რ ე დ ა კ ტ ო რ კ ო ლ ე გ ი ა

ე. ანდრონიკაშვილი, ა. ზოჭორიშვილი, ი. გიგინეიშვილი (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), ლ. დავითაშვილი, რ. დვალი, ნ. კეცხოველი, ვ. მახალდიანი, ნ. მუსხელიშვილი, რ. შადური (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), გ. ციციშვილი, გ. წერეთელი, ე. ხარაძე (მთავარი რედაქტორი), ა. ჯანელიძე

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Э. Л. Андроникашвили, А. Т. Бочоришвили, И. М. Гигинейшвили (заместитель главного редактора), Л. Ш. Давиташвили, Р. Р. Двали, А. И. Джanelидзе, Н. Н. Кецохели, В. В. Махалдиани, Н. И. Мухелишвили, Е. К. Харадзе (главный редактор), Г. В. Церетели, Г. В. Цицишвили, Р. С. Шадური (заместитель главного редактора)

L, № 2

მაისი 1968 МАЙ

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

მათემატიკა—МАТЕМАТИКА—MATHEMATICS

Ш. С. Кемхадзе. О циклическом расширении ZA -групп	263
*შ. ქემხაძე. ZA -ჯგუფის ციკლური გაფართოების შესახებ	266
Р. И. Беридзе. О представлении чисел некоторыми квадратичными формами с четырьмя переменными	267
*რ. ბერიძე. რიცხვა წარმოდგენის შესახებ ზოგიერთი ოთხკვლადიანი კვადრატული ფორმით	272
Н. Н. Вахания, Н. П. Канделаки. Об оценке скорости сходимости в многомерной центральной предельной теореме	273
*ნ. ვახანია, ნ. კანდელაკი. კრებადობის სისწრაფის შეფასების შესახებ მრავალგანზომილებიან ცენტრალურ ზღვარით თეორემაში	276

* ვარსკვლავით აღნიშნული სათაური ეკუთვნის წინა წერილის რეზიუმეს.
* Заглавие, отмеченное звездочкой, относится к резюме предшествующей статьи.
* A title marked with an asterisk applies to a summary of the preceding article.

10.692

Ш. П. Панджакидзе. О сходимости двойных ортогональных рядов Фурье	277
*შ. ფანჯაკიძე. ორმაგი ფურის ორთოგონალური მწკრივების კრებადობის შესახებ	282
А. С. Церетели. Аппроксимация функций многих переменных посредством сумм и произведений функций от одной переменной	283
*ა. წერეთელი. მრავალი ცვლადის ფუნქციის აპროქსიმაცია ერთი ცვლადის ფუნქციების გამოთა და ნამრავლით	287
Д. Г. Перадзе. О распределении ошибок при решении системы линейных алгебраических уравнений методом итерации	289
*ჯ. ფერაძე. ცდომილებათა განაწილება წრფივ ალგებრულ განტოლებათა სისტემის იტერაციის მეთოდით ამოხსნის დროს	294
Г. А. Ломадзе. О числе представлений чисел некоторыми квадратичными формами с четырьмя переменными	295
*გ. ლომაძე. ზოგიერთი ოთხცვლადიანი კვადრატული ფორმით რიცხვის წარმოდგენათა რაოდენობის შესახებ	300

პიბერნეტიკა—КИБЕРНЕТИКА—CYBERNETICS

Г. А. Твалабейшвили. Об одном алгоритме классификации абстрактных образов	301
*გ. თვალაბეიშვილი. აბსტრაქტულ სახეთა კლასიფიკაციის ერთი ალგორითმის შესახებ	304
В. В. Чавчанидзе (член-корреспондент АН ГССР), О. И. Галицкая, А. В. Корнеева. Статистическое моделирование поведения объекта на основе метода матричного анализа многомерных временных рядов	305
*ვ. ჭავჭანიძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ო. გალიცაია, ა. კორნეევა. ობიექტის ქცევის სტატისტიკური მოდელირება მრავალგანზომილებიანი დროის მწკრივების მატრიცული ანალიზის მეთოდის საფუძველზე	303
Н. Л. Меликадзе. Предварительное преобразование изображений в системе распознавания зрительных образов	309
*ნ. მელიქაძე. გამოსახულებათა წინასწარი გარდაქმნა სახეთა გამოცნობის სისტემაში	314

ფიზიკა—ФИЗИКА—PHYSICS

Г. А. Сихарулидзе, Ю. И. Уханов. Исследование спектров поглощения $CdSnAs_2$ n -типа	316
*გ. სიხარულიძე, ი. უხანოვი. n -ტიპის $CdSnAs_2$ -ს ზონათქმის სპექტრების გამოკვლევა	320
Г. А. Накашидзе, Л. А. Гогава, Е. Г. Джапаридзе, А. Г. Тер-Саркисова. Оптические свойства кремниевых многослойных структур	321
*გ. ნაკაშიძე, ლ. გოგავა, ე. ჯაფარიძე, ა. ტერ-სარქისოვა. სილიციუმის მრავალფენოვანი სტრუქტურის ოპტიკური თვისებები	326
Н. И. Костанашвили, Г. И. Лебедевич, Д. С. Набичвришвили. Выход медленных π -мезонов из ядер эмульсии	327
*ნ. კოსტანაშვილი, გ. ლებედევიჩი, დ. ნაბიჭერიშვილი. დაბალი ენერგიის π -მეზონების გამოსვლა ემულსიის ბირთვებიდან	332
В. М. Чуцков. Движение электронов в одномерном потенциальном поле двойной периодичности	333
*ვ. ჩუცკოვი. ელექტრონების მოძრაობა ერთგანზომილებიან ორმაგპერიოდულ ველში	337

ორგანული ქიმია—ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ—
ORGANIC CHEMISTRY

Л. П. Чигогидзе, Д. Г. Чавчанидзе, Р. М. Лагидзе. Алкилирование некоторых гомологов бензола диацетатами 2-метил-гексин-3-диола-2,5; 3,6-диметил-4-октин-3,6-диола, и гексин-3-диола-2,5 в присутствии хлористого алюминия 339

*ლ. ნიგოგიძე, დ. ჭავჭავანიძე, რ. ლალიძე. ბენზოლის ზოგიერთი ჰომოლოგის ალკილირება... 344

Е. М. Бенашвили. Разделение керосиновой фракции нефти на молекулярных ситах NaX и CaX 345

*ე. ბენაშვილი. ნავთობის კეროსინის ფრაქციის გაყოფა NaX და CaX მოლეკულურ საცრებზე 350

Л. Д. Меликадзе, И. Л. Эдилашвили, З. И. Гургенидзе, Р. Я. Кипиანი. Ингибирование реакции фотохимического окисления нефтяных масел 351

*ლ. მელიქაძე, ი. ედილაშვილი, ზ. გურგენიძე, რ. ყიფიანი. ნავთობის ზეთების ფოტოქიმიური ჟანგვის რეაქციის ინჰიბირება 356

ზოგადი და არაორგანული ქიმია—ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ
GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

Н. В. Мзареулишвили, Е. Г. Давиташвили, В. П. Натидзе. Изучение состава и свойств основного хлорида и гидроокиси празеодима 357

*ნ. მზარეულიშვილი, ე. დავითაშვილი, ვ. ნათიძე. პრაზეოდიმის ფუძე ქლორიდისა და ჰიდროქსიდის შედგენილობისა და თვისებების შესწავლა 360

ფიზიკური ქიმია—ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ—PHYSICAL CHEMISTRY

Г. Г. Чиракадзе, Е. М. Нанобашвили, Г. А. Мосашвили. Об образовании эфиров тиоциановой кислоты под облучением 361

*გ. ჭირაქაძე, ე. ნანობაშვილი, გ. მოსაშვილი. თოციანმჟავა ეთერების წარმოქმნა გამოსხივების მოქმედებით 366

Л. В. Иванецкая, Е. М. Нанобашвили, Л. В. Ляшенко. Радиолит тиноцианидов калия и аммония в этиловом спирте 367

*ლ. ივანიცკაია, ელ. ნანობაშვილი, ლ. ლიაშენკო. კალიუმისა და ამონიუმის თოციანიდების რადიოლიზი ეთილის სპირტში 371

Л. Я. Уридия. Спектрофотометрическое изучение кислотных центров и их связь с каталитической активностью глин 373

*ლ. ურიდია. მკავეური ცენტრების შესწავლა სპექტროფოტომეტრული მეთოდით და მათი კავშირი თიხის კატალიზურ აქტივობასთან 378

З. Г. Дзоценидзе, К. Т. Оганесян, А. Б. Налбандян. Определение элементарных констант скорости реакций атомов дейтерия с аммиаком и некоторыми простыми аминами 379

*ზ. ძოცენიძე, კ. ოგანესიანი, ა. ნალბანდიანი. ატომური დეიტერიუმის ამონიაკთან და ზოგიერთ მარტივ ალკილამონთან ურთიერთქმედების ელემენტარული რეაქციების სიჩქარის მუდმივების განსაზღვრა 383

ბიოქიმია—БИОХИМИЯ—BIOCHEMISTRY

М. Г. Ращупкина, М. М. Заалишвили, Л. Г. Табахмелашвили. Изучение ДНК-зависящей РНК-полимеразы в глиальных и нейронных ядрах 385

*მ. რაშჩუკინა, მ. ზაალიშვილი, ლ. ტაბახმელაშვილი. გლუბრა და ნე-
რონული ბირთვების დნ-ზე დამოკიდებული რნმ-ს პოლიმერაზული აქტივობის შე-
სწავლა 389

ტ. ლომკაცი, დ. ქრიკიშვილი. ფენოლის გარდაქმნა საფუერების მიერ 391

*Т. С. Ломкаци, Д. И. Чрикишвили. Превращение фенола дрожжевыми
организмами 395

ზარგაპოქიმიკა—ФАРМАКОХИМИЯ—PHARMACOCHEMISTRY

Э. З. Джакели, В. Ю. Вачнадзе, М. М. Муджири, К. С. Муджири.
К вопросу выделения алкалоидов барвинка травянистого, произрастающего
в Грузии 397

*ე. ჭაყელი, ვ. ვახნაძე, მ. მუჯირი, ქ. მუჯირი. საქართველოში მოზარდი გვე-
ლის სუროს ალკალოიდების გამოყოფის საკითხისათვის 399

ფიზიკური გეოგრაფია—ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ—
PHYSICAL GEOGRAPHY

Н. Б. Клопотовская. К методике применения спорово-пыльцевого анализа в
горных условиях 401

*ბ. კლოპოტოვსკაია. მთის პირობებში სპორა-მტკვრის ანალიზის გამოყენების მეთო-
დიკისათვის 406

პეტროგრაფია—ПЕТРОГРАФИЯ—PETROGRAPHY

Г. Д. Думбадзе. О генезисе пород Санчарского интрузива 407

*გ. დუმბაძე. სანჩარის ინტრუზივის ქანების გენეზისის შესახებ 411

მ. აბესაძე. მეტამორფული დიფერენციაციის მოვლენები ძირულის მასივის ქვედაპალეო-
ზოურ მეტამორფულ ფიჭლებში 413

*М. Б. Абесадзе. О явлениях метаморфической дифференциации в нижнепалео-
зойских метаморфических сланцах Дзирульского массива 416

Р. М. Манвелидзе. Кали-натровые полевые шпаты палеозойских метасомати-
ческих гранитоидов Дзирульского кристаллического массива 417

*რ. მანველიძე. ძირულის კრისტალური მასივის პალეოზოური მეტასომატური გრანი-
ტოიდების კალიუმ-ნატრიუმის მინდვრის შპატები 421

საბადოთა დამუშავება—РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ
EXPLOITATION (DEPOSIT EXPLOITATION)

Ш. И. Ониани. Аналитическое решение задачи влияния гидравлической заклад-
ки на температурное поле окружающей среды с начальным экспоненциаль-
ным распределением температуры 423

*შ. თნიანი. ტემპერატურის საწყისი ექსპონენციალური განაწილების მქონე გარემოს
ტემპერატურულ ველზე ჰიდრავლიკური ვსების გავლენის ამოცანის ანალიზური გა-
დაწყვეტა 428

მეტალურგია—МЕТАЛЛУРГИЯ—METALLURGY

Д. Ш. Цагарейшвили, Г. Г. Гвелесиани. О составлении уравнений тем-
пературной зависимости изобарных потенциалов реакций образования неорга-
нических соединений 429

*დ. ცაგარეიშვილი, გ. გველესიანი. არაორგანული ნაერთების წარმოქმნის რეაქციების იზობარული პოტენციალების ტემპერატურისაგან დამოკიდებულების განტოლება შედგენისათვის 434

А. С. Вашакидзе, Д. А. Шарашенидзе. Исследование усилий при прокатке в калибрах 435

*ა. ვაშაკიძე, ჯ. შარაშენიძე. ძალების გამოკვლევა კალიბრებში გლინისას 440

ენერგეტიკა—ЭНЕРГЕТИКА—POWER ENGINEERING

Л. И. Махарадзе, Г. И. Кирмелашвили, М. Н. Геленидзе. Определение времени разгона пульпы в трубопроводе землесосной установки 441

*ლ. მახარაძე, გ. ყირმელაშვილი, მ. გელენიძე. მიწსაწოვი დანადგარის მოსაღებში პულპის მოძრაობის საწყისი გარდამავალი პროცესის ხანგრძლივობის განსაზღვრა 444

Г. А. Гаччиладзе, О. Г. Заликашвили. Некоторые вопросы гидравлического расчета донной водоприемной галереи 445

*გ. გაჩეჩილაძე, ო. ზალიკაშვილი. ფსკერული წყალმიღები გალერეის პილარული განაგარიშების ზოგიერთი საკითხი 449

მანქანათმშენებლობა—МАШИНОВЕДЕНИЕ—
МЕХАНИКАЛ ENGINEERING

Б. И. Парцхаладзе. Некоторые задачи безопорного вибрирования 451

*ბ. ფარცხალაძე. უსაყრდენო ვიბრირების ზოგიერთი ამოცანა 456

ავტომატიკა და ტელემექანიკა—АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА—
AUTOMATICS AND TELEMCHANICS

Б. К. Мебукке. К одной задаче оптимального распределения приоритетов в одноканальной системе массового обслуживания с потерями 457

*ბ. მებუკე. მასობრივი მომსახურების ერთარხიან სისტემაში პრიორიტეტების ოპტიმალური განაწილების ერთი ამოცანის შესახებ 462

ენიდაზმცოდნეობა—ПОЧВОВЕДЕНИЕ—SOIL SCIENCE

რ. პეტრიაშვილი. მესხეთის ხელოვნური ტერასების კულტურული ნიადაგების შესახებ 463

*Р. А. Петриашвили. О культурных почвах искусственных террас Месхети 468

პალეობიოლოგია—ПАЛЕОБИОЛОГИЯ—PALAEOBIOLOGY

Ж. Ш. Долидзе. К изучению Акчагыльской флоры кябеби 469

*ჯ. დოლიძე. კეაბების აქჩაგელური ფლორის შესწავლისათვის 473

ზოოლოგია და პარაზიტოლოგია—ЗООЛОГИЯ И ПАРАЗИТОЛОГИЯ—
ZOOLOGY AND PARASITOLOGY

Г. А. Какулия. К изучению рода *Panagrodontus* 475

*გ. კაკულია. გვარ *Panagrodontus*-ის შესწავლისათვის 479



ნორმალური ფიზიოლოგია—НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ—
NORMAL PHYSIOLOGY

И. М. Айвазашвили, Н. Н. Парцхаладзе. Изучение памяти у собак в онтогенезе	481
*ი. აივაზაშვილი, ნ. ფარცხალაძე. ძაღლის მეხსიერების შესწავლა ონთოგენეზში	485
М. Г. Коридзе. Изменение электрической активности поясной извилины и других структур головного мозга при различных поведенческих реакциях	487
*მ. კორიძე. სარტყლისებრი ხვეულისა და თავის ტენის სხვა სტრუქტურათა ელექტრული აქტივობის ცვლილება ცხოველის ქცევის სხვადასხვა პირობებში	492
რ. ახობაძე. ლიმბური ქერქის გალიზიანებისა და ექსტირპაციის გავლენა კუჭის სეკრეტულ ფუნქციაზე	493
*Р. А. Ахобадзе. О влиянии раздражения и экстирпации лимбической коры на секреторную деятельность желудка	498
კ. ჩაჩავა, ა. ზირაქაძე. ჟანგბადის დაკუმულობის განსაზღვრა ცხოველის ნაყოფის თავის ტვენში	499
*К. В. Чачава, А. Н. Зиракадзе. Определение напряжения кислорода в ткани мозга животных в остром опыте	503

არქეოლოგია—АРХЕОЛОГИЯ—ARCHAEOLOGY

გ. ავალიშვილი. მელითონების ძველი კერა ქვემო ქართლში	505
*Г. Б. Авалишвили. Древний очаг металлургии в Квемо-Картли	508

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 22.5.1968; შეკვ. № 653; ანაწყობის ზომა 7×11; ქაღალდის ზომა 70×108; ფიზიკური ფურცელი 16; სააღრიცხვო-საგამომცემლო ფურცელი 18,0; ნაბეჭდი ფურცელი 22,5; უე 01287; ტირაჟი 1500

* * *

Подписано к печати 22.5.1968; зак. № 653; размер набора 7×11; размер бумаги 70×108; физический лист 16; уч.-издательский лист 18,0; печатный лист 22,5; УЭ 01287; тираж 1500

* * *

გამომცემლობა „მეცნიერება“, თბილისი, 60, კუტუზოვის ქ., 15
Издательство «Мецниереба», Тбилиси, 60, ул. Кутузова, 15

* * *

გამომცემლობა „მეცნიერების“ სტამბა, თბილისი, 60, კუტუზოვის ქ., 15
Типография издательства «Мецниереба», Тбилиси, 60, ул. Кутузова, 15



Ш. С. КЕМХАДЗЕ

О ЦИКЛИЧЕСКОМ РАСШИРЕНИИ ЗА-ГРУПП

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 6.5.1967)

В данной статье обобщается один результат О. Ю. Шмидта [1] (лемма 1 и ее следствие). С помощью леммы 1 доказывается, что если слабо нильпотентная группа G является циклическим расширением ZA -группы H , то сама группа G будет ZA -группой (теорема 1). Оказывается полезным следующее утверждение: если энгелева группа G является циклическим расширением квазинильпотентной группы, то сама группа G будет квазинильпотентной группой (лемма 2). Отсюда непосредственно получается, что пересечение классов энгелевых и RN^* -групп совпадает с классом квазинильпотентных групп (теорема 2).

Этим обобщается недавний результат автора [2] и Бера [3], полученный ранее более сложно другими методами.

Группа G называется слабо нильпотентной, если всякая ее подгруппа с двумя образующими нильпотентна. Очевидно, всякая локально нильпотентная группа является слабо нильпотентной группой.

Обратное неверно, как это следует из результата Е. С. Голода [4]. Известно, что всякая слабо нильпотентная группа конечного ранга является ZA -группой [5].

Группа G , обладающая возрастающим центральным рядом, называется ZA -группой. Доказано, что всякая ZA -группа локально нильпотентна [6].

Как известно, элемент $g \in G$ называется энгелевым элементом, если при любом $x \in G$ найдется такое $n = n(x, g)$, что

$$[\dots[[x, g], g], \dots, g] = 1.$$

Группа G называется энгелевой, если все ее элементы являются энгелевыми. Легко видеть, что всякая слабо нильпотентная группа является энгелевой группой. Из работы [4] следует, что класс энгелевых групп шире, чем класс слабо нильпотентных групп.

Лемма 1. Если слабо нильпотентная группа G является циклическим расширением H группы, обладающим центром, то сама группа G обладает нетривиальным центром.

Доказательство. По предположению, в G существует такой элемент a , что

$$G = \{H, a\} = H \cdot \{a\}.$$

Возьмем неединичный элемент z из центра подгруппы H , т. е. $z \in Z(H)$. Если коммутатор $[z, a] = 1$, то, очевидно, элемент $z \neq 1$ принадлежит центру группы G .

Если $[z, a] \neq 1$, то рассмотрим подгруппу $\{z, a\}$. По условию эта группа нильпотентна. Так как центр $Z(H)$ нормального делителя H группы G является нормальным делителем в G , легко видеть, что коммутатор $[Z, a] = Z^{-1}a^{-1}Za$ лежит в $Z(H)$. Отсюда получается, что коммутант $K\{Z, a\}$ -подгруппы $\{Z, a\}$ лежит в $Z(H)$. Теперь, так как всякий нормальный делитель и центр нильпотентной группы имеют нетривиальное пересечение, получаем, что пересечение центра и коммутанта подгруппы $\{Z, a\}$ неединично и лежит в $Z(H)$. Следовательно, центр нильпотентной подгруппы $\{z, a\}$ и $Z(H)$ имеет нетривиальное пересечение, которое принадлежит центру группы G . Лемма доказана.

Из этой леммы непосредственно вытекает следующий результат О. Ю. Шмидта [1]: если нормальный делитель H N -группы G обладает нетривиальным центром Z и фактор-группа G/Z циклическая, то и сама группа G имеет нетривиальный центр.

Теорема 1. Если слабо нильпотентная группа G является циклическим расширением ZA -группы H , то сама группа G будет ZA -группой.

Доказательство. Согласно вышедоказанной лемме, такая слабо нильпотентная группа $G = H \cdot \{a\}$ обладает нетривиальным центром Z_1 . Рассмотрим фактор-группу G/Z_1 , которую можно представить в виде

$$G/Z_1 = HZ_1/Z_1 \cdot \{a\}Z_1/Z_1,$$

где HZ_1/Z_1 — инвариантная ZA -подгруппа в G/Z_1 , а $\{a\}Z_1/Z_1$ — циклическая подгруппа в G/Z_1 . Так как фактор-группа слабо нильпотентной группы слабо нильпотентна, то снова по лемме фактор-группа G/Z_1 обладает нетривиальным центром Z_2/Z_1 . Затем рассмотрим фактор-группу G/Z_2 . Как и в предыдущем, эта фактор-группа тоже обладает нетривиальным центром. Пусть в G уже построены члены верхнего центрального ряда Z_α для всех $\alpha < \beta$. Если β — предельное порядковое число, то $Z_\beta = \bigcup_{\alpha < \beta} Z_\alpha$. Если же β не предельное, то число $\beta - 1$ существует и Z_β будет прообразом центра фактор-группы $G/Z_{\beta-1}$ в G .

Если этот процесс продолжить, получим возрастающий центральный ряд группы G . Теорема доказана.

Из этой теоремы получается много интересных следствий. Отметим некоторые из них.

Следствие 1. Если слабо нильпотентная группа G представлена в виде $G = H \cdot \{a\}$, где H — инвариантная ZA -подгруппа в G , то сама группа G будет ZA -группой.

В самом деле, по теореме об изоморфизме получим

$$H \cdot \{a\} / H \cong \{a\} / H \cap \{a\}.$$

Справа стоит циклическая группа, поэтому слабо нильпотентная группа G , как расширение ZA -группой H при помощи циклической группы $\{a\} / H \cap \{a\}$, сама ZA -группа.

Следствие 2. Если локально нильпотентная группа G является циклическим расширением ZA -группы, то сама группа G будет ZA -группой.

Очевидно, что всякая локально нильпотентная группа слабо нильпотентна.

Это следствие нами было приведено без доказательства и применено в работе [2] (лемма 3).

Группа G называется квазинильпотентной [3], если любое конечное множество ее элементов лежит в субинвариантной нильпотентной подгруппе группы G . Известно, что группа G квазинильпотентна тогда и только тогда, когда всякая ее циклическая подгруппа субинвариантна в G [7].

Из определения непосредственно вытекает, что всякая квазинильпотентная группа является локально нильпотентной группой.

Лемма 2. Если энгелева группа G является циклическим расширением квазинильпотентной группы G , то сама группа G будет квазинильпотентной группой.

Доказательство. Легко заметить, что объединение возрастающей последовательности ZA -подгрупп группы G является квазинильпотентной группой. Теперь, если используем соответствующие свойства $k(G)$ -квазинильпотентного радикала из работы [7], то получим, что для такой группы $k(G) = G$. Тем самым лемма доказана.

Группа G , обладающая возрастающим нормальным рядом с абелевыми факторами по классификации А. Г. Куроша и С. Н. Черникова, называется RN^* -группой.

Известно, что всякая квазинильпотентная группа является RN^* -группой [2].

Во всякой RN^* -группе G существует возрастающий нормальный ряд с циклическими факторами. Пользуясь этим, с помощью теоремы 1 и леммы 2 получаем следующие предложения.

Теорема 2. Пересечение классов энгелевых и RN^* -групп совпадает с классом квазинильпотентных групп.

Следствие. Пересечение классов локально нильпотентных и RN^* -групп совпадает с классом квазинильпотентных групп [2, 3]. Это оче-

видно, так как всякая квазинильпотентная группа является энгелевой, в частности локально нильпотентной группой.

Группа G , через всякой подгруппы которой проходит некоторая нормальная система группы G , называется \tilde{N} -группой. Известно, что всякая локально нильпотентная группа является \tilde{N} -группой.

В связи с этим интересен вопрос: совпадает ли пересечение классов \tilde{N} - и RN^* -групп с классом квазинильпотентных групп?

Батумский государственный
педагогический институт

(Поступило в редакцию 6.5.1968)

მათემატიკა

შ. კემხადე

ZA-ჯგუფის ციკლური გაფართოების შესახებ
რეზიუმე

ისეთ G -ჯგუფს, რომელსაც აქვს ქვეჯგუფთა ზრდადი ცენტრალური მწკრივი, ZA -ჯგუფი ეწოდება. G -ჯგუფს ეწოდება კვაზინილოტენტური, თუ მისი ყოველი სასრულო რაოდენობის ელემენტთა მიერ წარმოქმნილი ქვეჯგუფი ეკუთვნის G -ს ნილოტენტურ სუბინვარიანტულ ქვეჯგუფს.

შრომში ძირითადად მიღებულია შემდეგი შედეგები:

თეორემა 1. თუ სუსტად ნილოტენტური G -ჯგუფი წარმოადგენს H -ჯგუფის ციკლურ გაფართოებას, მაშინ თითონ G იქნება ZA -ჯგუფი.

ლემა 2. თუ ენგელის G -ჯგუფი წარმოადგენს კვაზინილოტენტური ჯგუფის ციკლურ გაფართოებას, მაშინ თვით G იქნება კვაზინილოტენტური ჯგუფი.

ამ დებულებათა გამოყენებით მტკიცდება, რომ ენგელისა და RN^* -ჯგუფთა კლასების თანაკვეთა ემთხვევა კვაზინილოტენტურ ჯგუფთა კლასს (თეორემა 2). ეს თეორემა ანზოგადებს ჩვენსა და ბერის მიერ ადრე მიღებულ შედეგს, რომელიც დამტკიცებული იყო სხვა მეთოდებით უფრო რთულად.

დასასრულს დაყენებულია საკითხი \tilde{N} და RN^* ჯგუფთა კლასების თანაკვეთა ემთხვევა თუ არა კვაზინილოტენტურ ჯგუფთა კლასს?

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. О. Ю. Шмидт. Математический сборник, нов. сер., 8. Новосибирск, 1940, 363—375.
2. Ш. С. Кемхадзе. ДАН СССР, т. 155, № 5, 1964, 1003—1005.
3. R. Вагг. Abh. Math. Sem. Hamburg. Univ., 27, H. 1/2, 1964, 44—74.
4. Е. С. Голод. Изв. АН СССР, сер. мат. 28, 1964, 273—276.
5. В. Г. Виляцер. УМН, XIII, вып. 2, 1958, 163—168.
6. А. И. Мальцев. Изв. АН СССР, сер. мат., 13, 1949, 201—212.
7. Ш. С. Кемхадзе. Труды Тбилисского гос. ун-та, т. 117, 1966, 100—127.



Р. И. БЕРИДЗЕ

О ПРЕДСТАВЛЕНИИ ЧИСЕЛ НЕКОТОРЫМИ КВАДРАТИЧНЫМИ ФОРМАМИ С ЧЕТЫРЬМЯ ПЕРЕМЕННЫМИ

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 7.5.1967)

§ 1. В работе [1] нами были выведены точные формулы для числа представлений натуральных чисел формами вида

$$f = a(x_1^2 + x_2^2 + x_3^2) + a'x_4^2 \quad (1.1)$$

при $a = 6, 7, a' = 1; a = 2, a' = 3; a = 3, a' = 2$.

Эти формулы содержат так называемые дополнительные члены, определенные лишь как коэффициенты Фурье некоторых произведений тэта-функций с характеристиками.

В настоящей работе при помощи результатов работы [2] мы выявляем арифметический смысл упомянутых выше дополнительных членов. Пусть

$$\vartheta_{gh}(z|\tau; 0, N) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} (-1)^{hm} Q \frac{1}{8N} (2Nm + g)^2 \exp\{\pi i (2Nm + g)z\}, \quad (1.2)$$

где g, h —целые числа, N —натуральное число, z, τ —комплексные переменные, причем $\text{Im } \tau > 0, Q = \exp 2\pi i\tau$. Положим

$$\vartheta_{gh}^3(\tau; 0, N) = \vartheta_{gh}(0|\tau; 0, N), \quad \vartheta'_{gh}(\tau; 0, N) = \left. \frac{\partial}{\partial z} \vartheta_{gh}(z|\tau; 0, N) \right|_{z=0}$$

Обозначив через $r(n; a, a')$ число представлений натурального числа n формой (1.1), получим

$$\vartheta_{00}^3(\tau; 0, 2a) \vartheta_{00}(\tau; 0, 2a') = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} r(n; a, a') Q^n. \quad (1.3)$$

Далее, положим

$$\Theta(\tau; a, a') = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \rho(n; a, a') Q^n, \quad (1.4)$$

где $\rho(n; a, a')$ —сингулярный ряд, соответствующий формам вида (1.1).

В дальнейшем используется

Лемма (см. работу [2], лемма 1). Целая модулярная форма $F(\tau)$ размерности $-r$, присоединенная к подгруппе $\Gamma_0(N)$, и делителя N тождественно равна нулю, если ее коэффициенты Фурье

$$A_m = 0 \quad \text{для всех} \quad m \leq \frac{r}{12} N \prod_{p|N} \left(1 + \frac{1}{p} \right).$$

§ 2. В настоящем параграфе рассматривается представление чисел формой $6x_1^2 + 6x_2^2 + 6x_3^2 + x_4^2$.

Теорема 1. $\vartheta_{00}^3(\tau; 0, 12) \vartheta_{00}(\tau; 0, 2) = \Theta(\tau; 6, 1) +$
 $+ \frac{1}{9\pi i} \vartheta'_{80}(\tau; 0, 12) \vartheta_{40}(\tau; 0, 6) + \frac{1}{9\pi i} \vartheta'_{40}(\tau; 0, 6) \vartheta_{80}(\tau; 0, 12). \quad (2.1)$

Доказательство. Так же как и в работе [2] можно показать, что функция

$$\psi(\tau; 6, 1) = \vartheta_{00}^3(\tau; 0, 12) \vartheta_{00}(\tau; 0, 2) - \Theta(\tau; 6, 1) -$$

$$- \frac{1}{9\pi i} \vartheta'_{80}(\tau; 0, 12) \vartheta_{40}(\tau; 0, 6) - \frac{1}{9\pi i} \vartheta'_{40}(\tau; 0, 6) \vartheta_{80}(\tau; 0, 12)$$

является целой модулярной формой размерности -2 , присоединенной к подгруппе $\Gamma_0(24)$, и делителя 24.

Следовательно, согласно приведенной выше лемме, функция $\psi(\tau; 6, 1)$ будет тождественно равна нулю, если в ее разложении по степеням Q все коэффициенты при Q^n ($n \leq 8$) равняются нулю.

В работе [1] показано (стр. 223—224), что

$$\rho(2^2 \cdot 3^3 \cdot u; 6, 1) = \frac{1}{3} \left\{ 2^{2+1} - (-1)^u \left(\frac{-2}{u} \right) \right\} \times$$

$$\times \left\{ 3^5 + (-1)^u \left(\frac{u}{3} \right) \right\} \sum_{d_1 d_2 = u} \left(\frac{6}{d_1} \right) d_2, \quad (2.2)$$

$$\vartheta_{00}^3(\tau; 0, 12) \vartheta_{00}(\tau; 0, 2) = 1 + 2Q + 2Q^4 + 6Q^6 + 12Q^7 + 2Q^9 + \dots, \quad (2.3)$$

$$\Theta(\tau; 6, 1) = 1 + \frac{2}{3} Q + \frac{4}{3} Q^3 + \frac{14}{3} Q^4 + \frac{10}{3} Q^6 + 12 Q^7 + \frac{10}{3} Q^9 + \dots \quad (2.4)$$

Из равенства (1.2) следует, что

$$\frac{1}{\pi i} \vartheta_{40}(\tau; 0, 6) \vartheta'_{80}(\tau; 0, 12) = 8Q + 8Q^2 - 16Q^3 - 16Q^4 + 8Q^5 - 16Q^8 + \dots \quad (2.5)$$

$$\frac{1}{\pi i} \vartheta_{80}(\tau; 0, 12) \vartheta'_{40}(\tau; 0, 6) = 4Q - 8Q^2 + 4Q^3 - 8Q^4 + 16Q^6 + 16Q^8 + \dots \quad (2.6)$$

Приняв во внимание равенства (2.3)—(2.6), нетрудно проверить, что все коэффициенты при Q^n ($n \leq 8$) в разложении $\psi(\tau; 6, 1)$ по степеням Q равны нулю.

Теорема 1а. Пусть $n = 2^2 \cdot 3^3 \cdot u$, $(u, 6) = 1$. Тогда

$$r(n; 6, 1) = \frac{1}{3} \left\{ 2^{2+1} - (-1)^u \left(\frac{-2}{u} \right) \right\} \left\{ 3^5 + (-1)^u \left(\frac{u}{3} \right) \right\} \sum_{d_1 d_2 = u} \left(\frac{6}{d_1} \right) d_2 +$$

$$+ \frac{8}{9} \sum_{\substack{3n = x^2 + 2y^2 \\ 3 \nmid x, x > 0, y > 0}} \left(\frac{y}{3} \right) y + \frac{4}{9} \sum_{\substack{3n = x^2 + 2y^2 \\ 3 \nmid y, x > 0, y > 0}} \left(\frac{x}{3} \right) x.$$

Доказательство. Приравнивая коэффициенты при одинаковых степенях Q в обеих частях тождества (2.1), согласно равенствам (1.3) и (1.4), получаем

$$r(n; 6, 1) = \rho(n; 6, 1) + \frac{1}{9} \nu_1(n) + \frac{1}{9} \nu_2(n), \quad (2.7)$$

где $\nu_1(n)$ и $\nu_2(n)$ соответственно обозначают коэффициенты при разложении функций $\frac{1}{\pi i} \vartheta_{40}(\tau; 0, 6) \vartheta'_{s_0}(\tau; 0, 12)$ и $\frac{1}{\pi i} \vartheta'_{40}(\tau; 0, 6) \vartheta_{s_0}(\tau; 0, 12)$ по степеням Q . В работе [2] показано (формула (12)), что

$$\nu_1(n) = 8 \sum_{\substack{3n=x^2+2y^2 \\ 3 \nmid x, x>0, y>0}} \left(\frac{y}{3}\right) y. \quad (2.8)$$

Из равенства (2.6) следует, что

$$\frac{1}{\pi i} \vartheta_{s_0}(\tau; 0, 12) \vartheta'_{40}(\tau; 0, 6) = 4 \sum_{m_1, m_2=-\infty}^{\infty} (3m_1 + 1) Q^{\frac{1}{3}((3m_1+1)^2 + 2(3m_2+1)^2)},$$

т. е.

$$\nu_2(n) = 4 \sum_{3n=(3m_1+1)^2+2(3m_2+1)^2} (3m_1 + 1) = 4 \sum_{\substack{3n=x^2+2y^2 \\ x \equiv y \equiv 1 \pmod{3}}} x = 4 \sum_{\substack{3n=x^2+2y^2 \\ 3 \nmid x, x>0, y>0}} \left(\frac{x}{3}\right) x. \quad (2.9)$$

Из равенств (2.7), (2.2), (2.8) и (2.9) следует утверждаемое.

§ 3. В настоящем параграфе рассматривается представление чисел формой $2(x_1^2 + x_2^2 + x_3^2) + 3x_4^2$.

Теорема 2.

$$\vartheta_{00}^3(\tau; 0, 4) \vartheta_{00}(\tau; 0, 6) = \Theta(\tau; 2, 3) - \frac{1}{3\pi i} \vartheta'_{40}(\tau; 0, 6) \vartheta_{s_0}(\tau; 0, 12). \quad (3.1)$$

Доказательство. Так же как и в работе [2], можно показать, что функция

$$\psi(\tau; 2, 3) = \vartheta_{00}^3(\tau; 0, 4) \vartheta_{00}(\tau; 0, 6) - \Theta(\tau; 2, 3) + \frac{1}{3\pi i} \vartheta'_{40}(\tau; 0, 6) \vartheta_{s_0}(\tau; 0, 12)$$

является целой модулярной формой размерности -2 , присоединенной к подгруппе $\Gamma_0(24)$, и делителя 24.

Следовательно, согласно приведенной выше лемме, функция $\psi(\tau; 2, 3)$ будет тождественно равна нулю, если в ее разложении по степеням Q все коэффициенты при Q^n ($n \leq 8$) равны нулю. В работе [1] показано (стр. 226), что

$$\rho(2^2 \cdot 3^3 \cdot u; 2, 3) = \frac{1}{3} \left\{ 2^{2\alpha+1} - (-1)^\alpha \left(\frac{-2}{u}\right) \right\} \times \\ \times \left\{ 3^3 + (-1)^\alpha \left(\frac{u}{3}\right) \right\} \sum_{d_1 d_2 = u} \left(\frac{6}{d_1}\right) d_2, \quad (3.2)$$

$$\vartheta_{00}^3(\tau; 0, 4) \vartheta_{00}(\tau; 0, 6) = 1 + 6Q^2 + 2Q^3 + 12Q^4 + 12Q^5 + \\ + 8Q^6 + 24Q^7 + 6Q^8 + \dots, \quad (3.3)$$

$$\Theta(\tau; 2, 3) = 1 + \frac{4}{3} Q + \frac{10}{3} Q^2 + \frac{10}{3} Q^3 + \frac{28}{3} Q^4 + 12Q^5 + \frac{40}{3} Q^6 + \\ + 24Q^7 + \frac{34}{3} Q^8 + \dots \quad (3.4)$$



Приняв во внимание равенства (3.3), (3.4) и (2.6), нетрудно проверить, что все коэффициенты при Q^n ($n \leq 8$) в разложении $\psi(\tau; 2, 3)$ по степеням Q равны нулю.

Теорема 2а. Пусть $n = 2^x \cdot 3^y \cdot u$, $(u, 6) = 1$. Тогда

$$r(n; 2, 3) = \frac{1}{3} \left\{ 2^{x+1} - (-1)^x \left(\frac{-2}{u} \right) \right\} \left\{ 3^{y+1} + (-1)^y \left(\frac{u}{3} \right) \right\} \sum_{d_1 d_2 = u} \left(\frac{6}{d_1} \right) d_2 - \\ - \frac{4}{3} \sum_{\substack{3n = x^2 + 2y^2 \\ 3+y, x > 0, y > 0}} \left(\frac{x}{3} \right) x.$$

Доказательство. Приравнявая коэффициенты при одинаковых степенях Q в обеих частях тождества (3.1), получаем

$$r(n; 2, 3) = \rho(n; 2, 3) - \frac{1}{3} \nu_2(n), \quad (3.5)$$

где $\nu_2(n)$ определено в теореме 1а.

Из равенств (3.5), (3.2) и (2.9) следует утверждаемое.

§ 4. В настоящем параграфе рассматривается представление чисел формой $3(x_1^2 + x_2^2 + x_3^2) + 2x_4^2$.

Теорема 3.

$$\mathfrak{F}_{60}^3(\tau; 0, 6) \mathfrak{F}_{60}(\tau; 0, 4) = \Theta(\tau; 3, 2) - \frac{1}{9\pi i} \mathfrak{F}_{40}(\tau; 0, 6) \mathfrak{F}'_{80}(\tau; 0, 12) + \\ + \frac{2}{9\pi i} \mathfrak{F}_{80}(\tau; 0, 12) \mathfrak{F}'_{40}(\tau; 0, 6). \quad (4.1)$$

Доказательство. Так же как и в работе [2], можно показать, что функция

$$\psi(\tau; 3, 2) = \mathfrak{F}_{60}^3(\tau; 0, 6) \mathfrak{F}_{60}(\tau; 0, 4) - \Theta(\tau; 3, 2) + \\ + \frac{1}{9\pi i} \mathfrak{F}_{40}(\tau; 0, 6) \mathfrak{F}'_{80}(\tau; 0, 12) - \frac{2}{9\pi i} \mathfrak{F}_{80}(\tau; 0, 12) \mathfrak{F}'_{40}(\tau; 0, 6)$$

является целой модулярной формой размерности -2 , присоединенной к подгруппе $\Gamma_0(24)$, и делителя 24.

Следовательно, согласно приведенной выше лемме, функция $\psi(\tau; 3, 2)$ будет тождественно равна нулю, если в ее разложении по степеням Q все коэффициенты при Q^n ($n \leq 8$) равняются нулю.

В работе [1] показано (стр. 228—229), что

$$\rho(2^x \cdot 3^y \cdot u; 3, 2) = \frac{1}{3} \left\{ 2^{x+2} + (-1)^x \left(\frac{-2}{u} \right) \right\} \times \\ \times \left\{ 3^y - (-1)^y \left(\frac{u}{3} \right) \right\} \sum_{d_1 d_2 = u} \left(\frac{6}{d_1} \right) d_2, \quad (4.2)$$

$$\mathfrak{F}_{60}^3(\tau; 0, 6) \mathfrak{F}_{60}(\tau; 0, 4) = 1 + 2Q^2 + 6Q^3 + 12Q^5 + 12Q^6 + 26Q^8 + \dots, \quad (4.3)$$

$$\Theta(\tau; 3, 2) = 1 + \frac{14}{3} Q^2 + \frac{10}{3} Q^3 + 12Q^5 + \frac{28}{3} Q^6 + \frac{62}{3} Q^8 + \dots \quad (4.4)$$

Приняв во внимание равенства (4.3), (4.4), (2.5) и (2.6), нетрудно проверить, что все коэффициенты при Q^n ($n \leq 8$) в разложении $\psi(\tau; 3, 2)$ по степеням Q равны нулю.

Теорема 3а. Пусть $n = 2^z \cdot 3^3 \cdot u$, $(u, 6) = 1$. Тогда

$$r(n; 3, 2) = \frac{1}{3} \left\{ 2^{z+2} + (-1)^z \left(\frac{-2}{u} \right) \right\} \left\{ 3^3 - (-1)^z \left(\frac{u}{3} \right) \right\} \sum_{d_1 d_2 = u} \left(\frac{6}{d_1} \right) d_2 - \\ - \frac{8}{9} \sum_{\substack{3n = x^2 + 2y^2 \\ 3 \nmid x, x > 0, y > 0}} \left(\frac{y}{3} \right) y + \frac{8}{9} \sum_{\substack{3n = x^2 + 2y^2 \\ 3 \nmid y, x > 0, y > 0}} \left(\frac{x}{3} \right) x.$$

Доказательство. Приравнявая коэффициенты при одинаковых степенях Q в обеих частях тождества (4.1), получаем

$$r(n; 3, 2) = \rho(n; 3, 2) - \frac{1}{9} \nu_1(n) + \frac{2}{9} \nu_2(n), \quad (4.5)$$

где $\nu_1(n)$ и $\nu_2(n)$ определены в теореме 1а.

Из равенств (4.5), (4.2), (2.8) и (2.9) следует утверждаемое.

§ 5. В настоящем параграфе рассматривается представление чисел формой $7(x_1^2 + x_2^2 + x_3^2) + x_4^2$.

Теорема 4.

$$\mathfrak{F}_{00}^3(\tau; 0, 14) \mathfrak{F}_{00}(\tau; 0, 2) = \Theta(\tau; 7, 1) + \frac{3}{28\pi i} \mathfrak{F}_{21}(\tau; 0, 4) \mathfrak{F}'_{14,1}(\tau; 0, 28). \quad (5.2)$$

Доказательство. Так же как и в работе [2], можно показать, что функция

$$\psi(\tau; 7, 1) = \mathfrak{F}_{00}^3(\tau; 0, 14) \mathfrak{F}_{00}(\tau; 0, 2) - \Theta(\tau; 7, 1) - \\ - \frac{3}{28\pi i} \mathfrak{F}_{21}(\tau; 0, 4) \mathfrak{F}'_{14,1}(\tau; 0, 28)$$

является целой модулярной формой размерности -2 , присоединенной к подгруппе $\Gamma_0(56)$, и делителя 56.

Следовательно, согласно приведенной выше лемме, функция $\psi(\tau; 7, 1)$ будет тождественно равна нулю, если в ее разложении по степеням Q все коэффициенты при Q^n ($n \leq 16$) в разложении $\psi(\tau; 7, 1)$ по степеням Q равняются нулю.

В работе [1] показано (стр. 230–231), что

$$\rho(2^z \cdot 7^3 \cdot u; 7, 1) = \frac{1}{4} \left\{ 2^{z+1} - (-1)^z \left(\frac{-1}{u} \right) \right\} \times \\ \times \left\{ 7^3 + (-1)^z \left(\frac{u}{7} \right) \right\} \sum_{d_1 d_2 = u} \left(\frac{7}{d_1} \right) d_2, \quad (5.3)$$

$$\mathfrak{F}_{00}^3(\tau; 0, 14) \mathfrak{F}_{00}(\tau; 0, 2) = 1 + 2Q + 2Q^4 + 6Q^7 + 12Q^8 + 2Q^9 + \\ + 12Q^{11} + 12Q^{14} + 24Q^{15} + 14Q^{16} + \dots, \quad (5.4)$$

$$\Theta(\tau; 7, 1) = 1 + \frac{1}{2} Q + \frac{3}{2} Q^2 + \frac{7}{2} Q^4 + \frac{9}{2} Q^7 + \frac{15}{2} Q^8 + \\ + \frac{13}{2} Q^9 + 15Q^{11} + \frac{15}{2} Q^{14} + 24Q^{15} + \frac{31}{2} Q^{17} + \dots \quad (5.5)$$

Из равенства (1.2) следует, что

$$\frac{1}{\pi i} \mathfrak{F}_{21}(\tau; 0, 4) \mathfrak{F}'_{14,1}(\tau; 0, 28) = 14Q - 14Q^2 - 14Q^4 + 14Q^7 + 42Q^8 - \\ - 42Q^9 - 28Q^{11} + 42Q^{14} - 14Q^{16} + \dots \quad (5.6)$$



Приняв во внимание равенства (5.3)—(5.6), нетрудно проверить, что все коэффициенты при Q^n ($n \leq 16$) в разложении $\psi(\tau; 7, 1)$ по степеням Q равны нулю.

Теорема 4а. Пусть $n = 2^x \cdot 7^y \cdot u$, $(u, 7) = 1$. Тогда

$$r(n; 7, 1) = \frac{1}{2} \left\{ 2^{x+1} - (-1)^y \left(\frac{-1}{u} \right) \right\} \times \\ \times \left\{ 7^y + (-1)^y \left(\frac{u}{7} \right) \sum_{d_1 d_2 = u} \left(\frac{7}{d_1} \right) d_2 + \frac{3}{2} \sum_{\substack{8n = x^2 + 7y^2 \\ x \equiv y \equiv 1 \pmod{4}}} (-1)^{\frac{xy-1}{4}} \cdot y \right\}.$$

Доказательство. Приравнявая коэффициенты при одинаковых степенях Q в обеих частях тождества (5.1), получаем

$$r(n; 7, 1) = \rho(n; 7, 1) + \frac{3}{28} \nu(n), \quad (5.7)$$

где $\nu(n)$ обозначает коэффициент при Q^n в разложении функции

$$\frac{1}{\pi i} \vartheta_{21}(\tau; 0, 4) \vartheta'_{14,1}(\tau; 0, 28)$$

Из равенства (5.6) следует, что

$$\frac{1}{\pi i} \vartheta_{21}(\tau; 0, 4) \vartheta'_{14,1}(\tau; 0, 28) = \\ = 14 \sum_{m_1, m_2 = -\infty}^{\infty} (-1)^{m_1 + m_2} (4m_2 + 1) Q^{\frac{1}{8} \{ (4m_1 + 1)^2 + 7(4m_2 + 1)^2 \}},$$

$$\nu(n) = 14 \sum_{\substack{8n = x^2 + 7y^2 \\ x \equiv y \equiv 1 \pmod{4}}} (-1)^{\frac{x-1}{4} + \frac{y-1}{4}} y = 14 \sum_{\substack{8n = x^2 + 7y^2 \\ x \equiv y \equiv 1 \pmod{4}}} (-1)^{\frac{xy-1}{4}}. \quad (5.8)$$

Из равенств (5.7) и (5.8) следует утверждаемое.

Тбилисский государственный университет

(Поступило в редакцию 7.5.1967)

მათემატიკა

რ. ბერიძე

რიცხვთა წარმოდგენის შესახებ ზოგიერთი ოთხკვლადიანი
კვადრატული ფორმით

რეზიუმე

[1] შრომაში გამოყვანილია ზუსტი ფორმულები რიცხვთა წარმოდგენათა რაოდენობისათვის $f = a(x_1^2 + x_2^2 + x_3^2) + a'x_4^2$ სახის ფორმებით.

ეს ფორმულები შეიცავენ ე. წ. დამატებით წევრებს, რომლებიც განსაზღვრულია როგორც თეტა-ფუნქციების გარკვეულ ნამრავლთა ფურიეს კოეფიციენტები. შრომაში გამოყვანილია ზემოთ ნახსენები დამატებითი წევრების არითმეტიკული აზრი.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Р. И. Беридзе. Труды Тбилисского гос. ун-та, 102, 1964, 221—283.
2. Г. Ломадзе. Сообщения АН СССР, 50, № 2, 1968.

Н. Н. ВАХАНИЯ, Н. П. КАНДЕЛАКИ

ОБ ОЦЕНКЕ СКОРОСТИ СХОДИМОСТИ В МНОГОМЕРНОЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ПРЕДЕЛЬНОЙ ТЕОРЕМЕ

(Представлено академиком Н. П. Векуа 16.5.1967)

Целью настоящей работы является получение равномерной оценки скорости сходимости на классе всех сфер в многомерной центральной предельной теореме теории вероятностей. Этот вопрос не новый. Однако в существующих оценках, полученных ранее, основное внимание уделялось порядку по n , а зависимость констант от размерности пространства либо вовсе не выяснялась, либо получался настолько быстрый рост, что практически эта зависимость оставалась невыясненной. При этом для некоторых целей (мы имеем в виду в основном задачу получения оценки в бесконечномерном случае) наиболее важным и решающим является как раз требование „медленного“ ухудшения конечномерной оценки при увеличении размерности пространства. Полученная в настоящей заметке оценка удовлетворяет этому требованию, равномерна на классе всех сфер и сохраняет классический порядок по n ($n^{-1/2}$). Однако заметим что эту оценку мы доказываем при дополнительном ограничении независимости компонент случайных векторов, образующих нарастающие суммы.

Пусть $R^{(k)}$ —вещественное евклидово k -мерное пространство; ξ_1, ξ_2, \dots —последовательность независимых случайных векторов в $R^{(k)}$; $\xi_i^{(j)}$ ($j = 1, 2, \dots, k$)—координаты вектора ξ_i . Будем считать, что векторы ξ_i одинаково распределены и $M \xi_i^{(j)} = 0$ ($j = 1, 2, \dots, k$). Эти предположения несущественны и вводятся лишь для упрощения письма. Наоборот, предположение о независимости компонент векторов ξ_i , которое, как уже отмечалось выше, мы также принимаем, используется при доказательстве по существу и поэтому снижает ценность полученного результата.

Обозначим через x_n нормированную сумму векторов ξ_i :

$$x_n = \frac{1}{\sqrt{n}} (\xi_1 + \xi_2 + \dots + \xi_n), \quad (1)$$

$\gamma = (\gamma^{(1)}, \gamma^{(2)}, \dots, \gamma^{(k)})$ —гауссовский случайный вектор с независимыми компонентами, нулевым математическим ожиданием и дисперсиями компонент, равными дисперсиям соответствующих компонент вектора ξ_1 , т. е.

$$M\gamma^{(j)} = 0, \quad M\gamma^{(j)2} = M\xi_1^{(j)2} \quad (j = 1, 2, \dots, k).$$

Наша задача заключается в оценке величины

$$\Delta_n(k) = \sup |P(x_n \in O_r(a)) - P(\gamma \in O_r(a))|, \quad (2)$$

где $O_r(a)$ —сфера в $R^{(k)}$ радиуса r с центром в точке $a = (a^{(1)}, a^{(2)}, \dots, a^{(k)})$ и супремум берется по всем $r > 0$ и $a \in R^{(k)}$.

Теорема. *Имеет место оценка*

$$\Delta_n(k) \leq \frac{2c}{\sqrt{n}} \sum_{j=1}^k \frac{M|\xi_1^{(j)}|^3}{(M\xi_1^{(j)2})^{3/2}}, \quad (3)$$

где c —абсолютная константа, участвующая в известной одномерной оценке Эссена (для функций распределения).

Доказательство. $x_n \in O_r(a)$ означает, учитывая (1), что

$$\sum_{j=1}^k \left[\frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{i=1}^n \xi_i^{(j)} - a^{(j)} \right]^2 \leq r^2.$$

Пусть F_n и f_n —функции распределения соответственно следующих случайных величин:

$$\sum_{j=1}^{k-1} \left[\frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{i=1}^n \xi_i^{(j)} - a^{(j)} \right]^2, \quad \left[\frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{i=1}^n \xi_i^{(k)} - a^{(k)} \right]^2. \quad (4)$$

Учитывая независимость компонент независимых в совокупности векторов ξ_i , имеем

$$P(x_n \in O_r(a)) = \int_{-\infty}^{+\infty} F_n(r^2 - t) df_n(t). \quad (5)$$

Аналогично можно получить равенство

$$P(\gamma \in O_r(a)) = \int_{-\infty}^{+\infty} \Phi(r^2 - t) d\varphi(t), \quad (6)$$

в котором Φ и φ обозначают функции распределения соответственно случайных величин

$$\sum_{j=1}^{k-1} (\gamma^{(j)} - a^{(j)})^2 \quad \text{и} \quad (\gamma^{(k)} - a^{(k)})^2.$$

Составляя теперь разность выражений (5) и (6), используя (2) и совершая элементарные преобразования, получаем

$$\Delta_n(k) \leq \Delta_n(k-1) + \sup_{t, a} |f_n(t) - \varphi(t)|. \quad (7)$$

Нетрудно показать, что второе слагаемое в (7) не превышает величины

$$2 \sup_t \left| P \left(\frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{i=1}^n \xi_i^{(j)} < t \right) - (2\pi\sigma_k)^{-1/2} \int_{-\infty}^t e^{-\frac{u^2}{2\sigma_k}} du \right|,$$

где $\sigma_k^2 = M \xi_1^{(k)2}$. Поэтому, пользуясь известной оценкой Эссена (см., например, работу [1], стр. 301), получаем

$$\Delta_n(k) \leq \Delta_n(k-1) + \frac{2c}{\sqrt{n}} \frac{M |\xi_1^{(k)}|^3}{(M \xi_1^{(k)2})^{3/2}}.$$

Повторяя теперь проведенные рассуждения и оценивая аналогично величины $\Delta_n(k-1)$, $\Delta_n(k-2)$, ..., $\Delta_n(1)$, приходим к требуемой оценке (3).

Замечание 1. Доказанная оценка остается без изменения и для класса всех эллипсоидов в $R^{(k)}$, главные оси которых параллельны координатным осям. Очевидно, кроме того, что оценка (3) не изменится, если отказаться от предположения $M \xi_1^{(j)} = 0$ ($j = 1, 2, \dots, k$).

Замечание 2. Если отказаться от предположения одинаковой распределенности случайных векторов ξ_i , то вместо (3) аналогичными рассуждениями получим оценку

$$\Delta_n(k) \leq \sum_{j=1}^k L_n(j),$$

где

$$L_n(j) = \frac{\sum_{i=1}^n M |\xi_i^{(j)}|^3}{\left(\sum_{i=1}^n M \xi_i^{(j)2} \right)^{3/2}}$$

— отношение Ляпунова для j -тых координат. При этом, конечно, смысл обозначения $\Delta_n(k)$ меняется соответствующим образом, так как при нормировке суммы неодинаково распределенных слагаемых вместо деления на \sqrt{n} требуется применение линейного (диагонального) оператора A_n , действие которого на вектор пространства $R^{(k)}$ сводится к делению j -той компоненты на величину $\left(\sum_{i=1}^n M \xi_i^{(j)2} \right)^{1/2}$. В силу этого очевидно, что в качестве

аппроксимирующего гауссовского вектора надо взять стандартный гауссовский вектор (имеющий единичную корреляционную матрицу).

Академия наук Грузинской ССР

Вычислительный центр

Тбилиси

(Поступило в редакцию 16.5.1967)



ბ. ვახანია, ნ. კანდელაკი

 კრიბადოზის სისწრაფის შეფასების შესახებ მრავალგანზომილებიან
 ცენტრალურ ზღვართი თეორემაში

რ ე ზ ი მ ე

ამ საკითხისადმი მიძღვნილი სხვა ნაშრომებისაგან განსხვავებით, ჩვენ წერილში ყურადღება ეთმობა შეფასებაში შემავალი მუდმივის სივრცის განზომილებისაგან დამოკიდებულების გამოკვლევას. ამ დამოკიდებულების შესწავლას გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ცენტრალური ზღვართი თეორემის ზოგიერთი გამოყენებისათვის.

მზარდი ჯამების შემადგენელ შემთხვევით ξ_i ვექტორთა ერთნაირი განაწილება მოთხოვნილი არ არის, მაგრამ სამაგიეროდ მიღებულია საკითხის შემამსუბუქებელი სხვა დაშვება — ξ_i ვექტორთა $\xi_i^{(j)}$ ($j = 1, 2, \dots, k$) კომპონენტების ურთიერთდამოუკიდებლობა.

ჩვენ მთავარ შედეგს (ერთნაირად განაწილებულ ვექტორთა შემთხვევისათვის) წარმოადგენს (3) შეფასება, სადაც c აბსოლუტური მუდმივია, ხოლო $\Delta_n(k)$ სიდიდე განმარტებულია (2) და (1) ტოლობებით. (2) ტოლობაში ზუსტი ზედა საზღვარდ აიღება $R^{(k)}$ სივრცის ყველა $O_r(a)$ სფეროს სიმრავლეზე, γ წარმოადგენს მათემატიკურ გაუსის შემთხვევით ვექტორს.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. Лозэв. Теория вероятностей. ИЛ, М., 1962.



Ш. П. ПАНДЖАКИДZE

О СХОДИМОСТИ ДВОЙНЫХ ОРТОГОНАЛЬНЫХ
 РЯДОВ ФУРЬЕ

(Представлено академиком Ш. Е. Микеладзе 15.6.1967)

Ранее нами были указаны признаки сходимости рядов Фурье по ортогональным системам [1].

В настоящей статье результаты указанной работы распространяются на случай двойных рядов Фурье по ортогональным системам.

Пусть $\Phi = \{\varphi_n(x) \varphi_m(y)\}_{m, n=0}^{\infty}$ — произвольная, полная ортогональная система на $R = [a, b; a, b]$. Для любой функции $f(x, y) \in L_2(R)$ ряд Фурье по системе Φ будем обозначать через $\sigma[f; x, y]$, т. е.

$$\sigma[f; x, y] = \sum_{i=0}^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} C_{i, k} \varphi_i(x) \varphi_k(y), \tag{1}$$

где

$$C_{m, n} = \iint_R f(x, y) \varphi_m(x) \varphi_n(y) dx dy.$$

Обозначим через $S_{m, n}[f; x, y]$ частную сумму ряда (1). Как известно, справедливо следующее равенство:

$$\lim_{(m, n) \rightarrow \infty} \int_a^b \int_a^b |f(t, \tau) - S_{mn}[f; t, \tau]|^2 dt d\tau = 0. \tag{2}$$

Введем следующее определение. Скажем, что ряд (1) обобщенно сходится в точке $(x_0, y_0) \in R$ к числу S_0 , если существует последовательность интервалов $\{r_{m, n}\}$ такая, что

$$r_{m, n} \supset r_{p, q} \ni (x_0, y_0),$$

где

$$m \leq p, \quad n \leq q, \quad r_{m, n} = \{\delta_m \cdot \Delta_n\},$$

$$\lim_{m \rightarrow \infty} |\delta_m| = \lim_{n \rightarrow \infty} |\Delta_n| = 0$$

и

$$\lim_{(m,n) \rightarrow \infty} \frac{1}{|r_{m,n}|} \iint_{r_{m,n}} |S_{m,n}[f; x, y] - S_0| dx dy = 0.$$

Если ряд (1) обобщенно сходится в каждой точке множества E , то скажем, что ряд (1) обобщенно сходится на E .

Справедливо следующее утверждение:

Теорема 1. Пусть $f(x, y) \in L_2(R)$. Тогда ее ряд Фурье (1) обобщенно сходится почти в каждой точке $(x, y) \in R$ к значению функции $f(x, y)$.

Доказательство. Ввиду того что $f(x, y) \in L_2(R)$, в силу равенства (2), применяя неравенство Коши, получаем

$$\lim_{(m,n) \rightarrow \infty} \iint_R |f(t, \tau) - S_{mn}[f; x, y]| dt d\tau = 0.$$

Отсюда следует, что для любого интервала $R_0 = (\alpha, \beta; \gamma, \delta) \subset R$ имеем

$$\lim_{(m,n) \rightarrow \infty} \iint_{R_0} |S_{m,n}[f; t, \tau] - f(t, \tau)| dt d\tau = 0 \quad (3)$$

равномерно относительно R_0 .

Пусть p и q — произвольные натуральные числа. Тогда для $m > p$ и $n > q$ и любого $R_0 = [\alpha, \beta; \gamma, \delta] \subset R$ имеем

$$\begin{aligned} & \int_{\alpha}^{\beta} \int_{\gamma}^{\delta} |S_{m,n}[f; x, y] - S_{p,q}[f; x, y]| dx dy \leq \\ & \leq C \left\{ \left[\sum_{i>p} \sum_{j>q} C_{ij}^2 \right]^{1/2} + \left[\sum_{i>p} \sum_{j=0}^q C_{ij}^2 \right]^{1/2} + \right. \\ & \left. + \left[\sum_{i=0}^p \sum_{j>q} C_{ij}^2 \right]^{1/2} \right\} = C \rho_{p,q}, \end{aligned} \quad (4)$$

где C — некоторая положительная константа, которая не зависит от α, β, γ и δ .

В силу равенств (3) и (4) имеем

$$\int_{\alpha}^{\beta} \int_{\gamma}^{\delta} |f(t, \tau) - S_{p,q}[f; t, \tau]| dt d\tau < C \rho_{p,q}. \quad (5)$$

Пусть в точке (x_0, y_0) имеем

$$\lim_{|r| \rightarrow 0} \frac{1}{|r|} \iint_r |f(t, \tau) - f(x_0, y_0)| dt d\tau = 0, \quad (6)$$

где интервалы r содержат точку (x_0, y_0) . Выберем последовательность интервалов $\{r_{m, n}\}$ так, что

$$r_{m, n} \supset r_{p, q} \ni (x_0, y_0), \quad m \leq p, \quad n \leq q, \quad \lim_{(m, n) \rightarrow \infty} |r_{m, n}| = 0$$

и

$$\lim_{(m, n) \rightarrow \infty} \frac{\rho_{m, n}}{|r_{m, n}|} = 0. \quad (7)$$

Тогда в силу неравенства (5) получим

$$\iint_{r_{p, q}} |f(t, \tau) - S_{p, q}[f; t, \tau]| dt d\tau < C \rho_{p, q}.$$

Деля последнее неравенство на $|r_{p, q}|$ и переходя к пределу, когда $p \rightarrow \infty$ и $q \rightarrow \infty$, в силу равенств (6) и (7) получаем

$$\lim_{(p, q) \rightarrow \infty} \frac{1}{|r_{p, q}|} \iint_{r_{p, q}} |S_{p, q}[f; x, y] - f(x_0, y_0)| dx dy = 0.$$

Отсюда и из того, что равенство (6) выполнено почти в каждой точке, непосредственно вытекает справедливость теоремы.

Так как $f(x, y) \in L_2(R)$, то, как известно, почти в каждой точке $(x_0, y_0) \in R$ выполнено равенство (6). Множество таких точек обозначим через E_1 . Далее, в силу теоремы 1 множество E_2 тех точек, в которых выполнено равенство (8), имеет полную меру.

Теорема 2. Пусть $f(x, y) \in L_2(R)$. Если в точке $(x_0, y_0) \in E_0$, $E_0 = E_1 \cap E_2$ выполнено следующее условие: для любого $\varepsilon > 0$ существует $\eta = \eta(\varepsilon)$ такое, что из неравенства $|h| < \eta$, $|k| < \eta$ следует неравенство

$$\frac{1}{|hk|} \int_{x_0}^{x_0+h} \int_{y_0}^{y_0+k} |S_{m, n}[f; t, \tau] - S_{m, n}[f; x_0, y_0]| dt d\tau < \varepsilon$$

для $m, n = 1, 2, 3, \dots$, то ряд (1) сходится в обычном смысле в точке (x_0, y_0) к значению функции $f(x_0, y_0)$.

Доказательство. Пусть интервалы $\{r_{m, n}\}$ выбраны так, что

$$r_{m, n} \supset r_{p, q} \ni (x_0, y_0), \quad \lim_{(m, n) \rightarrow \infty} |r_{m, n}| = 0,$$



где $m \leq p$, $n \leq q$ и выполнено равенство (7). В силу условия теоремы для $\varepsilon > 0$ существует такое число $N = N(\varepsilon) > 0$, что при $m \geq N$, $n \geq N$ имеем

$$\begin{aligned} \frac{1}{|r_{m,n}|} \iint_{r_{m,n}} S_{m,n}[f; t, \tau] dt d\tau - \varepsilon &\leq S_{m,n}[f; x_0, y_0] \leq \\ &\leq \frac{1}{|r_{m,n}|} \iint_{r_{m,n}} S_{m,n}[f; t, \tau] dt d\tau + \varepsilon. \end{aligned}$$

В силу неравенства (6) и так как интервалы $\{r_{m,n}\}$ удовлетворяют условию (7), из неравенства (5) получим

$$\begin{aligned} f(x_0, y_0) - \varepsilon &\leq \lim_{(m,n) \rightarrow \infty} S_{m,n}[f; x_0, y_0] \leq \\ &\leq \overline{\lim}_{(m,n) \rightarrow \infty} S_{m,n}[f; x_0, y_0] \leq f(x_0, y_0) + \varepsilon. \end{aligned}$$

Из произвольности числа ε вытекает справедливость теоремы.

Из доказанных выше теорем непосредственно следует

Теорема 3. Пусть $f(x, y) \in L_2(R)$. Если последовательность частных сумм $\{S_{m,n}[f; x, y]\}$ ряда (1) равномерно непрерывна на множестве $E \in R$, $|E| > 0$, то почти всюду на E ряд (1) сходится в обычном смысле к значению функции $f(x_0, y_0)$.

Пусть $\sigma_{m,n}^{\alpha, \beta}[f; x, y]$, где $-1 < \alpha$, $-1 < \beta$ есть среднее $(C; \alpha, \beta)$ первых m, n членов ряда (1). Проводя для них аналогичные рассуждения, можно показать справедливость следующих теорем:

Теорема 4. Пусть $f(x, y) \in L_2(R)$ и $(x_0, y_0) \in E_1$. Если для любого $\varepsilon > 0$ существует такое $\eta = \eta(\varepsilon)$, что из неравенств $|h| < \eta$, $|\delta| < \eta$ следует

$$\frac{1}{|h\delta|} \int_{x_0}^{x_0+h} \int_{y_0}^{y_0+\delta} |\sigma_{m,n}^{\alpha, \beta}[f; t, \tau] - \sigma_{m,n}^{\alpha, \beta}[f; x_0, y_0]| dt d\tau < \varepsilon$$

для любых $m, n = 1, 2, \dots$, то ряд (1) суммируем методом (C, α, β) в точке (x_0, y_0) к значению функции $f(x_0, y_0)$.

Теорема 5. Пусть $f(x, y) \in L_2(R)$. Если последовательность $\{\sigma_{m,n}^{\alpha, \beta}[f; x, y]\}$ равномерно непрерывна на множестве $E \in R$, $|E| > 0$, то почти всюду на E ряд (1) суммируем методом (C, α, β) к значению функции $f(x_0, y_0)$.

Из приведенных теорем можно вывести ряд достаточных условий, которые, на наш взгляд, практически более эффективны, а именно справедлива

Теорема 6. Пусть $f(x, y) \in L_2(R)$. Если почти для всех $(x_0, y_0) \in R$, $(x', y') \in R$ и $m > N$, $n > N$ справедливо неравенство

$$|S_{m, n}[f; x_0, y_0] - S_{m, n}[f; x', y']| \leq C |\varphi(x_0, y_0) - \varphi(x', y')|, \quad (9)$$

где C — положительное число, а функция $\varphi(x, y)$ удовлетворяет условию

$$\iint_R |\varphi(x, y)| \lg^+ |\varphi(x, y)| dx dy < \infty, \quad (10)$$

то тогда почти всюду на R ряд (1) сходится в обычном смысле к функции $f(x, y)$.

Доказательство. Так как $\varphi(x, y)$ удовлетворяет условию (10), то почти во всех точках (x_0, y_0) имеем

$$\lim_{(h, k) \rightarrow 0} \frac{1}{|hk|} \int_{x_0}^{x_0+h} \int_{y_0}^{y_0+k} |\varphi(t, \tau) - \varphi(x_0, y_0)| dt d\tau = 0. \quad (11)$$

Пусть в точке $(x_0, y_0) \in R$ выполнены условия (11) и (9). Рассмотрим выражение

$$\begin{aligned} & \frac{1}{|hk|} \int_{x_0}^{x_0+h} \int_{y_0}^{y_0+k} |S_{m, n}[f; t, \tau] - S_{m, n}[f; x_0, y_0]| dt d\tau \leq \\ & \leq \frac{1}{|hk|} \int_{x_0}^{x_0+h} \int_{y_0}^{y_0+k} |\varphi(t, \tau) - \varphi(x_0, y_0)| dt d\tau. \end{aligned} \quad (12)$$

Из (12) и (11) следует, что для $\varepsilon > 0$ существует такое число $\delta(\varepsilon) > 0$, что при $|h| \leq \delta(\varepsilon)$, $|k| \leq \delta(\varepsilon)$ имеем

$$\frac{1}{|hk|} \int_{x_0}^{x_0+h} \int_{y_0}^{y_0+k} |S_{m, n}[f; t, \tau] - S_{m, n}[f; x_0, y_0]| dt d\tau < \varepsilon.$$

Теперь уже из теоремы 2 вытекает, что ряд (1) сходится в точке (x_0, y_0) . Следовательно, ряд (1) сходится почти всюду на R и теорема доказана.

Заметим, что если неравенство (9) будет выполнено для средних $\sigma_{m, n}^{\alpha, \beta}[f; x, y]$, то тогда в силу теоремы 4 получим, что ряд (1) суммируем методом (C, α, β) почти во всех точках интервала R .

Тбилисский государственный
университет

(Поступило в редакцию 15.6.1967)



მ. ფანჯაკიძე

ორმაგი ფურიეს ორთოგონალური მწკრივების
კრებადობის შესახებ

რ ე ზ ი უ მ ე

წერილში დამტკიცებულია რამდენიმე თეორემა, რომლებიც წარმოადგენენ ორმაგი ფურიეს ორთოგონალური მწკრივების კრებადობისა და შეჯამებადობის საკმარის პირობებს.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ш. П. Панджакидзе. Ученые записки Азерб. гос. ун-та им. С. М. Кирова, сер. физ.-мат. и хим. наук, № 2, 1965.



А. С. ЦЕРТЕЛИ

АППРОКСИМАЦИЯ ФУНКЦИЙ МНОГИХ ПЕРЕМЕННЫХ
 ПОСРЕДСТВОМ СУММ И ПРОИЗВЕДЕНИЙ ФУНКЦИЙ
 ОТ ОДНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

(Представлено академиком Ш. Е. Микеладзе 19.7.1967)

В работах [1—3] рассматривается вопрос существования функции вида $\sum_{k=1}^n \varphi_k(x_k)$, являющейся наилучшим приближением заданной функции $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$. В работе [4] рассмотрен вопрос аппроксимации функции $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ посредством функций вида $\prod_{k=1}^n \varphi_k(x_k)$.

В настоящей работе рассмотрена задача аппроксимации ограниченных функций многих переменных функциями из следующих классов:

$$\left\{ \sum_{k=1}^n \Phi_k(x_k) \right\}, \quad \left\{ \prod_{k=1}^n \Phi_k(x_k) \right\},$$

где каждая функция $\Phi_k(x_k)$, ($k = 1, 2, \dots, n$) представима в виде некоторого функционального ряда.

1. Пусть D —ограниченное множество точек $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, в пространстве R_n и на множествах D_{x_k} ($k = 1, 2, \dots, n$) (проекции D на O_{x_k} ($k = 1, 2, \dots, n$)) соответственно определены классы ограниченных функций $H^{(k)} = \{\varphi_k(x_k)\}$ ($k = 1, \dots, n$); если $\{\varphi_{k,i}(x_k)\}_{i=1}^{\infty} \in H^{(k)}$, ($1 \leq k \leq n$), то существует такая последовательность положительных чисел $\{\alpha_{k,i}\}_{i=1}^{\infty}$, ($1 \leq k \leq n$), что

$$|\varphi_{k,i}(x_k)| \leq \alpha_{k,i} \quad (i = 1, 2, \dots; 1 \leq k \leq n).$$

Рассмотрим функции вида

$$\Phi_k(x_k) = \sum_{m=1}^{\infty} a_{k,m} \varphi_{k,m}(x_k) \quad (k = 1, 2, \dots, n),$$

где $\varphi_{k,m}(x_k) \in H^{(k)}$, ($k = 1, 2, \dots, n; m = 1, 2, 3, \dots$), а $a_{k,m}$ —действительные числа. Обозначим через H класс функций вида

$$\sum_{k=1}^n \Phi_k(x_k) = g(x),$$

удовлетворяющих следующему условию: каждой последовательности $\{g_i(x)\}_{i=1}^{\infty} \in H$ соответствует такая последовательность чисел $\{\beta_{k,m}\}_{m=1}^{\infty}$ ($k = 1, 2, \dots, n$), что

$$|a_{k,m}^{(i)}| \leq \beta_{k,m} \quad (m = 1, 2, \dots; k = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

равномерно относительно $i = 1, 2, \dots$. Имеет место

Теорема 1. Для всякой функции $f(x)$, ограниченной на произвольном ограниченном множестве $D \subset R_n$, существует в классе H функция наилучшего приближения.

Пусть теперь D — ограниченное замкнутое множество. Рассмотрим класс H_0 функций вида

$$\prod_{k=1}^n \Phi_k(x_k) = F(x),$$

где

$$\Phi_k(x_k) = \sum_{m=1}^{\infty} a_{k,m} \varphi_{k,m}(x_k) \quad (k = 1, 2, \dots, n),$$

а $\varphi_{k,m}(x_k) \in H^{(k)}$, ($k = 1, 2, \dots, n$; $m = 1, 2, \dots$), $a_{k,m}$ — действительные числа. Будем подразумевать, что каждая последовательность $\{F_i(x)\}_{i=1}^{\infty} \in H_0$ удовлетворяет условиям (1). Далее, предположим, что каждой последовательности $F_i(x) \in H_0$ ($i = 1, 2, \dots$) соответствует такая последовательность точек $x^{(i)} \in D$, ($i = 1, 2, \dots$), что

$$|\Phi_{k,i}(x_k^{(i)})| \geq \alpha \quad (k = 1, 2, \dots, n; i = 1, 2, \dots),$$

где постоянная $\alpha > 0$ одна и та же для всех функций класса H_0 . Имеет место

Теорема 2. Для всякой функции $f(x)$, ограниченной на ограниченном замкнутом множестве $D \subset R_n$, существует в классе H_0 функция наилучшего приближения.

Пусть D — некоторая ограниченная замкнутая область точек $x = (x_1, \dots, x_n)$ в пространстве R_n . Пусть на множествах D_{x_k} ($k = 1, 2, \dots, n$) даны классы функций $h^{(k)} = \{\varphi_k(x_k)\}$, ($k = 1, \dots, n$), полные вариации которых ограничены

одним числом. Обозначим через H_1 класс функций вида $g(x) = \prod_{k=1}^n \varphi_k(x_k)$,

где, $\varphi_k(x_k) \in h^{(k)}$ ($k = 1, 2, \dots, n$). Далее, будем подразумевать, что суще-

существует такая точка $x^{(0)} \in D$, что для каждой функции $g(x) \in H_1$ имеет место неравенство $|\varphi_k(x_k^{(0)})| \geq \alpha$ ($k = 1, \dots, n$), где постоянная $\alpha > 0$ и $x^{(0)}$ одни и те же для всех функций класса H_1 .

Имеет место

Теорема 3. *Для всякой функции $f(x)$, ограниченной на ограниченной замкнутой области $D \subset R_n$, существует в классе H_1 функция наилучшего приближения.*

2. Для краткости изложения рассмотрим функции от двух переменных. Пусть на плоскости xOy дано множество D положительной меры. Следуя В. Г. Челидзе [5], введем

Определение 1. Система функций $\{g_{i, k}(x, y)\}_{i, k=1}^{\infty} \in L^2(D)$ называется ортогональной системой, если

$$\iint_D g_{i, k}(x, y) g_{j, n}(x, y) dx dy = \begin{cases} 0 & (i \neq j \text{ или } k \neq n), \\ \lambda_{i, k} & (i = j \text{ и } k = n). \end{cases}$$

$$i, j, k, n = 1, 2, \dots$$

Здесь предполагается, что ни одна функция данной системы не эквивалентна нулю.

Рассмотрим классы функций, определенных соответственно на Dx и Dy :

$$H_1^{(1)} = \{\varphi(x)\} \in H^{(1)}, \quad H_1^{(2)} = \{\psi(y)\} \in H^{(2)},$$

где $H^{(1)}$ и $H^{(2)}$ определены выше. Обозначим через $H^{(0)}$ множество функций вида $\varphi(x) \psi(y)$, где $\varphi(x) \in H_1^{(1)}$, $\psi(y) \in H_1^{(2)}$. Будем предполагать, что функции классов $H_1^{(1)}$ и $H_1^{(2)}$ удовлетворяют следующим условиям: 1°. Каждая последовательность $\{\varphi_i(x) \psi_k(y)\}_{i, k=1}^{\infty}$ функций класса $H^{(0)}$ является ортогональной системой на D . 2°. Класс функций

$$H_2 = \{\Phi(x) + \Psi(y)\} = \left\{ \sum_{i=1}^{\infty} a_i \varphi_i(x) + \sum_{k=1}^{\infty} b_k \psi_k(y) \right\},$$

где $\varphi_i(x) \in H_1^{(1)}$, ($i = 1, 2, \dots$), $\psi_k(y) \in H_1^{(2)}$ ($k = 1, 2, \dots$), a_i и b_k — действительные числа, а ряды $\sum_{i=1}^{\infty} a_i \varphi_i(x)$ и $\sum_{k=1}^{\infty} b_k \psi_k(y)$ сходятся равномерно соответственно на Dx и Dy , является подклассом класса H : $H_2 \subset H$. Пусть на D задана функция вида

$$f(x, y) = \sum_{i, k=1}^{\infty} C_{i, k} \varphi_i(x) \psi_k(y), \quad (2)$$



где $\varphi_i(x) \in H_1^{(1)}$ ($i = 1, 2, \dots$), $\psi_k(y) \in H_1^{(2)}$, ($k = 1, 2, \dots$), $C_{i,k}$ — действительные числа, а ряд (2) сходится равномерно. Пусть $\varphi_1(x) \equiv \varphi_1(y) \equiv 1$. Имеет место

Теорема 4. Пусть на ограниченном множестве D положительной меры задана ограниченная функция (2). Для того чтобы имело место равенство

$$E_{H_3}(f) = 0,$$

где $E_{H_3}(f)$ означает наилучшее равномерное приближение функции $f(x, y)$ посредством функций класса H_2 , необходимо и достаточно, чтобы

$$c_{i,k} = 0, \text{ когда одновременно } i > 1 \text{ и } k > 1.$$

Пусть $D \subset xOy$ — ограниченное замкнутое множество. Рассмотрим классы функций, определенных соответственно на Dx и Dy :

$$H_1^{(3)} = \{\varphi(x)\} \in H^{(1)}, \quad H_1^{(4)} = \{\psi(y)\} \in H^{(2)}.$$

Обозначим через $H_1^{(0)}$ множество функций вида $\varphi(x)\psi(y)$, где $\varphi(x) \in H_1^{(3)}$, $\psi(y) \in H_1^{(4)}$. Будем предполагать, что функции классов $H_1^{(3)}$ и $H_1^{(4)}$ удовлетворяют следующим условиям: 1°. Каждая последовательность $\{\varphi_i(x)\psi_k(y)\}$ функций класса $H_1^{(0)}$ является ортогональной системой на D . 2°. Класс функций

$$H_3 = \{\Phi(x)\Psi(y)\} = \left\{ \left(\sum_{i=1}^{\infty} a_i \varphi_i(x) \right) \left(\sum_{k=1}^{\infty} b_k \psi_k(y) \right) \right\},$$

где $\varphi_i(x) \in H_1^{(3)}$ ($i = 1, 2, \dots$), $\psi_k(y) \in H_1^{(4)}$ ($k = 1, 2, \dots$), a_i и b_k — действительные числа, а ряды $\sum_{i=1}^{\infty} a_i \varphi_i(x)$ и $\sum_{k=1}^{\infty} b_k \psi_k(y)$ сходятся равномерно соответственно на Dx и Dy , является подклассом класса H_0 : $H_3 \subset H_0$. Имеет место

Теорема 5. Пусть на ограниченном замкнутом множестве D определена ограниченная функция (2). Для того чтобы имело место равенство

$$E_{H_3}(f) = 0,$$

где $E_{H_3}(f)$ означает наилучшее равномерное приближение функции $f(x, y)$ посредством функций класса H_3 , необходимо и достаточно, чтобы коэффициенты $C_{i,k}$ имели вид

$$C_{i,k} = \alpha_i \beta_k \quad (i, k = 1, 2, \dots).$$

Пусть на плоскости xOy дана ограниченная целая функция

$$f(x, y) = \sum_{i, k=1}^{\infty} a_{i, k} x^i y^k.$$

Далее, пусть на Ox и Oy заданы классы целых функций конечной степени p :

$$h_0^{(1)} = \{\varphi(x)\}, \quad h_0^{(2)} = \{\psi(y)\}.$$

Обозначим через h_0 класс функций вида $\varphi(x)\psi(y)$, где $\varphi(x) \in h_0^{(1)}$ и $\psi(y) \in h_0^{(2)}$. Далее, предположим, что для каждой функции $\varphi(x)\psi(y) \in h_0$ справедливо неравенство

$$\max_{(x, y) \in D} |\varphi(x)\psi(y)| \geq \alpha,$$

где постоянная $\alpha > 0$ одна и та же для всех функций класса h_0 , а $D \subset xOy$ — некоторое ограниченное замкнутое множество. Имеет место

Теорема 6. Пусть целая функция $f(x, y)$ ограничена на плоскости xOy . Для того чтобы наилучшее равномерное приближение $E_{h_0}(f)$ этой функции, осуществляемое посредством функций класса h_0 , обращалось в нуль, необходимо и достаточно, чтобы коэффициенты $a_{i, k}$ имели вид

$$a_{i, k} = \alpha_i \beta_k \quad (i, k = 0, 1, \dots).$$

Обозначим через h класс функций вида $\varphi(x) + \psi(y)$, где $\varphi(x) \in h_0^{(1)}$, $\psi(y) \in h_0^{(2)}$. Имеет место

Теорема 7. Пусть целая функция $f(x, y)$ ограничена на плоскости xOy . Для того чтобы имело место равенство

$$E_h(f) = 0,$$

где $E_h(f)$ означает наилучшее равномерное приближение функции $f(x, y)$ посредством функций класса h , необходимо и достаточно, чтобы

$$a_{i, k} = 0, \quad \text{когда одновременно } i > 0 \text{ и } k > 0.$$

Тбилисский государственный университет

(Поступило в редакцию 19.7.1967)

მათემატიკა

ა. ჯერეთელი

მრავალი ცვლადის ფუნქციის აპროქსიმაცია ერთი ცვლადის ფუნქციების ჯამითა და ნამრავლით

რ ე ზ ი უ მ ე

წერილში განხილულია საკითხი იმის შესახებ, თუ რა პირობას უნდა აკმაყოფილებდნენ

$$H = \left\{ \sum_{k=1}^n \sum_{m=1}^{\infty} a_{k, m} \varphi_{k, m}(x_k) \right\} \text{ და } H_0 = \left\{ \prod_{k=1}^n \sum_{m=1}^{\infty} a_{k, m} \varphi_{k, m}(x_k) \right\}$$

კლასების ფუნქციები, რომ ნებისმიერი შემოსაზღვრული $f(x) = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ფუნქციისათვის ამ კლასებში არსებობდნენ საუკეთესო მიახლოების ფუნქციები. განხილულია აგრეთვე საკითხი იმის შესახებ, თუ რა პირობებში სრულდება ტოლობები

$$E_H(f) = 0, \quad E_{H_0}(f) = 0,$$

სადაც $E_H(f)$ და $E_{H_0}(f)$ აღნიშნავენ $f(x)$ ფუნქციის საუკეთესო თანაბარ მიახლოებას, შესაბამისად H და H_0 კლასების ფუნქციებით.

დადოვიანი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. П. Офман. Изв. АН СССР, сер. матем., 25, 1961, 239—252.
2. В. П. Моторный. Изв. АН СССР, сер. матем., 27, 1963, 1211—1214.
3. М.-Б. А. Бабаев. Исследования по современным проблемам конструктивной теории функций. Изд. АН АзССР, Баку, 1965, 26—33.
4. А. С. Церетели. Сообщения АН ГССР, XLV, № 3, 1967.
5. В. Г. Челидзе. Труды Тбилисского математического института им. А. М. Размадзе АН ГССР, т. XXVII, 1960.

Д. Г. ПЕРАДЗЕ

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ОШИБОК ПРИ РЕШЕНИИ СИСТЕМЫ
ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ МЕТОДОМ
ИТЕРАЦИИ

(Представлено академиком Ш. Е. Микеладзе 25.8.1967)

Пусть дано уравнение

$$x = Ax + b, \quad (1)$$

где A —вещественная матрица n -го порядка, b —свободный член, x —искомый вектор. Допустим, что $\{\lambda_i\}_1^n$ —собственные значения матрицы A , $0 < |\lambda_i| < 1$ ($i = 1, 2, \dots, n$) и не все λ_i равны по модулю.

Будем рассматривать уравнение (1) как операторное уравнение в n -мерном вещественном евклидовом пространстве R_n . Систему (1) решаем итерационным методом

$$x_{m+1} = Ax_m + b \quad (m = 0, 1, \dots). \quad (2)$$

Так как $r_A = \max_i |\lambda_i| < 1$, то итерационный процесс сходится при любом начальном векторе x_0 . Нужно достичь некоторой малости погрешности $\varepsilon_m = x^* - x_m$, где x^* —решение системы (1). Практически показателем малости на каждом шаге является вектор невязки $\delta_m = x_{m+1} - x_m$. Вычисления прекращаем, как только вектор невязки δ_m попадает в некоторую заданную область G . Вектор окончательной погрешности ε окажется в области $G_0 = (I - A)^{-1}G$ (I —единичная матрица), так как

$$\varepsilon_m = (I - A)^{-1} \delta_m. \quad (3)$$

Нам потребуется еще одна очевидная формула

$$\varepsilon_m = A^m \varepsilon_0, \quad (4)$$

где

$$\varepsilon_0 = x^* - x_0.$$

Как расположена ошибка ε в G_0 , мы сказать не можем. Поэтому интересно охарактеризовать положение ε в G_0 в вероятностных терминах. Задача представляет тем больший интерес, чем больше область G_0 (область G_0 тем больше, чем ближе собственные значения по модулю к 1).

Данная работа обобщает один результат М. А. Красносельского и С. Г. Крейна [1]. Авторы в случае самосопряженной положительно определенной матрицы A и $G = \overline{S}(0, \beta) \subset R_n$ приходят к выводу, что наиболее вероятные ошибки являются в некотором смысле максимальными,



т. е., грубо говоря, почти всегда вектор ε располагается у краевого слоя области G_0 .

Как и в работе [1], считаем, что $\varepsilon_0 = x^* - x_0$ — случайный вектор с равномерным распределением в шаре $\bar{S}(0, r) \subset R_n$. Обозначим $G_{-1} = AG_0$. В $G_0 \cap G_{-1}$ окончательная ошибка попадает только тогда, когда $\varepsilon_0 \in G_0$, причем с первого же шага итерации.

Если G — шар с центром в нуле, то, как нетрудно показать, G_0 и G_{-1} — эллипсоиды с центром в нуле.

Введем обозначения:

1. $M = \left\{ \mu_i = \frac{1}{\lambda_i} \right\}_1^n$ — множество всех собственных чисел матрицы A^{-1} ;

$M_{\max} \subset M$, $M_{\min} \subset M$ — соответственно множества наибольших и наименьших по модулю собственных значений матрицы A^{-1} .

2. $E = \{e_i\}_1^n$ — базис (вообще говоря, комплексный), состоящий из собственных и присоединенных векторов матрицы A^{-1} . Не умаляя общности, будем считать, что собственные и присоединенные вектора, отвечающие действительным $\mu_i \in M$, действительны. Так как каждое комплексное μ_i входит в M вместе с $\bar{\mu}_i$, то можно считать, что каждый комплексный вектор e_i входит в E вместе с \bar{e}_i . (Черта над числом или вектором означает переход к комплексно-сопряженному числу или вектору).

3. R — подпространство R_n , натянутое на действительные и мнимые части собственных и присоединенных векторов из E , отвечающих всем $\mu_i \in M_{\min}$ (очевидно, что $\dim R < n$); R_{\min} — подпространство R_n , натянутое на действительные и мнимые части собственных и присоединенных векторов из E , отвечающих всем $\mu_i \in M_{\min}$.

4. h — слой подпространства R_{\min} :

$$\Pi_h(R_{\min}) = \{x \in R_n : \rho(x, R_{\min}) < h\}.$$

Теорема. Пусть задано произвольное $h > 0$. Тогда, если вектор невязки $\delta \in G = \bar{S}(0, \beta)$, то вероятность

$$P(\varepsilon \in \Pi_h(R_{\min}) \cap (G_0 \setminus G_{-1})) \rightarrow 1$$

при $r \rightarrow \infty$.

Доказательство. Будем считать, что в $G_0 \cup G_{-1}$ начальной погрешности ε_0 нет, т. е. погрешность ε_0 распределена равномерно в области $S'(0, r) = \bar{S}(0, r) \setminus (G_0 \cup G_{-1})$. Ввиду того что изучается асимптотика при $r \rightarrow \infty$, это дополнительное предположение не исказит результата. Из сделанного предположения следует, что окончательной ошибки в $G_0 \cap G_{-1}$ нет.

Изучим характер движения вектора погрешности $\varepsilon_h = A^h \varepsilon_0$ в область G_0 . Запишем ε_0 в базисе E :

$$\varepsilon_0 = \sum_{i=1}^n t_i e_i. \quad (5)$$



Координаты при e_i и \bar{e}_i в формуле (5) будут комплексно-сопряженными.

Введем понятия дискретной траектории, проходящей через ошибку ε_0 . Так назовем множество точек $\varepsilon(k) = A^{-k} \varepsilon_0 \in R_n$ ($k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$). Выясним характер поведения траекторий. С каждой траекторией будем связывать точку первого попадания ее в G_0 . (Это и будет вектор окончательной погрешности ε ; напомним, что всегда $\varepsilon \in G_0$). Множество траекторий, у которых эта точка не принадлежит $\Pi_h(R_{\min}) \cap G_0$, обозначим через T_h .

Запишем $\varepsilon(k)$ для положительных k в базисе E . Для этого достаточно рассмотреть применение A^{-k} к векторам одной группы [2]. Пусть эта группа состоит из комплексного собственного вектора p_1 и комплексных присоединенных векторов p_2, p_3, \dots, p_m , где p_i ($i = 2, 3, \dots, m$) — присоединенный вектор матрицы A^{-1} i -го порядка. Соответствующее собственное значение матрицы обозначим через μ .

По определению имеем

$$\begin{aligned} A^{-1} p_1 &= \mu p_1, \\ A^{-1} p_2 &= p_1 + \mu p_2, \\ &\dots \dots \dots \\ A^{-1} p_{m-1} &= p_{m-2} + \mu p_{m-1}, \\ A^{-1} p_m &= p_{m-1} + \mu p_m. \end{aligned}$$

Из этих равенств при произвольном наборе комплексных чисел $\{\xi_i\}_1^m$ выводим формулу

$$A^{-k} \sum_{i=1}^m \xi_i p_i = \sum_{i=1}^m \sum_{j=0}^{\min(m-i, k)} C_k^j \xi_{i+j} \mu^{k-j} p_i,$$

где C_k^j — коэффициенты бинома Ньютона.

Как уже отмечалось, в формулу (5), наряду с суммами типа $\sum \xi_i p_i$, войдут суммы $\sum \bar{\xi}_i \bar{p}_i$: Мы можем написать

$$A^{-k} \sum_{i=1}^m (\xi_i p_i + \bar{\xi}_i \bar{p}_i) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=0}^{\min(m-i, k)} C_k^j (\xi_{i+j} \mu^{k-j} p_i + \bar{\xi}_{i+j} \bar{\mu}^{k-j} \bar{p}_i).$$

Если применить тригонометрическую форму комплексного числа, то это равенство запишется в виде

$$\begin{aligned} A^{-k} \sum_{i=1}^m (\xi_i p_i + \bar{\xi}_i \bar{p}_i) &= 2 \sum_{i=1}^m \sum_{j=0}^{\min(m-i, k)} C_k^j |\xi_{i+j}| |\mu|^{k-j} [\cos(\varphi_{\xi_{i+j}} + \\ &+ (k-j)\varphi_\mu) \operatorname{Re} p_i - \sin(\varphi_{\xi_{i+j}} + (k-j)\varphi_\mu) \operatorname{Im} p_i], \end{aligned} \quad (6)$$

где φ — аргумент комплексного числа, которое стоит индексом при φ .



Член (6) соответствует двум собственным значениям μ , $\mu \in M$ и отвечающим им двум сопряженным группам векторов.

Действительным $\mu \in M$ также соответствует член типа (6) без коэффициента 2 (коэффициент 2 получен в результате наличия в M вместе с комплексным μ комплексно-сопряженного $\bar{\mu}$) с $\text{Im } p = 0$, а $\varphi_{\xi_{i+j}}$, φ_{μ} будут 0 или π в зависимости от знаков ξ_{i+j} и μ . Так записываются все члены разложения траектории $\varepsilon(k)$, соответствующие любому собственному числу из M и группам собственных и присоединенных векторов из E .

Теперь изучим асимптотику $\varepsilon(k)$ при $k \rightarrow \infty$. Введем множество

$$K_{\eta} = (x \in R_n : \cos \langle x, R \rangle \geq \eta).$$

Покажем, что, если $\varepsilon_0 \notin R_{\min}$, то $\varepsilon(k) \in K_{\eta}$ при $k \geq k_0$ (k_0 зависит от ε_0 и η). Рассмотрим величину

$$\cos \langle \varepsilon(k), u(k) \rangle = \frac{(\varepsilon(k), u(k))}{\|\varepsilon(k)\| \|u(k)\|},$$

где $u(k)$ — произвольный вектор из R_n , зависящий от k .

Учитывая, что все $|\mu_i| > 1$, с помощью равенства (6) при $k \rightarrow \infty$ получаем

$$\frac{(\varepsilon(k), u(k))}{\|\varepsilon(k)\| \|u(k)\|} - \frac{(\varepsilon'(k), u(k))}{\|\varepsilon'(k)\| \|u(k)\|} \rightarrow 0, \quad (7)$$

где

$$\begin{aligned} \varepsilon'(k) = & \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^{l_i} \nu_i |t_{ij}| [\cos(\varphi_{t_{ij}} + (k-p)\varphi_{\mu_i}) \text{Re } e_{ij} - \\ & - \sin(\varphi_{t_{ij}} + (k-p)\varphi_{\mu_i}) \text{Im } e_{ij}]; \end{aligned}$$

μ_i — собственные значения из M_{\max} с неотрицательной мнимой частью; l — число всех таких собственных значений; p — максимальный порядок присоединенных векторов, отвечающих всем $\mu_i \in M_{\max}$; e_{ij} — собственный вектор, отвечающий собственному значению из M_{\max} с неотрицательной мнимой частью и имеющий p присоединенных векторов; t_{ij} — координата из уравнения (5) при присоединенном векторе p -го порядка в группе вектора e_{ij} ;

$$\nu_i = \begin{cases} 1, & \text{если } \mu_i \text{ — действительное,} \\ 2, & \text{если } \mu_i \text{ — комплексное.} \end{cases}$$

$\varepsilon'(k)$ из выражения (7) представляет собой главную часть разложения $\varepsilon(k)$ в базисе E (в предположении, что не все t_{ij} равны 0). Если все t_{ij} равны 0, то $\varepsilon'(k)$ имеем подобный вид: e_{ij} будут собственные вектора всех μ из M_{\max} , имеющие не менее $(p-1)$ присоединенных векторов; t_{ij} — координаты из выражения (5) при присоединенных векторах $(p-1)$ -го порядка

(в предложении, что не все t_{ij} равны 0) и т. д. Так, продолжив рассуждения, дойдем до случая, когда координаты в выражении (5) при всех присоединенных и собственных векторах, отвечающих всем $\mu \in M_{\max}$, равны 0. Такое же рассуждение проводится затем для координат t_{ij} при присоединенных векторах и для собственных векторов e_{ij} , отвечающих всем следующим по модулю собственным значениям из M и т. д.

Таким образом, если $\varepsilon_0 \in R_{\min}$, то все соответствующие траектории при $k \rightarrow \infty$ стремятся к параллельному положению с R . (Заметим, что, кроме того, $\|\varepsilon(k)\| \rightarrow \infty$ при $k \rightarrow \infty$). Действительно, положив $u(k) = \varepsilon'(k)$, получим из выражения (7), что для произвольного $\varepsilon_0 \in R_{\min}$ $\cos \langle \varepsilon(k), R \rangle \rightarrow 1$ при $k \rightarrow \infty$, т. е. $\varepsilon(k) \in K_\eta$ для достаточно большого k .

Покажем, что при произвольном малом фиксированном $h > 0$ окончательная ошибка ε попадает в область $\Pi_h(R_{\min}) \cap G_0$, если начальная ошибка ε_0 не принадлежит некоторой области сколь угодно малого относительного объема из $S'(0, r)$ при достаточно большом r ¹.

Рассмотрим определенное выше множество T_h . Те и только те начальные ошибки не вносят окончательной погрешности ε в $\Pi_h(R_{\min}) \cap G_0$, которые лежат на траекториях T_h . Можно утверждать, что для произвольного η ($0 < \eta < 1$) найдется достаточно большое r_η , что при $\|x\| > r_\eta$ и $x \in \varepsilon(k)$, ($\varepsilon(k) \in T_h$) точка $x \in K_\eta$. (Здесь r_η не зависит от $\varepsilon(k) \in T_h$). Допустим противное. Тогда существует такая последовательность $\{\varepsilon^{(l)}\}$ окончательных ошибок из $G_0 \setminus (\Pi_h(R_{\min}) \cap G_0)$, что $A^{-l} \varepsilon^{(l)}$ по норме больше l , но не принадлежит K_η . Пусть ε^* — предельная точка последовательности $\{\varepsilon^{(l)}\}$. Она принадлежит замыканию области $G_0 \setminus (\Pi_h(R_{\min}) \cap G_0)$. Траектория, проходящая через ε^* , не пересекает K_η , следовательно, $\varepsilon^* \in R_{\min}$, что противоречит предыдущему предложению.

Будем считать, что $(G_0 \cup G_{-1}) \subset S(0, r_\eta)$. Ввиду того что $\dim R < n$, величина отношения

$$\frac{\text{mes } K_\eta \cap \overline{S}(0, r)}{\text{mes } \overline{S}(0, r)}$$

не зависит от r и может быть сделана сколь угодно малой за счет выбора η , близкого к 1. Подобное отношение с заменой шара на шаровое кольцо обладает таким же свойством.

Теперь нетрудно завершить доказательство теоремы. Взяв η близко к 1, а затем $r \gg r_\eta$ достаточно большим, получим сколь угодно малость величины

$$\frac{\text{mes } \{(K_\eta \cap S'(0, r)) \cup S(0, r_\eta)\}}{\text{mes } S'(0, r)},$$

¹ Лебегову меру области будем называть объемом этой области.

которая оценивает сверху вероятность попадания окончательной ошибки в область $G_0 \setminus \Pi_h(R_{\min})$. Так как, кроме того, ε в $G_0 \cap G_{-1}$ нет, то это значит, что при равномерном распределении ε_0 в $S'(0, r)$ (или $\overline{S}(0, r)$) вероятность попадания окончательной ошибки в $\Pi_h(R_{\min}) \cap (G_0 \setminus G_{-1})$ сколь угодно мало отличается от 1. Теорема доказана.

З а м е ч а н и е. Вопрос возможных взаимоположений G_0 , G_{-1} и R_{\min} принадлежит к другому кругу проблем и нами не решался.

Тбилисский государственный
университет

(Поступило в редакцию 25.8.1967)

მათემატიკა

ჯ. შერაძე

ცდომილებათა განაწილება წრფივ ალგებრულ განტოლებათა
სისტემის იტერაციის მეთოდით ამოხსნის დროს

რ ე ზ ი უ მ ე

წრფივ ალგებრულ განტოლებათა სისტემა (1) იხსნება იტერაციული მეთოდით (2). თვლა ჩერდება, როგორც კი $\|x_{m+1} - x_m\| \leq \beta$, სადაც β მოცემული დადებითი რიცხვია. შესწავლილია $\|x^* - x_{m+1}\|$ ცდომილების განაწილების ასიმპტოტიკა, როცა $r \rightarrow \infty$ ($x^* - (1)$ სისტემის ზუსტი ამოხსნა), იმ დაშვებით, რომ საწყისი ცდომილების ვექტორი $x^* - x_0 \in \overline{S}(0, r)$ -სფეროში შემთხვევითი ვექტორია თანაბარი განაწილებით.

დაამუშავებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Красносельский и С. Г. Крейн. УМН, т. VII, вып. 4, 1952, 157—161.
2. И. М. Гельфанд. Лекции по линейной алгебре. М., 1966.



УДК 513.85

МАТЕМАТИКА

Г. А. ЛОМАДZE

О ЧИСЛЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ЧИСЕЛ НЕКОТОРЫМИ
 КВАДРАТИЧНЫМИ ФОРМАМИ С ЧЕТЫРЬМЯ ПЕРЕМЕННЫМИ

(Представлено академиком Г. С. Чогошвили 21.6.1967)

1. Пусть $r(n; a, a')$ обозначает число представлений натурального числа n формой

$$f = a(x_1^2 + x_2^2 + x_3^2) + a'x_4^2 \quad (1)$$

(a и a' взаимно простые натуральные числа).

В работе [1] получены точные формулы для $r(n; a, a')$ при $a = 1$; $a' = 6, 7$. Эти формулы содержат так называемые дополнительные члены, определенные лишь как коэффициенты Фурье некоторых произведений тэта-функций с характеристиками.

Изучением поведения первых производных тэта-функций с характеристиками при линейных подстановках модулярной подгруппы $\Gamma_0(N)$ нам удалось выявить арифметический смысл упомянутых выше коэффициентов Фурье. В настоящей статье мы также даем окончательную формулу для $r(n; a, a')$ при $a = 1, a' = 32$.

2. Пусть

$$\vartheta_{gh}(z|\tau; 0, N) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} (-1)^{hm} Q^{\frac{1}{8N}(2Nm+g)^2} \exp(\pi i(2Nm+g)z) \quad (2)$$

(здесь и в дальнейшем g, h —целые числа; N —натуральное число; z, τ —комплексные переменные, причем $\text{Im}\tau > 0$; $Q = \exp(2\pi i\tau)$).

В дальнейшем полагаем

$$\vartheta_{gh}(\tau; 0, N) = \vartheta_{gh}(0|\tau; 0, N), \quad \vartheta'_{gh}(\tau; 0, N) = \left. \frac{\partial}{\partial z} \vartheta_{gh}(z|\tau; 0, N) \right|_{z=0}.$$

Следовательно,

$$\vartheta'_{gh}(\tau; 0, N) = \pi i \sum_{m=-\infty}^{\infty} (-1)^{hm} (2Nm+g) Q^{\frac{1}{8N}(2Nm+g)^2}, \quad (3)$$

$$\vartheta_{00}^3(\tau; 0, 2a) \vartheta_{00}(\tau; 0, 2a') = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} r(n; a, a') Q^n. \quad (4)$$

Теперь положим

$$\Theta(\tau; a, a') = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \rho(n; a, a') Q^n, \quad (5)$$

где $\rho(n; a, a')$ —сингулярный ряд, соответствующий формам вида (1), просуммированный в работе [1].

Пусть Γ —модулярная группа, т. е. группа линейных подстановок $\tau' = \frac{\alpha\tau + \beta}{\gamma\tau + \delta}$, где $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ —целые числа и $\alpha\delta - \beta\gamma = 1$.

Далее, пусть $\Gamma_0(N)$ обозначает ту подгруппу группы Γ , подстановки которой удовлетворяют сравнению $\gamma \equiv 0 \pmod{N}$.

В настоящей статье применяются следующие леммы.

Лемма 1 (см., напр., [2], стр. 811 и 953). Целая модулярная форма размерности $-r$, присоединенная к подгруппе $\Gamma_0(N)$, и делителя N тождественно равна нулю, если ее коэффициенты Фурье

$$A_n = 0 \text{ для всех } n \leq \frac{r}{12} N \prod_{p|N} \left(1 + \frac{1}{p} \right).$$

Лемма 2 ([3], стр. 21). Функция $\mathfrak{F}_{00}^3(\tau, 0, 2a) \mathfrak{F}_{00}(\tau; 0, 2a')$ является целой модулярной формой размерности -2 , присоединенной к подгруппе $\Gamma_0(4aa')$, и делителя $4aa'$.

Имеют место леммы, полученные методами работ [1, 3].

Лемма 3. Функция $\Theta(\tau; a, a')$ является целой модулярной формой размерности -2 , присоединенной к подгруппе $\Gamma_0(4aa')$, и делителя $4aa'$.

Лемма 4. Пусть g_1 и g_2 четные,

$$N_1|N, N_2|N, 4|N \left(\frac{h_1}{N_1} + \frac{h_2}{N_2} \right).$$

Далее, пусть для всех α и δ , удовлетворяющих условию $\alpha\delta \equiv 1 \pmod{4N}$, имеют место

$$\delta^{2\varphi(2N_1)-2} \frac{g_1}{4N_1} + \delta^{2\varphi(2N_2)-2} \frac{g_2}{4N_2} \text{ целое } \equiv 0 \pmod{4}$$

(здесь $\varphi(2N_k)$ —функция Эйлера) и

$$\begin{aligned} \operatorname{sgn} \delta \left(\frac{-N_1 N_2}{|\delta|} \right) \mathfrak{F}'_{\alpha g_1, h_1}(\tau; 0, 2N_1) \mathfrak{F}_{\alpha g_2, h_2}(\tau; 0, 2N_2) = \\ = \left(\frac{aa'}{|\delta|} \right) \mathfrak{F}'_{g_1, h_1}(\tau; 0, 2N_1) \mathfrak{F}_{g_2, h_2}(\tau; 0, 2N_2). \end{aligned}$$

Теорема 1а. Пусть $n = 2^z 3^3 u$, $(u, 6) = 1$. Тогда

$$r(n; 1, 6) = \frac{1}{3} \left\{ 2^{z+2} + (-1)^z \left(\frac{-2}{u} \right) \right\} \left\{ 3^{3+1} - (-1)^z \left(\frac{u}{3} \right) \right\} \sum_{d_1 d_2 = u} \left(\frac{6}{d_1} \right) d_2 + \\ + \frac{8}{3} \sum_{\substack{3n = x^2 + 2y^2 \\ 3 \nmid x, x > 0, y > 0}} \left(\frac{y}{3} \right) y.$$

Доказательство. Приравнивая коэффициенты при одинаковых степенях Q в обеих частях тождества теоремы 1, получаем

$$r(n; 1, 6) = \rho(n; 1, 6) + \frac{1}{3} \nu(n), \quad (10)$$

где $\nu(n)$ обозначает коэффициент при Q^n в разложении функции

$$\frac{1}{\pi i} \vartheta_{40}(\tau; 0, 6) \vartheta'_{80}(\tau; 0, 12)$$

по степеням Q .

В работе [1] (стр. 147) показано, что

$$\rho(n; 1, 6) = \frac{1}{3} \left\{ 2^{z+2} + (-1)^z \left(\frac{-2}{u} \right) \right\} \left\{ 3^{3+1} - (-1)^z \left(\frac{u}{3} \right) \right\} \sum_{d_1 d_2 = u} \left(\frac{6}{d_1} \right) d_2. \quad (11)$$

Из выражения (9) следует

$$\nu(n) = 8 \sum_{\substack{3n = (3m_1 + 1)^2 + 2(3m_2 + 1)^2 \\ x \equiv y \equiv 1 \pmod{3}}} (3m_2 + 1) = 8 \sum_{\substack{3n = x^2 + 2y^2 \\ x \equiv y \equiv 1 \pmod{3}}} y. \quad (12)$$

Из выражений (10)–(12) следует утверждаемое.

Аналогично доказываются следующие теоремы.

Теорема 2. Имеет место тождество

$$\vartheta_{80}^3(\tau; 0, 2) \vartheta_{00}(\tau; 0, 14) = \Theta(\tau; 1, 7) + \frac{3}{4\pi i} \vartheta'_{21}(\tau; 0, 4) \vartheta_{14+1}(\tau; 0, 28).$$

Теорема 2а. Пусть $n = 2^z 7^3 u$, $(u, 14) = 1$. Тогда

$$r(n; 1, 7) = \frac{1}{4} \left\{ 2^{z+1} + (-1)^z \left(\frac{-1}{u} \right) \right\} \left\{ 7^{3+1} - (-1)^z \left(\frac{u}{7} \right) \right\} \sum_{d_1 d_2 = u} \left(\frac{7}{d_1} \right) d_2 +$$



$$+ \frac{3}{2} \sum_{\substack{8n=x^2+7y^2 \\ 2 \nmid x, 2 \nmid y, x>0, y>0}} \left(\frac{-1}{x}\right) \left(\frac{2}{xy}\right) x.$$

Теорема 3. *Имеет место тождество*

$$\begin{aligned} \vartheta_{00}^3(\tau; 0, 2) \vartheta_{00}(\tau; 0, 64) &= \Theta(\tau; 1, 32) + \frac{3}{8\pi i} \vartheta_{80}(\tau; 0, 16) \vartheta'_{81}(\tau; 0, 16) + \\ &+ \frac{3}{16\pi i} \vartheta_{00}(\tau; 0, 8) \vartheta'_{16,1}(\tau; 0, 16) + \frac{1}{16\pi i} \vartheta_{80}(\tau; 0, 8) \vartheta'_{16,1}(\tau; 0, 16). \end{aligned}$$

Теорема 3а. *Пусть $n = 2^\alpha u$, $(u, 2) = 1$. Тогда*

$$\begin{aligned} r(n; 1, 32) &= 3 \sum_{d_1 d_2 = n} \left(\frac{2}{d_1}\right) d_2 + 3 \sum_{\substack{2n=x^2+y^2 \\ 2 \nmid x, 2 \nmid y, x>0, y>0}} \left(\frac{-2}{x}\right) x, \text{ если } n \equiv 1 \pmod{4}, \\ &= 2 \sum_{d_1 d_2 = n} \left(\frac{2}{d_1}\right) d_2 + 4 \sum_{\substack{n=x^2+2y^2 \\ 2 \nmid x, 2 \nmid y, x>0, y>0}} (-1)^{\frac{y-1}{2}} y, \text{ если } n \equiv 3 \pmod{8}, \\ &= 0, \text{ если } \alpha = 0, 2, u \equiv 7 \pmod{8}, \\ &= 6 \sum_{d_1 d_2 = u} \left(\frac{2}{d_1}\right) d_2 + 2 \sum_{\substack{u=x^2+2y^2 \\ 2 \nmid x, x>0}} (-1)^{\frac{x-1}{2}} x, \text{ если } \alpha = 1, \\ &= 6 \sum_{d_1 d_2 = u} \left(\frac{2}{d_1}\right) d_2, \text{ если } \alpha = 2, u \equiv 1 \pmod{4}, \\ &= 4 \sum_{d_1 d_2 = u} \left(\frac{2}{d_1}\right) d_2, \text{ если } \alpha = 2, u \equiv 3 \pmod{8}, \\ &= 12 \sum_{d_1 d_2 = u} \left(\frac{2}{d_1}\right) d_2, \text{ если } \alpha = 3, \\ &= 2 \left(2^{\alpha-2} - \left(\frac{2}{u}\right) \right) \sum_{d_1 d_2 = u} \left(\frac{2}{d_1}\right) d_2, \text{ если } \alpha \geq 4. \end{aligned}$$

Тбилисский государственный
университет

(Поступило в редакцию 21.6.1967)



ბ. ლომადე

 ზოგიერთი ოთხკვლადიანი კვადრატული ფორმით რიცხვის
 წარმოდგენათა რაოდენობის შესახებ

რეზიუმე

შრომაში მიღებულია ფორმულები ნატურალური რიცხვის წარმოდგენათა
 რაოდენობისათვის $x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + 6x_4^2$, $x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + 7x_4^2$ და $x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 +$
 $+ 32x_4^2$ კვადრატული ფორმებით.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. А. Ломадзе. Труды Тбилисского гос. ун-та, 76, 1959, 107—159.
2. E. Hecke. Analytische Arithmetik der positiven quadratischen Formen. Mathematische Werke, herausgegeben im Auftrage der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen. Göttingen, 1959.
3. Г. А. Ломадзе. Труды Тбилисского гос. ун-та, 117, 1966. 7—43.

Г. А. ТВАЛАБЕЙШВИЛИ

ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ КЛАССИФИКАЦИИ АБСТРАКТНЫХ ОБРАЗОВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. В. Габашвили 10.1.1968)

Задача классификации может быть решена различными математическими аппаратами, в том числе аппаратом математической логики. Аппарат математической логики обеспечивает единство подхода для всех частных задач классификации (распознавание зрительных и звуковых образов, техническая диагностика и т. д.) и достаточную гибкость функционирования как на этапе обучения, так и на этапе принятия решения (экзамена).

1. Введем некоторые определения, облегчающие дальнейшее изложение материала. Мы в основном будем следовать символике, принятой в работе [1].

Логическим словом длины $|X| = n$ будем называть следующую упорядоченную совокупность:

$$X_i = \prod_{j=0}^{n-1} x_{ji}, \quad (1)$$

где x_{ji} — двоичные переменные; \prod — знак упорядоченной совокупности букв x_{ji} ; $j = 0, 1, 2, \dots, n-1$; $i = 0, 1, 2, \dots, 2^n - 1$.

Наравне с переменными словами используются предельные слова. Предельными будем называть слова

$$X_0 = \prod_{j=0}^{n-1} x_{j0} \quad \text{и} \quad X_{2^n-1} = \prod_{j=0}^{n-1} x_{j, 2^n-1},$$

где $x_{j0} = 0$ и $x_{j, 2^n-1} = 1$ для всех j .

Введем следующие элементарные операции между логическими словами.

Слово Z^v будем называть дизъюнктивным и записывать $Z^v = X \cup Y$, если имеет место соотношение

$$Z^v = X \cup Y = \{g(0 \leq j \leq n-1): z_j^v = x_j \vee y_j\},$$

где $g(0 \leq j \leq n-1)$: — квантор определения, читаемый „для всех j , удовлетворяющих неравенству $0 \leq j \leq n-1$ “.

Слово Z^a будем называть конъюнктивным и записывать $Z^a = X \cap Y$, если имеет место соотношение

$$Z^a = X \cap Y = \{g(0 \leq j \leq n-1): z_j^a = x_j \wedge y_j\}.$$



Слово $Z^{(+)}$ будем называть разностным и записывать $Z^{(+)} = X \bar{\cup} Y$, если имеет место соотношение

$$Z^{(+)} = X \bar{\cup} Y = \{g \ (0 \leq j \leq n-1): z_j^{(+)} = x_j (+) y_j\}.$$

Пусть буквам логического слова (1) поставлены в соответствие некоторые целые числа $r_j > 0$ ($j = 0, 1, 2, \dots, n-1$), которые будем именовать весовыми коэффициентами соответствующих букв x_j .

Весовой нормой логического слова (1) назовем выражение

$$R(X_i) = \sum_{j=0}^{n-1} r_j.$$

Логические слова (1) с весовой нормой $R(X_i) > n$ будем называть весовыми логическими словами.

2. Рассмотрим множество B_n всех весовых логических слов (1). Множество B_n является абелевой группой, если сложение любых двух элементов этого множества определено как поразрядное сложение букв этих слов по mod 2:

$$X_s^{(+)} = X_h \bar{\cup} X_l = \{g \ (0 \leq j \leq n-1): x_{js}^+ = x_{jh} (+) x_{jl}\}. \quad (2)$$

Для всякого $X_h \in B_n$ имеет место соотношение

$$X_h \bar{\cup} X_h = X_0.$$

Определим операцию умножения весового логического слова $X_h \in B_n$ на X_0 и X_{2^n-1} :

$$X_h \cap X_0 = X_0, \quad X_h \cap X_{2^n-1} = X_h. \quad (3)$$

С введением операций (2) и (3) множество B_n всех весовых логических слов (1) можно рассматривать как линейное пространство размерности n .

Определим метрику для пространства B_n всех весовых логических слов (весовых точек). Расстоянием между двумя точками $X_h \in B_n$ и $X_l \in B_n$ будем называть некоторое вещественное неотрицательное число $\rho(X_h, X_l)$, определенное следующим соотношением:

$$\rho(X_h, X_l) = \sum_{j=0}^{n-1} r_j (x_{jh} (+) x_{jl}). \quad (4)$$

Заметим, что

$$\rho(X_h, X_l) = \rho(X_h \bar{\cup} X_l, X_0).$$

Нетрудно убедиться, что расстояние (4) удовлетворяет всем трем аксиомам метрического пространства. Поэтому пространство B_n весовых точек с расстоянием (4) является метрическим пространством. Это пространство конечно и содержит 2^n точек.

Точки пространства B_n можно рассматривать как вершины n -мерного параллелепипеда. Длина j -го ребра этого параллелепипеда равна весовому коэффициенту r_j буквы x_j весового логического слова (1). По аналогии с

Хеммингом [2], расстояние (4) означает следующее: если вершине M n -мерного параллелепипеда сопоставлено весовое логическое слово X_k , а вершине N — весовое логическое слово X_l , то расстояние (4) между точками M и N равно сумме длин тех ребер (число которых минимально), по которым надо пройти, чтобы попасть из точки M в точку N .

Заметим, что расстояние по Хеммингу является частным случаем расстояния (4), когда весовые коэффициенты букв x_j удовлетворяют условию $r_0 = r_1 = \dots = r_{n-1} = 1$.

3. Теперь зададимся целью использовать построенное метрическое пространство для классификации абстрактных образов. Рассмотрим сначала этап формирования эталонных классов и возможности определения весовых характеристик признаков эталонных классов. В качестве метода построения эталонных классов в настоящей работе используется мажоритарный принцип отбора признаков [3].

Пусть имеется перцептрон, число рецепторов которого равно n . Если число градаций рецепторов равно двум (0 и 1), то при каждом предъявлении объектов некоторого класса поле рецепторов перцептрона выдает на своем выходе определенное логическое слово X_i ($i = 0, 1, 2, \dots, 2^n - 1$), которое мы будем называть представляющим словом. Считается, что множество классов задается заранее, т. е. имеется некоторое множество Q классов $q_s \in Q$, $s = 0, 1, 2, \dots, s^* - 1$; $s^* \geq 2$ (обучение с „учителем“).

На этапе обучения объекты класса q_s предъявляются перцептрону m раз. Их множества m представляющих логических слов, получаемых на выходе поля рецепторов в результате всех m предъявлений, для классов q_s формируются эталонные логические слова $X_{s,j}$. Формируются они по мажоритарному принципу, т. е. в эталонные логические слова $X_{s,j}$ в качестве истинных букв входят только те единичные признаки x_{j_s} всех объектов класса q_s , которые появились на выходе больше, чем $m/2$ раз.

Признаки, включаемые в эталонное логическое слово $X_{s,j}$, не одинаково важны для описания элементов соответствующего класса q_s . Поэтому для оценки признаков объектов их необходимо дифференцировать по весовым коэффициентам. Естественно предположить, что весовые коэффициенты признаков эталонных классов являются возрастающими функциями частоты ν_{j_s} появления единичных признаков на выходе поля рецепторов перцептрона

$$r_{j_s} = f(\nu_{j_s}). \quad (5)$$

Пусть r_j принимают значения из множества $\{1, 2, 3, 4, 5\}$. Тогда в качестве функции (5) можно принять следующую ступенчатую функцию:

$$r_{j_s} = f(\nu_{j_s}) = \begin{cases} 1, & \text{если } 0,5 m < \nu_{j_s} \leq 0,6 m, \\ 2, & \text{если } 0,6 m < \nu_{j_s} \leq 0,7 m, \\ 3, & \text{если } 0,7 m < \nu_{j_s} \leq 0,8 m, \\ 4, & \text{если } 0,8 m < \nu_{j_s} \leq 0,9 m, \\ 5, & \text{если } 0,9 m < \nu_{j_s} \leq m. \end{cases} \quad (6)$$

С помощью весовых коэффициентов (6) для каждого класса q_s происходит отображение пространства признаков с расстоянием Хемминга на весовое пространство $B_n^{(s)}$, в котором расстояние между двумя точками



определено в теоретико-вероятностном смысле. В новом пространстве $B_n^{(s)}$ данному эталонному классу q_s соответствует одна из вершин n -мерного параллелепипеда с ребрами $a_{js} = r_{js}$, где a_{js} — длина j -го ребра этого параллелепипеда.

Будем предполагать, что в пространстве $B_n^{(s)}$ объектам данного класса q_s соответствует ансамбль весовых точек, рассеянных внутри некоторой области с центром в точке X_{s9} (гипотеза о компактности). Тогда подобие между объектами данного класса вычисляется с помощью расстояния между соответствующими точками в метрическом пространстве.

Для оценки меры сходства между представляющим логическим словом X_k и эталонными весовыми логическими словами X_{s9} вычисляются расстояния

$$\rho(X_{s9}, X_k) = \sum_{j=0}^{n-1} r_{js} (x_{js9} (+) x_{jk}). \quad (7)$$

По минимуму (7) можно судить о принадлежности представляющей точки X_k к определенному классу q_s .

По данной методике проводились опыты по распознаванию рукописных цифр на ЦВМ „УРАЛ-2“, которые подтвердили исходные предположения.

Тбилисский институт приборостроения и
 средств автоматизации

(Поступило в редакцию 10.1.1968)

კიბარნეტიკა

ბ. თვალაბეიშვილი

აბსტრაქტულ სახეთა კლასიფიკაციის ერთი ალგორითმის შესახებ
 რ ე ზ ი უ მ ე

წერილში განხილულია მათემატიკური ლოგიკის აპარატის გამოყენების შესაძლებლობა კლასიფიკაციის ამოცანის გადასაწყვეტად. აგებულია ორობითი ვექტორების სივრცე, რომელშიც მანძილი ნებისმიერ ორ წერტილს შორის განსაზღვრულია (4) გამოსახულებით. ჰემინგის სივრცისაგან განსხვავებით, ამ შემთხვევაში გათვალისწინებულია ის ფაქტი, რომ სხვადასხვა ორობით ცვლადებს, რომლითაც ხასიათდება ესა თუ ის აბსტრაქტული სახე, აქვთ სხვადასხვა წონა. ეს წონა მიიღება კლასიფიკაციის ამოცანის ამოხსნის დასწავლის ეტაპზე.

გადაწყვეტილების მიღება გამოსაცნობი ობიექტის ამა თუ იმ კლასზე მიკუთვნების შესახებ, ხდება გამოსაცნობი ობიექტის კოდსა და ეტალონური კლასების შესაბამისი წონით ლოგიკურ სიტყვებს შორის მანძილის მინიმუმის კრიტერიუმით.

დადოვებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. Я. Базилевский. В сб.: «Вопросы теории математических машин», I, Физматгиз, М., 1958.
2. R. W. Hamming. BSTJ, vol. 29. 1950.
3. В. И. Стрелец. В сб.: «Прикладные задачи технической кибернетики», изд. «Советское радио», М., 1966.

В. В. ЧАВЧАНИДЗЕ (член-корреспондент АН ГССР), О. И. ГАЛИЦКАЯ,
А. В. КОРНЕЕВА

СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ МЕТОДА МАТРИЧНОГО АНАЛИЗА МНОГОМЕРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Метод матричного анализа временных рядов [1] допускает естественное обобщение на случай многомерного пространства и может быть использован для моделирования поведения объекта, находящегося под воздействием некоторого фактора.

Допустим, что состояние объекта описывается R параметрами, представляющими собой случайные функции времени. Наблюдение над объектом ведется в течение времени T , и через равные интервалы времени Δt производятся замеры параметров. В результате изменение состояния объекта может быть описано R -мерным временным рядом

$$(p_1(1), p_2(1), \dots, p_R(1)), (p_1(2), p_2(2), \dots, p_R(2)), \dots, \\ (p_1(L), p_2(L), \dots, p_R(L)), \quad (1)$$

где $L = \frac{T}{\Delta t}$, $p_r(l)$ —значение параметра p_r в момент времени l ($l = 1, 2, \dots, L$; $r = 1, 2, \dots, R$).

Пусть для каждого из R рассматриваемых параметров допустимо разбиение диапазона возможных значений на n интервалов. Закодировав их числами $0, 1, \dots, n-1$, состояние объекта в момент времени l можем описать вектором

$$s(l) = (i_1(l), i_2(l), \dots, i_R(l)), \quad (2)$$

где $i_r(l)$ —номер интервала, в который попало значение параметра p_r в момент времени l .

Последовательность векторов состояния

$$s(1), s(2), \dots, s(L) \quad (3)$$

описывает поведение объекта за время T .

Рассмотрим R -мерное фазовое пространство с осями p_1, p_2, \dots, p_R , разбитыми на интервалы $0, 1, \dots, n-1$. Все точки этого пространства могут быть перенумерованы в n -ичной системе счисления от $00\dots 0$ до $n-1 n-1 \dots n-1$ (общее число их n^R).

Введем понятие матрицы состояния объекта. Она представляет собой вектор-столбец

$$\Phi(l) = \|a_{i_1 i_2 \dots i_R}(l)\|, \quad i_1 i_2 \dots i_R = 00\dots 0, 00\dots 1, \dots, n-1 n-1 \dots n-1, \quad (4)$$

где

$$a_{i_1 i_2 \dots i_R}(l) = \begin{cases} 1, & \text{если объект попал в точку } i_1 i_2 \dots i_R \text{ в момент } l, \\ 0, & \text{если объект не попал в точку } i_1 i_2 \dots i_R \text{ в момент } l. \end{cases}$$



Матрица $\psi(l)$ содержит единицу в строке, номер которой соответствует состоянию объекта.

При воздействии на объект некоторого фактора P может быть получена последовательность матриц состояния

$$\psi(1), \psi(2), \dots, \psi(L). \quad (5)$$

Пусть изучается действие фактора P на определенный класс объектов, задаваемый достаточно представительной статистической выборкой. Поведение каждого из объектов может быть описано последовательностью векторов состояния типа (3).

Располагая векторами состояния N заданных объектов рассматриваемого класса для моментов времени l и $l+1$, можно вычислить матрицу вероятностей переходов

$$G(l, l+1) = \|g_{i_1 i_2 \dots i_R, j_1 j_2 \dots j_R}(l, l+1)\|, \quad (6)$$

$$i_1 i_2 \dots i_R, j_1 j_2 \dots j_R = 00 \dots 0, 00 \dots 1, \dots, n-1 \ n-1 \dots n-1; \\ l = 1, 2, \dots, L-1,$$

где $i_1 i_2 \dots i_R$ и $j_1 j_2 \dots j_R$ — номера точек фазового пространства, а $g_{i_1 i_2 \dots i_R, j_1 j_2 \dots j_R}(l, l+1)$ — вероятность перехода объекта из состояния, соответствующего точке $i_1 i_2 \dots i_R$, в состояние, соответствующее точке $j_1 j_2 \dots j_R$.

$$g_{i_1 i_2 \dots i_R, j_1 j_2 \dots j_R}(l, l+1) = \frac{m}{M}, \quad (7)$$

где M — число объектов, попавших в точку $i_1 i_2 \dots i_R$ в момент l , а m — число объектов, перешедших из точки $i_1 i_2 \dots i_R$ в точку $j_1 j_2 \dots j_R$ в момент $l+1$.

Класс объектов, на которые воздействует изучаемый фактор, описывается последовательностью матриц вероятностей переходов

$$G(1, 2), G(2, 3), \dots, G(L-1, L). \quad (8)$$

Матрицы вероятностей переходов могут быть использованы для моделирования поведения объекта [1, 2].

Допустим, что состояние некоторого объекта в момент времени l описывается вектором состояния (2), которому соответствует матрица состояния (4). На объект действует фактор P . Используя матрицы вероятностей переходов (8), вычисленные по данным статистической выборки, можем имитировать поведение объекта.

Если состояние объекта таково, что в матрице $\psi(l)$ единица стоит в строке с номером $i_1 i_2 \dots i_R$, то

$$G(l, l+1) \psi(l) = \begin{vmatrix} g_{i_1 i_2 \dots i_R, 00 \dots 0}(l, l+1) \\ g_{i_1 i_2 \dots i_R, 00 \dots 1}(l, l+1) \\ \dots \\ g_{i_1 i_2 \dots i_R, n-1 \ n-1 \dots n-1}(l, l+1) \end{vmatrix} = \quad (9)$$

$$\begin{aligned}
 &= g_{i_1 i_2 \dots i_R, 00 \dots 0}^{(l, l+1)} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix} + g_{i_1 i_2 \dots i_R, 00 \dots 1} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix} + \\
 &+ \dots + g_{i_1 i_2 \dots i_R, n-1 n-1 \dots n-1} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

Для получения конкретного состояния объекта в момент $l+1$ необходимо осуществить розыгрыш Монте-Карло для $i_1 i_2 \dots i_R$ -го столбца матрицы $G(l, l+1)$ [1,2].

В результате получим матрицу состояния $\psi(l+1)$, в которой единица стоит в $j_1 j_2 \dots j_R$ -й строке. Номер этой строки определяет состояние объекта в момент $l+1$.

Имея матрицы $G(l+1, l+2)$ и $\psi(l+1)$, можно получить состояние объекта в момент $l+2$, произведя розыгрыш Монте-Карло для $j_1 j_2 \dots j_R$ -го столбца матрицы $G(l+1, l+2)$ и т. д. В результате будет построена последовательность векторов состояния объекта, на который действует фактор P .

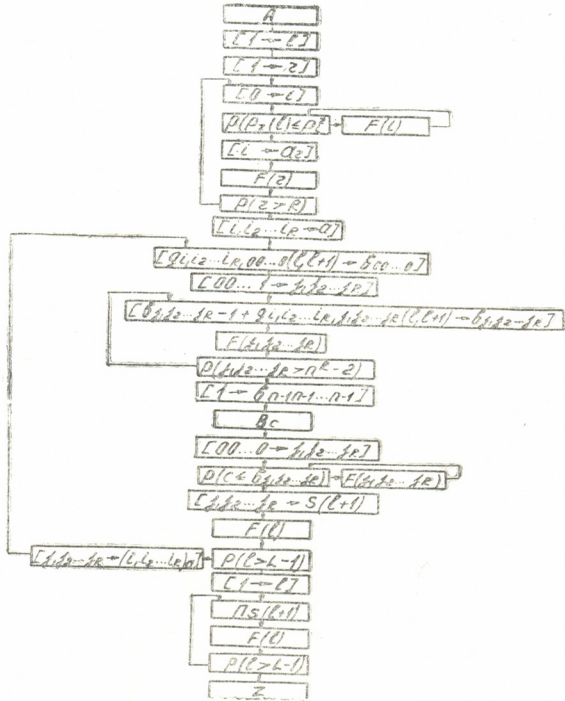


Рис. 1. Блок-схема программы моделирования поведения объекта

На рис. 1 приведена блок-схема программы моделирования поведения объекта. В ней приняты следующие обозначения:

- l — момент времени, $l=1, 2, \dots, L$;
- r — номер параметра, $r=1, 2, \dots, R$;

i —номер интервала, $i=0, 1, \dots, n-1$;

$p_r(l)$ —значение параметра p_r в момент времени l ;

p_r^i —верхняя граница i -го интервала для r -го параметра;

$i_1 i_2 \dots i_R, j_1 j_2 \dots j_R$ —номер точки R -мерного фазового пространства;

$(i_1 i_2 \dots i_R)_a$ —число $i_1 i_2 \dots i_R$, находящееся в ячейке a ;

a_r ($r=1, 2, \dots, R$)—ячейка для хранения числа i_r ;

a —ячейка для хранения числа $i_1 i_2 \dots i_R$;

$b_{j_1 j_2 \dots j_R}$ ($j_1 j_2 \dots j_R=00\dots0, 00\dots1, \dots, n-1 n-1 \dots n-1$)—ячейка для

хранения суммы

$$g_{i_1 i_2 \dots i_R, 00 \dots 0} + g_{i_1 i_2 \dots i_R, 00 \dots 1} + \dots + g_{i_1 i_2 \dots i_R, j_1 j_2 \dots j_R};$$

$s(l+1)$ ($l=1, 2, \dots, L-1$)—ячейка для хранения вектора состояния объекта;

A —оператор ввода начальных данных;

$[\rightarrow]$ —оператор засылки;

$p(\)$ —оператор проверки логического условия;

$F(\)$ —оператор переадресации;

B_c —оператор выбора случайного числа C ;

$\Pi_{s(l+1)}$ —оператор выдачи на печать содержимого ячейки $s(l+1)$;

Z —оператор остановки.

Академия наук Грузинской ССР

Институт кибернетики

(Поступило в редакцию 31.1.1968)

კომპიუტერული

3. ზავჩანიძე (საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი),
 ო. გალიცაია, ა. კორნეევა

ობიექტის ქცევის სტატისტიკური მოდელირება

მრავალგანზომილებიანი დროის მჭკრივების მატრიცული ანალიზის
 მეთოდის საფუძველზე

რეზიუმე

წერილში განხილულია დროის მჭკრივების მატრიცული ანალიზის გან-
 ზოვადება მრავალგანზომილებიანი სივრცის შემთხვევისათვის და ამ მეთოდის
 გამოყენების შესაძლებლობა იმ ობიექტის ქცევის მოდელირებისათვის,
 რაც რომელიმე ფაქტორის შემოქმედების ქვეშ იმყოფება.

ობიექტის მდგომარეობის აღწერის საფუძველზე აკვადის ობიექტების
 მდგომარეობათა მატრიცების მიმდევრობის გზით—გადასვლათა ალბათობების
 მატრიცთა მიმდევრობის საშუალებით — სორცეიდება ობიექტის ქცევის
 სტაბილიზაცია დროის მომდევნო მომენტებში.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Чавчанидзе. Одномерные временные ряды и извлечение информации из энцефалограмм. Депонировано ВИНТИ, М., 1963.
2. О. И. Галицкая, А. В. Корнеева, В. В. Чавчанидзе. В сб.: «Теоретические вопросы бионики», изд. «Мецниереба», Тбилиси, 1966, 145—157.



УДК 612.84

КИБЕРНЕТИКА

Н. Л. МЕЛИКАДЗЕ

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ЗРИТЕЛЬНЫХ ОБРАЗОВ

(Представлено членом-корреспондентом Академии В. В. Чавчавидзе 31.1.1968)

Рассмотрим множество S , элементы которого мы будем называть объектами. Нам нужно выяснить наличие некоторого свойства P у объектов из S . Пусть нам удалось построить некий алгоритм, который дает возможность ответить на вопрос, обладает ли произвольный объект $x \in S$ свойством P или нет. В таком случае мы говорим, что нам удалось формализовать свойство P . Однако это не всегда возможно. Пусть для заданного S и некоторого P нам не удалось построить соответствующего алгоритма. Такого алгоритма может не существовать либо просто он нам не известен. Такое свойство мы будем называть неформальным свойством.

Для того чтобы все же иметь возможность говорить о значении неформального свойства того или иного объекта из S , мы введем понятие „пробного заряда“. Им мы будем называть некое устройство, некий черный ящик, относительно которого нам известно, что в силу особенности его внутренней структуры его реакция на объекты из S , обладающие свойством P и этим свойством не обладающие, различна. Эта реакция поддается регистрации и измерению. Таким образом, по реакции „пробного заряда“ мы будем судить о наличии интересующего нас неформального свойства у объектов из S . Мы будем говорить, что объект $a \in S$ обладает неформальным свойством P в смысле ε , если наличие этого свойства у a определено с помощью некоторого „пробного заряда“ ε . Кроме того, будем говорить, что „пробный заряд“ ε определен на множестве S , если он дает возможность определить наличие или отсутствие свойства P у произвольного объекта $a \in S$.

Пусть „пробный заряд“ ε определен на множестве $S \cup S'$. Задано отображение $\varphi: S \rightarrow S'$. Будем говорить, что отображение φ сохраняет неформальное свойство P , если из $P(x)$, $x \in S$, следует, что $P(\varphi(x))$. Здесь и далее утверждение $P(x)$ будет пониматься только в смысле ε .

Рассмотрим конечную систему множеств J :

$$J = \{S_1, S_2 \dots S_N\}.$$



Обозначим $S = \bigcup_{r=1}^N S_r$. Пусть $\varphi: S \rightarrow S$ удовлетворяет условию

$$\varphi(S_i) \subseteq S_{i-1}, \quad i \in \overline{2, N}. \quad (1)$$

Обозначим $\varphi^k(x) \equiv \varphi(\varphi(\varphi \dots \varphi(x) \dots))$. Ясно, что если $x \in S_i$, то $\varphi^k(x) \in S_{i-k}$.

Определим на множестве S „пробный заряд“ ε . Мы будем говорить, что функция φ сохраняет значение неформального свойства P для объектов множества S_N на глубину k (в смысле ε), если для произвольного $x \in S_N$ одновременно имеет место

$$P(x), P(\varphi(x)), \dots, P(\varphi^k(x)). \quad (2)$$

Пусть X_N обозначает некоторое прямоугольное поле на плоскости, состоящее из конечного числа клеток, где каждая клетка может быть окрашена либо в черный, либо в белый цвет. Символ N является параметром поля, характеризующим его линейные размеры, т. е. количество клеток, расположенных вдоль одной из его сторон.

Обозначим через t_i общее количество клеток поля X_i . Имеем $t_i = f(i)$, где f представляет собой монотонную функцию от i . В частном случае может быть $t_i = i$. Обозначим через z_i i -ю клетку поля X_j . В зависимости от того, окрашена клетка z_i в черный или в белый цвет, будем считать, что значение z_i равно соответственно 1 либо 0.

Рассмотрим конечное множество полей

$$X_1, X_2, \dots, X_N. \quad (3)$$

Обозначим через S_i множество всех изображений, которые можно нарисовать на поле X_i закрашиванием каждой клетки в один из двух возможных цветов. Системе (3) будет соответствовать система конечных множеств

$$J = \{S_1, S_2, \dots, S_N\}. \quad (4)$$

„Пробным зарядом“ ε во всем дальнейшем изложении у нас будет служить человек.

Каждое изображение из S_i можно представить в виде некой точки в пространстве R^{t_i} . Пусть дано некоторое неформальное свойство P такое, что множество тех изображений $B_p \subseteq S_N$, которые обладают этим свойством (в смысле ε), составляют в R^{t_N} компактное множество. Компактное множество здесь понимается так, как это принято в теории распознавания образов.

Рассмотрим класс функций $\Phi = \{\varphi\}$, где каждая $\varphi \in \Phi$ осуществляет отображение изображений из множества S_{i+1} в изображения множества S_i . Здесь $i \in \overline{1, N-1}$. Функции класса Φ определены следующим образом. Произведем разбиение поля X_i на t_{i-1} односвязных выпуклых подмножествах $A_1, A_2, \dots, A_{t_{i-1}}$, каждое из которых содержит равное количество τ

клеток. Введем некоторые определения. Пусть $a \in S_i$ — некоторое изображение поля X_i . Назовем j -м фрагментом изображения a ту ее часть, которая составлена из клеток подмножества A_j . Совокупность значений этих клеток будем называть значением j -го фрагмента изображения a . Таким образом, значением j -го фрагмента будет некий упорядоченный набор из нулей и единиц длиной τ .

Сопоставим множеству $A_j \subset X_i$ j -ю клетку поля X_{i-1} , значение которой будет зависеть от значения j -го фрагмента того изображения a , которое переносится с поля X_i на поле X_{i-1} . Это означает, что на множестве всевозможных значений подмножества A_j определена некая булева функция F_j от τ переменных, которая значению j -го фрагмента изображения a сопоставляет значение соответствующей клетки поля X_{i-1} .

Исходя из сути рассматриваемого процесса, наложим на этот закон сопоставления следующие ограничения. Во-первых, он не должен зависеть от того изображения, которое переносится с поля X_i на поле X_{i-1} . Во-вторых, должно иметь место

$$F_1 = F_2 = \dots = F_{i-1} \equiv F. \quad (5)$$

Обозначим через y_j ту клетку поля X_{i-1} , которая сопоставляется множеству A_j . В работе [1] показано, что в силу вышеприведенных ограничений функция F должна иметь вид

$$y_j = \begin{cases} 1, & \text{если } \sum_{z_i \in A_j} z_i \geq h, \\ 0, & \text{если } \sum_{z_i \in A_j} z_i < h, \end{cases} \quad (6)$$

где число $h \geq 0$ есть порог функции F . Ясно, что каждая из функций $\varphi \in \Phi$ определяется некоторым числом h .

Пусть n_i есть число людей (пробных зарядов), участвовавших в эксперименте, в котором определялась возможность сохранения неформального свойства P у изображения a при отображении функцией $\varphi_i \in \Phi$. Обозначим через $n_i^+(a)$ число случаев, когда испытуемые признавали наличие свойства P у изображения a .

Введем в множество Φ частичную упорядоченность. Будем считать, что $\varphi_i > \varphi_j$ (φ_i лучше φ_j), если для произвольного неформального свойства P , которому во множестве изображений S_N соответствует компактное множество $B_p \subset S_N$, для всякого k ($1 \leq k \leq N-1$) и $a \in B_p$ имеем

$$\frac{n_i^+[\varphi_i^k(a)]}{n_i} > \frac{n_j^+[\varphi_j^k(a)]}{n_j}. \quad (7)$$

Нами был произведен следующий психологический эксперимент. Произвольным образом было выбрано несколько неформальных свойств P_1, P_2, \dots, P_q таких, что множество $B_{p_i} \subset S_N$, соответствующее свойству P_i , представляло собой компактное множество. Из каждого B_{p_i} ($i \in \overline{1, q}$) слу-



чайным образом выбиралось по одному изображению $a_i \in B_{p_i}$. Для каждого $a_i \in B_{p_i}$ и каждой функции $\varphi_j \in \Phi$ строилась последовательность изображений

$$a_i, \varphi_j(a_i), \varphi_j^2(a_i), \dots, \varphi_j^{N-1}(a_i), \quad (8)$$

где $i \in \overline{1, q}$ и $\varphi_j \in \Phi$. Для каждого изображения из ряда (8) определялось число случаев, когда в эксперименте с психически полноценными субъектами (пробными зарядами) признавалось наличие свойства P_i у данного изображения. В множество Φ вводилось упорядочение согласно условию (7). Результаты экспериментов показали, что по введенному частичному порядку множество Φ имеет наибольший элемент (наилучшую функцию). Эксперименты проводились для случая, когда $\tau=4$. Наилучшей оказалась функция $\varphi_0 \in \Phi$, которая задавалась порогом $h=2$.

Таким образом, в рассматриваемом классе функций Φ была найдена функция, которая наилучшим образом производила преобразование изображений с поля X_i на меньшее поле X_{i-1} с сохранением определенного неформального свойства. „Наилучший“ здесь понимается в статистическом смысле, согласно определению (7), когда в качестве „пробных зарядов“ брали людей. Тут очень существенно то обстоятельство, что при преобразовании изображений в смысле выбранной нами системы „пробных зарядов“ функция φ_0 сохраняет произвольное неформальное свойство, если только свойство это таково, что соответствующее ему множество изображений составляет компактное множество.

Рассмотрим теперь возможность использования полученных здесь результатов в системах распознавания зрительных образов. Пусть нам задана некая конечная система неформальных свойств

$$P = \{P_1, P_2 \dots P_n\},$$

которая определена на множестве изображений класса J в смысле некоторого „пробного заряда“ ϵ . Пусть каждое свойство P_i таково, что множество $B_{p_i} \subseteq X_N$ представляет собой компактное множество. Система P во множестве S_N задает разбиение $\pi = \{A_1, A_2, \dots, A_n, A_{n+1}\}$, где $A_i = B_i$,

$$i \in \overline{1, n}, A_{n+1} = S_N / \bigcup_{i=1}^n B_{p_i}.$$

Рассмотрим некоторую систему M , входом которой служит поле X_N , на которое проецируются различные изображения $a \in S_N$. Система M должна обучиться классифицировать эти изображения согласно разбиению π , т. е. научиться сопоставлять каждому изображению $a \in S_N$ индекс i того класса A_i , для которого имеет место $a \in A_i$.

Каждый раз при предъявлении очередного изображения в систему фактически вводится упорядоченный набор из t_N двоичных чисел. На основе этой информации система M должна выработать свое решение о принадлежности данного изображения к тому или иному классу, которое фор-

мируется по определенному алгоритму. Ясно, что чем больше число N (и, следовательно, $t_N = f(N)$), т. е. чем больше количество данных вводится в классифицирующую систему, тем больше объем вычислений, которые необходимо ей произвести, и тем сложнее сам алгоритм обработки всей информации. Классифицирующей системе M невыгодно обрабатывать избыточный массив чисел. Поэтому совершенно естественно желание наделить ее способностью уменьшать избыточность обрабатываемой ею информации. Если такое уменьшение возможно, то это означает, что, видимо, существует более компактный способ записи входных изображений, при котором возможно различать изображения из разных классов. Один из возможных путей нахождения более компактной записи изображений с помощью отображения их с большего поля на меньшее нами фактически уже был рассмотрен.

Обозначим через k_i глубину сохранения свойства $P_i \in P$ при отображении φ_0 . Пусть $k = \min\{k_1, k_2, \dots, k_n\}$. Тогда, для того чтобы определить, каким из свойств системы P обладает произвольное изображение $a \in S_N$, мы можем с тем же успехом оперировать изображением $\varphi_0^k(a) \in S_{N-k}$, что означает ввод в систему M набора двоичных чисел длиной $t_{N-k} < t_N$. Конечно, классифицирующую систему можно было заранее снабдить входным полем X_{N-k} и тем самым вообще избежать процесса предварительного преобразования изображений с поля X_N на X_{N-k} . Однако это можно сделать лишь в том случае, когда нам заранее известна вся система P , характер входящих в нее свойств P_i и их общее количество. Если же у классифицирующей системы нет этой априорной информации, то сведения о ней могут добываться лишь в процессе обучения. Одновременно с формированием способности производить желаемую классификацию в системе должен происходить поиск такой величины k , при которой эту классификацию еще можно произвести.

Рассмотрим теперь алгоритм определения числа k . Пусть $T \subseteq S_N$ есть множество изображений обучающей последовательности. Представим T в виде

$$T = T_1 \cup T_2 \cup \dots \cup T_n,$$

где T_i есть множество изображений обучающей последовательности, обладающих свойством P_i . Ясно, что $T_i \subseteq B_{P_i}$, $i \in \overline{1, n}$. Возьмем два изображения $a \in T_i$ и $b \in T_j$ ($i \neq j$). Для каждого из них построим последовательность

$$\begin{aligned} a, \varphi_0(a), \varphi_0^2(a), \dots \\ b, \varphi_0(b), \varphi_0^2(b), \dots \end{aligned} \quad (9)$$

Найдем из выражения (9) такое число k_1 , чтобы одновременно выполнялось

$$\varphi_0^{k_1}(a) \neq \varphi_0^{k_1}(b) \quad \text{и} \quad \varphi_0^{k_1+1}(a) = \varphi_0^{k_1+1}(b).$$

Пусть $c \in T_m$ ($i \neq m \neq j$). Если имеет место

$$\varphi_0^{k_1}(x) \neq \varphi_0^{k_1}(c), \quad (10)$$

где $x \in \{a, b\}$, то число k_1 оставляем без изменений. В случае, если для какого-либо $x \in \{a, b\}$ в выражении (10) имеет место знак равенства, ищем такое число $k_2 < k_1$, что для всех $x \in \{a, b\}$ имеет место $\varphi_0^{k_2}(x) \neq \varphi_0^{k_2}(c)$ и по крайней мере для одного $x \in \{a, b\}$ имеем $\varphi_0^{k_2+1}(x) = \varphi_0^{k_2+1}(c)$.

Продолжая этот процесс, каждый раз, когда для какого-либо очередного изображения $c \in T_S$ из обучающей последовательности существует такое $d \in T_p$ ($s \neq p$), ранее предъявленное системе M , что для зафиксированного в данный момент системой числа k_i имеет место

$$\varphi_0^{k_i}(c) = \varphi_0^{k_i}(d), \quad (11)$$

производим постепенное уменьшение числа k_i до тех пор, пока в выражении (11) условие равенства не будет нарушено. После того как все изображения обучающей последовательности будут предъявлены классифицирующей системе, определится некоторое число k такое, что изображения из T , рассмотренные на поле X_{N-k} , принадлежащие разным классам, будут различимы системой M . Следовательно, поле X_{N-k} может служить входным полем классифицирующей системы.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт кибернетики

(Поступило в редакцию 31.1.1968)

კიბერნეტიკა

ბ. მელიკაძე

გამოსახულებათა წინასწარი გარდაქმნა სახითა
 გამოცნობის სისტემაში

რ ე ზ ი უ მ ე

წერილში განხილულია იმ ფუნქციათა ერთი კლასი, რომლებიც გარდაქმნიან სახეთა გამომცნობი სისტემის შესასვლელზე მიწოდებულ გამოსახულებებს. ეს გარდაქმნა წარმოებს სისტემის შესასვლელ ნაწილში და იგი არ აღეგებს გამოსახულებათა სწორი კლასიფიკაციის პირობას. მოცემულია ოპტიმალური გარდაქმნის მონახვის ალგორითმი, რომლის მოძებნა ხდება სისტემის სწავლების პროცესში.

დადოვებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Л. Меликадзе. Сообщения АН ГССР, XLIX, № 3, 1968.



Г. А. СИХАРУЛИДZE, Ю. И. УХАНОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ
CdSnAs₂ *n*-ТИПА

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. М. Мирианшвили 11.10.1967)

Теоретический анализ [1—4] энергетического спектра электронов в полупроводниковых соединениях типа $A^{II}B^{IV}C^V$ с кристаллической структурой халькопирита указывает на некоторое усложнение их зонной структуры по сравнению с полупроводниками типа $A^{III}B^V$, являющимися их изоэлектронными аналогами.

Экспериментальная информация об энергетической структуре исследуемого материала может быть получена из анализа спектров оптического поглощения естественных и поляризованных лучей в области основного края.

В настоящей работе приведены результаты исследований спектров поглощения естественных и линейно-поляризованных лучей при температурах 110 и 295°K в монокристаллических образцах *CdSnAs₂* *n*-типа, полученных нами [5].

Исследования были проведены в области длин волн от 1,5 до 25 мкм на спектрометре ИКС-12, к которому для низкотемпературных измерений был приспособлен азотный криостат с окнами из КВг.

Измерения были проведены на четырех монокристаллических образцах *n*-типа с разными концентрациями носителей заряда. Основные электрические параметры исследуемых образцов приведены в таблице.

№ образца	T = 295°K				T = 110°K			
	$R_{II} \left(\frac{CM^2}{КУП} \right)$	$N (CM^{-3})$	$\rho (OM \cdot CM)$	$\mu_{II} \left(\frac{CM^2}{В \cdot СЕК} \right)$	$R_{II} \left(\frac{CM^2}{КУП} \right)$	$N (CM^{-3})$	$\rho (OM \cdot CM)$	$\mu_{II} \left(\frac{CM^2}{В \cdot СЕК} \right)$
3 <i>n</i>	1,81	$3,5 \cdot 10^{18}$	$3,74 \cdot 10^{-4}$	4850	1,81	$3,5 \cdot 10^{18}$	$3,4 \cdot 10^{-4}$	5300
5 <i>n</i>	2,45	$2,6 \cdot 10^{18}$	$4,70 \cdot 10^{-4}$	5200	2,45	$2,6 \cdot 10^{18}$	$4,38 \cdot 10^{-4}$	5600
51 <i>An</i>	26,0	$2,4 \cdot 10^{17}$	$1,40 \cdot 10^{-3}$	18500	28,1	$2,2 \cdot 10^{17}$	$1,24 \cdot 10^{-3}$	22600
57 <i>An</i>	3,5	$1,8 \cdot 10^{18}$	$4,5 \cdot 10^{-4}$	7800	—	—	—	—

Примечание. Буквой А обозначены ориентированные образцы, а буквой *n*—тип проводимости материала.

Образцы, предназначенные для исследований, шлифовались до необходимой толщины с учетом концентрации электронов и после механической полировки помещались в криостат в оправе из алюминиевой фольги, что исключало возможность возникновения в них механических напряжений при изменении температуры. С целью расширения исследуемой области края основного поглощения ориентированный образец 51 An был утоньшен до $2,2 \pm 0,2$ мкм после его исследования при большей толщине (325 ± 3 мкм).

Во всех ориентированных образцах ось четвертого порядка C лежала в плоскости полированной поверхности.

Коэффициент поглощения α вычислялся на основании прозрачности t и коэффициента отражения R по формуле

$$t = \frac{(1 - R)^2 \exp(-\alpha d)}{1 - R^2 \exp(-2\alpha d)}. \quad (1)$$

На рис. 1 приведены спектры поглощения двух образцов с разными концентрациями электронов при температурах 295 и 110°К. Как видно из

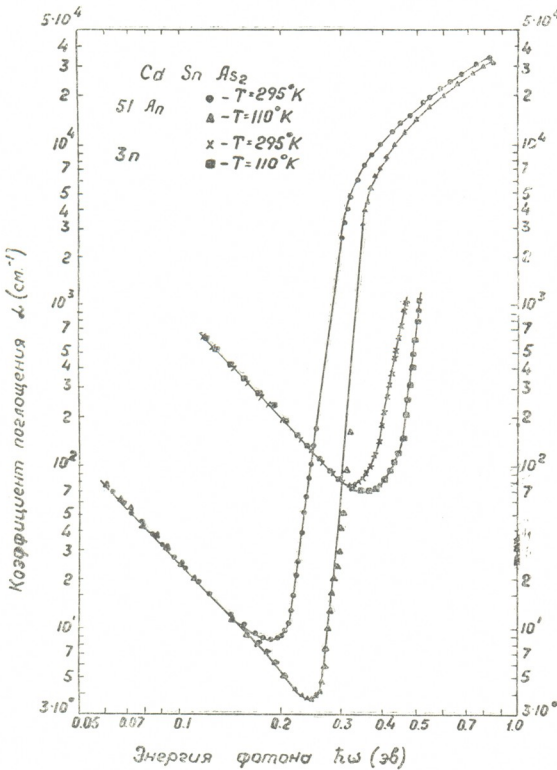


Рис. 1. Спектры поглощения образцов $CdSnAs_2$ с разными концентрациями электронов

висящее от температуры увеличение коэффициента поглощения α , связанное с взаимодействием электромагнитной волны со свободными носителями.

рисунка, для образца 51 An с меньшей концентрацией электронов край основного поглощения исследован вплоть до насыщения коэффициента поглощения, что не достигается в образце 3n, так как его толщина (45 ± 3 мкм) недостаточно мала для этой цели (для этого необходим образец с толщиной меньше 1 мкм).

На рисунке четко виден сдвиг края основного поглощения в зависимости как от концентрации электронов, так и от температуры (спектры поглощения остальных образцов, указанных в таблице, хорошо согласуются с приведенной картиной в зависимости от концентрации электронов). В длинноволновой области за краем основного поглощения наблюдается не за-

Зависимость α от энергии фотона выражается степенным законом $\alpha \sim (h\nu)^{-(2,2 \pm 0,06)}$ для образца $3n$ и $\alpha \sim (h\nu)^{-(2,15 \pm 0,06)}$ для $51An$. Исследование оптического поглощения линейно-поляризованных лучей в ориентированных образцах $CdSnAs_2$ показало, что край основного поглощения резко зависит от относительной ориентации электрического вектора волны \vec{E} и тетрагональной оси C (ось четвертого порядка).

Спектр поглощения естественных лучей в области основного края позволяет произвести анализ предполагаемых межзонных переходов вблизи главных экстремумов зон.

В спектре поглощения образца $51An$ выделяются три линейных участка, характеризующих степенную зависимость коэффициента поглощения от энергии фотонов падающего света. В длинноволновой области основного края ($\alpha < 4 \cdot 10^3 \text{ см}^{-1}$) зависимость коэффициента поглощения от энергии фотонов подчиняется закону $\alpha \sim (h\nu - E_g)^2$ и, вероятно, связана с непрямыми переходами. Ширина запрещенного зазора при не прямых межзонных переходах, определенная экстраполяцией линейного участка к $\alpha = 0$, оказалась равной $E_{gn-p} = (0,25 \pm 0,01)$ эв при $T = 295^\circ\text{K}$. Длинноволновый „хвост“ указанного линейного участка, который становится более коротким при $T = 110^\circ\text{K}$, видимо, связан с фоновым вкладом [6].

Существование не прямых межзонных переходов в кристаллах может быть обусловлено как относительным смещением экстремумов зон проводимости и валентной, так и участием оптических фононов, как это было предложено для объяснения подобного явления в $InSb$ [7]. Более убедительно об этом явлении, видимо, можно будет судить после проведения измерений при температуре жидкого гелия.

В области значений коэффициента поглощения $4 \cdot 10^3 \text{ см}^{-1} < \alpha < 3 \cdot 10^4 \text{ см}^{-1}$ наблюдаются два линейных участка с разными наклонами, подчиняющимися закону $\alpha \sim (h\nu - E_g)^{1/2}$. Они обусловлены прямыми разрешенными межзонными переходами и при экстраполяции к $\alpha = 0$ дают значения запрещенных энергетических зазоров $E_{g1} = (0,29 \pm 0,01)$ эв и $E_{g2} = (0,51 \pm 0,01)$ эв.

Существование двух видов прямых межзонных переходов может быть обусловлено сложной структурой зоны проводимости $CdSnAs_2$, который как материал с тетрагональной кристаллической структурой может содержать несколько подзон в зоне проводимости [8].

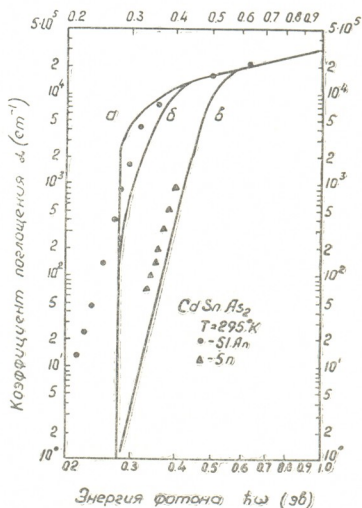


Рис. 2. Сопоставление расчетных кривых с экспериментальными данными в области края основного поглощения



Возможность существования второй подзоны в зоне проводимости $CdSnAs_2$ согласуется с нашими гальваномагнитными исследованиями [9].

Анализ графиков зависимостей $\alpha = f(h\nu - E_g)$ показал, что для естественного света экспериментальные значения α ложатся на прямую линию при $E_g = 0,28$ эВ, которая, вероятно, является шириной запрещенной зоны $CdSnAs_2$ при $T = 295^\circ\text{K}$. Близкое значение ширины запрещенной зоны для этого материала было указано в работе [10].

Как показали исследования, оптическая ширина запрещенного зазора в образцах n -типа существенно зависит от концентрации электронов. Это свидетельствует о быстром заполнении электронами зоны проводимости $CdSnAs_2$, которая, видимо, характеризуется малой плотностью электронных состояний.

На рис. 2 сопоставлены экспериментальные значения коэффициента поглощения в области основного края с расчетными кривыми, показывающими теоретический вид края основного поглощения $CdSnAs_2$ как для идеально чистого материала („а“), так и для материала разной степени легирования („б“ и „в“). Кривая „а“ была рассчитана по формуле

$$\alpha_0 = C (h\nu - E_g)^{1/2}, \quad (2)$$

справедливой для прямых разрешенных переходов из максимума валентной зоны в пустую зону проводимости, описываемую неквадратичным законом дисперсии. В случае больших концентраций электронов кривые поглощения были рассчитаны по формуле [11]

$$\alpha_N = \alpha_0 \left\{ 1 + \exp \left[\frac{E_F' - (h\nu - E_g)}{\left(1 + \frac{m_n}{m_p} \right) KT} \right] \right\}^{-1}, \quad (3)$$

где $E_F' = \left[1 + \frac{m_n}{m_p} \right] E_F$, E_F — уровень Ферми, а m_n и m_p — эффективные массы электронов и дырок соответственно. Кривые „б“ и „в“ соответствуют концентрациям электронов $2,4 \cdot 10^{17}$ и $2,6 \cdot 10^{18}$ см $^{-3}$. Параметр C , характеризующий зонную структуру материала и включающий в себя вероятность дипольных переходов вблизи экстремумов зон, был определен из спектра поглощения чистого образца $51A_n$ и оказался равным

$$C = (34 \pm 1) \cdot 10^3 \text{ см}^{-1} \text{ эВ}^{-1/2}.$$

Как видно из приведенного рисунка, полученные экспериментальные точки удовлетворительно согласуются с расчетными кривыми. Некоторое отклонение экспериментальных результатов от теоретической длинноволновой области спектра в образце $51A_n$, по-видимому, связано с непрямыми переходами; не исключено также влияние частичной компенсации примесей. С понижением температуры до 110°K край основного поглощения в исследованных образцах смещается в коротковолновую сторону без изменения его формы. Термический коэффициент изменения ширины запрещенной зоны $CdSnAs_2$ оказался равным $dE_g/dT = (2,7 \pm 0,3) \cdot 10^{-4}$ эВ/град.

В исследованных образцах анализ длинноволнового спектра поглощения показал, что поглощение, связанное со свободными носителями заряда, подчиняется закону $\alpha \sim (h\nu)^\kappa$, где $\kappa = (2,2 \pm 0,1)$. Предполагая, что механизм поглощения на свободных носителях в $CdSnAs_2$ подобен таковому в его электронных аналогах $InSb$ и $InAs$, можно воспользоваться расчетами Хаги и Кимури [12] и сделать вывод, что в исследованных кристаллах механизмом рассеяния носителей заряда является комбинация рассеяния на акустической и оптической ветвях колебаний решетки.

В проведенных исследованиях особый интерес вызывают спектры поглощения линейно-поляризованных лучей в зависимости от относительной ориентации кристаллографических осей материала и электрического вектора волны \vec{E} .

Как показал анализ спектров поглощения поляризованных лучей в области прямых разрешенных переходов, ширина запрещенного зазора при $\vec{E} \perp C$ превышает таковой при $\vec{E} \parallel C$:

$E_{g1}'' = (0,26 \pm 0,01)$ эВ, $E_{g2}'' = (0,32 \pm 0,01)$ эВ, $E_{g1}^\perp = (0,30 \pm 0,01)$ эВ, а $E_{g2}^\perp = (0,43 \pm 0,01)$ эВ при $T = 295^\circ K$.

Относительное расположение края основного поглощения при $\vec{E} \perp C$ и $\vec{E} \parallel C$ в наших измерениях расходится с результатами Лерау-Хуго [10], причина чего, вероятно, связана с погрешностью определения кристаллографических осей.

С целью проверки правильности ориентации наших образцов был проведен дополнительный эксперимент. Из соображений симметрии одноосных кристаллов [13], к числу которых принадлежит $CdSnAs_2$, в случае расположения вектора распространения волны \vec{P} параллельно оси C двойное лучепреломление не должно наблюдаться, в то время как оно должно быть существенным при $\vec{P} \parallel a$, в зависимости от расположения вектора \vec{E} относительно оси C . Измерения, проведенные на двух образцах с расположением кристаллографических осей „ C “ и „ a “ перпендикулярно полированной поверхности, подтвердили эти соображения.

Приведенные экспериментальные результаты по поглощению поляризованных лучей в кристаллах $CdSnAs_2$ дают возможность высказать некоторые соображения о местонахождении экстремумов зон в исследуемом материале.

Используя теоретико-групповые методы на основе работы [1], можно показать, что, согласно правилам отбора, межзонные переходы удовлетво-

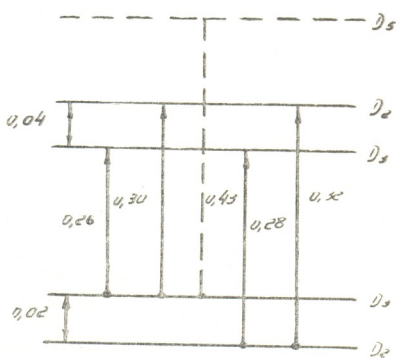


Рис. 3. Предполагаемая картина расположения энергетических зон в $CdSnAs_2$



руют экспериментальным данным в точках, расположенных на границе зоны Бриллюэна. В обозначениях работы [1] этими точками могут быть точки, расположенные на линии $D \left(K_x = K_y, K_x + K_y = \frac{\pi}{a} \right)$, в частности точка $P \left(\frac{\pi}{2a}, \frac{\pi}{2a}, \frac{\pi}{2c} \right)$. При этом разрешенными для $\vec{E} \parallel C$ могут являться переходы между зонами $D_i \rightarrow D_i$, где $i = 2, 3, 4, 5$, а для $\vec{E} \perp C$ — переходы $D_2 \rightarrow D_3, D_2 \rightarrow D_4, D_3 \rightarrow D_5, D_4 \rightarrow D_5$.

Одно из возможных расположений зон приведено на рис. 4, а остальные легко можно получить используя приведенные правила отбора. (Показанный на рис. 3 переход с энергией $E_{g\perp} = 0,28$ эВ гипотетический и, вероятно, замаскирован остальными).

(Поступило в редакцию 11.10.1967)

ფიზიკა

ბ. სისხარულიძე, ი. უხანოვი

n-ტიპის $CdSnAs_2$ -ს შთანთქმის სპექტრების გამოკვლევა

რეზიუმე

წერილში მოყვანილია ბუნებრივი და პოლარიზებული სხივების შთანთქმის სპექტრების გამოკვლევის შედეგები პერსპექტიული ნახევრადგამტარული მასალის ($CdSnAs_2$) მონოკრისტალურ ნიმუშებში. გამოკვლევა ჩატარდა 1,5-დან 25 μ -მდე ტალღის სიგრძეთა შუალედში 295 და 110°K ტემპერატურებზე. აღწერილია კვლევის მეთოდика და მიღებული შედეგები.

მიღებული შთანთქმის სპექტრების ანალიზი საშუალებას იძლევა გავაკეთოთ საინტერესო დასკვნები მოცემული ნახევრადგამტარული მასალის ენერგეტიკული ზონური სტრუქტურის შესახებ.

დადოებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Челдышев, В. Н. Покровский. Изв. вузов, Физика, 1960, 173.
2. Ф. М. Гашим-заде. ФТТ, 5, 1963, 1199.
3. R. Sandbrock, G. Treusch. Z. Naturforschung, 19a, 1964, 844.
4. M. Lietz, H. Rössler. Z. Naturforschung, 19a, 1964, 850.
5. А. С. Борщевский, Н. А. Горюнова, Г. А. Сихарулидзе и др. ДАН СССР, 171, 1966, 4.
6. Р. Смит. Полупроводники. ИЛ, М., 1962.
7. P. Dumke. Phys. Rev., 108, 1957, 1419.
8. H. Callen, J. Chem. Phys., 22, 1954, 518.
9. Ю. В. Мальцев, Т. А. Полянская, Г. А. Сихарулидзе и др. ФТП, 7, 1967.
10. P. Leroux-Hugon. J. Phys. Chem. Sol., 27, 1966, 1205.
11. E. D. Palik, D. Mitchell, G. Zemel. Phys. Rev., 135, 1964, A763.
12. E. Haga, H. Kimura. J. Phys. Soc. Japan, 18, 1963, 777.
13. А. В. Шубников. Основы оптической кристаллографии. Изд. АН СССР, М., 1953.



УДК 546.28

ФИЗИКА

Г. А. НАКАШИДЗЕ, Л. А. ГОГАВА, Е. И. ДЖАПАРИДЗЕ,
А. Г. ТЕР-САРКИСОВА

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРЕМНИЕВЫХ МНОГОСЛОЙНЫХ СТРУКТУР

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. М. Мирианшвили 16.12.1967)

Известно, что в основной части спектра (в области собственного поглощения) гомогенного полупроводникового вещества каждый фотон создает одну электронно-дырочную пару. Известно также, что не все носители, созданные излучением, могут участвовать в фотопроводимости. Так, при освещении полупроводникового кристалла с встроенным в нем $p-n$ -переходом генерация пары электрон-дырка может происходить вне области объемного заряда $p-n$ -перехода. В таком случае в фототоке будут участвовать только неосновные носители, которые успеют до рекомбинации достигнуть области $p-n$ -перехода [1, 2]. Если же излучение поглощается непосредственно в области объемного заряда или на расстоянии порядка диффузионной длины неосновного носителя, то можно ожидать высокий квантовый выход, так как в фототоке будут участвовать почти все носители, созданные светом. В этом случае потери фототока определяются отражением света с поверхности кристалла, хотя общие потери, обусловленные как отражением, так и рассеянием фотонов от кристалла, невелики и достигают 6% в случае кремния [3].

В видимой области спектра, в интервале от 0,2 до 0,6 мк коэффициент оптического поглощения кремния велик и достигает 10^5 см^{-1} , в то время как в близкой инфракрасной области значение коэффициента уменьшается на пять порядков [4—6]. Поэтому излучение, соответствующее коротковолновому краю области собственного поглощения, создает электронно-дырочные пары непосредственно вблизи поверхности полупроводникового кристалла, тогда как более длинноволновое излучение проникает глубже. Этим можно объяснить тот факт, что в области коротких длин волн спектрального распределения фоточувствительности кремниевых фотодиодов наблюдается разброс, вызванный различной толщиной поверхностного диффузионного слоя, вдоль которого диффундируют генерируемые излучением неосновные носители [7]. Чем больше глубина диффузионного слоя, тем меньше генерируемых



საქართველოს
აкадеმიის
ლოგო

неосновных носителей участвует в фототоке. Именно поэтому работают фотодиоды с тонким диффузионным слоем и поверхностно-барьерные диоды, в которых слой объемного заряда находится непосредственно на поверхности полупроводникового кристалла [8—10].

Таким образом, для создания фотодетекторов с одним $p-n$ -переходом, обладающим равномерным спектральным распределением фоточувствительности во всей области собственного поглощения, необходимо как можно ближе располагать $p-n$ -переход к освещаемой поверхности полупроводникового кристалла.

В случае многослойных структур с несколькими $p-n$ -переходами зависимость спектрального распределения от глубины залегания $p-n$ -переходов, как мы полагали, должна была быть значительно сложнее. В этом случае в процессе фотопроводимости могут участвовать почти все $p-n$ -переходы, составляющие структуру. Поэтому исследование зависимости спектрального распределения фоточувствительности кремниевых многослойных структур $n-p-n-p$ и $n-p-n-p-n$ -типов для нас представляло значительный интерес.

Мы исследовали спектральную зависимость фото-э.д.с. в режиме тока короткого замыкания и спектр фотопроводимости в фотодиодном режиме кремниевых многослойных структур.

Спектральные характеристики снимались с помощью двойного монохроматора ДМР-4. Источником излучения служила лампа накаливания, предварительно откалиброванная по черному телу. Образцы освещались равномерно, перпендикулярно $p-n$ -переходам. Внешний

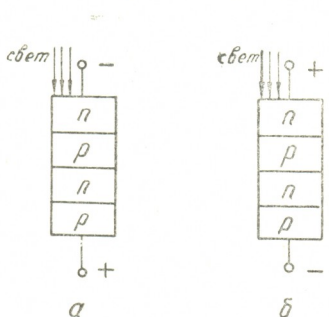


Рис. 1. Включение $p-n-p-n$ -структуры: а—прямое включение; б—обратное включение

освещаемый слой как $n-p-n-p$, так и $n-p-n-p-n$ -типов многослойных структур обладал электронной проводимостью (рис. 1). На рис. 2 показаны спектральные характеристики четырехслойного и пятислойного фотопереклюателей в режиме тока короткого замыкания. Как видно из рисунка, спектральные характеристики структур обладают несколькими максимумами, соответствующими знаку фото-э.д.с. (в режиме тока короткого замыкания). В коротковолновой части спектра наблюдается рост тока короткого замыкания, соответствующего знаку фото-э.д.с., когда освещаемая сторона

структуры электронной проводимости заряжается отрицательно. Затем, после прохождения максимума, наблюдаются спад и возрастание тока, соответствующего э.д.с., которая изменяет знак в результате разделения носителей тока на втором $p-n$ -переходе структуры. Далее, при освещении струк-

туры более длинноволновым излучением ток снова уменьшается до нуля, после чего изменяет направление и снова растет, достигая нового максимума и т. д. Как видно из рис. 2, спектральные характеристики тока короткого замыкания четырехслойных структур обладают тремя максимумами, тогда как в пятислойной структуре наблюдается четыре максимума.

Особенность спектральной зависимости фото-э.д.с. кремниевого фотопереключателя можно объяснить, если принять во внимание спектральную зависимость коэффициента поглощения кремния [4, 5]. Значения эффективности собирания типичного солнечного элемента показывают, что в длинноволновой области основную долю сигнала обуславливают неосновные носители—в нашем случае из второго p -слоя, тогда как собирание носителей из переднего n -слоя важно только

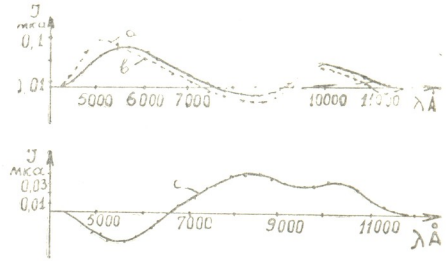


Рис. 2. Спектральные характеристики пятислойной (а) и четырехслойных (в, с) структур в режиме тока короткого замыкания

для коротковолнового участка спектра. Таким образом, на первый p — n -переход (со стороны освещения) действует коротковолновое излучение, тогда как на последующие переходы будет влиять более длинноволновое излучение, которое характеризуется малым коэффициентом поглощения. Изменение же знака фото-э.д.с. в зависимости от спектра падающего на структуру излучения обуславливается глубиной проникновения фотонов и, следовательно, перезарядкой внутренних слоев p — n — p — n -структуры. Так, при возбуждении фотопереключателя излучением в области длин волн от 4600 до 7600 А внешний n -слой заряжается отрицательно, а второй p -слой — положительно. Все остальные слои находятся в равновесии и на структуре присутствует э.д.с. одного знака. При увеличении длины волны падающего излучения от 7600 до 9200 А основная доля излучения поглощается в районе центрального p — n -перехода, второй p -слой заряжается положительно, а третий n -слой — отрицательно. В этом случае на структуре появляется фото-э.д.с. противоположного знака. Дальнейшее увеличение длины волны падающего излучения вызывает появление неосновных носителей в третьем и четвертом слоях структуры, которые заряжаются отрицательно и положительно соответственно; таким образом, на структуре изменяется знак фото-э.д.с. Следовательно, надо полагать, что при разных длинах волн падающего излучения на фотопереключатель в области собственного поглощения для кремния фото-э.д.с. в основном обуславливается одним из трех p — n -переходов всей многослойной структуры. В некоторых об-

разцах многослойных структур мы не наблюдали четкой картины чередования отрицательной и положительной фото-э.д.с. Так, например, в некоторых $p-n-p-n$ -структурах наблюдалось несколько максимумов (рис. 2, с), но не наблюдалось изменение знака фото-э.д.с. Этот факт можно объяснить тем, что p -область в этих структурах настолько мала, что ее вклад в процесс возникновения фото-э.д.с. не может конкурировать с вкладом, вносимым другими слоями структуры. Поэтому наблюдается спад фото-э.д.с., а не изменение ее знака. Конечно, немаловажную роль в изменении знака фото-э. д. с. в многослойных структурах играет время жизни неосновных носителей в каждом из составных слоев структуры, но точное определение влияния этого параметра представляет значительную трудность. Только дальнейшие исследования могут дать ясное представление влияния времени жизни на изменение знака фото-э. д. с. в многослойных структурах.

На рис. 3 показаны спектральные характеристики многослойных структур в фотодиодном режиме, когда на структуру было подано постоянное смещение 5 в. Кривая 1 соответствует четырехслойной структуре, которая была включена в электрическую цепь таким обра-

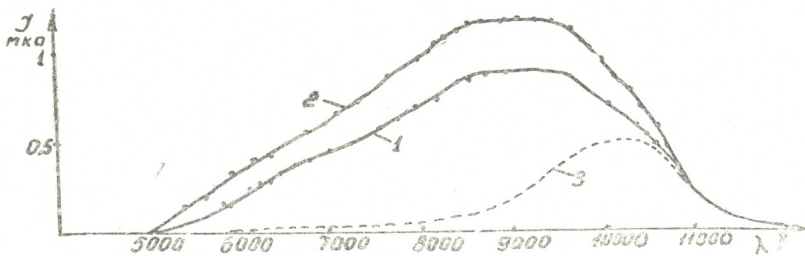


Рис. 3. Спектральная характеристика четырехслойной (кривая 1) и пяти-
 слойных (кривые 2 и 3) структур в фотодиодном режиме

зом, что ее два крайних $p-n$ -перехода были смещены в прямом направлении, а центральный $p-n$ -переход — в запиорном. Кривые 2 и 3 соответствуют пятислойной структуре. В первом случае к внешнему освещаемому слою подавалось напряжение со знаком «минус» (первый и третий $p-n$ -переходы были включены в пропускном направлении, тогда как второй и четвертый — в запиорном), во втором случае на освещенный слой подавалось напряжение со знаком «плюс» (второй и четвертый переходы были включены в пропускном направлении, а первый и третий — в запиорном). Как видно из рис. 3, кривые 1 и 2 ничем не отличаются друг от друга, что говорит о том, что главную роль в спектральном распределении фоточувствительности четырехслойной и пятислойной структур играют в основном второй $p-n$ -переход,

включенный в запертом направлении, и примыкающие к нему базовые слои. Эти кривые характеризуются широкой полосой, простирающейся в интервале длин волн от 5000 до 11500Å с максимумом в области 9000Å. Судя по характеру кривой 3 рис. 3, можно предположить, что спектральная характеристика пятислойной структуры обуславливается главным образом третьим $p-n$ -переходом и примыкающими к нему базовыми слоями. В этом случае вклад первого $p-n$ -перехода в фототоке ограничен в связи с тем, что этот переход расположен непосредственно около поверхности кристалла и перед ним отсутствует электронный $p-n$ -переход, который мог бы инжектировать в базовую область неосновные носители, т. е. первый $p-n$ -переход действует как фотодиод, тогда как третий играет роль коллекторного $p-n$ -перехода фототриода. Этим можно объяснить более узкую полосу спектра и малую фотопроводимость. Вышеизложенные предположения становятся ясными при сравнении спектральной зависимости тока короткого замыкания и спектров фотопроводимости многослойной структуры (см. рис. 2 и 3). Как видно из рисунков, максимумы этих спектральных характеристик совпадают, что свидетельствует об идентичности природы их происхождения. Из вышеизложенного следует, что для создания многослойных структур, чувствительных в области более коротковолнового излучения, следует изготовить структуры $p-n-p-n$ и $p-n-p-n-p$ -типов с как можно более тонкими базовыми слоями. Глубина диффузии как донорного, так и акцепторного вещества

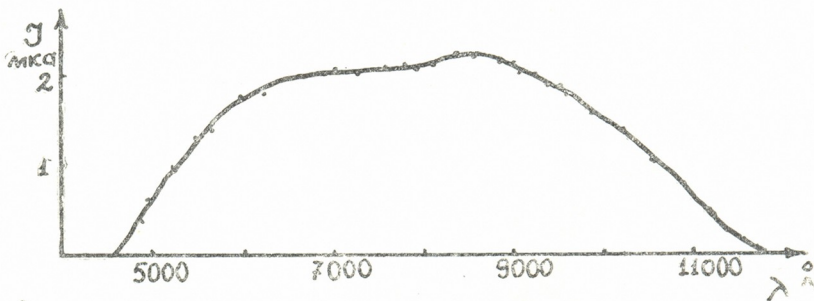


Рис. 4. Спектральная характеристика четырехслойной структуры в фотодиодном режиме

в исходный материал должна быть как можно малой, порядка нескольких микрон. На рис. 4 представлена кривая спектрального распределения фотопроводимости $n-p-n-p$ -структуры, где внешние два слоя не



превышают 7 мк. Как видно из рисунка, спектральное распределение фотопроводимости этой структуры в широком диапазоне длин волны от 5500 до 10000 Å является равномерным. Что касается пятислойных структур, надо учитывать их режим включения.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт кибернетики

(Поступило в редакцию 16.12.1967)

ფიზიკა

ბ. ნაკაშიძე, ლ. გოგავა, ე. ჯაფარიძე, ა. ტარ-სარქისოვა

სილიციუმის მრავალფენოვანი სტრუქტურის ოპტიკური
 თვისებები

რეზიუმე

წერილში მოცემულია სილიციუმის მრავალფენოვანი $n-p-n-p$ და $n-p-n-p-n$ -სტრუქტურების ფოტომგრძნობიარობის სპექტრალური განაწილება. გამოკვლეულია ფოტო-ემისის სპექტრალური დამოკიდებულება მოკლე ჩართვის შემთხვევაში და ფოტოგამტარებლობის სპექტრი ფოტოდიოდური რეჟიმის დროს.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. D. E. Sawyer, R. H. Rediker. Proc. IRE, 46, 6, 1958, 1122—1130.
2. A. G. Jordan, A. G. Milnes. IRE Trans. on Electron Devices, ED-7, 1960, 242—251.
3. M. Wolf, M. B. Prince. Solid State Physics in Electronics and Telecommunications, vol. 2, Academic Press, London—New-York, 1960, 1180—1196.
4. W. C. Dash and R. Newman. Phys. Rev., vol. 99, № 4, 1955, 1151—1155.
5. R. Braunstein, A. R. Moore and F. Herman. Phys. Rev., vol. 109, № 3, 1958, 695—710.
6. Сборник статей «Полупроводниковые фотоприемники и преобразователи излучения». Изд. «Мир», М., 1965.
7. R. L. Williams. J. Opt. Soc. Am., vol. 52, № 11, 1962, 1237—1244.
8. F. R. Shea. ed., IRE Trans, on Nuclear Science, NS—8, 1961.
9. A. I. Tuzzolino E. L. Hubbard, M. A. Perkins, C. Y. Fan. J. Appl. Phys., vol. 33, № 1, 1962, 148—155.
10. О. А. Матвеев, С. М. Рывкин, Д. В. Тархин. Радиотехника и электроника, т. IX, 5, 1964, 895.



Н. И. КОСТАНАШВИЛИ, Г. И. ЛЕБЕДЕВИЧ, Д. С. НАБИЧВРИШВИЛИ

ВЫХОД МЕДЛЕННЫХ π -МЕЗОНОВ ИЗ ЯДЕР ЭМУЛЬСИИ

(Представлено академиком Э. Л. Андроникашвили 9.1.1968)

Взаимодействие образованных частиц с родительским ядром вызывает деформацию их энергетического спектра, угловых распределений и других величин. Надо ожидать, что изучение указанных изменений позволит получить сведения о характере взаимодействия частиц с ядром.

Нами экспериментально изучена зависимость от энергии отношений частот выхода медленных π^- - и π^+ -мезонов ($E\pi \leq 11$ Мэв) из ядер эмульсии, образованных при взаимодействиях протонов с энергией 9 Бэв. В этой области энергии из-за наличия кулоновского потенциала π^+ -мезоны в тяжелых ядрах эмульсии являются подбарьерными, что затрудняет их выход из ядер. Ясно, что вероятности выхода π -мезонов из ядер будут зависеть от их энергии и значения ядерного потенциала взаимодействия.

В настоящее время о взаимодействии медленных π -мезонов с ядрами известно очень мало. Имеются экспериментальные данные по сдвигу уровней в π -мезоатомах в легких ядрах, которые показывают, что ядерные силы, действующие на π -мезоны, связанные кулоновским полем ядра на 1 S-орбите (энергия π -мезонов 100—200 кэв), носят отталкивательный характер [1—3]. Положительный потенциал взаимодействия получен и в работе [4], в которой изучалось рассеяние медленных π -мезонов на углероде. О взаимодействии медленных π -мезонов с тяжелыми ядрами нет никаких данных, и изучение его обычным путем—при помощи упругого рассеяния—весьма затруднительно из-за большого вклада кулоновского рассеяния. Поэтому представляется интересным получение какой-нибудь информации о ядерных взаимодействиях медленных π -мезонов с ядрами и в особенности с тяжелыми.

Экспериментальные данные

Регистрация медленных π -мезонов производилась нами с помощью эмульсионной камеры (эмульсия типа НИКФИ—Р), облученной протонами с энергией 9 Бэв на синхрофазотроне ОИЯИ. Детали просмотра, отбора данных и энергетические спектры образованных медленных π -мезонов приведены в работе [5].

Анализ экспериментальных данных

Влияние взаимодействия π -мезонов с ядрами в конечном состоянии на их энергетический спектр в рамках оптической модели рассмотрено А. М. Балдиным и А. И. Лебедевым [6]. Для сечения рождения ими получено выражение

$$\sigma_z = \sigma_0 \frac{|\varphi^-(kr_{эф})|^2}{|\varphi_0(kr_{эф})|^2}, \quad (1)$$



где σ_0 —сечение рождения без учета взаимодействия в конечном состоянии, $r_{эф}$ —некий эффективный радиус, который определяется местом рождения π -мезонов. Значениям $r_{эф}$, близким к радиусу ядра, соответствует рождение π -мезонов на периферии. $\varphi_0(kr)$ —волновая функция свободного движения, а $\varphi^-(kr)$ —волновая функция конечного состояния. Для π -мезонов в S -состоянии, которое можно считать основным для рассматриваемого интервала энергии [4], вне ядра она имеет вид

$$\varphi^-(kr) = \frac{1}{kr} e^{i\delta} [\cos \delta \cdot F(kr) + \sin \delta \cdot G(kr)], \quad (2)$$

где $F(kr)$ и $G(kr)$ —кулоновские волновые функции, δ —комплексный сдвиг фазы; его значение находится сшиванием на границе ядра логарифмических производных волновой функции (2) и решения уравнения Шредингера внутри ядра, для получения которого требуется модельное представление потенциала взаимодействия π -мезона с ядром.

Отношение частот выхода π^- - и π^+ -мезонов будет равно

$$\frac{\sigma_Z^{\pi^-}}{\sigma_Z^{\pi^+}} = \frac{\sigma_0^{\pi^-}}{\sigma_0^{\pi^+}} \frac{|\varphi_{\pi^-}^-(kr_{эф})|^2}{|\varphi_{\pi^+}^-(kr_{эф})|^2}. \quad (3)$$

Можно считать, что $\sigma_0^{\pi^-} / \sigma_0^{\pi^+} \sim 1$ в тяжелых ядрах, так как несколько преимущественное образование π^+ -мезонов в первичном акте, вызванное перезарядкой протонов, будет компенсироваться во вторичных актах образования π -мезонов π -мезонами преимущественным рождением π^- -мезонов, вызванным излишком нейтронов.

Нами рассчитаны отношения $\frac{|\varphi_{\pi^-}^-(kr_{эф})|^2}{|\varphi_{\pi^+}^-(kr_{эф})|^2}$ для среднего тяжелого ($Z=41$, $A=93,8$) и среднего легкого ($Z=7$, $A=14$) ядер эмульсии. Расчеты проведены для разных значений эффективного радиуса ($0,5R \leq r_{эф} \leq R$) и радиуса ядра ($R = r_0 A^{1/3}$, $r_0 = 1,1$ ф и $r_0 = 1,25$ ф). Исследованные прямоугольные потенциалы приведены в табл. 1.

Таблица 1

Потенциалы	Тяжелые ядра эмульсии		Легкие ядра эмульсии, $r_0=1,1$ ф
	$r_0=1,1$ ф	$r_0=1,25$ ф	
$13+7i$	+		+
$5+2i$	+	+	+
$5+20i$	+	+	+
$20+5i$	+	+	+
$-5+2i$	+	+	+
$-10+2i$	+		+
Эриксона [7]	+		
$21+7i$ (для π^- -мезонов)			
$9+7i$ (для π^+ -мезонов)	+		

Значения потенциалов $13+7i$ и $5+2i$ получаются из экспериментов по сдвигу уровней в π -мезоатомах в легких ядрах соответственно для $r_0 = 1,1$ ф и $r_0 = 1,25$ ф [1—3], а также из

экспериментов по рассеянию малоэнергичных π -мезонов на углероде [4]. Другие потенциалы, соответствующие притяжению π -мезонов ядром, силь-

ному отталкиванию и сильному поглощению, для двух значений Z_{10} для того, чтобы выявить, насколько чувствительны расчеты к значениям потенциалов и радиусов ядра, а также получить ожидаемые границы возможных значений отношений вероятностей выхода π^- - и π^+ -мезонов из ядер эмульсии.

Потенциалы $21 + 7i$ для π^- -мезонов, $9 + 7i$ для π^+ -мезонов и потенциал Эриксона [7] учитывают эффекты изотопического спина. Потенциал Эриксона рассматривает еще и взаимодействие π -мезонов с нуклонными корреляциями в ядре. Примененный нами потенциал Эриксона получен им для равномерно заряженного невозбужденного ядра (учет возбуждения ядра приведет к возрастанию среднеквадратичного импульса нуклонов в ядре, что даст уменьшение величины потенциала).

На рис. 1 приведены некоторые рассчитанные нами кривые для среднего тяжелого ядра эмульсии. Сравнение кривых с экспериментальными данными показывает, что между ними нет качественного отличия — экспериментальные точки лежат примерно в той области, которая предсказывается расчетами. Нет такого резкого расхождения с расчетами (более чем на два порядка), которое получается в случае, если не учи-

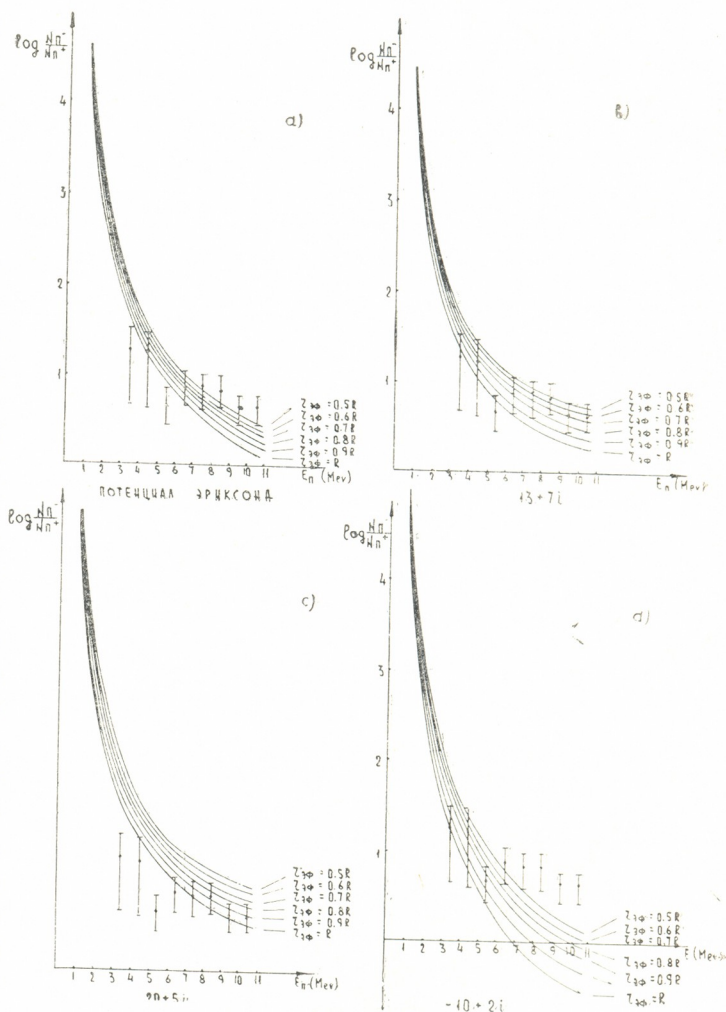


Рис. 1. Относительные частоты выхода π^- - и π^+ -мезонов из тяжелых ядер эмульсии для некоторых постоянных потенциалов взаимодействия π -мезонов с ядрами и разных эффективных радиусов



тывать внутриядерное взаимодействие образованных π -мезонов и рассматривать ядро как точечный кулоновский источник [8]. Таким образом, нет оснований искать каких-либо новых источников, благоприятствующих выходу из тяжелых ядер медленных π^+ -мезонов.

Наличие в теории неизвестного параметра $r_{эф}$ и незнание точного значения отношений сечений образования $\frac{\sigma_0^{\pi^-}}{\sigma_0^{\pi^+}}$ затрудняет количественный анализ экспериментальных данных, однако некоторые заключения все-таки можно сделать.

По-видимому, до энергии ~ 10 Мэв взаимодействие π -мезонов с ядрами носит отталкивательный характер, так как отрицательные потенциалы приводят к преимущественному выходу π^+ -мезонов относительно π^- -мезонов в конце спектра (рис. 1, *d*) и для совмещения расчетных кривых с экспериментальными точками π^- -мезоны должны были бы рождаться в несколько раз чаще, чем π^+ -мезоны, что никак нельзя совместить с данными при более высоких энергиях, когда влияние кулоновского поля ядра не так сильно сказывается на частоте выхода π^- - и π^+ -мезонов (при энергиях мезонов 20–60 Мэв их отношение не превышает единицы [8]).

Таблица 2

Энергия π -мезона	13+7 <i>i</i>		5+2 <i>i</i>		5+20 <i>i</i>		-5+2 <i>i</i>		20+5 <i>i</i>	
	$r_{эф}=R$	$r_{эф}=0,5R$	$r_{эф}=R$	$r_{эф}=0,5R$	$r_{эф}=R$	$r_{эф}=0,5R$	$r_{эф}=R$	$r_{эф}=0,5R$	$r_{эф}=R$	$r_{эф}=0,5R$
1	8,25	9,04	8,60	9,44	6,52	7,18	8,78	9,66	7,84	8,55
2	3,62	3,97	3,91	4,29	3,23	3,54	3,98	4,38	3,66	3,99
3	2,63	2,88	2,79	3,06	2,36	2,59	2,80	3,09	2,67	2,91
4	2,18	2,39	2,29	2,51	1,95	2,12	2,28	2,51	2,21	2,42
5	1,93	2,12	1,99	2,19	1,73	1,90	1,97	2,17	1,95	2,13
6	1,76	1,92	1,81	1,98	1,58	1,74	1,77	1,96	1,78	1,94
7	1,63	1,79	1,66	1,83	1,48	1,63	1,62	1,79	1,66	1,81
8	1,54	1,69	1,57	1,72	1,40	1,54	1,52	1,68	1,58	1,73
9	1,46	1,61	1,49	1,65	1,34	1,48	1,44	1,59	1,50	1,64
10	1,40	1,54	1,42	1,57	1,30	1,43	1,37	1,52	1,44	1,58
11	1,32	1,49	1,35	1,48	1,27	1,39	1,32	1,46	1,37	1,50

Что касается положительных потенциалов, то сделать определенный выбор по вышеуказанным причинам трудно. Если принять, что $\frac{\sigma_0^{\pi^-}}{\sigma_0^{\pi^+}} = 1$, то лучше всего экспериментальные данные опишутся потенциалом 13+7 *i* при $r_{эф} = 0,9R$ (для семи степеней свободы $\chi^2 = 9,41$; уровень значимости $P_{\chi^2} = 22,5\%$).

Как показал расчет, в легких ядрах отношение частот выхода π^- - и π^+ -мезонов слабо зависит от ядерных потенциалов (табл. 2).

Исходя из состава эмульсии и сечения неупругого взаимодействия, можно оценить вероятности взаимодействия первичных протонов с тяжелыми и легкими ядрами эмульсии. Оказывается, что $\sim 70\%$ всех взаимодействий происходит с тяжелыми ядрами эмульсии, а $\sim 25\%$ — с легкими. Отношение частот выхода π^- - и π^+ -мезонов из всех ядер эмульсии будет равно

$$\frac{N_{\pi^-}}{N_{\pi^+}} = \frac{\eta \sigma_{Z=7}^{\pi^-} + \sigma_{Z=41}^{\pi^-}}{\eta \sigma_{Z=7}^{\pi^+} + \sigma_{Z=41}^{\pi^+}},$$

где η — отношение вероятностей взаимодействия первичных протонов с легкими и тяжелыми ядрами эмульсии.

На рис. 2 приведены экспериментальные значения отношений частот выхода π^- - и π^+ -мезонов из всех ядер эмульсии и расчетные кривые для некоторых потенциалов взаимодействия для $r_{эф} = R$ и $r_{эф} = 0,5R$ и для разных значений отношений вероятностей образования медленных π -мезонов в легких и тяжелых ядрах эмульсии:

для $r_{эф} = R$ и для разных значений отношений вероятностей образования медленных π -мезонов в легких и тяжелых ядрах эмульсии: $\frac{(\sigma_0)_{Z=7}}{(\sigma_0)_{Z=41}} = 1$;

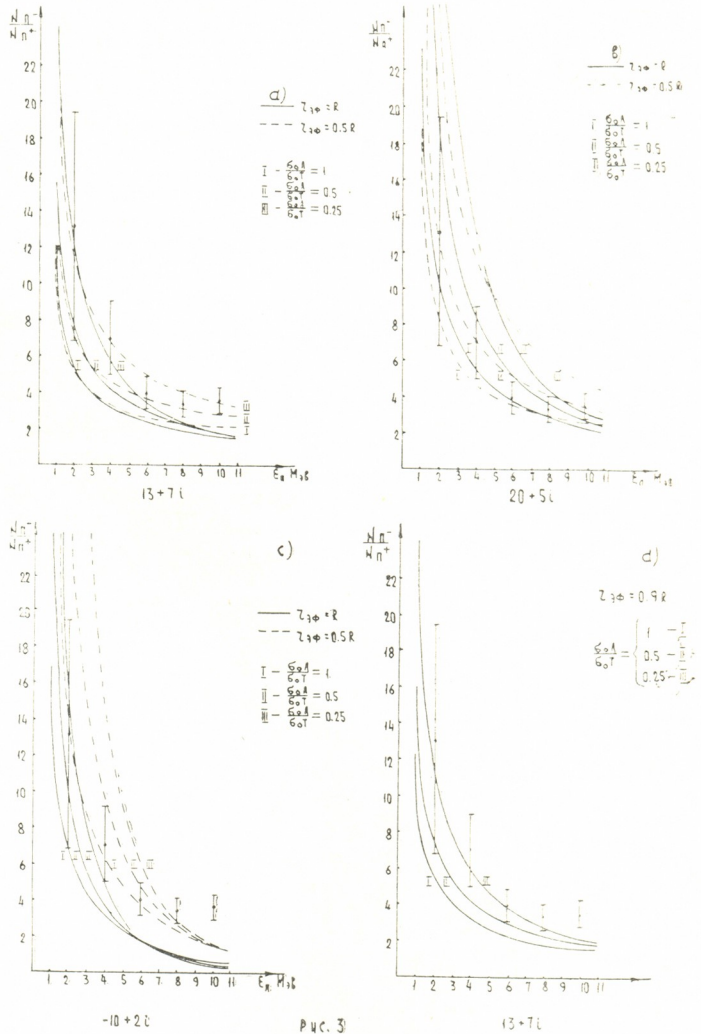


Рис. 2. Относительные частоты выхода π^- - и π^+ -мезонов из всех ядер эмульсии для некоторых потенциалов взаимодействия при разных значениях отношения вероятностей образования медленных π -мезонов в легких и тяжелых ядрах эмульсии и эффективного радиуса $r_{эф}$



0,5; 0,25. На рис. 2, d рассмотрен потенциал $13 + 7i$ при $r_{\text{эф}} = 0,9 R$, наилучшим образом описывающий экспериментальные данные по тяжелым ядрам. Экспериментальные точки хорошо ложатся на кривую, соответствующую $\frac{(\sigma_0)_{Z=7}}{(\sigma_0)_{Z=41}} = 0,25$. К такому же выводу о большой роли каскадных процессов в образовании медленных π -мезонов однозначно приводит и сравнение распределений по N_h „обычных“ звезд, образованных протонами с энергией 9 Бэв, и родительских звезд, содержащих медленные π -мезоны [5].

Тбилисский государственный
 университет

(Поступило в редакцию 9.1.1968)

ფიზიკა

ბ. კოსტანაშვილი, გ. ლებედვიჩი, დ. ნახიჩვრიშვილი

დაბალი ენერგიის π -მეზონების გამოსვლა ემულსიის
 ბირთვიებიდან

რეზიუმე

ექსპერიმენტულად მიღებულია ემულსიის ბირთვებთან 9 Bev ენერგიის მქონე პროტონების ურთიერთქმედებისას გაჩენილი დაბალი ენერგიის ($E\pi \leq 11$ Mev) π^+ - და π^- -მეზონების ენერგეტიკული სპექტრები.

ემულსიის მძიმე და საშუალო ბირთვიებიდან π^+ - და π^- -მეზონების გამოსვლის ფარდობითი სიხშირეები შედარებულია თეორიულად გათვლილ მნიშვნელობებთან, დაბალი ენერგიის π -მეზონების ბირთვებთან ურთიერთქმედების პოტენციალის დასადგენად.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. M. Camac, A. D. McGuire, I. B. Platt et al. Phys. Rev., 99, 1955, 897.
2. M. Stearns, M. B. Stearns. Phys. Rev., 103, 1956, 1534.
3. D. West, E. F. Bradley. Phil. Mag., 2, 1957, 957.
4. В. С. Демидов, В. Г. Кириллов-Угрюмов и др. ЖЭТФ, 37, 1959, 1273.
5. Н. И. Костанашвили, Г. И. Лебедевич, Д. С. Нахичвრიшвили. Ядерная физика, 6, 1967, 528.
6. А. М. Балдин, А. И. Лебедев. ЖЭТФ, 33, 1957, 1221.
7. M. Ericson, T. E. O. Ericson. Ann. Phys., 36, 1956, 323.
8. E. M. Friedländer. Phys. Lett., 2, 1962, 38.



В. М. ЧУЦКОВ

ДВИЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ В ОДНОМЕРНОМ ПОТЕНЦИАЛЬНОМ ПОЛЕ ДВОЙНОЙ ПЕРИОДИЧНОСТИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии М. М. Мирианшвили 18.1.1968)

Исследование кристаллов со сложной структурой потенциального поля в настоящее время является одним из самых актуальных направлений физики твердого тела. Это обусловлено тем, что реальные тела, как известно, имеют мозаичную структуру [1], содержат примеси, дислокации [2] и т. п. Поэтому исследование структуры энергетического спектра электронов в таких кристаллах имеет первостепенное значение.

И. Е. Тамм [3] показал, что в потенциальном поле, которое для положительных значений x совпадает с потенциалом Кронига—Пенни, а для отрицательных значений x принимает постоянное значение, в запретной зоне появляются уровни поверхностного состояния. Подробно исследуя общую одномерную модель, Шокли [4] также обнаружил появление поверхностных энергетических уровней. Костер и Слейтер [5] исследовали периодическое потенциальное поле, содержащее одиночные дефекты. И. М. Лифшиц [6] изучал влияние случайно размещенных примесей в периодическом потенциальном поле на энергетический спектр неупорядоченных структур. Результаты отмеченных работ проливают свет на образование примесных энергетических зон и тем самым на основные свойства полупроводников.

Характерно, что в названных работах исследовались появление уровней в запретной зоне и „местные флуктуации искаженной решетки вблизи примесных центров“ ([6], стр. 659). Влияние периодически размещенных стабильных градиентов потенциальных полей в работе [6] не изучалось, хотя автор наметил оригинальное решение в этой „наиболее интересной модели, ... требующей отдельного рассмотрения“ (стр. 662).

Целью данной работы является на конкретном примере решения уравнения Шредингера для одномерного потенциального поля, представляющего собой суперпозицию двух периодических потенциалов типа Кронига—Пенни с разными периодами, показать, что наличие двойной периодичности, т. е. периодически размещенных стабильных градиентов потенциала, в основном периодическом потенциальном поле кристаллической решетки приведет к

разбиению энергетической зоны дозволённых значений (например, зоны проводимости) на подзоны. Используя модель вульф-брегговского отражения электронных волн от периодически размещённых потенциальных барьеров, можно показать, что подобное разбиение должно иметь место. Простые рассуждения показывают, что разбиение незаполнённых зон на подзоны энергетически выгодно [7].

1. Потенциал линейной цепочки

Исследуем потенциал с двойной периодичностью, который можно рассматривать как суперпозицию двух потенциалов с различными периодами:

$$V(x) = V'(x) + V''(x), \quad (1)$$

где

$$\begin{aligned} V'(x + nl) &= V'(x), & l &= a + b, \\ V''(x + nL) &= V''(x), & L &= jl, \end{aligned} \quad (2)$$

j, n принимают целочисленные значения (j определяет размер блока, области, соответствующей периодическому потенциальному полю кристаллической решетки). В целом

$$V(x + L) = V(x). \quad (3)$$

Исследуемый нами потенциал можно задать следующим образом:

$$V(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } nl < x < nl + a, & n=0, 1, 2, \dots, j-1, \\ V_0' & \text{при } nl + a < x < (n+1)l, & n=0, 1, 2, \dots, j-2, \\ V_0 & \text{при } (j-1)l + a < x < jl. \end{cases} \quad (4)$$

2. Решение уравнения Шредингера

Уравнение Шредингера для исследуемого периодического потенциала запишется в форме

$$\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \Psi}{dx^2} + (E - V) \Psi = 0, \quad (5)$$

где $V(x)$ задан соотношениями (2), (4).

Следуя хорошо известной методике решения уравнений Шредингера для периодического потенциала типа Кронига—Пенни для случая $E < V$, собственную функцию $\Psi(x)$ будем искать в виде бегущей волны, модулированной с периодом решетки:

$$\Psi = u_k(x) e^{ikx}, \quad (6)$$

где $u_k(x)$ — периодическая функция, вид которой определяется из уравнения

$$\frac{d^2 u}{dx^2} + 2ik \frac{du}{dx} + \frac{2m}{\hbar^2} (E - E_k - V) u = 0, \quad (7)$$

где

$$E_k = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}.$$

В области потенциальной ямы $nl < x < nl + a$

$$u(x) = Ae^{i(\alpha-k)x} + Be^{-i(\alpha+k)x}$$

при условии

$$\alpha^2 = \frac{2mE}{\hbar^2}.$$

В области малого потенциального барьера $nl + a < x < (n+1)l$

$$u(x) = Ce^{(\beta-ik)x} + De^{-(\beta+ik)x}.$$

В области большого потенциального барьера $(j-1)l + a < x < jl$

$$u(x) = C_1 e^{(\beta_1-ik)x} + D_1 e^{-(\beta_1+ik)x},$$

где

$$\beta^2 = \frac{2m}{\hbar^2} (V_0 - E), \quad \beta_1^2 = \frac{2m}{\hbar^2} (V_0 - E).$$

Постоянные определяются так, чтобы функция $u(x)$ была непрерывной и гладкой на границах потенциальных барьеров и удовлетворяла условию периодичности:

$$u(nl + l) = u(nl); \quad u(nl + a) = u(nl - b),$$

$$u(jl) = u(0).$$

Сшивая функции на границах малого потенциального барьера, имеем

$$Ae^{i(\alpha-k)nl} + Be^{-i(\alpha+k)nl} = Ce^{(\beta-ik)nl} + De^{-(\beta+ik)nl},$$

$$Ai(\alpha-k)e^{i(\alpha-k)nl} - Bi(\alpha+k)e^{-i(\alpha+k)nl} = C(\beta-ik)e^{(\beta-ik)nl} - D(\beta+ik)e^{-(\beta+ik)nl},$$

$$Ae^{i(\alpha-k)(nl+a)} + Be^{-i(\alpha+k)(nl+a)} = Ce^{(\beta-ik)(nl-b)} + De^{-(\beta+ik)(nl-b)},$$

$$Ai(\alpha-k)e^{i(\alpha-k)(nl+a)} - Bi(\alpha+k)e^{-i(\alpha+k)(nl+a)} = C(\beta-ik)e^{(\beta-ik)(nl-b)} - D(\beta+ik)e^{-(\beta+ik)(nl-b)}.$$

Нетривиальное решение системы уравнений относительно A, B, C, D существует только в том случае, если определитель, составленный из коэффициентов, при данных неизвестных равен нулю. Вычисляя определитель, находим



$$F'_1(\alpha) \equiv e^{\beta b} \left[\cos \alpha a + \frac{\beta^2 - \alpha^2}{2\alpha\beta} \sin \alpha a \right] + e^{-\beta b} \left[\cos \alpha a - \frac{\beta^2 - \alpha^2}{2\alpha\beta} \sin \alpha a \right] = \\ = 2 \cos k(a + b),$$

$$F''(\alpha) \equiv \frac{\beta^2 - \alpha^2}{2\alpha\beta} \operatorname{sh} \beta b \cdot \sin \alpha a + \operatorname{ch} \beta b \cdot \cos \alpha a = \cos k(a + b).$$

Аналогично для большого потенциального барьера имеем

$$Ae^{i(x-k)[(j-1)l+a]} + Be^{-i(x+k)[(j-1)l+a]} = \\ = C_1 e^{(\beta_1 - ik)(jl-b)} + D_1 e^{-(\beta_1 + ik)(jl-b)},$$

$$Ai(\alpha - k) e^{i(x-k)[(j-1)l+a]} - Bi(\alpha + k) e^{-i(x+k)[(j-1)l+a]} = \\ = C_1(\beta_1 - ik) e^{(\beta_1 - ik)(jl-b)} - D_1(\beta_1 + ik) e^{-(\beta_1 + ik)(jl-b)},$$

$$A + B = C_1 e^{(\beta_1 - ik)jl} + D_1 e^{-(\beta_1 + ik)jl},$$

$$Ai(\alpha - k) - Bi(\alpha + k) = C_1(\beta_1 - ik) e^{(\beta_1 - ik)jl} - \\ - D_1(\beta_1 + ik) e^{-(\beta_1 + ik)jl},$$

$$F'_1(\alpha) \equiv e^{\beta_1 b} \cdot \left[\cos \{\alpha [ja + (j-1)b]\} + \frac{\beta_1^2 - \alpha^2}{2\alpha\beta_1} \sin \{\alpha [ja + (j-1)b]\} \right] + \\ + e^{-\beta_1 b} \cdot \left[\cos \{\alpha [ja + (j-1)b]\} - \frac{\beta_1^2 - \alpha^2}{2\alpha\beta_1} \sin \{\alpha [ja + (j-1)b]\} \right] = \\ = 2 \cos kj(a + b),$$

$$F''(\alpha) \equiv \frac{\beta_1^2 - \alpha^2}{2\alpha\beta_1} \operatorname{sh} \beta_1 b \cdot \sin \{\alpha [ja + (j-1)b]\} + \\ + \operatorname{ch} \beta_1 b \cdot \cos \{\alpha [ja + (j-1)b]\} = \cos kj(a + b).$$

Энергия электрона, движущегося в потенциальном поле двойной периодичности, должна удовлетворять обоим уравнениям $F'(\alpha)$, $F''(\alpha)$. Чтобы наглядно представить себе картину энергетических зон, проведем непосредственное вычисление $F'(\alpha)$ и $F''(\alpha)$ для $V'_0 = 30,00 \cdot 10^{-12}$ эрг, $V_0 = 30,30 \cdot 10^{-12}$ эрг, $a = 4 \cdot 10^{-8}$ см, $b = 0,1$ а, $j = 2$, пользуясь таблицами [8, 9], и

построим графики (рис. 1). Анализируя их, мы видим, что энергия электронов, движущихся в потенциальном поле двойной периодичности, не может

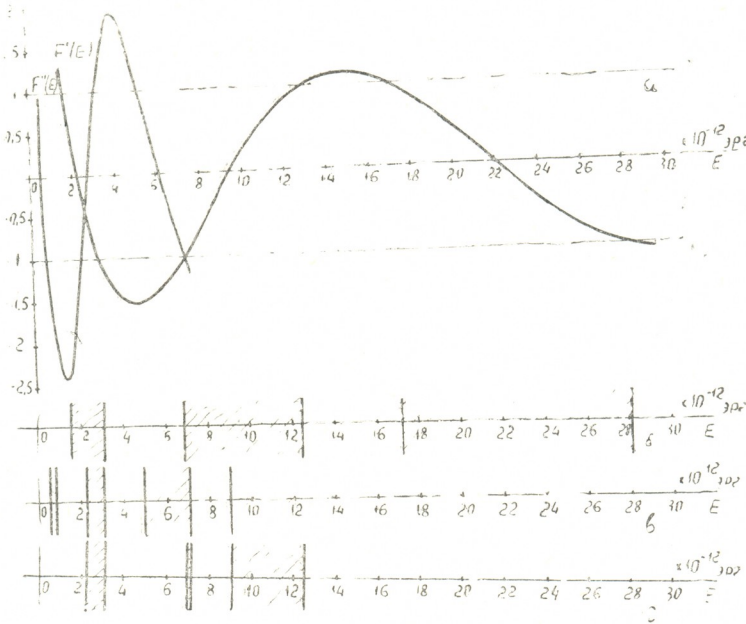


Рис. 1

меняться непрерывно, а распадается на ряд энергетических зон; при этом энергетические зоны, соответствующие основной периодичности разбиваются на подзоны.

Тбилисский государственный
педагогический институт
им. А. С. Пушкина

(Поступило в редакцию 18.1.1968)

ფიზიკა

3. ჩუკოვი

ელემენტების მოძრაობა ერთგანზომილებიან
ორმაგპერიოდულ ველში

რეზიუმე

შრომში კონკრეტულ მაგალითზე ერთგანზომილებიანი პოტენციალური ველისათვის, რაც წარმოადგენს კრონინგ-პენის სხედასხვა პერიოდით ორი პერიოდული პოტენციალის სუპერპოზიციას, შრედინგერის განტოლების ამოხსნით ნაჩვენებია, რომ კრისტალური მესერის ძირითად პერიოდულ პოტენციალ-
22. „მოამბე“, L, № 2, 1968



ლურ ველში ორმაგი პერიოდულობის, ე. ი. პერიოდულად განლაგებულ პოტენციალის სტაბილური გრადიენტების არსებობა იწვევს ნებადართულ მნიშვნელობათა ენერგეტიკული ზონის (მაგ., გამტარობის ზონის) დაყოფას ქვეზონებად. ეს დასკვნა გაკეთებულია გრაფიკიდან, რაც აგებულია პრაქტიკულად მესერის პარამეტრებთან ახლო მყოფი სიდიდეების შერჩევით.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. Ф. Миусков. В сб.: «Некоторые вопросы физики пластичности кристаллов», М., 1960.
2. Ван Бюрен. Дефекты в кристаллах. ИЛ, М., 1962.
3. I. Tam m. Physik. Zeits. Sowjetunion, 1, 1932, 733.
4. W. Shockley. Phys. Rev., 56, 1939, 317.
5. G. F. Koster, J. C. Slater. Phys. Rev., 95, 1954, 1167.
6. И. М. Лифшиц. УФН, 83, вып. 4, 1964, 617.
7. Р. Пайерлс. Квантовая теория твердых тел. ИЛ, М., 1956.
8. Б. И. Сегал, К. А. Семендяев. Пятизначные математические таблицы, 1948.
9. Таблицы Барлоу. ИЛ, М., 1950.

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Л. П. ЧИГОГИДЗЕ, Д. Г. ЧАВЧАНИДЗЕ, Р. М. ЛАГИДЗЕ

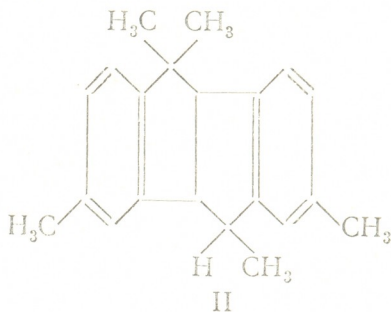
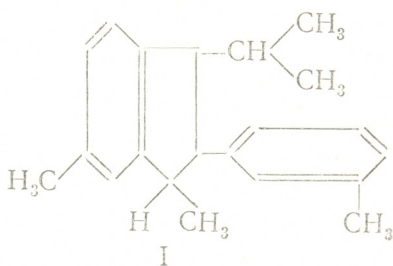
АЛКИЛИРОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ГОМОЛОГОВ БЕНЗОЛА
 ДИАЦЕТАТАМИ 2-МЕТИЛ-ГЕКСИН-3-ДИОЛА-2,5, 3,6-ДИМЕТИЛ-
 4-ОКТИН-3,6-ДИОЛА И ГЕКСИН-3-ДИОЛОМ-2,5 В ПРИСУТСТВИИ
 ХЛОРИСТОГО АЛЮМИНИЯ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Х. И. Арешидзе 25.5.1967)

В предыдущей работе [1] было показано, что, в отличие от двутретичных ацетиленовых γ -гликолей, при конденсации двувторичных и вторично-третичных ацетиленовых γ -гликолей с бензолом и его гомологами образуются преимущественно соединения типа 1,3-диалкилинданов. Возможность образования таких углеводородов из двутретичных ацетиленовых γ -гликолей впервые была констатирована одним из нас на примерах конденсации бензола с диацетатами 3,6-диэтилоктин-4-диола-3,6 [2] и оксизопропилоксициклогексилацетиленом [3].

В настоящей работе из продуктов конденсации толуола с диацетатом 2-метил-гексин-3-диола-2,5 выделена фракция с т. к. $150-151^\circ$ (1—2 мм), которая по элементарному составу и молекулярному весу близко отвечает эмпирической формуле $C_{21}H_{26}$. Очищенный методом тонкослойной хроматографии образец этой фракции при просвечивании УФ-светом дает только одно пятно, однако в газо-жидкостной хроматограмме имеются два близких и приблизительно одинаковых по размеру пика.

В ИК-спектре имеются характеристические полосы 707 и 774 см^{-1} 1,3-дизамещенного бензольного кольца и 810 и 885 см^{-1} 1, 2, 4-трисамещенного бензола. На основании этих данных мы предполагаем, что фракция с т. к. $150-151^\circ$ (1—2 мм) является смесью двух углеводородов: 2-толил-3,5-диметил-1-изопропилиндана (I) и 3, 5, 7, 10, 10-пентаметил-4 б, 5, 9 б, 10-тетрагидроиндено(2,1-а)индена (II) [4], разделение которых обычными методами хроматографирования не представляется возможным:





В аналогичных условиях из продуктов алкилирования п-ксилола диацетатом 2-метил-гексин-3-диола-2,5 получен углеводород $C_{23}H_{30}$. Газо-жидкостная хроматограмма этого вещества дает только один пик. Подобная картина наблюдается и для всех других нижеприведимых углеводородов.

В ИК-спектре соединения $C_{23}H_{30}$ полоса 883 см^{-1} соответствует 1, 2, 4-тризамещенному бензолу, а 807 см^{-1} 1, 2, 3, 4-тетразамещенному бензольному кольцу. Эти данные позволяют приписать ему структуру 2-п-ксилил-3, 4, 7-триметил-1-изопропилиндана (III).

Конденсацией толуола с гексин-3-диолом-2,5 получен углеводород состава $C_{20}H_{24}$. В его ИК-спектре полосы 713 и 770 см^{-1} отвечают 1, 3-дизамещенному бензолу, а 820 , 882 см^{-1} 1, 2, 4-тризамещенному бензольному кольцу. Эти данные хорошо согласуются со структурой 2-толил-3,5-диметил-1-этилиндана (IV).

Из продуктов реакции п-ксилола с гексин-3-диолом-2,5 выделен углеводород $C_{23}H_{28}$. В его ИК-спектре имеются характеристические полосы 887 см^{-1} 1, 2, 4-тризамещенного бензольного кольца и 810 см^{-1} 1, 2, 3, 4-тетразамещенного бензола. Соответственно $C_{22}H_{28}$ приписываем структуру 2-п-ксилил-3, 4, 7-триметил-1-этилиндана (V).

Алкилированием этилбензола диацетатом 3,6-диметил-4-октин-3,6-диола получен 2-этилфенил-3-метил-3,5-диэтил-1-изобутилиндан (VI). В его ИК-спектре полосы 698 и 752 см^{-1} указывают на наличие 1,3-дизамещенного бензольного кольца. Имеются также характеристические полосы 824 и 884 см^{-1} 1, 2, 4-тризамещенного бензола.

Из продуктов конденсации м-ксилола с диацетатом 3,6-диметил-4-октин-3,6-диола выделен 1, 3, 5, 7, 9, 10-гексаметил-5,10-диэтил-4 в, 5, 9 в, 10-тетрагидроиндено (2—1а) инден (VII). В ИК-спектре имеются полосы метильных (2955 см^{-1}) и метиленовых (2925 см^{-1}) групп. Полоса 850 см^{-1} указывает на наличие 1, 2, 3, 5-тетразамещенного бензольного кольца. Полоса 1,2-4-тризамещенного бензола не обнаружена.

УФ-спектры всех вышеприведенных углеводородов, за исключением (VII), по своему контуру похожи на УФ-спектры ранее полученных углеводородов, являющихся структурными аналогами 1,3-диалкилинданов [3]. Эти углеводороды не присоединяют водорода в обычных условиях гидрирования над платиновым катализатором.

Экспериментальная часть

2-метил-гексин-3-диол-2,5 и его диацетат были получены в ранее описанных нами условиях [1, 5].

К смеси 14 г $AlCl_3$ (0,104 м) и 60 г толуола при непрерывном перемешивании добавлялось по каплям 12 г диацетата (1,86 м), растворенного в 20 г толуола. Молярное соотношение 1 : 1,86 : 15,5. Затем температуру постепенно повышали до $90-95^\circ$. Продолжительность реакции 2,5 часа.



Обработкой комплекса в обычных условиях и разгонкой полученного конденсата было выделено 8,4 г углеводорода в виде широкой фракции с т. к. 147—156° (выход 21%). После перколяции его раствора в петролейном эфире через Al_2O_3 растворитель удаляли и остаток перегоняли под вакуумом. Очисткой полученного таким путем продукта методом тонкослойной хроматографии над Al_2O_3 (II активности) в системе растворителей гексан-бензол (19:1) была получена смесь веществ (I) и (II); n_D^{20} 1,5769; d_4^{20} 1,0348.

Конденсация диацетата 2-метил-гексин-3-диола-2,5 с п-ксилолом проводилась в вышеописанных условиях: 12 г (0,056 м) диацетата, 13,92 г (0,104 м) $AlCl_3$, 80 г (0,75 м) п-ксилола. Молярное соотношение 1:1,86:13,2. Максимальная температура 110—115°. Продолжительность 2 часа. Выход углеводорода (III) 23%. Т. к. 123—124° (2 мм); n_D^{20} 1,5760; d_4^{20} 1,0301.

Реакцию гексин-3-диола-2,5 [6] с толуолом проводили в аналогичных условиях: 15 г (0,130 м) диола, 30,66 г (0,23 м) $AlCl_3$, 80 г (0,888 м) толуола. Молярное соотношение 1:1,75:6,7. Выход углеводорода (IV) с т. к. 128—130° (1—2 мм); n_D^{20} 1,6310; d_4^{20} 1,0951; 32%.

Конденсацией гексин-3-диола-2,5 с п-ксилолом в аналогичных условиях получен углеводород (V) с т. к. 174—175° (1—2 мм); n_D^{20} 1,5792; d_4^{20} 1,0206. Молярное соотношение 1:1,75:5,7. Продолжительность реакции 3 часа. Выход 29%.

Получение (VI)—10 г (0,039 м) диацетата 3,6-диметил-4-октин-3,6-диола [7], 12 г (0,09 м) $AlCl_3$, 80 г (0,75 м) этилбензола. Молярное соотношение 1:2:20. Продолжительность 3,5 часа. Температура 115—117°. Выход углеводорода (VI) с т. к. 160—162° (1—2 мм); n_D^{20} 1,5701; d_4^{20} 1,0185; 28%.

Получение (VII)—10 г (0,039 м), диацетата 3,6-диметил-4-октин-3,6-диола, 15,65 г (0,118 м) $AlCl_3$, 80 г (0,75 м) м-ксилола. Молярное соотношение 1:2:13. Продолжительность 2 часа. Максимальная температура 110—115°. Выход углеводорода (VII) с т. к. 177—178° (1,5—2 мм); n_D^{20} 1,5691; d_4^{20} 1,0210; 25%.

Анализ проводился на хроматографе марки ЛХМ-7а. Колонка стальная, длиной 1 м, диаметр 3 мм, подвижная газовая фаза—гелий со скоростью 40 мл/мин. Давление на входе 1,2 атм. Твердый носитель—хромосорб—W 60/80 меш. Стационарная фаза апнезон L в количестве 10% к весу твердого носителя. Разделение производилось при температуре колонки 290°.



Таблица 2

№	Формула	MR _D		Найдено		Вычислено		Молекулярный вес	
		най- дено	вычис- лено	С	Н	С	Н	най- дено	вычис- лено
I	$C_{21}H_{26}$ 	89,01	89,77	90,92 90,65	9,01 9,07	90,60	9,40	273,91 285	278
II	$C_{21}H_{24}$ 	88,37	87,576	—	—	91,30	8,70	—	276
III	$C_{23}H_{30}$ 	98,3	99,01	89,84 89,60	9,80 10,01	90,19	9,81	295 294,6	306
IV	$C_{20}H_{24}$ 	85,88	85,158	91,05 90,60	8,86 8,81	90,9	9,1	269,6 267,3	264



Продолжение таблицы

№	Ф о р м у л а	MR _D		Найдено		Вычислено		Молекулярный вес	
		най- дено	вычис- лено	С	Н	С	Н	най- дено	вычис- лено
V	$C_{22}H_{28}$ 	95,11	94,39	90,60 90,40	9,44 9,50	90,45	9,55	283,1 284,4	292
VI	$C_{26}H_{36}$ 	112,13	112,86	89,40 89,11	10,27 10,03	89,6	10,4	341,9 343,0	348
VII	$C_{26}H_{34}$ 	111,03	110,66	89,92 90,01	9,93 9,97	90,17	9,83	339,9 334,7	346

Выводы

1. Изучены реакции конденсации диацетата 2-метил-гексин-3-диола-2,5 и гексин-3-диола-2,5 с толуолом и п-ксилолом, а также диацетата 3,6-диметил-4-октин-3,6-диола с этилбензолом и м-ксилолом.

2. Показано, что указанные реакции протекают в соответствии с общей схемой алкилирования ароматических углеводов γ -ацетиленовыми гликолями в присутствии хлористого алюминия, в результате чего образуются соединения типа 2-фенил-1,3-диалкилиндианов (I, III, IV, V, VI) и тетрагидроинденоиндианов (II, VII).

Академия наук Грузинской ССР
Институт физической и
органической химии
Тбилиси

(Поступило в редакцию 25.5.1967)

ორგანული ქიმია

ლ. ჩიგოგიძე, დ. ჭავჭავანიძე, რ. ლაგაძე

ბენზოლის ზომიერითი ჰომოლოგის ალკილირება...

რეზიუმე

შესწავლილია 2-მეთილ-ჰექსან-3-დიოლ-2,5-ის დიაცეტატისა და ჰექსან-3-დიოლ-2,5-ის კონდენსაციათა რეაქციები ტოლუოლთან და პარა-ქსილოლთან, აგრეთვე 3,6-დიმეთილ-4-ოქტინ-3,6 დიოლის დიაცეტატისა ეთილ-ბენზოლთან და მეტა-ქსილოლთან.

აღნიშნული რეაქციები მიმდინარეობენ არომატული ნახშირწყალბადების γ -აცეტილენური რიგის გლიკოლებით ალკილირების საერთო სქემის მიხედვით, რის შედეგადაც წარმოიქმნება 2-ფენილ-1,3-დიალკილანდიანის (I, III, IV, V, VI) და ტეტრაგიდროინდენინდიანის (II, VII) ტიპის ნაერთები.

დაამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Р. М. Лагидзе, Н. К. Иремидзе, Л. П. Чигогидзе и др. ЖОХ, т. 1, 1965.
2. Р. М. Лагидзе, Д. Г. Чавчанидзе. Сообщения АН ГССР, XXXVII, 2, 1965, 312.
3. Ш. Д. Куправа. Реакции конденсации некоторых двутретичных и вторичнотретичных ацетиленовых γ -гликолей... Автореферат, Тбилиси, 1967.
4. Р. М. Лагидзе, Н. К. Иремидзе, Л. П. Чигогидзе, Ш. Д. Куправа. Химия ацетилена. Изд. «Наука», М., 1968, 232.
5. И. Н. Назаров, И. В. Торгов. ЖОХ, 18, 1948, 1336.
6. Ю. С. Залкин и др. ЖРФХО, 53, 1921, 279.
7. А. Бабаян. Изв. Арм. филиала АН СССР, 5—6 (10—11), 1941, 129.

Е. М. БЕНАШВИЛИ

РАЗДЕЛЕНИЕ КЕРОСИНОВОЙ ФРАКЦИИ НЕФТИ НА МОЛЕКУЛЯРНЫХ СИТАХ NaX и CaX

(Представлено членом-корреспондентом Академии Х. И. Арешидзе 13.10.1967)

Синтетические цеолиты типа X в натриевой и кальциевой формах, обладающие широкими входными окнами или каналами (8—13 Å), применялись для выделения бензола и толуола из бензиновых фракций в паровой фазе [1, 2] и фракционирования смеси одно-, двух- и трехдерных ароматических углеводородов состава C₁₈—C₂₅ в жидкой фазе [3].

Молекулярно-ситовые свойства синтетических цеолитов NaX и CaX были использованы нами для разделения керосиновой фракции нефти в сочетании с другими методами разделения углеводородных смесей, такими как хроматографическая адсорбция на силикагеле и комплексообразование с мочевиной. Хроматографическая адсорбция и комплексообразование с мочевиной дают возможность разделять углеводородные смеси по типам молекул, тогда как молекулярные сита могут фракционировать углеводороды по размеру и форме молекул. Последние были применены нами с целью разделения смесей изопарафиновых и циклопарафиновых углеводородов по степени разветвленности и размеру молекул. Более компактные молекулы с короткими (метильными) боковыми цепями проникают в поры цеолитов через входные каналы с размерами от 8 до 13 Å и адсорбируются, а другие, имеющие несколько разветвлений в виде длинных радикалов, по чисто геометрическим затруднениям не попадают в поры цеолитов и отсеиваются.

Таким образом, пропускная смесь изоалканов с нафтеновыми углеводородами последовательно через молекулярные сита NaX и CaX или только CaX, мы сумели сконцентрировать нафтеновые и некоторые изопарафиновые углеводороды компактного строения в результате селективной адсорбции на молекулярных ситах.

Объектами исследования являлись узкие керосиновые фракции нефтей парафино-нафтенового и нафтенового основания. Эти фракции предварительно деароматизировались при помощи хроматографической адсорбции на силикагеле, в некоторых случаях удалялись также и парафиновые углеводороды путем комплексообразования с мочевиной. Разделение на молекулярных ситах производилось в паровой фазе.

Результаты исследования керосиновых фракций норийской и анастасиевской нефтей приводим ниже.

Экспериментальная часть

После деароматизации и депарафинирования при помощи мочевины смесь изоалканов и нафтеновых углеводородов керосиновой фракции (200—250°) норийской нефти подвергалась разделению на молекулярных ситах NaX и CaX.

Исследуемая фракция пропусклась сперва над молекулярным ситом NaX ($d \approx 13 \text{ \AA}$) и в результате разделения получались две фракции: неадсорбированная на NaX (I) и адсорбированная на NaX (промежуточная фракция), которая затем пропусклась над CaX ($d \approx 10 \text{ \AA}$) с целью дальнейшего разделения.

В результате пропускания промежуточной фракции на CaX были получены еще две фракции: неадсорбированная на CaX (II) и адсорбированная на CaX (III).

Таким образом, после пропускания исследуемой фракции последовательно на молекулярных ситах NaX и CaX были получены три фракции — (I, II, III), физические свойства и групповой углеводородный состав которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Разделение деароматизированной керосиновой фракции норийской нефти на молекулярных ситах типа NaX и CaX

Физические показатели и групповой углеводородный состав	Фракция 200—248° норийской нефти			
	деароматизированная и депарафинированная	неадсорбированная на NaX (I)	адсорбированная на NaX, но не адсорбированная на CaX (II)	адсорбированная на CaX (III)
Плотность	0,8137	0,7885	0,7991	0,8308
Показатель преломления	1,4455	1,4380	1,4415	1,4592
Анилиновая точка, °C	75,4	77,5	73,4	67,1
Фракционный состав:				
температура начала нерегонки, °C	200	202	184	185
10%	209	206	202	204
50%	222	214	216	221
90%	236	229	230	239
конец кипения, °C	248	239	242	247
Групповой состав, вес. %:				
нафтеновые углеводороды	43,9	36,1	53,4	77,7
парафиновые углеводороды	55,1	63,9	46,6	22,3
Теплота сгорания:				
низшая весовая, ккал/кг	10368	10432	10390	10297
объемная, ккал/л	8436	8226	8303	8552
Выход на фракцию, вес. %	—	55,1	20,3	23,6

Содержание нафтеновых углеводородов высчитывали при использовании средних коэффициентов из предложенных для фракций 200 — 225° и 225—250° [4], остальные показатели определялись по ГОСТам.

Теплота сгорания весовая низшая определялась расчетным способом, по значениям плотности и анилиновой точки, принятым в качестве стандартного для топлив реактивных двигателей. Для некоторых проб теплота сгорания определялась и экспериментальным путем, были получены хорошо совпадающие результаты.

Разделение на молекулярных ситах NaX и CaX производилось на установке и в условиях, которые применялись ранее для разделения бензиновых дистиллятов на CaA [5]. Опыты проводились при атмосферном давлении в проточной системе в изотермических условиях. Температура во время адсорбции поддерживалась на уровне 260—295°. Объемная скорость пропускания равнялась 0,2—0,3 час⁻¹. Десорбция производилась с применением водяного пара при той же температуре.

Как видно из табл. 1, керосиновый дистиллят можно разделить при помощи молекулярных сит NaX и CaX на фракции, которые отличаются как по своему углеводородному составу, так и по физическим свойствам и теплоте сгорания. Фракция I имеет более низкий удельный вес, высокую анилиновую точку и содержит в преобладающем количестве парафиновые углеводороды (~64%). Фракция III, адсорбированная на CaX, значительно обогащена нафтеновыми углеводородами (~78%) и имеет высокий удельный вес и соответственно низкую анилиновую точку. Фракция II занимает промежуточные положения.

Полученные в результате разделения фракции отличаются также по своим весовым и объемным теплотам сгорания. Так, фракция I имеет повышенную весовую теплоту сгорания (10432 ккал/кг), по сравнению с фракцией II (10297 ккал/кг), но последняя благодаря высокой плотности имеет большую объемную теплоту сгорания (8552 ккал/л), по сравнению с фракцией I (8226 ккал/л).

Аналогичное наблюдение было сделано нами и при разделении на молекулярном сите CaX других фракций, выделенных из нефти нафтенового основания. Из широкой фракции анастасиевской нефти, полученной на Батумском НПЗ, были отогнаны фракции, выкипающие в пределах 200—225, 225—250 и 250—285°, которые подвергались разделению после деароматизации в условиях, описанных выше.

Для сравнения были поставлены опыты по разделению фракций, выкипающих в тех же температурных пределах, которые были получены из более парафинистой норийской нефти.

Приближенный групповой углеводородный состав и другие показатели этих фракций и продуктов их разделения представлены в табл.



Таблица 2

Разделение керосиновых фракций анастасиевской нефти на молекулярном сите СаХ

Физические показатели и групповой углеводородный состав	Фракция 200—225°C			Фракция 225—250°C			Фракция 250—285°C		
	десорбированная	адсорбированная на СаХ	не адсорбированная на СаХ	десорбированная	адсорбированная на СаХ	не адсорбированная на СаХ	десорбированная	адсорбированная на СаХ	не адсорбированная на СаХ
Плотность	0,8035	0,8120	0,7934	0,8225	0,8319	0,8079	0,8354	0,8424	0,8189
Показатель преломления	1,4453	1,4470	1,4431	1,4512	1,4565	1,4460	1,4598	1,4640	1,4522
Анилиновая точка, °С	68,0	64,6	70,2	72,3	66,1	73,7	76,5	67,5	76,8
Фракционный состав:									
температура начала перегонки, °С									
10%	182	153	177	203	175	203	231	206	216
50%	188	176	181	216	213	209	241	234	236
90%	205	193	212	230	232	221	256	254	250
конец кипения, °С	244	222	216	252	258	247	289	288	268
	246	223	218	253	263	247	295	289	269
Групповой состав, вес. %:									
нафтеновые углеводороды	67,7	82,3	58,8	65,4	89,8	60,7	55,8	87,0	55,9
парафиновые углеводороды	32,3	17,7	41,2	34,6	10,2	39,3	44,2	13,0	44,1
Теплота сгорания:									
низшая весовая, ккал/кг	10349	10321	10387	10335	10290	10373	10327	10274	10363
объемная, ккал/л	8346	8381	8241	8500	8660	8380	8627	8665	8485
Выход на фракцию, вес. %	—	31,1	62,2	—	34,3	58,9	—	16,5	68,5

2 и 3, коэффициенты для расчета группового состава взяты нами из литературы [4].

Данные табл. 2 и 3 показывают такую же картину концентрирования циклопарафиновых углеводородов во фракциях, адсорбированных на молекулярном сите СаХ, как и данные табл. 1. Особенно высоким содержанием нафтенов (82,3—89,8%) характеризуются десорбаты из СаХ, полученные в результате разделения дистиллятных фракций анастасиевской нефти. Среди них выделяется десорбат из фракции 225—250°, представляющий собой концентрат нафтенов (89,8%) с удельным весом 0,8319, объемной теплотой сгорания 8660 ккал/л и довольно высокой весовой теплотой сгорания (10290 ккал/кг).

Высоким содержанием нафтенов (80,5%) характеризовался также десорбат из СаХ в случае фракции 225—250° норийской нефти, хотя в этой фракции содержание нафтенов значительно ниже (49,6%), чем в соответствующей фракции анастасиевской нефти.

Таким образом, разделение керосиновых дистиллятов на молекулярных ситах NaX и СаХ можно использовать для получения углево-



Разделение керосиновых фракций норийской нефти на молекулярном сите СаХ

Физические показатели и групповой углеводородный состав	Фракция 200—225°			Фракция 225—250°		
	деароматизированная	адсорбированная на СаХ	не адсорбированная на СаХ	деароматизированная	адсорбированная на СаХ	не адсорбированная на СаХ
Плотность	0,8059	0,8083	0,7851	0,8117	0,8220	0,7973
Показатель преломления	1,4433	1,4460	1,4378	1,4490	1,4520	1,4425
Анилиновая точка, °С	72,9	68,5	75,3	76,2	68,6	78,0
Фракционный состав:						
температура начала перегонки, °С						
10%	204	183	198	226	161	208
50%	207	203	201	228	220	221
90%	214	214	207	235	233	228
конец кипения, °С	230	225	218	247	246	238
	236	232	224	253	251	249
Групповой состав, вес. %:						
нафтеновые углеводороды	45,9	64,0	36,1	49,6	80,5	43,4
парафиновые углеводороды	54,1	36,0	63,9	50,4	19,5	56,6
Теплота сгорания:						
низшая весовая, ккал/кг	10372	10336	10432	10375	10322	10418
объемная, ккал/л	8354	8360	8190	8421	8485	8306
Выход на фракцию, вес. %	—	41,4	57,3	—	32,2	64,2

дородных смесей, с одной стороны, с высокой весовой, а с другой, с повышенной объемной теплотой сгорания, с высоким удельным весом и нафтенным характером, которые могут представлять интерес как компоненты реактивных топлив.

Выводы

1. Проведено разделение деароматизированных керосиновых фракций нефтей парафино-нафтенного и нафтенного основания на молекулярном сите СаХ.

2. Показано, что на молекулярном сите СаХ преимущественно адсорбируются углеводороды нафтенного характера. В результате разделения из керосиновых фракций анастасиевской нефти были получены концентраты, содержащие 82,3—89,8% нафтенов.

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

(Поступило в редакцию 13.10.1967)



ა. ბენაშვილი

 ნახთოზის კაროსინის ფრაქციის გაყოფა NaX და CaX
 მოლეკულურ საცრებზე

რეზიუმე

წერილში შესწავლილია დეარომატიზირებული კაროსინის 200—285°-მდე მდუღადი ფრაქციების აღსორბციული ფაყოფის საკითხი NaX და CaX მოლეკულური საცრებით ორთქლის ფაზაში.

გამოკვლევის შედეგებიდან ჩანს, რომ აღნიშნულ მოლეკულურ საცრებზე შერჩეულ პირობებში ძირითადად აღსორბირდება ნაფტენური რიგის ნახშირწყალბადები იზოალკანების მინარევით. ნაფტენური ნახშირწყალბადების ასეთ კონცენტრატებს ახასიათებს მაღალი თბოუნარიანობა ხვედრითი წონის სიდიდესთან ერთად, რაც მათ სასურველ თვისებებს ანიჭებთ.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. Н. Телешова, Р. В. Вигалок. Нефтепереработка и нефтехимия, 1, 13, 1964.
2. Л. Н. Квитковский. Применение синтетических цеолитов для выделения бензола и толуола. Доклад на сессии Научного совета по адсорбентам и его секциям, Тбилиси, 1965.
3. В. Маг, М. Shamaingar. Anal. chem., 30, 276, 1958.
4. А. Ф. Платэ. Краткое руководство к практикуму по химии нефти. МГУ, 1960, 31.
5. E. M. Бенашвили. Сообщения АН ГССР, 43, № 3, 599, 1966.

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Л. Д. МЕЛИКАДЗЕ, И. Л. ЭДИЛАШВИЛИ, З. И. ГУРГЕНИДЗЕ,
Р. Я. КИПИАНИ

ИНГИБИРОВАНИЕ РЕАКЦИИ ФОТОХИМИЧЕСКОГО
ОКИСЛЕНИЯ НЕФТЯНЫХ МАСЕЛ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Х. И. Арешидзе 6.11.1967)

Торможение реакции окисления нефтяных масел под действием света является важной задачей, связанной с использованием указанных продуктов в деле защиты растений от вредителей. Эмульсии нефтяных масел широко используются в сельском хозяйстве против вредителей citrusовых и плодовых насаждений — кокцидов.

Однако указанные эмульсии могут применяться лишь в осенне-зимние и ранние весенние месяцы — в период покоя растений. В летний, вегетационный период, наиболее эффективный для борьбы с вредителями, масляные эмульсии применяются крайне редко, так как, окисляясь под действием света и образуя кислые продукты, нефтяные масла проявляют сильную фитотоксичность и наносят вред растениям.

Для исключения фитотоксичности были предложены эмульсии на основе специальных, высокоочищенных масел, не содержащих углеводов ароматического ряда [1, 2]. Однако эти эмульсии не нашли широкого применения из-за того, что, во-первых, получение таких высокоочищенных деароматизированных масел связано с определенными трудностями, а во-вторых, они все же проявляют некоторую фитотоксичность, обладая при этом слабыми инсектицидными свойствами.

Предварительными исследованиями влияния различных добавок на отдельные фракции и продукты хроматографического деления высокомолекулярной углеводородной части нефти нами было установлено, что некоторые из них вызывают заметное торможение процессов фотохимического окисления. Подобное явление наблюдалось при исследовании влияния ароматических аминов на фотохимические превращения бензантраценовых углеводородов [3] и подтверждалось также литературными данными [4, 5]. В результате вышеуказанного наметилась возможность торможения реакции фотоокисления минеральных масел путем подбора эффективных ингибиторов, предохраняющих их от образования фитотоксических продуктов.



В качестве присадок было опробовано 22 вещества различного строения, в основном амины, фенолы, сульфиды. Исходным продуктом для оценки ингибирующих свойств добавок служил продукт, выделенный из высокомолекулярной ароматической части норийской нефти,

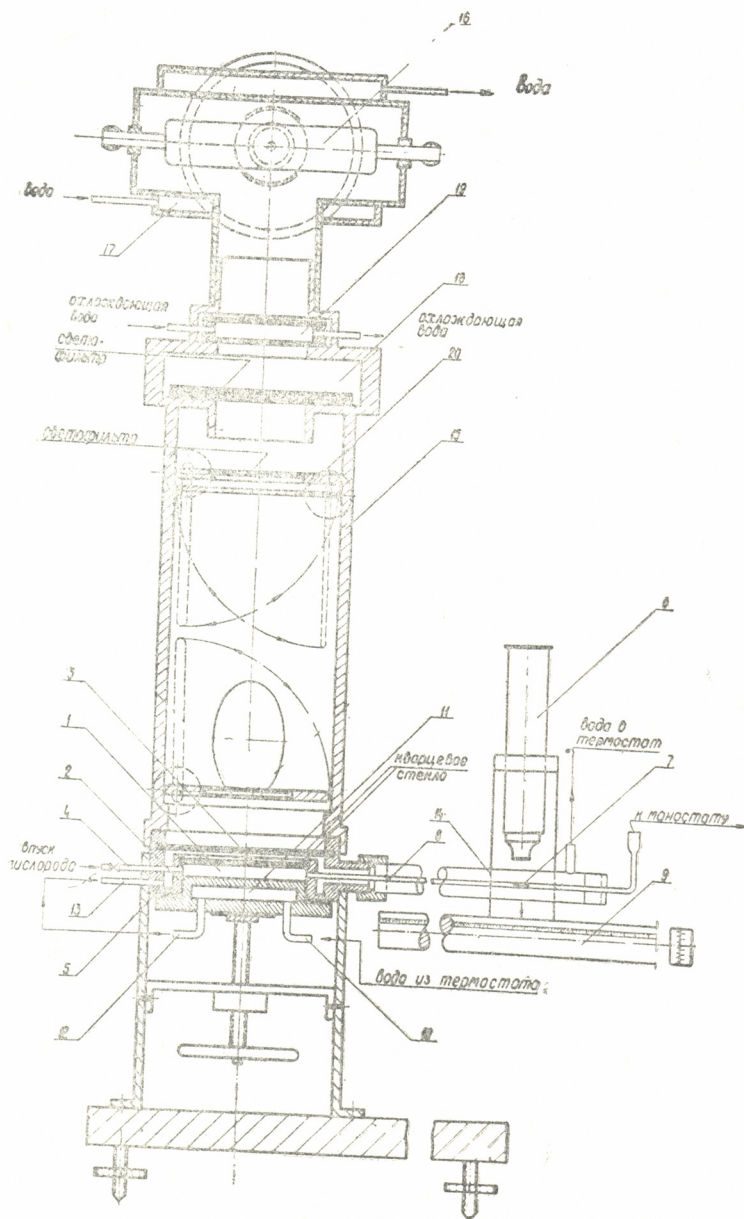


Рис. 1. Установка для исследования фотохимического окисления

характеризующийся высокой фотохимической активностью. Исследования проводились на сконструированной в нашей лаборатории установке, позволяющей оценивать скорости фотохимического окисления проб путем определения скорости присоединения кислорода при облучении дозированным светом.

Установка для фотохимического окисления (рис. 1) состоит из камеры окисления, системы термостатирования, моностата и осветительной системы с блоком питания.

Бронзовая камера фотохимического окисления 1 объемом 13 мл 13 мл представляет собой полый цилиндр со съемным дном 2 и окном из кварцевого стекла 3. Съемное дно служит для установки на нем испытуемого образца. В целях термостатирования камера заключена в кожух 5, через который циркулирует вода из ультратермостата (точность регулирования температуры $\pm 0,5^\circ\text{C}$). Предварительно осушенный кислород подается в камеру 1 через трубку 4. Изменение объема кислорода при фотохимическом окислении образца оценивается перемещением водяной капли 7, введенной в термостатированную микробюретку 6, которая соединена с камерой окисления. Перемещение капли регистрируется отсчетным микроскопом 8, укрепленным на горизонтальном компараторе 9. Внутренний диаметр микробюретки равен 0,28 см, а точность отсчета $6,15 \cdot 10^{-5}$ мл.

Термостатирование системы осуществляется следующим образом: вода из термостата поступает по трубке 10 в полость 11 съемного дна камеры окисления, оттуда по трубкам 12 и 13 в водную рубашку самой камеры, а затем в стеклянный кожух микробюретки 14 и обратно в термостат.

Для исключения влияния колебаний атмосферного давления в процессе опыта к открытому концу измерительной бюретки присоединяется моностат.

Источником света служит ртутно-кварцевая лампа ПРК-4, заключенная в кожух 17, охлаждаемая проточной водой из водопровода. Облучение образцов производится через светофильтр, который вставляется в кассету 18. Для предохранения светофильтров от нагрева между лампой и кассетой можно поместить водяной фильтр 19. Ниже кассеты 18 имеется встроенный светофильтр УФС-3, вводимый при необходимости рукояткой. Кроме того, имеется заслонка 20, позволяющая прекращать облучение образца без выключения лампы.

Питание лампы ПРК-4 стабилизированным током осуществляется блоком питания. Энергия облучения образца дозируется специальным дозатором, представляющим собой релаксационный генератор, в котором в качестве сопротивления служит измеряющий энергию фотоэлемент (СЦВ-4). Частота колебаний генератора, зависящая от воз-

буждения фотоэлемента, в виде импульсов регистрируется электромеханическим счетчиком импульсов.

Присадки добавлялись в количестве 2—2,5% от масла. Исходное вещество, а также образцы с добавками (в количестве 10—15 мг) тонким слоем наносились на круглые молочные стеклянные пластинки, и при соблюдении постоянства условий опытов определялись скорости фотоокисления. Освещение проводили через светофильтр УФС-1 (область пропускания 240—400 мμ).

Исследованные добавки по способности тормозить процесс фотохимического окисления условно могут быть разделены на три группы (рис. 2). Первую группу составляют вещества с сильными ингибирующими

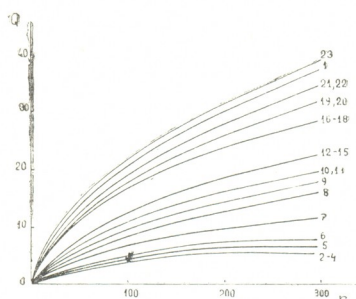


Рис. 2. Влияние присадок на фотохимическое окисление продукта, выделенного из норийской нефти (концентрация присадок 2,5%): 1—исходный продукт, 2—тетраметилдиаминодифенилметан, 3—тетраэтилдиаминодифенилметан, 4—тетраметилбензидин, 5—*p*-фенилендиамин, 6—фенил- α -нафтиламин, 7—бензидин, 8— α -нафтиламин, 9—дефениламин, 10—анилин, 11—диметиланилин, 12—диметилнафтиламин, 13—7,8,9,10-тетрагидробензо (б)-итионафтил, 14—бензо (б) тионафтен, 15—тиобразан, 16—триметилбензтиазол, 17—динафтол, 18—*o*-толуидин, 19—*p*-толуидин, 20—дифенилбензидин, 21—циклогексанолоксим, 22—дифенилсульфид, 23—антрахион

масла при облучении светом. Присадки вводились в масло в количестве 2%, облучение проводили светом ртутно-кварцевой лампы ПРК-4 через светофильтр УФС-1. Как и в предыдущих исследованиях, соблюдалась идентичность условий опытов.

свойствами—уменьшающие количество присоединенного кислорода по сравнению с соответствующей исходной величиной в 2 и более раз (облучение образцов световой энергией соответствует 300 импульсам по показанию электромеханического счетчика). Среди них надо отметить тетраметил- и тетраэтилдиаминодифенилметан, тетраметилбензидин, *p*-фенилендиамин и фенил- α -нафтиламин. Ко второй группе относится большинство из исследованных добавок, характеризующихся средней ингибирующей силой. В третью группу входят добавки, которые практически не влияют на скорость фотохимического окисления исходного продукта.

Как было отмечено, фитотоксическое действие минеральных масел обусловлено образованием продуктов кислого характера. С целью выяснения влияния ингибиторов фотохимического окисления на процесс образования кислых продуктов было изучено влияние выявленных нами эффективных ингибиторов—тетраметил- и тетраэтилдиаминодифенилметанов, фенил- α - и фенил- β -нафтиламинов, α и β -нафтиламинов на повышение кислотности трансформаторного

Результаты исследования, приведенные в таблице, показывают, что указанные присадки значительно препятствуют повышению кислотности масла под действием света. Это дало нам основание ставить вопрос об использовании указанных добавок в качестве ингибиторов фотохимического окисления минеральных масел, предохраняющих их от образования фитотоксических продуктов окисления.

Влияние присадок на образование кислых продуктов при облучении трансформаторного масла (концентрации присадок 2%)

№	Наименование продукта	Кислотное число продукта до облучения (мг КОН)	Кислотное число продукта после облучения (мг КОН)
1	Трансформаторное (тр.) масло	0,060	0,37
2	Тр. масло + фенил- α -нафтиламин	0,062	0,156
3	Тр. масло + тетраметилдиминодифенилметан	0,060	0,22
4	Тр. масло + тетраэтилдиминодифенилметан	0,061	0,21
5	Тр. масло + α -нафтиламин	0,061	0,19
6	Тр. масло + фенил- β -нафтиламин	0,061	0,22
7	Тр. масло + β -нафтиламин	0,061	0,32

Испытания нефтяных масляных эмульсий с присадкой тетраметилдиминодифенилметана на вегетирующих частях (листья и побеги) цитрусовых и плодовых насаждений, проведенные Институтом защиты растений Министерства сельского хозяйства ГССР в весенний и летний периоды за 1965 и 1967 гг., показали, что даже 6% эмульсии по маслу не оказали никакого вредного действия на растения, в то время как эталонная эмульсия на том же масле уже при 2% концентрации дала сильное фитотоксическое повреждение растений. При этом следует отметить, что добавление указанных ингибиторов несколько не снижает инсектицидные свойства исследуемых масел.

Выводы

1. Выявлены эффективные ингибиторы реакции фотохимического окисления нефтяных масел.
2. Создана установка, позволяющая оценивать скорость фотохимического окисления продуктов путем определения скорости присоединения кислорода при облучении дозированным светом.
3. Полевые испытания масляных эмульсий с присадкой выявленных нами ингибиторов показали перспективность их применения с целью предохранения минеральных масел от образования фитотоксических продуктов.

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

(Поступило в редакцию 6.11.1967)

ლ. მელიკაძე, ი. ედილაშვილი, ზ. გურბანიძე, რ. ყიფანიძე

ნავთობის ზეთების ფოტოქიმიური ქანგვის რეაქციის ინჰიბირება

რ ე ზ ი მ ე

მცენარეთა დაცვის საქმეში გამოყენებული მინერალური ზეთის ემულსიების ფოტოქიმიური თვისებების თავიდან აცილების მიზნით შესწავლილ იქნა სხვადასხვა კლასის ნივთიერებების—ამინების, ფენოლების, სულფიდების (22 ნივთიერება) — გავლენა ნავთობიდან გამოყოფილი პროდუქტების ფოტოქიმიური ქანგვის რეაქციებზე. ჩატარებული გამოკვლევის შედეგად გამოვლინდა ზემოაღნიშნული რეაქციის ეფექტური ინჰიბიტორები — ტეტრამეტილ- და ტეტრაეთილდიამინოდიფენილმეთანი, ფენილ- α -და ფენილ- β -ნაფტილამინი, α - და β -ნაფტილამინი, რომელთა დამატება ნავთობის პროდუქტებში ზრდის არა მარტო ამ უკანასკნელთა ფოტოქიმიურ სტაბილობას ქანგვის მიმართ, არამედ იგი ხელს უშლის მყავფური ბუნების ფოტოქიმიური პროდუქტების წარმოქმნასაც. ტეტრამეტილდიამინოდიფენილმეთანის დამატებით მომზადებული ზეთის ემულსიის გამოცდამ სავსე პირობებში, რაც ჩაატარა საქართველოს სსრ მცენარეთა დაცვის ინსტიტუტმა, ცხადყო აღნიშნული მიზნით მათი გამოყენების პერსპექტიულობა.

დასოფიებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. С. Ф. Безуглый, В. С. Луканина. Труды НИУИФ, вып. 171, Госхимиздат, М., 1961, 103.
2. С. Ф. Безуглый, В. С. Луканина. Химия в сельском хозяйстве, № 3, 1964, 27.
3. И. Л. Эдилашвили, А. С. Черкасов. Азерб. хим. журнал, № 1, 1967, 86.
4. А. С. Черкасов, Т. М. Вебер. Оптика и спектроскопия, 7, 1959, 321.
5. Т. М. Вебер, А. С. Черкасов. Изв. АН СССР, сер. физ., 24, 1960, 577.

ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Н. В. МЗАРЕУЛИШВИЛИ, Е. Г. ДАВИТАШВИЛИ, В. П. НАТИДЗЕ

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ОСНОВНОГО ХЛОРИДА И ГИДРООКСИ ПРАЗЕОДИМА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. А. Ландиа 29.12.1967)

На основании результатов исследования, полученных нами ранее [1], было показано, что в системе $\text{PrCl}_3\text{—NaOH—H}_2\text{O}$ при исходной концентрации Pr^{3+} 0,025 г-ион/л образуются два соединения: основной хлорид празеодима и гидроокись празеодима.

В литературе имеется мало сведений о поведении и свойствах этих соединений.

Известно, что в свежеприготовленных системах празеодим образует основной хлорид $\text{Pr}(\text{OH})_{2,66}\text{Cl}_{0,34}$, который через 10 суток переходит в $\text{Pr}(\text{OH})_{2,5}\text{Cl}_{0,5}$ [2].

Проведено термографическое исследование свежеполученной гидроокиси празеодима [3].

Настоящая работа посвящена изучению состава и свойств основного хлорида и гидроокиси празеодима, образующихся при взаимодействии хлорида празеодима с едким натром. Исследования проводились методами химического, термографического, рентгенографического анализов и ИК-спектров поглощения.

Основной хлорид и гидроокись празеодима были синтезированы при $n=2,5$ ⁽¹⁾ и $n=4$. Осадки, полученные при этих соотношениях реагирующих компонентов, отфильтровывались, промывались 90 % спиртом, отжимались под прессом и высушивались до воздушно-сухого состояния.

Результаты химического анализа представлены в таблице.

⁽¹⁾ Здесь и в дальнейшем через n обозначается молярное отношение $\text{NaOH}:\text{PrCl}_3$ в исходной смеси.

Результаты анализа осадков, полученных в системе $\text{PrCl}_3\text{—NaOH—H}_2\text{O}$

n	Вес. %				Формула
	Pr	OH-	Cl-	H ₂ O	
Найдено	2,5	62,80	18,53	7,70	$\text{Pr}(\text{OH})_{2,5}\text{Cl}_{0,5} \cdot 1,5 \text{H}_2\text{O}$
Вычислено	2,5	61,80	18,62	7,77	
Найдено	4,0	63,98	23,24	—	$\text{Pr}(\text{OH})_3 \cdot 1,5 \text{H}_2\text{O}$
Вычислено	4,0	64,37	23,29	—	



На рис. 1 приведена термогравиграмма $\text{Pr}(\text{OH})_{2,5}\text{Cl}_{0,5} \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$ (рис. 1, А) сопровождается двумя эндотермическими эффектами. В интервале температур 60—310°C происходит удаление 1,5 молекулы воды, что отвечает на термогравиграмме участку *ab*. Потеря в весе при этом составляет 11,27% (теоретическое значение—11,83%).

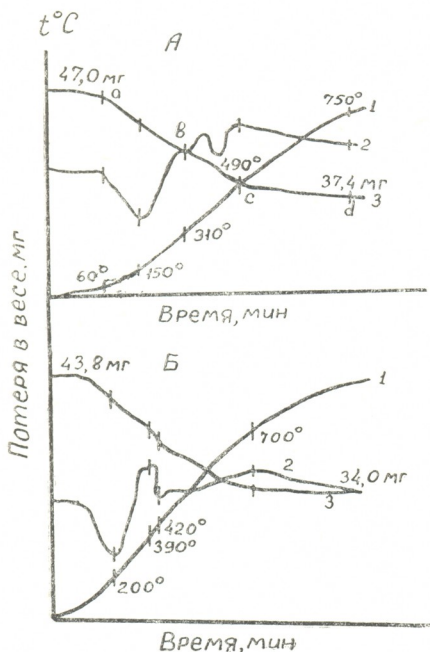
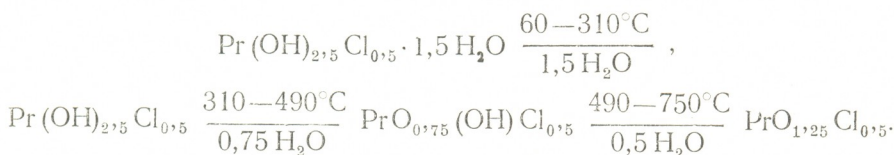


Рис. 1. Термограммы: 1—простая запись, 2—дифференциальная запись, 3—потеря веса. А— $\text{Pr}(\text{OH})_{2,5}\text{Cl}_{0,5} \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$; Б— $\text{Pr}(\text{OH})_3 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$

Химическим анализом показано, что после выдерживания основного хлорида празеодима в печи при 750°C в составе соли содержится 5,01% хлора.

Термическое разложение $\text{Pr}(\text{OH})_{2,5}\text{Cl}_{0,5} \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$ можно выразить следующей схемой:



Термогравиграмма $\text{Pr}(\text{OH})_3 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$ (рис. 1, Б) характеризуется двумя эндотермическими эффектами в интервале температур 80—390°C и 390—700°C. Согласно термогравиграмме, при первом эндотермическом эффекте происходит удаление 1,5 молекулы воды. В интервале температур 390—700°C происходит потеря воды, выделившейся при переходе гидроксида празеодима в окись.

С целью установления химической индивидуальности основного хлорида празеодима проведена кристаллизация соли при температуре 250°C и давлении водяных паров в 100 атм.

В аналогичных условиях не удалось получить кристаллического продукта гидроокиси празеодима.

Кристаллический основной хлорид празеодима прокаливается до постоянного веса при 800°C (при температуре большей, чем требуется для перехода гидроксихлорида в оксихлорид).

Химическим анализом установлено, что в полученном продукте отношение $Cl^- : Pr^{3+} = 0,5$, что указывает на образование оксихлорида празеодима состава $PrO_{1,25}Cl_{0,5}$ или $Pr_4O_5Cl_2$.

Сопоставление штрих-диаграмм оксихлорида празеодима $Pr_4O_5Cl_2$ (А), окиси празеодима, полученного при термическом разложении $Pr(OH)_3$ (Б) и исходного кристаллического гидроксихлорида празеодима (В) показало, что оксихлорид имеет кристаллическую решетку, отличную от окиси празеодима и от исходного гидроксихлорида празеодима.

ИК-спектры поглощения гидроксихлорида (а), оксихлорида (б), а также окиси празеодима (в) приведены на рис. 3.

В области 3600 см^{-1} в гидроксихлориде празеодима (а) имеется полоса поглощения, которая отвечает валентным колебаниям ОН-групп. Наличие полосы поглощения 1650 см^{-1} связано с деформационными колебаниями молекул воды и указывает на присутствие в гидроксихлориде, кроме групп ОН, молекул воды.

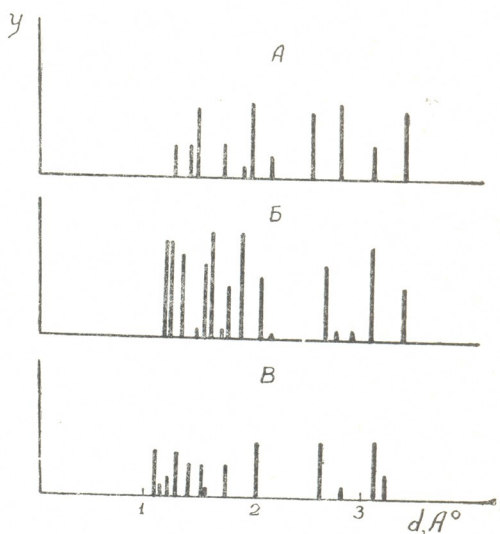


Рис. 2. Штрих-рентгенограммы: А— $Pr_4O_5Cl_2$; Б— Pr_6O_{11} ; В— $Pr(OH)_{2,5}Cl_{0,5} \cdot 1,5H_2O$

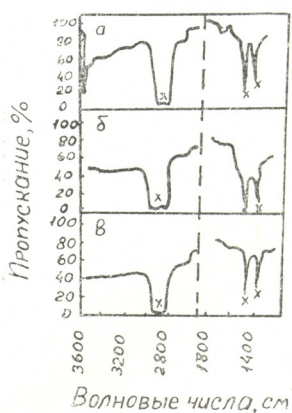


Рис. 3. ИК-спектры поглощения (в вазелиновом масле): а— $Pr(OH)_{2,5}Cl_{0,5} \cdot 1,5H_2O$; б— $Pr_4O_5Cl_2$; в— Pr_6O_{11}



На ИК-спектре оксихлорида празеодима (б), полученного гидроксихлорида празеодима при 800°C , и окиси празеодима (в) отсутствуют полосы поглощения как валентных колебаний ОН-групп, так и деформационных колебаний молекул воды.

Результаты ИК-спектров поглощения хорошо согласуются с результатами как химического анализа, так и термического разложения гидроксихлорида празеодима.

Выводы

Методом химического анализа установлено, что в системе $\text{PrCl}_3\text{—NaOH—H}_2\text{O}$ при исходной концентрации $\text{Pr}^{3+} = 0,025$ г-ион/л образуются основной хлорид празеодима состава $\text{Pr}(\text{OH})_{2,5}\text{Cl}_{0,5} \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$ и нормальная гидроксид $\text{Pr}(\text{OH})_3 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$.

Проведены термографическое, рентгенографическое и спектроскопическое исследования указанных соединений.

Академия наук Грузинской ССР

Институт физической и
 органической химии

им. П. Г. Меликишвили

Тбилиси

(Поступило в редакцию 29.12.1967)

ზოგადი და აბსტრაქტული კინია.

ბ. მკარაშვილი, ე. დავითაშვილი, ვ. ნათიძე

პრაზეოდუმის ფუძე ქლორიდისა და ჰიდროქსანგის შედგენილობისა
 და თვისებების შესწავლა

რეზიუმე

ქიმიური ანალიზით დადგენილია, რომ $\text{PrCl}_3\text{—NaOH—H}_2\text{O}$ სისტემაში $0,025$ გ-იონ/ლ კონცენტრაციის დროს წარმოიქმნება პრაზეოდუმის ფუძე ქლორიდი — $\text{Pr}(\text{OH})_{2,5}\text{Cl}_{0,5} \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$ და პრაზეოდუმის ნორმალური ჰიდროქსანი. ჩატარებულია ამ ნაერთების თერმოგრაფული, რენტგენოგრაფული და სპექტროსკოპული გამოკვლევა.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. В. Мзареулишвили, Е. Г. Давиташвили, В. П. Натидзе. О реакции образования гидроксидов и основных солей празеодима. Комплексные соединения некоторых переходных и редких элементов. Тбилиси, 1966, 59.
2. Н. В. Аксельруд. Химия растворов редкоземельных элементов, 1962, 6.
3. Л. М. Дворникова. Труды молодых ученых, вып. химия, Саратов, 1965, 92.

Г. Г. ЧИРАКАДЗЕ, Е. М. НАНОБАШВИЛИ, Г. А. МОСАШВИЛИ

ОБ ОБРАЗОВАНИИ ЭФИРОВ ТИОЦИАНОВОЙ КИСЛОТЫ ПОД ОБЛУЧЕНИЕМ

(Представлено академиком Р. И. Агладзе 11.4.1967)

В последнее время привлекают к себе внимание радиационно-химические процессы, приводящие к образованию новых соединений [1]. С этой точки зрения интересна попытка синтеза эфиров тиоциановой кислоты под облучением. Указанные соединения в настоящее время являются объектами многочисленных исследований и имеют достаточно широкую библиографию успешного применения в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства [2]. Особо следует отметить их инсектицидные и фунгицидные свойства [3].

Описанные «обычные» химические синтезы эфиров тиоциановой кислоты [4], несмотря на кажущуюся простоту, обладают рядом существенных недостатков, к которым в первую очередь следует отнести загрязненность получаемых продуктов. К тому же синтез ряда органических роданидов является многостадийным, трудоемким и длительным [5].

Целью данной работы являлось изучение возможности образования эфиров тиоциановой кислоты под облучением и нахождение оптимальных условий для протекания данного процесса.

Источниками излучения являлись рентгеновские аппараты РУМ-3, работавшие в режиме 150—200 kv и 10—15 mA, и установка К-60000. Дозиметрия производилась ферросульфатным методом. Мощность дозы для γ -лучей соответствовала $1,7 \times 10^{16}$ эв/мл·сек, а для рентгеновских $0,9—1,5 \times 10^{15}$ эв/мл·сек. Объектами исследований являлись непредельные углеводороды гексен-1, гептен-1 и -3, тиоцианаты калия и аммония: в качестве растворителей использовались этиловый спирт и ацетон. Радиационно-химические превращения исходных соединений описаны в работе [6]. Встречным синтезом для необходимых аналитических исследований были получены n-пропил-, изо-амил- и n-гексилроданиды. Изучение протекающих процессов было проведено с применением различных методов физико-химического анализа [7]. Для количественных оп-

ределений органических тиоцианатов в лаборатории была разработана специальная методика.

Облучение системы калий роданистый — гептен-3 в ацетоне, как это отмечалось ранее [8], приводит к образованию нового соединения, которое после отгонки растворителя и непрореагировавшего гептана выделяется в индивидуальном состоянии. УФ-спектры поглощения полученного соединения характеризуются максимумом поглощения на волне 260 мμ, совпадающим с полосой поглощения органических роданидов. Кроме того, данное соединение дает характерную качественную реакцию на тиоцианатную группу в органических соединениях [9]. Физико-химические константы полученного соединения согласуются с литературными данными [10]. Таким образом, основным продуктом при действии частиц высоких энергий на исследуемую систему является эфир тиоциановой кислоты.

Образование эфира тиоциановой кислоты в системе KSCN—н-гептен-1—C₂H₅OH в зависимости от дозы

№ п/п	Доза, эв/мл 10 ⁻¹⁹	Оптическая плотность D ₂₆₀ мμ	Количество образовавшегося роданида, мол/л	Радиационно-химический выход, мол/100 эв	Примечание	
1	5,0	0,232	0,069	82	KSCN 0,234 М, н-гептен-1 2,2 М Облучение проводилось в атмосфере воздуха	
2	6,0	0,297	0,091	91		
3	7,0	0,174	0,055	47		
4*	1,6	0,135	0,044	162		
5*	2,6	0,186	0,058	135		
6*	2,2	0,135	0,050	137		
7	3,6	0,759	0,255	426		Добавление 0,22 М Н ₂ О
8	4,9	0,600	0,206	255		

Мощность дозы 1,4 и (*) 0,9 x 10¹⁵ эв/мл·сек

В таблице приведены данные образования гептилового эфира тиоциановой кислоты в зависимости от количества поглощенной энергии при облучении системы калий роданистый — гептен-1 — этиловый спирт в атмосфере воздуха. В начале процесса с ростом дозы наблюдается увеличение количества образовавшегося эфира, которое проходит через максимальное значение при дозе 6 × 10¹⁹ эв/мл и соответствует 0,09 м, а затем при дальнейшем повышении дозы уменьшается. Начальное значение радиационно-химического выхода G (+ RSCN) соответствует 82 мол/100 эв.

На образование органических роданидов существенное влияние оказывает концентрация компонентов в исходной системе. Варьирова-

ние концентрации тиоцианата калия, как это видно из рис. 1, позволяет выбрать оптимальное количество роданида, при котором в данных условиях наблюдается максимальное образование эфира. Значение радиационно-химического выхода возрастает до 180 мол/100 эв. Полученные данные согласуются в некотором приближении с результатами, полученными и другим методом. Так, в системе KSCN — гексен-1 — спирт (молярное соотношение 1:2) при поглощении 5×10^{19} эв/мл расходуется 0,0051 г/мл непредельного углеводорода и соответственно образуется 0,0087 г/мл, т. е. 0,06 М, органического роданида. Спектрофотометрирование данной системы ($D=0,260$ см при разбавлении 2×10^2) указывает на образование 0,05 М раствора органического роданида.

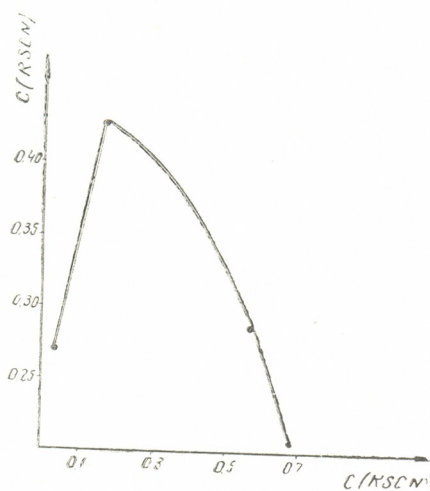


Рис. 1. Влияние концентраций роданистого калия на образование эфира тиоциановой кислоты. $D=5,2 \cdot 10^{19}$ эв/мл

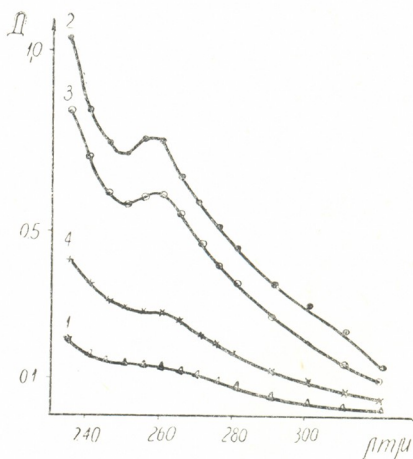


Рис. 2. УФ-спектры поглощения образовавшегося продукта в системе KSCN—н-гексен-1—этиловый спирт—вода при различных дозах: 1—2; 2—3,6; 3—4,9; 4—8,1·10¹⁹ эв/мл

При введении в систему незначительных количеств воды, как это видно из рис. 2, имеет место заметное увеличение оптической плотности изооктановых растворов образующихся роданидов. В этих условиях максимальное значение радиационно-химического выхода возрастает до 430 мол/100 эв при дозе 3×10^{19} эв/мл. Следует отметить, что присутствие воды снижает оптимальную дозу почти вдвое.

Замена в неорганическом роданиде иона калия на ион аммония заметно влияет на процесс образования органического роданида.

На рис. 3 представлены УФ-спектры поглощения образующегося роданида в системе NH_4SCN --- н-С₇H₁₄-1 — С₂H₅ОН. С ростом дозы



происходят значительные изменения оптической плотности, проходящие через максимальное значение. Значения радиационно-химического выхода также имеют ярко выраженный максимум при дозе $0,2 \times 10^{19}$ эв/мл. Сравнение полученных результатов с данными для системы с роданистым калием показывает, что образование роданида протекает со значительно большими значениями $G (+RSCN)$, достигающими 3200 мол/100 эв при дозах, меньших на порядок. Это объясняется тем, что, наряду с гептиловым, образуется и этиловый эфир тиоциановой кислоты.

Уменьшение молекулярного веса непредельного углеводорода в исследуемой системе влияет на выход образовавшегося органического роданида. Так, при замене гептена-1 на гексен-1 в системе NH_4CSCN — гексен-1 — этиловый спирт значение радиационно-химического выхода возрастает с 3000 до 4000 мол/100 эв.

Изучение влияния мощности дозы на процесс образования эфира тиоциановой кислоты показывает, что значение радиационно-химического выхода возрастает с 82 до 160 мол/100 эв при уменьшении мощности дозы с 1,4 до $0,9 \times 10^{15}$ эв/мл сек.

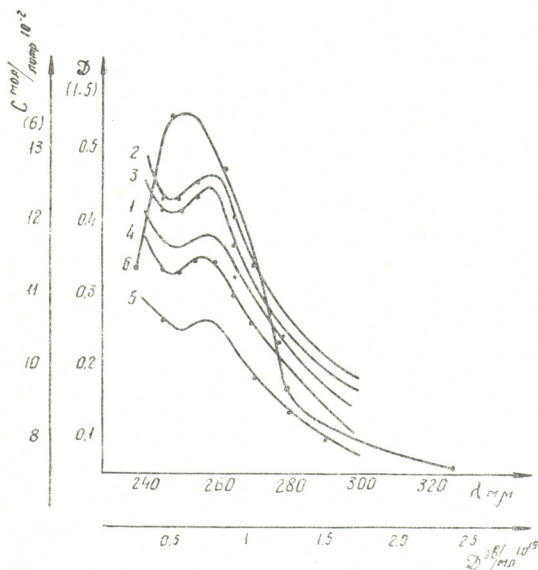


Рис. 3. УФ-спектры поглощения образовавшегося роданида в системе NH_3SCN —н-гептен-1—этиловый спирт (1—5) и зависимость $G (+RSCN)$ от дозы (6): 1—0,2; 2—0,4; 3—0,8; 4—1,3; 5— $3,0 \cdot 10^{19}$ эв/мл

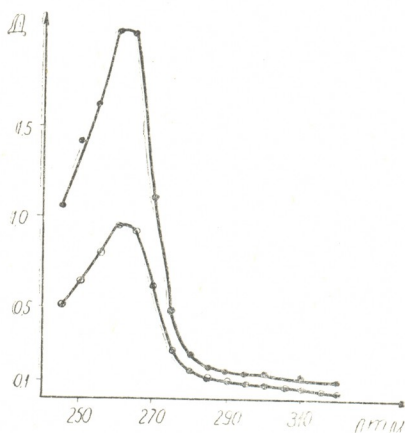


Рис. 4. УФ-спектры поглощения образовавшегося роданида в системе $KSCN$ —н-гептен-1—этиловый спирт в атмосфере ксенона при дозе $4,3 \cdot 10^{19}$ эв/мл

Замена воздушной атмосферы инертным газом более всего влияет на процесс образования эфира тиоциановой кислоты. Как видно из

рис. 4, облучение системы KSCN—н-гексен-1—этиловый спирт в атмосфере ксенона приводит к образованию соответствующего эфира тиоциановой кислоты с радиационно-химическим выходом, достигающим при дозе: 4×10^{19} эв/мл 18000 мол/100 эв.

Во всех системах наибольшее количество органического тиоцианида образуется при оптимальных дозах, выше которых наблюдается заметное снижение его выхода. Это, по всей вероятности, связано с разложением образующегося продукта под действием радиации. Контрольные опыты по радиолузу органических роданидов указывают на их относительную стабильность при оптимальных для синтеза дозах. В дальнейшем превращение роданидов делается заметным. Основным продуктом по сере являются сульфат-ионы, количество которых в расчете на исходную серу увеличивается для 0,1 М раствора с 1,8 до 5% при дозах $0,4—1 \times 10^{21}$ эв/мл.

Таким образом, полученные данные позволяют заключить, что при действии радиации на системы непредельный углеводород—неорганический тиоцианат — растворитель имеет место образование эфиров тиоциановой кислоты со значительными радиационно-химическими выходами. $G(+RSCN)$ существенно зависит от различных физико-химических факторов: дозы, мощности дозы, природы растворителя и катиона, молекулярного веса непредельного углеводорода и т. д. Наибольший радиационно-химический выход $G(+RSCN)$ наблюдается при облучении исследуемой системы в среде инертного газа (18000 мол/100 эв). Столь высокое значение радиационно-химического выхода указывает на перспективность использования частиц высоких энергий для реакций образования эфиров тиоциановой кислоты.

Выводы

1. Исследовано действие рентгеновских и γ -лучей на системы $Me(K, NH_4)—R—CH=CH_2—C_2H_5OH$ или $(CH_3)_2CO$ в различных условиях.
2. Установлено образование эфиров тиоциановой кислоты с высокими значениями радиационно-химических выходов в среде инертного газа.

Академия наук Грузинской ССР
Институт неорганической химии и электрохимии

(Поступило в редакцию 11.4.1967)



ზ. ზირაქაძე, ე. ნანობაშვილი, ზ. მოსაზვილი

თიოციანმჟავა ეთერების წარმოქმნა გამოსხივების მოქმედებით

რეზიუმე

შესწავლილია თიოციანმჟავას ეთერების წარმოქმნა მაღალი ენერგიის ნაწილაკების მოქმედებით.

რენტგენისა და γ -გამოსხივების მოქმედებით სისტემებზე MeSCN -უჯერი ნახშირწყალბადი-გამხსნელი (სადაც $\text{Me}=\text{K}, \text{NH}_4$) წარმოიქმნებიან თიოციანმჟავას ეთერები მაღალი რადიაციულ-ქიმიური გამოსავლით.

დადგენილია, რომ $\text{G} (+ \text{RSCN})$ იცვლება ფართო ინტერვალში, რაც დამოკიდებულია გასხივების პირობებზე, გამხსნელისა და კაჟონის ბუნებაზე, კონცენტრაციაზე, დოზაზე, დოზის სიმძლავრეზე და სხვა.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Е. М. Нанобашвили, Г. Г. Чиракадзе, М. Ш. Симонидзе. Тезисы докладов XX Международного конгресса по теоретической и прикладной химии, М., 1965.
2. Реакция и методы исследования органических соединений, 8, Гос. научн.-техн. изд. хим. лит-ры, М., 1959.
3. D. A. Peak, T. W. Waffleins. J. Chem. Soc. IV, 1950, 445.
4. T. Wagner-Jauregg, H. Arnold. J. Prakt. Chem., 155, 1940, 216.
5. R. Riemschneider. J. Am. Chem. Soc., 78, 1956, 844.
6. А. Своллоу. Радиационная химия органических соединений. ИЛ, М., 1963, 127, 135.
7. Губен-Вейл. Методы органической химии. Гос. научн.-техн. изд. хим. лит-ры. М., 1963, 290.
8. Е. М. Nanobaschvili, G. G. Tschirakadze et al. Proceedings of the Second Tihany Symposium on Radiation Chemistry, Budapest, Akademia Kiado, 1967, 285.
9. H. Bruchener et al. Pharmaz. Zentrallhale, 100, 1961, 452.
10. H. D. Vogelsang, T. Wagner-Jauregg, R. Rebling, Ann., 569, 1950, 183.

Л. В. ИВАНИЦКАЯ, Е. М. НАНОБАШВИЛИ, Л. В. ЛЯШЕНКО

РАДИОЛИЗ ТИОЦИАНИДОВ КАЛИЯ И АММОНИЯ В ЭТИЛОВОМ СПИРТЕ

(Представлено академиком Р. И. Агладзе 26.6.1967)

Радиационно-химическое превращение тиоцианидов в органическом растворителе представляет теоретический и практический интерес, но, тем не менее, в литературе отсутствуют данные по этой системе.

Радиационно-химические выходы процессов превращения ряда веществ в органических растворителях больше, чем в соответствующих водных растворах [1].

Поэтому можно полагать, что процессы радиационно-химического превращения тиоцианидов в органическом растворителе могут протекать эффективнее, чем в воде.

Нами в предыдущих работах изучено радиационно-химическое превращение тиоцианидов калия и аммония в уксусной кислоте и ацетоне и установлены общие закономерности по их радиолизу [2, 3].

В настоящей работе изучается радиационно-химическое превращение тиоцианидов калия и аммония в этиловом спирте в зависимости от различных кинетических факторов: концентрации раствора, природы насыщающего газа, мощности дозы, природы аниона и др.

Концентрация исследуемых спиртовых растворов тиоцианидов изменялась в пределах 0,001—0,1 м/л.

Облучение производилось в воздушной и азотной атмосферах. В качестве источника излучения использовался γ -излучатель К-60 при мощности дозы 10^{16} — 10^{13} эв/мл.сек.

Продукты радиолиза определялись различными физико-химическими методами; содержание ионов тиоцианида в исходных и облученных растворах — аргентометрическим титрованием; стабильные продукты — сульфаты — комплексометрически методом Сийдериуса; циан-ионы — в виде пикринового комплекса по методу Фишера и Брауна; органический роданид, образовавшийся при облучении, — спектрофотометрически при длине волны $\lambda = 260$ м μ .

Данные по исследованию действия γ -излучения на 0,001 М спиртовые растворы тиоцианида аммония в воздушной атмосфере представ-

лены на рис. 1, из которого видно, что количество NCS' -ионов в облученных системах вначале изменяется медленно. Степень радиационно-химического превращения, согласно данным рис. 1, вплоть до поглощения энергии $6,4 \cdot 10^{20}$ эв/мл незначительная. При больших дозах раствор мутнеет с выделением белого творожистого осадка, количество которого увеличивается с возрастанием энергии.

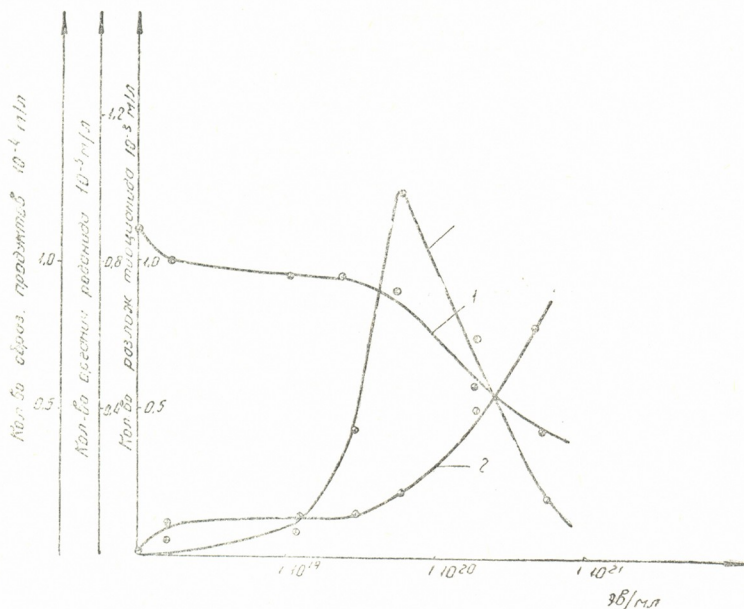


Рис. 1. Действие γ -излучения на 0,001 М спиртовой раствор тиоцианида аммония в воздушной атмосфере: кривая 1—количество разложившегося тиоцианида; кривая 2—количество образовавшихся сульфатов и цианидов; кривая 3—количество органического роданида

Продуктами радиолитического спиртового раствора тиоцианида аммония являются сульфаты и цианиды, которые выделяются в осадок из-за нерастворимости в спирте. Согласно данным рис. 1, в атмосфере воздуха в незначительном количестве образуется органический роданид, который проходит через максимум и при дозе $1,9 \cdot 10^{20}$ эв/мл полностью разлагается.

Интересно, что в атмосфере инертного газа разложение тиоцианида и окисление продуктов разложения тиоцианидов почти не происходят, но; в отличие от спиртового раствора тиоцианида калия, в раство-

рах тиоцианида аммония органический роданид образуется в значительном количестве (рис. 2).

При действии γ -излучения на растворы тиоцианида аммония происходит разложение NH_4^+ -ионов с образованием атомарного водорода [4, 5], который, реагируя с молекулами растворителя, способствует образованию органического роданида.

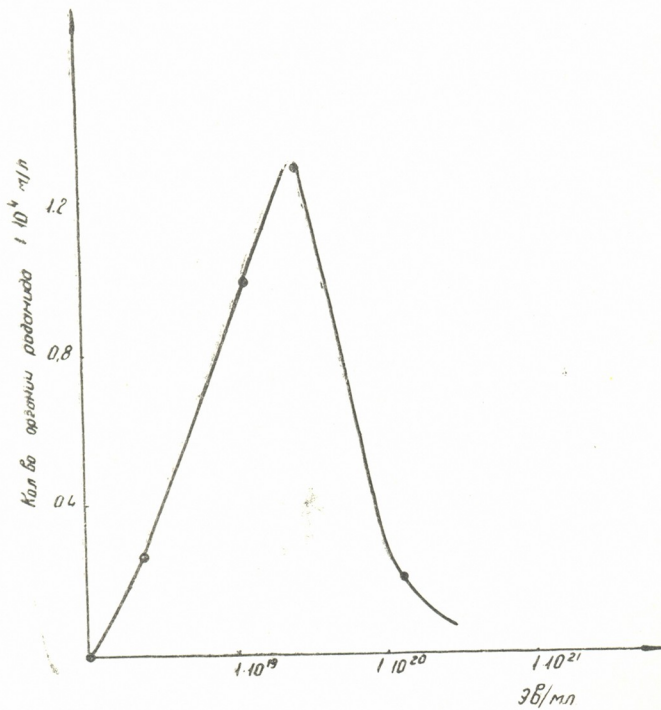


Рис. 2. Количество образовавшегося органического роданида в атмосфере инертного газа при действии γ -излучения на 0,001 М спиртовой раствор тиоцианида аммония

ского выхода спиртовых растворов тиоцианида аммония преобладает над значением радиационно-химического выхода спиртового раствора тиоцианида калия.

Зависимость радиационно-химического выхода спиртовых растворов тиоцианидов калия и аммония от мощности дозы представлена в табл. 2. С уменьшением мощности дозы радиационно-химический выход разложения тиоцианидов увеличивается, что указывает на цепной характер процесса.

Согласно полученным данным можно предположить, что радиационно-химическое превращение тиоцианидов протекает с участием возбужденных и других продуктов радиолиза этилового спирта.

Согласно данным по исследованию зависимости превращения тиоцианидов от концентрации в воздушной атмосфере, начальный радиационно-химический выход максимального значения достигает при концентрации раствора 0,05 м/л для спиртовых растворов тиоцианида калия и тиоцианида аммония (табл. 1). Как видно из данных табл. 1, значение начального радиационно-химического



Таблица 1

საქართველოს
მეცნიერებათა
აკადემია

KCNS

№ п/п	Поглощенная энергия, эв/мл 10^{18}	Концентрация раствора тиоцианида, м/л	Начальный радиационно-химический выход G (-NCS)
1	2,80	0,1	20
2	2,80	0,05	30
3	2,80	0,010	15
4	2,80	0,001	1

 NH_4CNS

1	2,80	0,1	50
2	2,80	0,05	43
3	2,80	0,01	20
4	2,80	0,001	2,2

Таблица 2

0,048 М раствор KCNS

Мощность дозы, эв/мл·сек	Поглощенная энергия, эв/мл	Радиационно-химический выход
$1,6 \cdot 10^{16}$	$2,8 \cdot 10^{18}$	30
$2,0 \cdot 10^{14}$	$0,32 \cdot 10^{16}$	2000
$7,0 \cdot 10^{13}$	$0,112 \cdot 10^{16}$	5000

0,06 М раствор NH_4CNS

$1,6 \cdot 10^{16}$	$2,8 \cdot 10^{18}$	40
$2,0 \cdot 10^{14}$	$0,32 \cdot 10^{16}$	5600
$7,0 \cdot 10^{13}$	$0,112 \cdot 10^{16}$	8000

Выводы

1. Изучено радиационно-химическое превращение тиоцианидов калия и аммония в этиловом спирте в зависимости от мощности дозы, природы насыщающего газа, концентрации раствора и других факторов.
2. Установлено, что продуктами радиолиза тиоцианидов калия и аммония в спиртовых растворах являются сульфаты и цианиды соответствующих щелочных металлов, а в определенных условиях — органический роданид.

3. Радиационно-химическое превращение в этиловом спирте тиоцианидов калия и аммония в начальной стадии в присутствии кислорода протекает с высоким радиационно-химическим выходом, характеризующим цепные процессы.

Академия наук Грузинской ССР
Институт неорганической химии и
электрохимии

(Поступило в редакцию 26.6.1967)

ფიზიკური ქიმია

ლ. ივანიცაია, ელ. ნანოგაფილი, ლ. ლიაუნავო

კალიუმისა და ამონიუმის თიოციანიდების რადიოლიზი ეთილის
სპირტში

რ ე ზ ე მ ე

შესწავლილია კალიუმისა და ამონიუმის თიოციანიდების რადიოლიზი ეთილის სპირტში γ -გამოსხივების მოქმედებისას. თიოციანიდების დაუანგვა დამოკიდებულია დოზის სიმძლავრეზე, წონასწორობაში მყოფი აირის ბუნებაზე, კონცენტრაციაზე, კათოდის ბუნებაზე.

რადიოლიზის პროდუქტების SO''_4 , CN' და ორგანული როდანიდის გამოსავალი იზრდება დოზის სიმძლავრის შემცირებისას და კონცენტრაციის გაზრდისას.

რადიაციულ-ქიმიური გამოსავალი ჰაერის ატმოსფეროში მაღალია. იგი იზრდება ამონიუმის როდანიდის შემთხვევაში და შეესაბამება ჯაჭვური რეაქციების გამოსავალს.

ინერტული აირის არეში ადგილი აქვს ორგანული როდანიდის წარმოქმნას მნიშვნელოვანი რაოდენობით.

დაამუშავებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. M. Roder, N. Bach. Radiolytic Transformation of varying-valency metal Ions Dissolved in acetone. Budapest, 1960, 87.

2. Л. В. Иваницкая. Сообщения АН ГССР, XLII, № 1, 1966.
3. Л. В. Иваницкая. Сообщения АН ГССР, XLI, № 3, 1966, 567.
4. J. D. Salzman, E. J. Bair. J. Chem. Phys., 41, № 11, 1964, 3654.
5. G. Odian, T. Acker, T. Pletzke. J. Phys. Chem., 9, № 7, 1965.



Л. Я. УРИДИЯ

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ КИСЛОТНЫХ ЦЕТРОВ И ИХ СВЯЗЬ С КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ ГЛИН

(Представлено академиком Г. В. Цицишвили 4.1.1968)

Изучение термической стабильности обменной и гидrolитической кислотности монтмориллонитовой глины Асканского месторождения, выполненное нами ранее [1], показало, что прокаливание кислой глины в интервале температур 400—600°C усиливает кислотные свойства ее поверхности. Об этом свидетельствует усиление в глине гидrolитической кислотности, которая в указанном температурном интервале достигает своего максимального значения.

Об усилении кислотных свойств поверхности при прокаливании говорит также визуальное наблюдение изменения окраски при адсорбции на глине *n*-диметиламиноазобензолсульфокислого натрия (метил-оранжевый — МО). Образец глины, прокаленный при температуре 580°C (температура формирования катализатора), после адсорбции МО, в отличие от образцов глин, нагретых ниже 400°C, окрашивается в яркий красный цвет. Визуальное наблюдение изменения окраски адсорбированного на глине МО дает только качественную характеристику кислотных свойств поверхности. В данной работе делается попытка дифференциации и количественной оценки кислотных центров спектральным методом.

Спектральный метод исследования взаимодействия молекул сорбируемых веществ с активными центрами на поверхности природных и синтетических алюмосиликатов широко представлен в работах советских ученых [2—6].

Объектом исследования служила монтмориллонитовая глина Асканского месторождения, которая изучалась в природном виде и после соответствующих кислотной и термической обработок. В качестве красителей были использованы органические азосоединения — МО и пара-диметиламиноазобензол (ПДА). Эти два почти одинаковых по строению молекул органических основания, которые резко отличаются растворимостью в воде, обеспечивают возможность изучения адсорбции на кислотных центрах как из водных, так и из органических растворов.

из глин, реализуются условия максимального проявления их кислотности, т. е. тех кислотных центров, на которых происходит не только адсорбция органических молекул, но и их деформирование.

Для наиболее точной количественной оценки кислотных центров нами были измерены плотности окраски поверхности изучаемых образцов после адсорбции МО, так как плотность точнее характеризует концентрацию центров окрашивания на поверхности глины. Результаты этих измерений приведены в таблице.

Температура предварительного прокаливания образца, °С	Оптическая плотность при 435 м μ (D_{435})	Оптическая плотность при 510 м μ (D_{510})	$\frac{D_{510}}{D_{435}}$
150	1,212	1,187	0,98
300	1,000	1,025	1,025
580	0,875	1,037	1,200
800	0,460	0,410	0,900

При расшифровке экспериментальной записи спектра для более детального разграничения центров на поверхности глинистого минерала немаловажное значение имеет выделение узких полос поглощения, характерных для каждого кислотного центра в отдельности. Более четкие максимумы на спектральной кривой поглощения могут быть получены путем математической обработки полученных кривых методом графического дифференцирования [8]. Вторые производные спектральных кривых окрашенных МО образцов природного монтмориллонита (асканглины) и продуктов его кислотной обработки, прокаленных при температурах 150, 300, 580 и 800°С, представлены на рис. 2. На этих кривых, кроме двух основных максимумов поглощения в коротковолновой (420 м μ) и длинноволновой (540 м μ) областях, наблюдаются дополнительные пики, что говорит о возможности существования нескольких кислотных центров на поверхности глинистого минерала. На всех кривых прослеживается пик при 470—480 м μ , характерный для сорбированных молекул МО, удерживаемых на поверхности физическими силами адсорбции.

Рассматриваемые кривые более наглядно показывают, что максимум поглощения в коротковолновой области (420 м μ) интенсивно проявляется на природном и активированном монтмориллоните, высушенном при температурах 150 и 300°С (рис. 2, а, б). Прокаливание образца при температуре 580°С (рис. 2, в) снижает интенсивность этой полосы поглощения, которая выше 800°С исчезает (рис. 2, г).

Такой характер изменения кривых в зависимости от температуры прокаливания глины позволяет предположить, что полоса поглощения при 420 м μ вызвана адсорбцией молекул МО на базальных плоскостях кристалла и, в частности, в межпакетных промежутках, которые при прокаливании необратимо сжимаются.

Второй максимум поглощения при длине волны 540 м μ , характеризующий кислотные центры, наиболее интенсивно проявляется в образце,

прокаленном при температуре 580°C (рис. 2, в). Как уже отмечалось выше, температура 580°C является ранее эмпирически установленной температурой формирования активной поверхности катализатора. Приведенные выше спектральные кривые подтверждают это, показывая, что при этой температуре максимально усиливаются кислотные свойства поверхности и деформирующее действие кислотного центра на сорбируемую им молекулу органического основания. Тот факт, что в прокаленном при температуре 580°C монтмориллоните пакеты предельно сжаты и, следовательно, проникновение

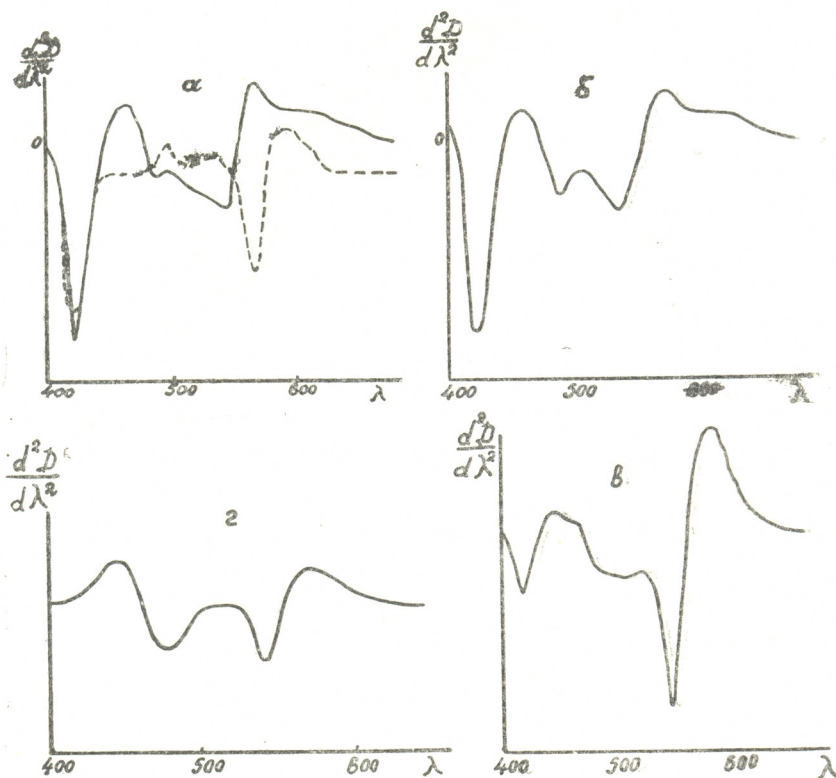


Рис. 2. Спектральная характеристика $\frac{d^2D}{d\lambda^2}$ окрашенных МО образцов активированной аскангилы, прокаленной при различных температурах: а—природный образец (пунктир), прокаленный при 150°C (сплошная линия), б— 300°C , в— 580°C , г— 800°C

молекул МО в межпакетные промежутки невозможно, говорит о том, что в этих условиях мы имеем дело с кислотными центрами, которые могут быть расположены только на ребрах и внешних базальных плоскостях кристаллитов глин.

Сопоставление данных спектрофотометрического исследования поверхности глины с результатами изучения обменной и гидролитической кислот-

ности в образцах, прокаленных при различных температурах, показывает, что в интервале температур формирования активной поверхности катализаторов величина обменной кислотности достигает минимального значения (2—3 мгэ на 100 г глины) [1] и ее роль в процессах катализа должна быть ничтожной. В тех же условиях величина гидролитической формы кислотности достигает своего максимального значения. Одновременно наблюдается усиление адсорбции органических оснований на поверхности глинистых минералов, сопровождающееся деформированием молекулы и смещением полосы поглощения в длинноволновую область. Это указывает на то, что между силой кислотных центров, их количеством на поверхности и интенсивностью адсорбции МО или ПДА существует прямая связь. Это позволяет использовать такую зависимость для непосредственной количественной оценки каталитической активности методом окрашивания.

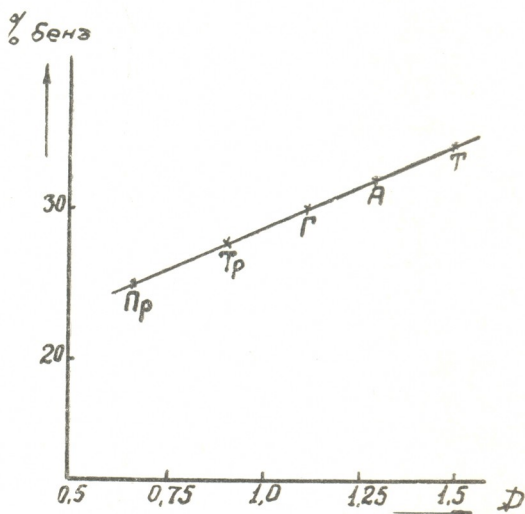


Рис. 3. Зависимость оптической плотности окрашенных образцов от каталитической активности глин различного минералогического состава: Т—Таганское, А—Асканское, Г—Гумбрское, Тр—Трошковское, Пр—Просьяновское месторождение

С этой целью нами был подготовлен ряд образцов глин различных месторождений, которые отличались друг от друга как минералогическим составом, так и генетическими условиями образования. Образцы глин для определения их каталитической активности обрабатывались 20% раствором H_2SO_4 в течение 6 часов при температуре $100^\circ C$, после чего отмывались от кислоты до нейтральной реакции по метилоранжу. Отмытые образцы прокаливались в течение 8 часов при температуре $580^\circ C$. Окрашивание образцов проводилось в органической среде по вышеуказанной методике обработкой раствором ПДА в бензоле. Каталитическая активность определялась по выходу бензиновой фракции при крекинге газойлевой фракции грозненской нефти [9].

На рис. 3 определена зависимость между оптической плотностью (интенсивность окрашивания D_{540}) окрашенных ПДА образцов глины и их каталитической активностью.

Окрашенная глина, обладающая максимальной оптической плотностью характеризуется максимальной каталитической активностью. Это дает нам основание рекомендовать метод окрашивания как метод количественной оценки каталитической активности глин.

Выводы

1. Изучена адсорбция основных азокрасителей на природном, активированном и прокаленном при различной температуре образцах монтморилонитовой глины (асканоглина).

2. В результате исследования выявлено усиление кислотных свойств поверхности при оптимальной температуре (580°C) формирования активной поверхности глинистого катализатора.

3. Установлена прямолинейная зависимость между оптической плотностью (D_{540}) окрашенной поверхности и каталитической активностью глин различного минералогического состава в реакциях крекинга газойлевой фракции.

Кавказский институт минерального сырья

(Поступило в редакцию 4.1.1968)

ფიზიკური ქიმია

ლ. ურიდია

მეცნიერული ცენტრების შესწავლა სპექტროფოტომეტრული მეთოდით და მათი კავშირი თიხის კატალიზურ აქტივობასთან

რ ე ზ ი მ ე

სპექტროფოტომეტრული მეთოდის მეშვეობით შესწავლილია მონტმორილონიტური თიხის (ასკანთიხა) მყავური ცენტრები ფუძე თვისებების მქონე საზოგადოებების გამოყენებით.

დადგენილია, რომ გააქტივებული თიხა, გახურებული 550—580°C, ხასიათდება ზედაპირის წითელ ფერში შეღების მაქსიმალური ინტენსივობით, რაც მოწმობს ამ ტემპერატურულ მონაკვეთში ზედაპირზე მოლეკულის დეფორმაციის უნარის მქონე მყავური ცენტრების გაძლიერებას.

შესწავლილია სხვადასხვა მინერალური შემცველობის თიხები და დადგენილია სწორხაზობრივი დამოკიდებულება ადსორბირებული საღებავების ოპტიკურ სიმკვრივესა (D_{540}) და კატალიზურ აქტივობას შორის.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. О. М. Мдивნიшвили, Л. Я. Уридия. Труды КИМСа, вып. II (4), 1960.
2. А. Н. Теренин, А. И. Сидорова. Изв. АН СССР, сер. хим., № 2, 1950, 152.
3. Е. И. Котов. Оптика и спектроскопия, т. II, № 2, 1957.
4. Н. Е. Веденеева. ЖФХ, т. XXI, 1947. 8.
5. Н. Е. Веденеева, М. Ф. Викулова. Изв. Львовского гос. ун-та, 1956.
6. Л. И. Кульчицкий. Труды НИИ гидрогеологии и инж. геологии, № 9, 1964.
7. Техническая энциклопедия, т. IX, М., 1933.
8. К. П. Яковлев. Математическая обработка результатов измерений. М., 1950.
9. Б. А. Копылев, Д. Г. Трабер и др. Руководство к практическим занятиям по общей химической технологии. Госхимиздат, 1957.



УДК 546.171.1+542.958.3

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

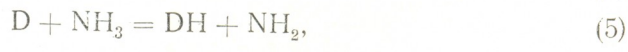
З. Г. ДЗОЦЕНИДЗЕ, К. Т. ОГАНЕСЯН, А. Б. НАЛБАНДЯН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ КОНСТАНТ СКОРОСТИ РЕАКЦИЙ АТОМОВ ДЕЙТЕРИЯ С АММИАКОМ И НЕКОТОРЫМИ ПРОСТЫМИ АМИНАМИ

(Представлено академиком Г. В. Цицишвили 16.4.1968)

Относительно реакций атомарного дейтерия с аммиаком и представителями гомологического ряда алифатических аминов почти нет никаких сведений. Известны лишь две работы Фаркаша и Лифшица, в которых изучалась обменная реакция атомов D с NH₃ в газовой фазе [1, 2].

Мы полагали, что атомарный дейтерий может реагировать с аммиаком и аминами также путем отщепления атома водорода. Следовательно, эти соединения должны ингибировать горение дейтерия и для определения констант скорости таких реакций можно применять метод нижнего предела самовоспламенения с использованием механизма горения богатой дейтерием дейтеро-кислородной смеси, содержащей небольшие количества аммиака и аминов. В качестве примера ниже приводится механизм горения смеси 3 D₂+O₂+XNH₃:



Опыты по измерению пределов проводились на статической вакуумной установке в интервале температур 570—670° С. Стенки кварцевого реактора были покрыты окисью магния для обеспечения обрыва цепей в диффузионной области [3, 4].

На рис. 1 показана зависимость нижних пределов самовоспламенения смесей 3 D₂ + O₂ + XNH₃ от температуры. Как видно из рисунка, при определенной температуре чем больше аммиака содержится

в смеси, тем выше расположен предел, по сравнению с пределом смеси $3D_2 + O_2$ (кривая 1). Аналогичная картина наблюдается и в случае дававок следующих аминов: CH_3NH_2 , $C_2H_5NH_2$ и $n-C_3H_7NH_2$ (табл. 1).

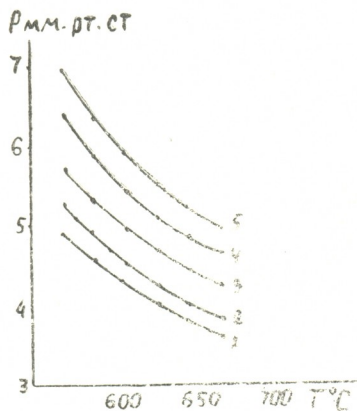


Рис. 1. Зависимость нижних пределов самовоспламенения смесей $3D_2 + O_2 + XNH_3$ от температуры. Значения X в %:

1—0,0; 2—2,0; 3—4,0; 4—6,0; 5—8,0.

Таблица 1

T°C	$P^{3D_2+O_2+XCH_3NH_2}$ мм, значение X в %					$P^{3D_2+O_2+XC_2H_5NH_2}$ мм, значение X в %				$P^{3D_2+O_2+Xn-C_3H_7NH_2}$ мм, значение X в %			
	1,50	3,00	4,97	7,86	0,25	0,50	0,75	1,00	0,25	0,50	0,75	1,00	
	570	5,9	5,00	5,52	6,09	7,66	5,02	5,17	5,31	5,58	—	—	—
570	5,3	4,66	5,12	5,65	6,95	4,70	4,83	4,98	5,20	4,88	5,13	5,41	5,74
610	4,5	4,38	4,78	5,25	6,35	4,42	4,58	4,70	4,87	4,57	4,84	5,03	5,36
630	4,0	4,14	4,50	4,88	5,84	4,22	4,28	4,40	4,56	4,28	4,55	4,73	5,00
650	3,6	3,90	4,24	4,58	5,44	3,92	4,05	4,16	4,31	4,04	4,28	4,46	4,72
670	3,3	3,72	4,02	4,31	5,11	3,74	3,86	3,96	4,08	3,81	4,09	4,22	4,43

Выбор аминов нормального строения определялся поставленной в работе задачей найти характер изменения эффективной константы скорости реакции (5) от длины углеродной цепочки.

Напишем уравнение нижнего предела смеси $3D_2 + O_2 + XNH_3$ при условии гетерогенного обрыва цепей в диффузионной области [3];

$$(P_{O_2})^{NH_3} = \frac{(K_4^0)^{NH_3} \cdot T^{2,5}}{2 \cdot 0,97 \cdot 10^{19}} \left[1 + \frac{0,97 \cdot 10^{19} \cdot P_{NH_3}}{(K_4^0)^{NH_3} \cdot T^{2,5}} \right], \quad (I)$$

где P , P_{O_2} и P_{NH_3} — общее и парциальные давления кислорода и аммиака на пределе;

$(K_4^0)^{NH_3}$ — постоянная при данном составе смеси и диаметре сосуда, равная $\frac{23,2 \cdot 760}{(273)^{1,5}} \cdot D_{760}^{273}$.

Как показывает уравнение (I), при постоянной температуре следует ожидать прямолинейной зависимости $(PP_{O_2})^{NH_3}$ от (PP_{NH_3}) . В полном согласии с уравнением (I), на рис. 2 в координатах $(PP_{O_2})^{NH_3} - (PP_{NH_3})$ получены прямые линии при различных температурах. Зная тангенсы углов наклона прямых $\text{tg } \alpha = \frac{K_5}{K_2}$ и отрезки „а“, отсекаемые ими на оси ординат, можно написать уравнение, с помощью которого определяются K_5^0 и E_5 :

$$\lg \frac{\text{tg } \alpha \cdot T^{2.5}}{a} = \lg \frac{0,97 \cdot 10^{19} \cdot K_5^0}{(K_4^0)^{NH_3}} - \frac{E_5}{2,303 RT} \quad (II)$$

Как видно из рис. 3, значения $\lg \frac{\text{tg } \alpha \cdot T^{2.5}}{a}$, полученные на основании данных экспериментов с аммиаком и аминами, представляют собой линейную функцию от $\frac{1}{T}$. Для нахождения K_5^0 необходимо знать величину $(K_4^0)^{NH_3}$. Расчеты показали, что коэффициент диффузии атома дейтерия,

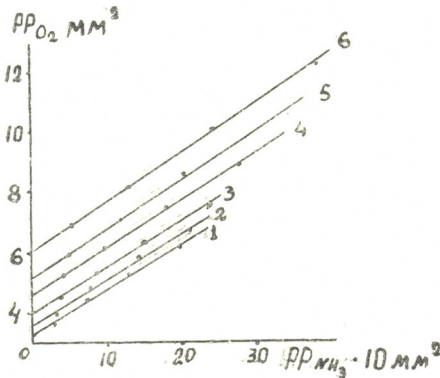


Рис. 2. Зависимость PP_{O_2} от PP_{NH_3} для смесей $3D_2 + O_2 + XNH_3$ при температурах в °C: 1—670; 2—650; 3—630; 4—610; 5—590; 6—570

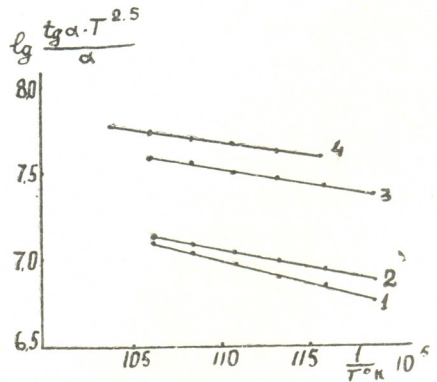


Рис. 3. Зависимость $\lg \frac{\text{tg } \alpha \cdot T^{2.5}}{a}$ от $\frac{1}{T^{\circ}K}$ для смеси $3D_2 + O_2$, содержащей добавки RNH_2 : 1— NH_3 ; 2— CH_3NH_2 ; 3— $C_2H_5NH_2$; 4— $n-C_3H_7NH_2$

который входит в выражение для K_4^0 , мало меняется при внесении в смесь $3D_2 + O_2$ добавок аммиака или аминов. Поэтому мы воспользовались значением $K_4^0 = 0,064 \frac{\text{мм}}{\text{сек} \cdot \text{град}^{3/2}}$, полученным для смеси $3D_2 + O_2$.



ՀԱՅԿԱՍՏԱՆԻ
ՊԵՏԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ
ԿԵՄԻԱԿԱՆ ԻՆՏԻՏՈՒՏ

В табл. 2 приведены найденные из графика рис. 3 величины эффективных констант скорости элементарных реакций атома D с молекулами аммиака и вышеуказанных аминов.

Таблица 2

№ п/п	Реакция	$K_5^0 \cdot 10^{10} \frac{\text{см}^3}{\text{мол} \cdot \text{сек}}$	$\frac{\text{ккал}}{\text{моль}}$	$K_5 \cdot 10^{14} \frac{\text{см}^3}{\text{мол} \cdot \text{сек}}$ T=650°C
1	D+NH ₃	0,76	12,9	6,7
2	D+CH ₃ NH ₂	0,14	9,6	7,4
3	D+C ₂ H ₅ NH ₂	0,21	8,4	22,0
4	D+n-C ₃ H ₇ NH ₂	0,18	7,5	29,0

Проверка показала, что граничное условие уравнения (I) во всех случаях выполняется удовлетворительно. Как видно из табл. 2, при последовательном замещении атомов водорода в молекуле NH₃ группами CH₃, C₂H₅, C₃H₇ происходит уменьшение эффективной энергии активации E_{эф} с 12,9 до 7,5 ккал/моль и соответственно увеличение константы скорости K₅. Хотя энергии активации реакции D+CH₃NH₂ и элементарного акта D+NH₃ составляют соответственно 9,6 и 12,9 ккал/моль, константы скорости этих реакций почти не различаются. Сравнение формул K₅ показывает, что увеличение ее значения за счет понижения E_{эф} компенсируется соответствующим изменением предэкспоненциального множителя с 0,76 · 10⁻¹⁰ в случае D+NH₃ до 0,14 · 10⁻¹⁰ см³/мол · сек в случае D+CH₃NH₂. Уменьшение E в ряду аминов связано, вероятно, с увеличением числа более слабых C—H-связей, если по аналогии со спиртами [5] считать, что прочность связей N—H в этих аминах одна и та же.

Предэкспоненциальные множители констант скорости взаимодействия атомов дейтерия с аминами мало отличаются друг от друга и в несколько раз меньше K₅⁰, полученной для реакции D+NH₃. По-видимому, наличие в реагирующей молекуле нескольких функциональных групп, т. е. связей различных типов, приводит к низким значениям предэкспоненты. Наиболее сильный рост константы скорости K₅ наблюдается при переходе от CH₃NH₂ к C₂H₅NH₂, тогда как последующее введение метиленовой группы оказывает сравнительно слабое влияние на величину K₅. Ввиду небольшого интервала измерений температур (80—100°C) трудно оценить возможные значения E₅', E₅' и т. д. Хорошее выполнение аррениусовской зависимости говорит о том, что эти энергии различаются не более чем на

2 ккал/моль, поскольку использованный здесь метод позволяет найти $E_{эф}$ с точностью, не превышающей $\pm 800 - 1000$ ккал/моль.

Тбилисский государственный
университет

Лаборатория химической физики
АН АрмССР

(Поступило в редакцию 16.4.1968)

ფიზიკური ქიმია

ზ. ძოწანიძე, ბ. ოზანისანი, ა. ნალბანდიანი.

ატომური დეიტერიუმის ამონიაკთან და ზოგიერთ მარტივ ალკილამონთან ურთიერთქმედების ელემენტარული რეაქციების სიჩქარის მუდმივების განსაზღვრა

რ ე ზ ი მ ე

ატომური დეიტერიუმის ამონიაკთან და მარტივი ალკილამონების ჰომოლოგიური მწკრივის პირველ ოთხ წარმომადგენელთან ელემენტარული რეაქციების სიჩქარის მუდმივების განსაზღვრავად (რომლებიც მიმდინარეობენ ატომური წყალბადის მოშორებით მოლეკულისაგან) გამოვიყენეთ თვით-აღების ქვემო ზღვრის მეთოდი. ცდები ჩატარდა სტატისტიკურ ვაკუუმ დანადგარზე 570—670°C ტემპერატურულ ინტერვალში. რეაქტორის შიგა კედლები დაფარული იყო მაგნიუმის ქანგით, რაც უზრუნველყოფდა სარეაქციო ჯაჭვების დიფუზურ არეში დაწყებას. ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავებით განსაზღვრულ იქნა შემდეგ ელემენტარულ რეაქციათა სიჩქარის მუდმივები:

$$K_{NH_3} = 0,76 \cdot 10^{-10} \exp(-12900/RT) \frac{\text{სმ}^3}{\text{მოლეკ. სექ.}} ;$$

$$K_{CH_3NH_2} = 0,14 \cdot 10^{-10} \exp(-9600/RT) \frac{\text{სმ}^3}{\text{მოლეკ. სექ.}} ;$$

$$K_{C_2H_5NH_2} = 0,21 \cdot 10^{-10} \exp(-8400/RT) \frac{\text{სმ}^3}{\text{მოლეკ. სექ.}} ;$$

$$K_{n-C_3H_7NH_2} = 0,18 \cdot 10^{-10} \exp(-7500/RT) \frac{\text{სმ}^3}{\text{მოლეკ. სექ.}} .$$

როგორც ჩანს, ამონიაკის მოლეკულაში წყალბადის ატომების მიმდევრობით ჩანაცვლება მეტილის, ეთილისა და პროპილის რადიკალებით. იწვევს ატომური დეიტერიუმით ალკილამინის მოლეკულიდან ატომური წყალბადის მოწყვეტის ელემენტარული რეაქციის აქტივაციის ენერჯისა და ექსპონენტის წინა მამრავლის მნიშვნელობის შემცირებას.



სიჩქარის მუდმივის აბსოლუტური მნიშვნელობის ზრდა ალკოლური
 პომოლოგიურ მწკრივში CH_3NH_2 -დან $\text{n-C}_3\text{H}_7\text{NH}_2$ -ზე გადასვლისას, განვი-
 რობებულება აქტივაციის ენერგიის ეფექტური მნიშვნელობის შემცირებით,
 რაც აიხსნება CH ბმის ენერგიის შემცირებით ამ ამინებში ნახშირბადოვანი
 ჯაჭვის სიგრძის გადიდებისას. ექსპონენტის წინა მამრავლის მნიშვნელობა,
 უმნიშვნელოდ იცვლება ამ რიგში და შეიძლება მუდმივად ჩაითვალოს. K^0 -ის
 განსაზღვრის სიზუსტე 30%-ს შეადგენს, ხოლო აქტივაციის ენერგიისა
 $\pm 100^\circ$ კალ/მოლზე.

დასოფიებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. A. Farkas. J. Chem. Soc. (London), 1, 1936, 26.
2. A. Lifshitz, Ch. Lifshitz, S. H. Bauer. J. Amer. Chem. Soc., 87, 1965, 143.
3. В. В. Азатян, В. В. Воеводский, А. Б. Налбандян. Кинетика и катализ, 2, 1961, 340.
4. В. В. Азатян. Изучение разреженных пламен водорода и окиси углерода. Автореферат, М., 1963.
5. К. Мортимер. Теплоты реакций и прочность связей. М., 1964.



УДК 541.64

БИОХИМИЯ

М. Г. РАЩУПКИНА, М. М. ЗААЛИШВИЛИ, Л. Г. ТАБАХМЕЛАШВИЛИ

ИЗУЧЕНИЕ ДНК-ЗАВИСЯЩЕЙ РНК-ПОЛИМЕРАЗЫ В ГЛИАЛЬНЫХ И НЕЙРОННЫХ ЯДРАХ

(Представлено академиком С. В. Дурмишидзе 5.1.1968)

Гипотеза, выдвинутая Хиденом [1] в 1960 г., о «спецификации» РНК в нервной клетке под влиянием модулированной частоты регулярных электрических возмущений хотя и подвергается сомнению в последнее время, но она вызвала интенсивное изучение и накопление данных об изменении содержания и биосинтезе РНК в клетках мозга.

Биосинтез РНК изучался как *in vivo*, так и *in vitro* и в большинстве случаев гисто- и цитохимически. Причем полученные этими методами данные колеблются в широких пределах.

Как отмечает Хиден [2], серьезным источником этих колебаний и возможных ошибок является то, что при применении гисто- и цитохимических методов, а также электронной микроскопии ядро нейрона теряет не менее 80% своего материала. До недавнего времени такого же типа ошибками грешили биохимические исследования на клеточных взвесах, но, после того как Паппиусом и Эллиотом было установлено, что сахараза и тиоцианат не проникают в клетку, стали возможными биохимические исследования нервной ткани с применением сахаразы без больших погрешностей.

Но перед биохимическими исследованиями стояла еще одна трудность.

Мозг, как известно, — гетерогенный орган, состоящий из различных типов клеток, подразделяющихся на две основные категории: нейрон и глию. Необходимо было получить достаточное для биохимических исследований количество чистых фракций нейронов и глий, и, по-видимому, только этим можно объяснить то, что до сих пор изучено всего около семи ферментов и их активностей в мозгу.

Методика получения чистых фракций ядер нейрона и глии была предложена в работе [3]. Правда, при этом получают не клетки, а нейронные и глиальные ядра, но, ввиду того что нашей целью было изу-



чение биосинтеза и РНК, а, как известно, это является функцией ядра, данная методика вполне удовлетворяла нашим требованиям.

Методика

Опыты ставились на крысах обоего пола весом 170—200 г. Животных забивали декапитацией, немедленно доставали мозг, промывали в ледяном растворе 0,9% NaCl, освобождали от оболочек и гомогенизировали в 15 объемах 0,32 М сахарозы, содержащей 0,001 М Na-фосфатный буфер, 10^{-3} М $MgCl_2$.

Гомогенат центрифугировали в течение 10 минут при 850 г, осадок дважды промывали тем же раствором и центрифугировали при 600 г. Для дальнейшей очистки так называемый «сырой ядерный осадок» суспендировали в 32 объемах 2,39 М сахарозы, содержащей 0,001 М Na-фосфатный буфер, 10^{-3} М $MgCl_2$, и центрифугировали в течение 45 минут в роторе с откидными стаканами на препаративной ультрацентрифуге УЦП-3 при 24×10^3 об/мин (53×10^3 г). Осадок, содержащий чистые ядра, обрывки капилляров и эритроциты (в небольшом количестве), ресуспендировали в двух объемах 2 М сахарозы, наслаивали на прерывистый градиент сахарозы, состоящий из следующих концентраций: 2,8; 2,6; 2,4; 2,2 М (каждый по 0,8 мл), центрифугировали в роторе с откидными стаканами на УЦП-3 в течение 30 минут при 31×10^3 об/мин (73×10^3 г). В центрифужной пробирке образуется четыре слоя, ясно различимых глазом.

Слои собирали и чистоту фракций контролировали в фазово-контрастном микроскопе, а после окрашивания мазков — метиленовой синью.

В этих слоях определяли количество ДНК на одно ядро нейрона и глии (ядра считали в камере Горяева, ДНК определяли дифениламиновой реакцией по Бартону [4], количество РНК — орциновой реакцией по Мейбауму [5], белок — по Лоури [6]), активность ДНК-зависимой РНК-полимеразы — по Вольфу [7]).

Результаты и их обсуждение

В наших экспериментах мы исследовали IV и V слои. IV слой (рис. 1) содержал ядра нейронов, а V — ядра глии (рис. 2). Процент загрязнения одной фракции другой для ядер нейронов колебался в пределах 2—2,4%, а для глии — 1,7—1,9% (табл. 1).

Определяя содержание ДНК, РНК и белка в ядрах глии, нейрона и гомогената (табл. 1), мы убедились, что во время процедуры фракционирования ядер в растворах сахарозы высокой молярности ядра не теряют своего материала.

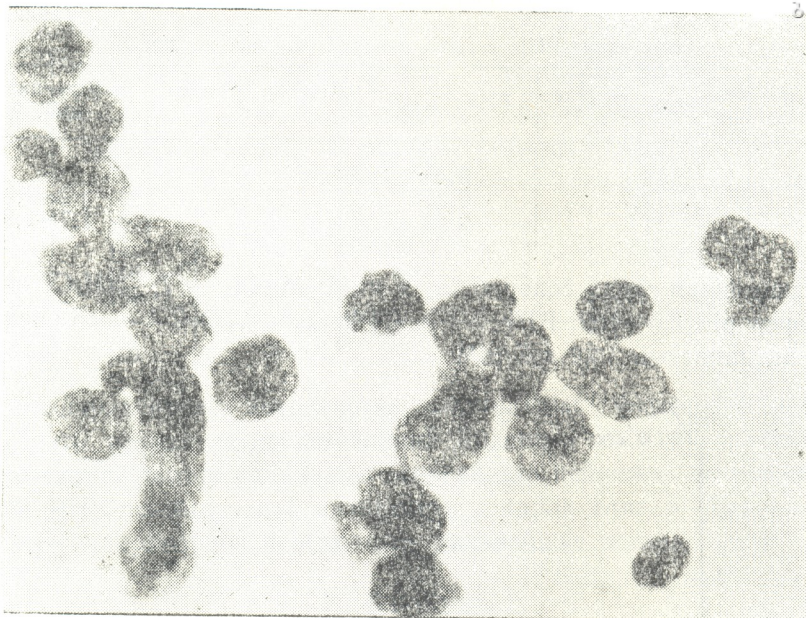


Рис. 1. Нейронные ядра, полученные из IV слоя при фракционировании ядер в прерывистом сахарозном градиенте. Ув. x 800

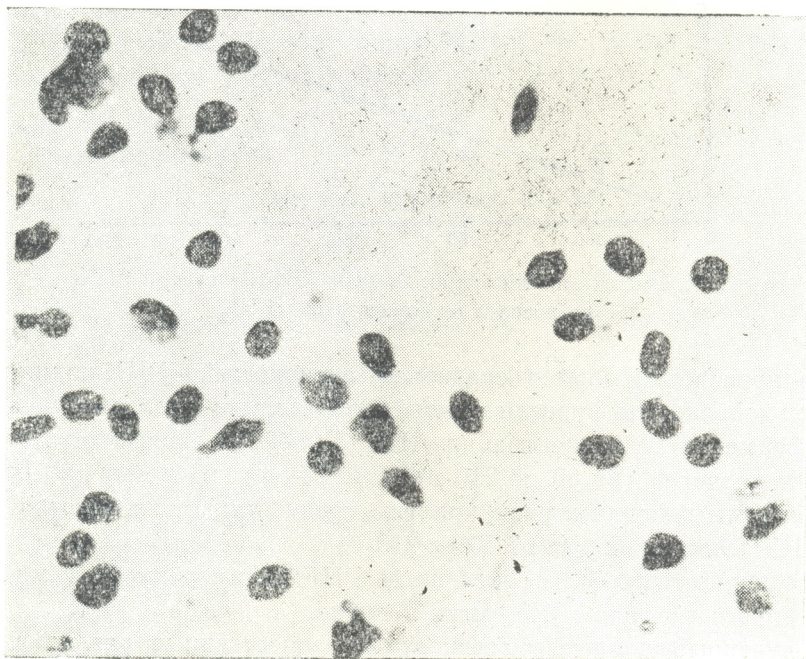


Рис. 2. Олигодендроглиальные и микроглиальные ядра, полученные из V слоя при фракционировании ядер в прерывистом сахарозном градиенте. Ув. x 800



დაბოვნებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. H. Hyden, A. Pigon. *J. Neurochem.*, 6, 1960, 57—72.
2. X. Хиден. Функциональная морфология клетки. ИЛ, М., 1963, 188—189.
3. H. Lovtrup-Rein, B. S. Mc Ewen. *J. Cell Biol.*, 30, 1966, № 2, 405—415.
4. K. A. Burton. *Biochem. J.*, 62, 1956, 315—323.
5. Э. Чаргаф и Дж. Дэвидсон. Нуклеиновые кислоты, т. I, ИЛ, М., 1957, 437.
6. Современные методы в биохимии, т. I, изд. «Медицина», М., 1964, 81.
7. J. S. Wolff, J. A. Langstaff, G. Weinberg, C. W. Abell. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 26, 1967, № 3.

Таблица 1

Содержание РНК и ДНК в ядрах нейрона и глии

Фракции	Белок: ДНК	РНК: ДНК	ДНК на 10^6 ядер, мкг	Загрязнение фракций, %
Гомогенат	14	0,49	—	—
Нейрон	12,7	0,35	7,48	2—2,4
Глия	11	0,42	5,78	1,7—1,9

Реакционная среда содержала в мкМ: $MgCl_2$ — 7; NH_4Cl — 100; трис-буфер рН 7,5—100; ГТФ, УТФ, СТФ—0,6; АТФ- C^{14} — со специфической активностью 14,2 мС/мМ.

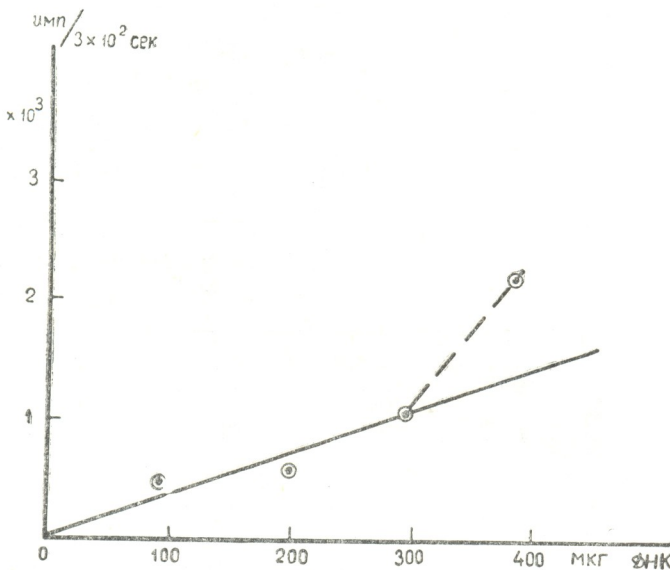


Рис. 3. Кривая зависимости активности ДНК-зависящей РНК-полимеразы от концентрации ДНК

До проведения опытов сравнения активностей РНК-полимеразы в ядрах нейрона мы провели опыты и определили зависимость активности фермента от концентрации ДНК. Линейная зависимость наблюдается в пределах от 60 до 210 мкг (график 1). Поэтому в опытах сравнения мы вносили в реакционную среду такое количество ядер, где ДНК было в пределах от 60 до 210 мкг.

Как видно из табл. 2, активность РНК-полимеразы на 1 мг ДНК в ядре глии в 4,6 раза выше, чем в нейроне.

Полученные данные указывают на существенные различия ферментативной активности в ядрах функциональных различных клеток мозга.

Активность ДНК-зависящей РНК-полимеразы в ядрах нейрона и глии

№	Включение АМР-С ¹⁴ на 1 мг ДНК, мкММ			Загрязнение фракций, %		Величина отношения активностей глия: нейрон
	Нейрон	Глия	Гомогенат	нейрон	глия	
1	158	750	600	2,3	1,7	4,7
2	145	688		2	1,7	4,7
3	160	750		2,1	1,7	4,6
4	163	730		2,4	1,9	4,4
В среднем	156	729		2,2	1,7	4,6

Если различие в активностях дыхательных ферментов [1] можно объяснить исходя из представлений Хидена о том, что клетки глии, возможно, служат источниками энергии для нейронов, то причины различия РНК-полимеразной активности в ядрах глии и нейрона неясны и в этом направлении необходимы дальнейшие исследования.

Выводы

1. Определяя отношения белок: ДНК, РНК:ДНК, мы убедились, что ядра фракции нейрона и глии не теряют своего материала и вполне пригодны для изучения ДНК-зависящей РНК-полимеразной реакции.

2. Активность ДНК-зависящей РНК-полимеразы в ядрах глии в 4,6 раза выше, чем в ядрах нейрона.

Академия наук Грузинской ССР
Институт физиологии

(Поступило в редакцию 5.1.1968)

ბიომბონა

ა. რაჩუპკინა, ა. ზაალიშვილი, ლ. ტახაშვილი

გლიური და ნეირონული ბირთვების დნმ-ზე დამოკიდებული რნმ-ს პოლიმერაზული აქტივობის შესწავლა

რეზიუმე

ცილა/დნმ და რნმ/დნმ შეფარდებათა განსაზღვრის შედეგად დადგინდა, რომ არ ირღვევა ნეირონული და გლიური ბირთვების სუფთა ფრაქციების ნორმალური შემადგენლობა და რომ ეს ბირთვები სრულიად ვარგისია დნმ-ზე დამოკიდებული რნმ-პოლიმერაზული რეაქციის შესასწავლად. გლიური ბირთვების დნმ-ზე დამოკიდებული რნმ-პოლიმერაზული აქტივობა 4,6-ჯერ აღემატება ნეირონული ბირთვების რნმ-პოლიმერაზულ აქტივობას.



ბ. ლომაძე, დ. ზრიკიშვილი

ფენოლის გარდაქმნა საფუძრების მიერ

(წარმოდგინა აკადემიკოსმა ს. დურმიშიძემ 8.1.1968)

არსებობს ლიტერატურული მონაცემები იმის შესახებ, რომ მიკროორგანიზმებს, კერძოდ, ბაქტერიებს უნარი აქვთ გარდაქმნან არომატული შენაერთები; დადგენილია ზოგიერთი არომატული შენაერთის დეგრადაციის გზები. მკვლევართა აზრით, არომატული შენაერთების გამოყენება მიკროორგანიზმების მიერ წარმოებს უშუალოდ რგოლის სტრუქტურის გახლეჩით [1] ან არომატული ბირთვი პირდაპირ გამოიყენება სხვადასხვა ნაერთების ბიოსინთეზისათვის [2].

როგორც ცნობილია, ყურძნისა და ყურძნის წვენი ერთ-ერთ აუცილებელ შემადგენელ ნაწილს ფენოლური შენაერთები — ფენოლური მჟავები, ფლავონოლები, ანტოციანები და კატეხინები—წარმოადგენენ [3, 4]. აღნიშნულმა არომატულმა ნაერთებმა ღვინოში მოხვედრამდე უნდა გაიარონ ალკოჰოლური დუღილი. როგორც დუღილის პროცესში, ისე შემდეგშიც მოსალოდნელია მათი ბიოქიმიური ცვალებადობა.

დიდი ხანი არ არის მას შემდეგ, რაც ჩვენს ლაბორატორიაში რადიაქტიური ნაერთების გამოყენებით ინტენსიურად შეისწავლება ადიფატური და არომატული ნახშირწყალბადების გარდაქმნა უმალესი მცენარეების მიერ [5, 6].

ამ შრომაში ჩვენ მიზნად დავისახეთ შეგვესწავლა ფენოლური შენაერთების ყველაზე მარტივი წარმომადგენლის — ფენოლის დამოკიდებულება სხვადასხვა საფუძრების მიმართ.

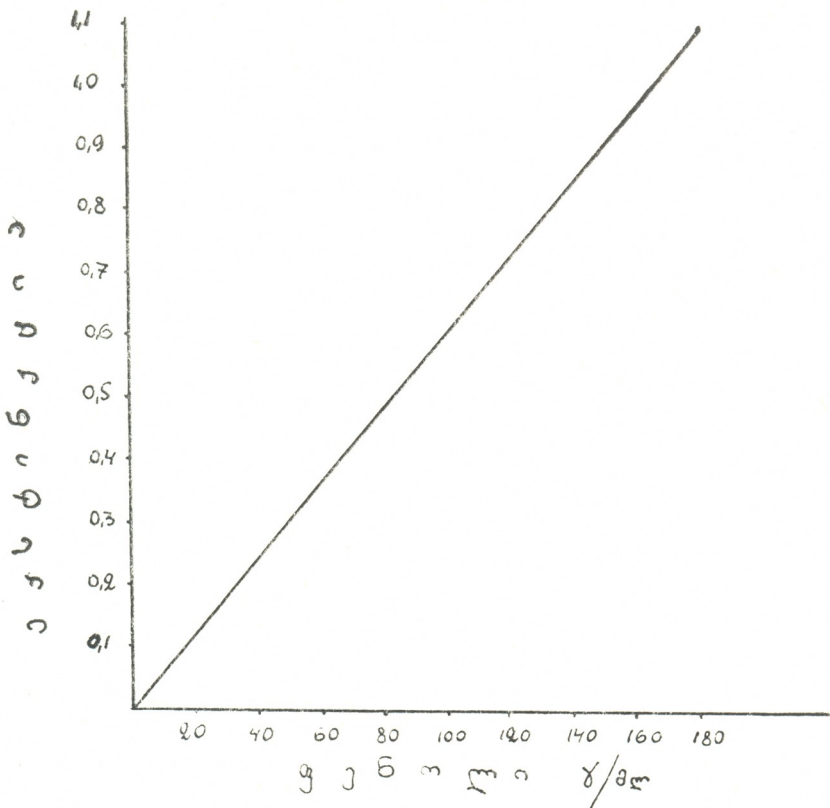
მეთოდები

რადიაქტიური ფენოლი სინთეზირებულ იქნა ჩვენს ლაბორატორიაში დ. უგრეხელიძისა და ჯ. წეველიძის მიერ [6]. იგი შემდგომში გამოიყენებოდა ჩვენი ცდებისათვის. შევისწავლეთ, ერთი მხრივ, სხვადასხვა საფუძრების მიერ ფენოლის მონაწილეობა სუნთქვის პროცესში $1-^{14}C$ ფენოლი საფუარს ეძლეოდა როგორც ნახშირბადის ერთადერთი წყარო. საფუძრის სუსპენზია მზადდებოდა როგორც ფოსფატურ-ციტრატულ ბუფერზე pH—3,0, ასევე იგივე pH-ის მქონე რიდერის საკვებ არეზე $[(NH_4)_2SO_4-3,0; MgSO_4-0,7; NaCl-0,5; Ca(NO_3)_2-0,4; KH_2PO_4-1,0; K_2HPO_4-0,1$ გ/ლ].



ქართული
საბჭოთაო
აკადემია

ნიმუშის საერთო დამუშავება და რადიექტიურობის ათვლა ხდებოდა ადრე აღწერილი წესით [7]. მეორე მხრივ, შევისწავლეთ ფენოლის შემცირება საკვებ არეში იგივე საფუძვრების მიერ, ვამზადებდით 48-საათიანი საფუძვრის სუსპენზიას რიდერის საკვებ არეში, სადაც ემატებოდა 50 მგ% ფენოლი. კულები თავსდებოდა სანჯღრეველაზე 28° C-ზე და ყოველი საათის შემდეგ ვიღებდით ნიმუშს ფენოლის ხარჯვის დასადგენად. ფენოლის რაოდენობის განსაზღვრა ხდებოდა ჩვენ მიერ შემუშავებული მეთოდიკით, რისთვისაც გამოვიყენეთ მილონის რეაგენტი [8], რომელიც ფენოლთან ინტენსიურ წითელ ფერს იძლევა. ფენოლის სტანდარტული ხსნარისა და მილონის რეაგენტის ნაზავი შეფარდებით 1:1 5 წუთის განმავლობაში ცხელდებოდა მოდულარე წყლის აბაზანაზე. გაციებისა და ცენტრიფუგირების შემდეგ ექსტინქციას ვიღებდით ФЭК-56-ზე, ფილტრი № 2, კიუვეტის სამუშაო ფართი 3,070. რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის შედგენილ იქნა სათანადო მრუდი (მრუდი 1).



მრუდი 1

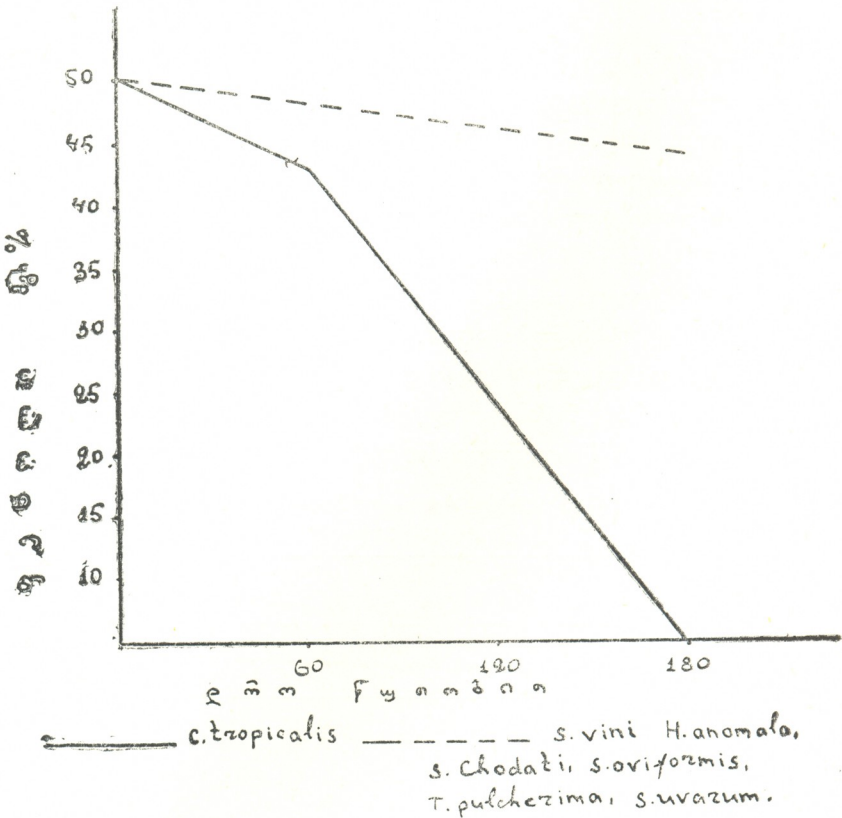
ფენოლის შეთვისება ბუნებრივ ალკოჰოლურ დუღილში მონაწილე საფუძვრების—*S. vini*, *H. anomala*, *S. Chodatii*, *S. oxiformis*, *T. pulcherima*,

S. avarum და საკვები საფუარის—*C. tropicalis*-ის მიერ შევისწავლეთ საკვებ არეში შაქრის თანამყოფობის გარეშე.

სარეაქციო არეს ქრომატოგრაფირებისათვის ვიყენებდით ლენინგრადის ქალაქის „C“, გამხსნელს, II-ბუთილის სპირტს, ბენზოლს, ძმარმყავას, წყალს შეფარდებით 2:5:2:1. ფენოლური ნაერთების გამოსამყდავნებლად ავიღეთ დიაზოტირებული სულფალინის მყავა.

მიღებული შედეგება

ჩვენ მიერ გამოცდილი საფუერებიდან მხოლოდ *C. tropicalis*-ს აქვს უნარი მოახდინოს ფენოლის სრული გამოყენება, მისი მოქმედებით საკვლევ არეში ფენოლის კვალიც კი აღარ რჩება შეტანიდან 3 საათის შემდეგ. დანარჩენი გამოცდილი საფუერების მოქმედება ფენოლზე გაცილებით დაბალი აღმოჩნდა 24 საათის შემდეგაც კი (მრული 2).



ჩვენი მონაცემები ნაწილობრივ ეთანახმება ზიმერმანის [9] მონაცემებს, რომელმაც შეისწავლა სასმელი წყალიდან იზოლირებული რამდენიმე ველური ხანის საფუარი.

სარეაქციო არეს 24 საათის შემდეგ ქრომატოგრაფირებისას აღმოჩნდა, რომ *S. vini* იძლევა მხოლოდ ერთ ნაერთს, სახელდობრ, პიროკატეხინს, *H. anomala* იძლევა პიროკატეხინსა და ერთ უცხო ნაერთს, რომლის $R_f=0,04$. ულტრაიისფერ სინათლეზე იგი იძლევა მკრთალ-მომწვანო ფლუორესცენციას. *S. Chodati*, *S. oviformis*, *T. pulcherima* და *S. uvarum* გვაძლევს პიროკატეხინსა და ერთ ჩვენ მიერ არაიდენტიფიცირებულ ნაერთს, რომლის $R_f=0,14$. ულტრაიისფერ სინათლეზე იძლევა შთანთქმას. *C. tropicalis* გვაძლევს პიროკატეხინსა და ერთ უცხო ნაერთს, რომლის $R_f=0,04$. ულტრაიისფერ სინათლეზე იგი იძლევა ძლიერ მომწვანო-მოცისფერო ფლუორესცენციას.

უკანასკნელ წლებში ჩატარებული ექსპერიმენტით დამტკიცებულ იქნა, რომ მიკროორგანიზმების მიერ არომატული რგოლის გახლეჩაში მონაწილეობას ღებულობს მოლეკულური ქანგბადი და არა წყლის ქანგბადი [10]. ზოგიერთი მკვლევარი მიუთითებს, რომ ფენოლების დაქანგვა უკეთ ხდება მაშინ, როდესაც ცოცხალი ორგანიზმი დამატებით იღებს ამინომჟავებს [11]. ჩვენ მიერ ჩატარებული ცდების მიხედვით დადგენილ იქნა, რომ არცერთი გამოცდილი საფუარი სუნთქვის პროცესში, როდესაც სუსპენზიაში შეტანილია ფენოლი და სარეაქციო არე, არეს ფოსფატურ-ციტრატული ბუფერი არ ახდენს არომატული რგოლის ისეთ მარტივ ნაერთებამდე გახლეჩას, როგორცაა ნახშირორჟანგი.

საკმარისია სარეაქციო არე — ფოსფატური ბუფერი შეიცვალოს იგივე pH-ის მქონე რიდერის საკვები არით, რომ სრულიად სხვაგვარი სურათი მიიღება. ცხრილი გვიჩვენებს სხვადასხვა საფუერების მიერ შთანთქმული ქანგბადის რაოდენობას, მაშინ როდესაც 3 მლ სარეაქციო რიდერის არეში შეტანილია 5 მგ $1-6C^{14}$ ფენოლი, საერთო რადიოაქტივობით 0,1 μ c.

საფუერების მიერ შთანთქმული ქანგბადის რაოდენობა μ l-ში $1-6C^{14}$ ფენოლის ქანგვის დროს

საფუერის სახე	დრო წუთობით									
	15	15	15	ფენო-ლო	15	15	15	15	15	15
<i>S. vini</i>	55	55	50	+	35	25	25	30	25	20
<i>H. anomala</i>	35	30	30	+	25	20	20	15	15	15
<i>S. Chodati</i>	70	65	60	+	40	30	30	30	20	20
<i>S. oviformis</i>	40	35	30	+	30	25	25	25	20	20
<i>T. pulcherima</i>	75	60	50	+	45	35	35	35	40	30
<i>S. uvarum</i>	20	10	15	+	10	10	10	8	5	5
<i>C. tropicalis</i>	60	50	50	+	50	42	40	40	40	40

საფუერის სუსპენზიის ხვედრითი სიმკვრივე, განზავებული 1:50, ტოლია:

S. vini—0,85; *H. anomala*—0,70; *S. Chodati*—0,90; *S. oviformis*—0,86; *T. pulcherima*—0,68; *C. tropicalis*—0,80.

ცდის ბოლოს ჩატარებულმა გამოყოფილმა ნახშირორქანგის ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ჩვენი პირობების შემთხვევაში *C. tropicalis*-მა რადიოაქტიური ნახშირორქანგის სახით 90 წუთის განმავლობაში გამოყო 4660 იმპ/წუთში, რაც შეტანილი რადიოაქტივობის 2,5%-ს შეადგენს, *T. pulcherima*—487 იმპ/წუთში, ხოლო *S. Chodati*—224 იმპ/წუთში. მასასადამე, ეჭვს გარეშე აღნიშნული საფუერების უნარი, მოახდინონ ფენოლის არომატული რგოლის ისეთ დაბალმოლეკულურ ნაერთებამდე დაშლა, როგორც ნახშირორქანგია.

ის ფაქტი, რომ ფენოლის არომატული რგოლის გახლეჩა საფუერების მიერ არ ხდება ფოსფატურ-ციტრატულ ბუფერზე და ხდება რიდერის საკვებ არეზე, სადაც ძირითადი კომპონენტი გოგირდმჟავა ამონიუმი, გვაფიქრებინებს, რომ არომატული რგოლის გახლეჩაში უნდა მონაწილეობდეს ამონიუმის ჯგუფი, ანუ ერთ-ერთი შუალედი პროცესი არომატული რგოლის გახლეჩისა უნდა იყოს მისი ამინირება და შემდეგში ხდებოდეს მისი გახლეჩა შედარებით დაბალმოლეკულურ ნაერთებამდე და ბოლოს ნახშირორქანგამდე.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

მცენარეთა ბიოქიმიის ლაბორატორია

(რედაქციას მოუვიდა 8.1.1968)

БИОХИМИЯ

Т. С. ЛОМКАЦИ, Д. И. ЧРИКИШВИЛИ

ПРЕВРАЩЕНИЕ ФЕНОЛА ДРОЖЖЕВЫМИ ОРГАНИЗМАМИ

Резюме

Испытуемые дрожжевые организмы—*S. vini*, *H. anomala*, *S. chodati*, *S. oviformis*, *T. pulcherima*, *S. uvarum*, *C. tropicalis*—по-разному используют фенол в качестве единственного источника—углерода.

Во время эндогенного дыхания в среде Ридера своей деятельностью выделяется *C. tropicalis*, который может окислять равномерно меченный C^{14} фенол до углекислоты. В течение 90 минут в виде радиоактивного углекислого газа *C. tropicalis* выделяет 4660 имп/мин, что соответствует 2,5% от внесенной радиоактивности, *T. pulcherima*—487 имп/мин и *S. chodati*—224 имп/мин. Тот факт, что расщепление фенольного ядра в среде Ридера, происходит лучше, чем на фосфатно-цитратном буфере, дает возможность предполагать, что в процессе расщепления ароматическое ядро фенола претерпевает аминирование, которое является одним из промежуточных процессов.

Из испытываемых нами дрожжевых организмов только *S. tropicalis* полностью использует фенол. Бумажной хроматографией установлено, что *S. vini* образует пирокатехин, а *H. anomala*—пирокатехин и неидентифицированное соединение, для которого $R_f=0,04$, давая на ультрафиолетовом спектре зеленую флуоресценцию. *S. chodatii*, *S. oviformis*, *T. pulcherrima*, *S. uvarum* образуют пирокатехин и неидентифицированное соединение, R_f которого 0,14, давая на ультрафиолетовом спектре гашение. *S. tropicalis* образует пиروкахин и неизвестное соединение, R_f которого 0,04, давая на ультрафиолетовом спектре—зелено-голубую флуоресценцию.

დასოფხიბგული ლიბერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. S. Dagly. Sci. Progr., 53, № 211, 1965.
2. Т. Джиссман. В кн.: «Биогенез природных соединений», М., 1965.
3. С. В. Дурмишидзе. Дубильные вещества и антоцианы виноградной лозы и вина. М., 1955.
4. P. Ribereau-Gayon. Application au genre Vitis. Paris, 1959.
5. ს. დურმიშიძე, დ. უგრეხელიძე. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLVII, № 3, 1967.
6. დ. უგრეხელიძე, ჯ. წეველიძე. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLVII, № 1, 1967.
7. ტ. ლომკაცი, ლ. ბოჭორიძე. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, XLVII, № 3, 1967.
8. Ф. Файгель. Капельный анализ органических веществ. М., 1962.
9. R. Zimmermann. Naturwissen chofen, 45, 7, 1958.
10. Е. П. Розанова. Успехи микробиологии, 4, 1967.
11. K. Heider, L. Frederick, W. Flaig. Plant and Soil, 22, 1, 1965.

ФАРМАКОХИМИЯ

Э. З. ДЖАКЕЛИ, В. Ю. ВАЧНАДЗЕ, М. М. МУДЖИРИ, К. С. МУДЖИРИ

К ВОПРОСУ ВЫДЕЛЕНИЯ АЛКАЛОИДОВ БАРВИНКА
ТРАВЯНИСТОГО, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В ГРУЗИИ

(Представлено академиком В. С. Асатиани 31.1.1968)

В первом сообщении, касающемся вопроса изучения алкалоидов барвинка травянистого, произрастающего в Грузии [1], методом хроматографии рассматривается эфирорастворимая сумма, выделенная из корней этого растения.

В настоящем сообщении публикуются данные по выделению индивидуальных алкалоидов из эфирорастворимой суммы барвинка травянистого.

Из барвинка травянистого, произрастающего в Грузии, Т. С. Бежанншвили выделен кристаллический алкалоид [2], а из барвинка, произрастающего в Молдавии [3, 4], получены два алкалоида: винкагербин и винкагербинин. Из барвинка травянистого, произрастающего на Балканском полуострове, в Дунайской области, болгарскими учеными выделены три новых алкалоида: гербалин, гербаин, гербацеин, а также резерпинин [5—8]. Из них гербацеин и гербаин идентичны двум алкалоидам из молдавского барвинка травянистого.

Химический анализ выделенных алкалоидов позволил болгарским ученым утверждать, что алкалоиды гербацеин и гербаин являются производными дигидроизохимбана и имеют одинаковое строение углеродного скелета. Что же касается гербалина, то последний является производным оксиндол-гетероизохимбана,

Попытка использовать известные в литературе методы разделения и выделения алкалоидов из различных видов барвинков, к сожалению, не дала желаемых результатов. Последнее обстоятельство вызвало необходимость изыскания индивидуального подхода к разделению исследуемой суммы алкалоидов. В результате, после целого ряда экспериментов, был подобран и предложен метод разделения алкалоидов барвинка травянистого, произрастающего в Грузии, основанный на различии основности отдельных алкалоидов исследуемой суммы.

Суть метода заключалась в следующем: сгущенные эфирные извлечения из корней барвинка травянистого обрабатывались равными объемами

цитратно-фосфатного буфера с определенным рН. Величины рН колебались в широком интервале от 8 до 2. Полученные буферные фракции подвергались повторному извлечению органическим растворителем. После соответствующего отгона органического растворителя выделение индивидуальных алкалоидов проводилось кристаллизацией из метанола, этанола, этилового эфира в смеси со спиртом и ацетоном.

Оставшийся же после обработки буферным раствором эфирный экстракт суммы алкалоидов подвергали сгущению и путем кристаллизации из метанола выделяли алкалоид A_6 с т. пл. 204—206°C и $(\alpha)_D^{20} = -95,4$ (хлр), который, по данным исследования, превалировал в сумме алкалоидов. А именно его содержание составляло 5% по отношению к общей сумме. Алкалоид A_6 имеет молекулярный вес—429, эмпирическую формулу $C_{23}H_{28}O_6N_2$. По данным анализа, алкалоид содержит три CH_3O -группы. В ЯМР-спектре имеются два синглета при значении $\delta = 6,46$ и 6,60 м. д., относящихся к протонам 9, 12, указывающим на наличие метоксильных групп в ароматической части молекулы в положении 10, 11. ИК-спектр дает полосы поглощения при 3330 cm^{-1} (NH); 1730 cm^{-1} (CH_3OOC); 1710 cm^{-1} ($C=O$); 830, 875, 885 cm^{-1} (тризамещенный бензол). УФ-спектр подтверждает оксиндольный характер соединения. На основании приведенных данных и данных химического анализа выделенный алкалоид A_6 идентифицирован как изомайдин.

В результате использования предлагаемого выше метода каскадного разделения суммы по силе основности выделено семь индивидуальных алкалоидов. Как выяснилось, кристаллическая фракция, полученная из буфера с рН 2,2, представляла собой сумму двух алкалоидов: A_3 с т. пл. 229—231°C и $(\alpha)_D^{20} = -160,27$ (хлр); A_4 с т. пл. 205—207°C и $(\alpha)_D^{20} = -69,2$ (хлр). Разделение их было проведено на активной окиси алюминия с использованием их различной растворимости в органических растворителях.

Проведение спектрального и химического анализа выделенных алкалоидов, а также установление физико-химических констант их свидетельствует о том, что они являются производными индола.



Идентификация выделенных алкалоидов, дальнейшее разделение сумм и выделение новых индивидуальных оснований продолжаются.

Выводы

1. Предложены метод разделения эфирорастворимой суммы алкалоидов из корней барвинка травянистого, произрастающего в Грузии, а также метод выделения индивидуальных алкалоидов.

2. Выделено семь индивидуальных алкалоидов, являющихся производными индола. Алкалоид A_6 идентифицирован как изомайдин.

Академия наук Грузинской ССР
Институт фармакохимии
Тбилиси

(Поступило в редакцию 31.1.1968)

ფარმაცოქიმიკა

ბ. ჯაყელი, ვ. ვახნაძე, მ. მუჯირი, ძ. მუჯირი

საქართველოში მოზარდი გველის სუროს ალკალოიდების
გამოყოფის საკითხისათვის

რეზიუმე

საქართველოში მოზარდი გველის სუროს ალკალოიდების ეთერში ხსნადი ფრაქციის დაყოფისა და ინდივიდუალური ალკალოიდების გამოსაყოფად მოწოდებულია მეთოდი, რომელსაც საფუძვლად უდევს ალკალოიდების განცალკევება ფუძეების სიძლიერის მიხედვით.

გამოყოფილია ინდოლის ნაწარმი—შვიდი ინდივიდუალური ალკალოიდი.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Э. З. Джакели, В. Ю. Вачнадзе, К. С. Муджири. Сообщения АН ГССР, т. XLVIII, № 2, 1967, 347.
2. Т. С. Бежанишвили. Труды Тбилисского НИФХИ, VIII, 1956, 23.

94.1063.01
2068.0780.035

3. Е. С. Заболотная, Э. В. Букреева. ЖОХ, т. XXXIII, (XCV), в. II, 1963, 8780.
4. Д. А. Бочарова. Аптечное дело, № 3, 1960, 35.
5. Н. Моллов, И. Мокриц, Н. Огнианов... Доклады БАН, 14, № 1, 1961, 43.
6. J. Ognyanov, B. Pyuskyulev. Chem. Ber., 99, № 3, 1966, 1008.
7. J. Ognyanov. Chem. Ber., 99, № 6, 1966, 2052.
8. J. Ognyanov, B. Pyuskulev... Monatsh. Chem., 97, № 3, 1966, 857.



ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Н. Б. КЛОПОТОВСКАЯ

К МЕТОДИКЕ ПРИМЕНЕНИЯ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВОГО
АНАЛИЗА В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

(Представлено академиком А. Н. Джавахишвили 23.12.1967)

Спорово-пыльцевой анализ осадочных образований—метод, широко применяющийся в настоящее время для исследования континентальных и морских отложений,—возник и развился при изучении равнинных территорий. Применительно к условиям преимущественно равнинных пространств разрабатывалась и методика интерпретации его данных.

Эффективность спорово-пыльцевого анализа и та популярность, которую он снискал благодаря многим специфическим особенностям, привели к тому, что метод этот теперь все чаще используется и в горных странах.

Однако при обработке материалов из горных районов не может быть полностью принята методика палеофитоценологической интерпретации результатов спорово-пыльцевого анализа, выработанная для равнинной территории, не могут быть механически перенесены и установленные в условиях равнины закономерности формирования спорово-пыльцевых спектров. Причина этого заключается в специфике горной территории. Проявляющаяся в горных областях высотная поясность растительного покрова, своеобразная воздушная циркуляция, густота речной сети, усиленная денудация и другие факторы создают необходимость разработки специальной методики для горных условий.

Первое исследование методического характера было проведено Рудольфом и Фирбасом [1] еще в 1926 г. Изучив состав древесной пыльцы в поверхностных пробах, собранных в различных высотных поясах Исполиновых гор, авторы установили, что различия в составе лесов отчетливо отражаются в составе спектров древесной пыльцы. Этот основной общий вывод впоследствии подтвердился материалами других исследователей. Однако более детальные исследования в связи с этой проблемой до последних лет не проводились. В результате оставались неизученными даже такие кардинальные вопросы, как особенности отражения в спорово-пыльцевом спектре различных типов растительности и степень искажающего влияния переноса пыльцы из соседних высотных поясов.

Для Кавказа, где методом спорово-пыльцевого анализа уже много лет ведется изучение плиоценовых и четвертичных отложений, исслед.



дований по выяснению соотношений состава спорово-пыльцевых спектров и современной растительности еще очень мало.

Поверхностные пробы из предгорьев Кахетинского хребта были изучены Л. К. Гогичайшвили [2]. Автор пришла к выводу о том, что здесь пыльца доминирующего в растительном покрове элемента является доминирующим элементом спектра.

Объектом исследования Н. А. Маргалитадзе и К. Р. Кимеридзе [3] явился торфяник на одном из массивов Скалистого хребта—горе Цей-Лам. Высокий процент пыльцы древесных пород, отсутствующих в данном ущелье, в самом верхнем образце изученного профиля авторы объясняют заносом ее из нижележащих поясов воздушными потоками восходящего порядка.

В 1956 г. Е. С. Трошкина [4] впервые применила метод спорово-пыльцевого анализа для изучения снежников и ледников Эльбруса. В спорово-пыльцевом спектре поверхностной пробы льда на абсолютной высоте 3680 м, где полностью отсутствует растительность, была обнаружена пыльца, занесенная не только из верховьев прилегающих долин, но и из удаленных районов. В образцах льда из ледника, где рельеф препятствует вторжению ветров, пыльцы встречено очень мало.

Позднее Е. С. Трошкиной и Ю. В. Маховой [5] в том же районе были проанализированы ежемесячные пробы снега. В результатах в спектрах была выявлена последовательность появления пыльцы различных древесных пород, соответствующая их цветению, что дало возможность установить сезон образования снежного горизонта.

Поскольку этими работами исчерпывается существующий по Кавказу подобного рода материал, особое значение приобретают данные по другим горным территориям. Большой интерес представляют результаты, полученные для Альп М. М. Пахомовым [6]. Используя данные П. Келлера о составе пыльцы древесных пород в позднеголоценовых пробах 45 торфяников, расположенных по меридиональному профилю через Альпы, М. М. Пахомов подтвердил и расширил вывод Рудольфа и Фирбаса о том, что последовательная смена высотных поясов растительности находит свое отражение в пыльцевом спектре. Автор отмечает отсутствие в спектрах образцов с северного склона Альп пыльцы растений, встречающихся лишь на южном склоне, например *Castanea sativa*. Переносу пыльцы препятствуют выступающие в качестве физической преграды горные хребты. Это положение не распространяется на пыльцу, обладающую большой летучестью. В безлесных поясах, где местная пыльцевая продукция незначительна, роль заносной пыльцы в спектре естественно возрастает.

Однако эти закономерности, выявленные М. М. Пахомовым на фактическом материале по очень обширной территории, охватывающей

Состав пыльцы древесных пород (%) в образцах торфа из некоторых болот Румынии (по Э. Попу с дополнениями автора)

Характер растительного покрова	Пояс дуба		Еловый лес	Буковый лес, на болоте сосна			Еловый лес		Буковый лес
	110	100—200		850—900			1017		
Абсолютная высота (м)			810						1200
№ образца	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Глубина взятия (см)	10	10	35	15	30	15	15	30	15
<i>Picea</i>	15	24	57	9	13	4	59	68	5
<i>Pinus</i>	22	30	5	34	23	83	1	3	1
<i>Abies</i>	1	1	6	7	8	1	7	6	2
<i>Fagus</i>	6	7	9	34	45	6	27	18	80
<i>Carpinus</i>	2	2	3	1	1				1
<i>Betula</i>	2	3	9	2	1	3	1		1
<i>Alnus</i>	6	5	9	5	5	1	1	1	1
<i>Quercus</i>	36	19	5	5	3		3	3	3
<i>Tilia</i>	4	—	1						—
<i>Ulmus</i>	—	2		1			1		3
<i>Salix</i>	6	7	1	2	1	1		1	2
<i>Corylus</i>	6	6	1	6	5	2	1	3	7

Образец 1—болото Крайовица, 2—Бервени, 3—Колэчел, 4, 5, 6—Бисока, 7, 8—Комендэу, 9—Теул Негру

Таким образом, вышеприведенные данные полностью подтверждают сформулированное Э. Попом и соавторами положение о фильтрующем эффекте листвы в лесу и полном соответствии лесных спектров составу окружающей растительности (с учетом относительной пыльцевой продуктивности древесных пород). В лесном поясе доминирует пыльца основной на сравнительно ограниченной площади древесной породы. Соотношение спектра и растительности соблюдается и в тех случаях, когда имеет место инверсия или развита интразональная растительность. Сравнение цифровых показателей содержания пыльцы лесообразующей породы показывает, что варьирование их незначительно и лесные спектры в общем очень устойчивы. Пыльца из других высотных поясов присутствует в каждом спектре, однако, как правило, резко превалирует пыльца местных растений. Отражение в составе пыльцевых спектров торфянистых отложений характера именно местной растительности открывает большие возможности для детальных исследований методом спорово-пыльцевого анализа локальных изменений растительности в горных условиях, где они проявляются несравненно чаще, чем в равнинных районах.

В безлесных поясах соотношение состава спектра с растительностью в значительной степени искажается. По процентным соотношениям общего состава спектра, а также по составу пыльцы древесных пород (полностью заносной) здесь в большинстве случаев не может быть верно определена принадлежность спектра к безлесному или к лесному

высотному поясу растительности. Установить ее, по нашему мнению, можно по присутствию в спектре хотя бы единичных зерен пыльцы травянистых энтомофильных растений или спор, экологически строго приуроченных к травянистым формациям определенного типа. Так, при проведении исследований состава поверхностных образцов из гребневой зоны Месхетского хребта принадлежность их к альпийскому поясу легко устанавливалась по присутствию спор — индикаторов высокогорья—*Lycopodium selago*, *Selaginella selaginoides* и др.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт географии им. Вахушти

(Поступило в редакцию 23.12.1967)

ფიზიკური გეოგრაფია

ბ. კლოპოტოვსკაია

მთის პირობებში სკორა-მტვრის ანალიზის გამოყენების
 მეთოდისათვის

რ ე ზ ი მ ე

დადგენილია, რომ ტყის სარტყელში აღებულ ნიმუშთა სპექტრებში დომინირებს შედარებით მცირე ფართობზე გაბატონებულ ხე-მცენარეთა მტვერი. სპექტრი მცენარეულობას იმ შემთხვევაშიც შეესატყვისება, როდესაც ადგილი აქვს სიმალღებრივ სარტყელთა ინვერსიას ან ინტრაზონალურ მცენარეულობას.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. K. Rudolph, F. Firbas. Berichte Deutsch. Bot. Ges., Bd. 44, 1926.
2. ლ. კ. გოგაიშვილი. Труды Тбил. бот. ин-та, 23, 1964.
3. Н. А. Маргалитадзе и К. Р. Кимеридзе. Труды Тбил. бот. ин-та, 23, 1964.
4. Е. С. Трошкина. В кн.: «Информационный сборник о работах географического фак-та МГУ по МГГ», № 1, 1958.
5. Е. С. Трошкина и Ю. В. Махова. В кн.: «Исследования ледников и ледниковых районов», вып. I, изд. АН СССР, М., 1961.
6. М. М. Пахомов. В сб.: «Значение палинологического анализа для стратиграфии и палеофлористики», изд. «Наука», М., 1966.
7. E. Pop, N. Boscaiu, F. Ratiu and B. Diaconeasa. Acad. de la RPR, revue de Biol., bot., t. 10, № 3, 1965.
8. Э. Поп. Acad. de la RPR, revue de Biol., t. II, № 2, 1957.
9. Э. Поп. Ботанический журнал, т. 42, № 3, 1957.
10. E. Pop, I. Clobanu. Bul. Univ. „V. Babes“ si „Bolyai“ Cluj, ser. St. Nat., vol. 1, № 1—2, 1957.
11. E. Pop, B. Diaconeasa... Studia Univ. Babes-bolyai, ser. biol., fasc 1, 1965.

Г. Д. ДУМБАДЗЕ

О ГЕНЕЗИСЕ ПОРОД САНЧАРСКОГО ИНТРУЗИВА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. М. Заридзе 15.1.1968)

Санчарский интрузив расположен на территории Абхазской АССР в перевальной части Главного хребта Большого Кавказа, частично переходя и на северный склон. В сложении интрузива принимает участие серия пород от габбро до гранитоидов. Конечные члены имеют подчиненное развитие и обычно слагают краевые части. Наиболее широко представлены промежуточные породы — диориты и кварцевые диориты, составляющие около 75% всей обнаженной части интрузива. Жильная фация представлена различными диабазами, порфиритами, дацитами и альбитофирами.

Мезозойский возраст [1] и ряд специфических особенностей, как-то: приуроченность интрузива к зоне надвига древних кристаллических пород на юрские сланцы, несколько необычный состав слагающих интрузив гранитоидов, цветная часть которых представлена роговой обманкой, а калишпат кристаллизуется в формах, лишенных двойниковой решетки,—сближает Санчарский интрузив с интрузивами эцерского типа, выделенными впервые в Сванетии [2, 3]. Естественно предположить, что геолого-петрологическое сходство интрузивов эцерского типа обусловлено их одинаковыми условиями образования. Для большинства интрузивов этого типа доказан гибридный генезис [2, 4, 5], для некоторых из них отмечаются черты гибридизма и наложенного метасоматизма [6, 7].

Среди пород Санчарского интрузива четко выделяются три группы, отвечающие трем стадиям его формирования: 1) исходные породы — перидотиты, диабазы и габброиды, сохранившиеся в виде реликтовых тел и ксенолитов; 2) гибридные породы — роговообманковые габбро-диориты, диориты и кварцевые диориты, возникшие при взаимодействии гранитного материала с исходными породами; 3) группа гранитоидов, образовавшихся в результате метасоматоза на месте исходных и гибридных пород.

Большая часть слагающих интрузив пород проявляет черты, описанные в литературе как специфические признаки гибридных образований. Признаки эти следующие: неоднородность и отсутствие зо-



нальности в пространственном распределении пород; быстрое изменение зернистости на небольших площадях; наличие крупных и мелких ксенолитов диабазов, габбро и перидотитов, находящихся на различных стадиях переработки; непостоянство и аномальность минерального состава; гломерокристаллическое сложение; пойкилитовые структуры; зональность плагиоклазов, в особенности обратная зональность; неравновесные ассоциации минералов; большое содержание аксессуаров, в основном апатита и сфена, достигающее местами 3%; непостоянство химического состава.

На диаграмме (рис. 1) проявляется еще одно свойство, характерное для гибридных образований: на щелочной плоскости диаграммы они соответствуют одним типам пород, а на известковой — другим. Пересчеты по методу Ниггли показали, что большинство пород не может быть отнесено к какому-либо определенному виду «магм» Ниггли.

№ образцов	Числа Ниггли								Примечания
	главные				дополнительные				
	al	fm	c	alk	si	k	mg	c/fm	
238	32,2	35,2	25,2	7,4	155,8	0,14	0,3	0,71	Диорит
323	21,3	38,3	25,2	15,2	130,1	0,10	0,43	0,65	Габбро-диорит
326	26,9	34,4	25,3	13,4	129,7	0,10	0,36	0,73	Габбро-диорит
447	25,1	35,7	21,3	17,9	158,1	0,11	0,37	0,59	Диорит
454	28,7	38,3	17,8	15,2	147,2	0,10	0,20	0,46	Кварцевый диорит
456	26,3	30,2	24,9	18,6	175,7	0,10	0,35	0,82	Диорит

Перечисленные выше признаки гибридности обнаруживает большая часть пород Санчарского интрузива. Однако имеется группа пород, геологическое положение и петрографические особенности которых позволяют предположить их отличное от гибридных пород происхождение. Это породы семейства гранитов.

Главнейшие парагенетические ассоциации пород Санчарского интрузива следующие: плагиоклаз-роговая обманка-пироксен; кварц-плагиоклаз-роговая обманка; кварц-плагиоклаз-биотит; кварц-плагиоклаз-роговая обманка-биотит; кварц-плагиоклаз-калишпат-роговая обманка. Подставляя эти ассоциации в диаграмму парагенезисов гранитоидных пород в зависимости от химических потенциалов Na и K, убеждаемся, что все ассоциации, за исключением последней, попадают в I поле щелочности [8]; что же касается пятой ассоциации, то она относится ко II полю щелочности. Следовательно, для габброидов и диоритов, относящихся к одному полю щелочности, можно предположить одни условия образования, а для гранитоидов — другие.

Происхождение гранитов отчасти объясняется изучением взаимоотношения интрузива с вмещающими породами. По южной и юго-

восточной границе интрузива во вмещающей вулканогенно-осадочной толще нижнего лейаса наблюдается контактно-измененная полоса переменчивой мощности, сложенная слабометаморфизованными, ороговикованными породами — окварцованными, альбитизированными, калишпатизированными и хлоритизированными сланцами и вулканогенными. Кроме того, в контакте отмечается появление катакластических пород — различных милонитов, микробрекчий и филлонитов.

Сопоставление этих явлений с процессами, протекающими в периферийных частях интрузии, показывает их полную аналогию. Так, в гранитоидах интрузии преимущественно развит натровый плагиоклаз-альбит либо олигоклаз-альбит; основные разности встречаются в виде реликтов, окаймленных и резорбируемых альбитом. Формы калиевого полевого шпата — островки в кварце и извилистые бесформенные зерна. взаимоотношение его с плагиоклазом (обрастание им последнего в виде каемок, оторочек) и пертитовое строение — все это убеждает нас в развитии процессов калишпатизации.

Широко развит в гранитоидах также процесс окварцевания. Содержание кварца достигает иногда 30%, он наблюдается в виде жил и прожилков мозаичной структуры, гнездовидных скоплений и неправильных зерен, резорбирующих пороодообразующие минералы.

Таким образом, в гранитоидах широко развиты те же процессы — окварцевание, альбитизация и калишпатизация, что и во вмещающих породах, и поэтому естественным будет предположение, что процессы эти едины во времени и имеют один и тот же источник.

Источником этих процессов могли служить низкотемпературные постмагматические растворы, циркулировавшие вдоль приконтактовых трещин, о наличии которых свидетельствуют милонитизированные породы в контакте интрузива и локализация процессов в приконтактовой полосе. Благодаря этим процессам происходит преобразование краевых частей интрузива и на месте габбро, диоритов и кварцевых диоритов образуются породы, близкие по составу гранитоидам. Соответственно под воздействием этих же растворов вмещающие осадки приобретают метаморфизованный облик и превращаются в слюдисто-хлоритовые сланцы, а также в филлито- и адиолоподобные породы.

Интересно взаимоотношение гранитоидов с ксенолитами. В то время как ксенолиты, заключенные в диоритовых породах, характеризуются слабой степенью переработанности и резкими обрывистыми контурами, ксенолиты в гранитоидах деградированы, контуры их смазаны и они обнаруживают постепенные переходы во вмещающие породы.

Приуроченность гранитоидов к периферийным частям интрузива не случайна. Интрузив залегает вдоль границы метаморфических и осадочных пород в области продолжающихся подвижек, вызванных реге-



нерацией разрывов, развитых по этой границе. Вся эта область разбита многочисленными трещинами, представляющими собой благоприятные пути для циркуляции низкотемпературных, богатых летучими растворами и эманацій.

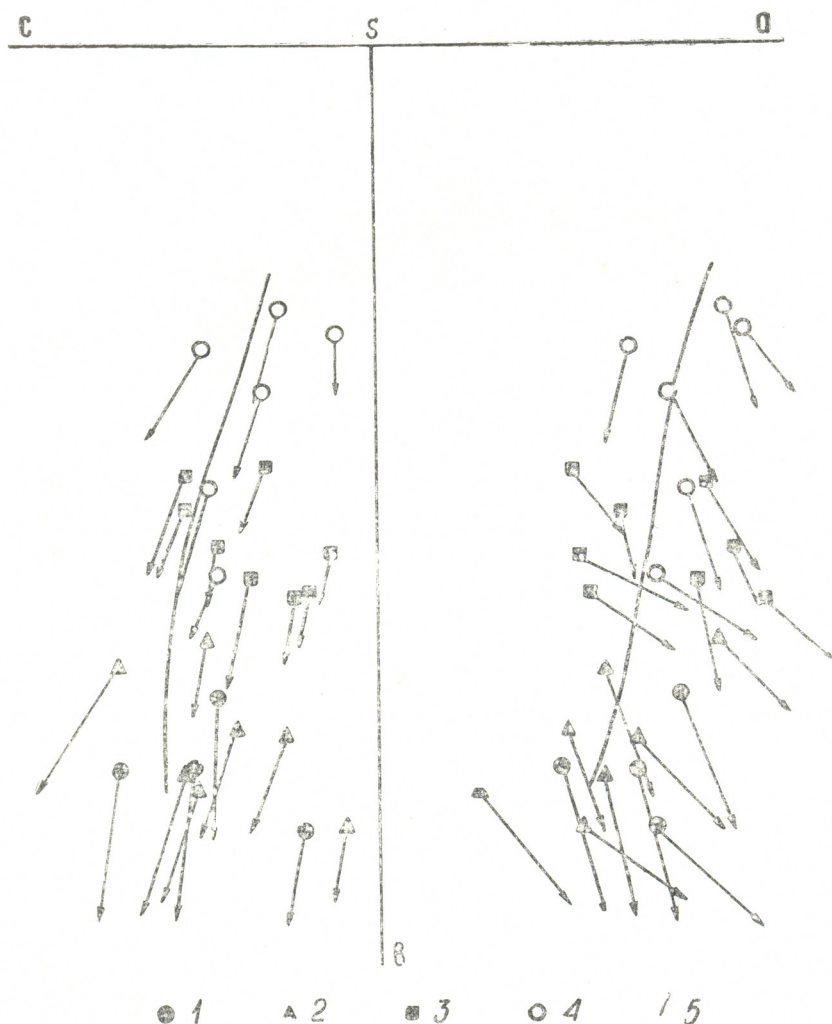


Рис. 1. Вариационная диаграмма А. Н. Заварицкого для пород Санчарского интрузива: 1—диабазы; 2—габброиды; 3—диориты и кварцевые диориты; 4—гранитоиды; 5—линия соответствующих средних пород по Дэли

Фактический материал позволяет высказать предположение о составе магмы, давшей гибридные породы интрузива. Она, по-видимому, была бедна калием (см. рис. 1 и 2), так как этот элемент не содержится в существенном количестве в диоритах, габбро-диоритах и квар-

щевых диоритах. Кроме того, как в гибридных, так и в исходных породах калисодержащие минералы отсутствуют.

Более существенна роль натрия. Интенсивная альбитизация ксенолитов, наличие зональных плагиоклазов, высокое содержание натрия

в гибридных и исходных породах (рис. 1 и 2) показывают принадлежность магмы к существенно натриевой ветви. Следовательно, исходная магма по составу близка к плагиограниту. Аналогичные соображения о природе первичной магмы высказаны Д. Н. Кецохвели [9] на примере Цейского массива (Северная Осетия). Г. М. Заридзе [10] допус-

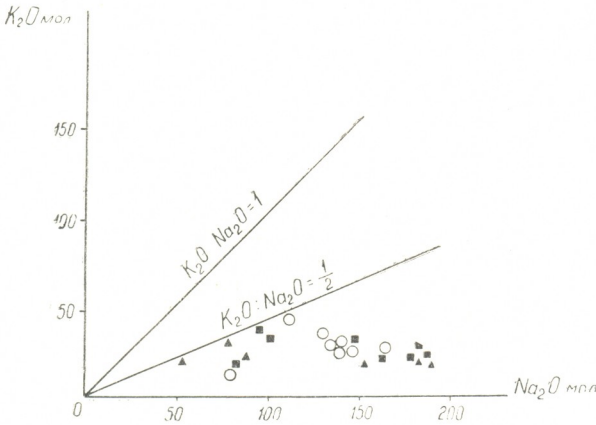


Рис. 2. Диаграмма соотношения щелочей в породах Санчарского интрузива (обозначения те же, что и на рис. 1)

жал, что магма, давшая начало всем гранитоидам Кавказа, имела лейкогранитовый, бедный калием состав.

Мы полагаем, что путем усвоения плагиогранитовой магмой основных магматических пород и метаморфитов возникли гибридные породы Санчарского интрузива — габбро-диориты, роговообманковые диориты и кварцевые диориты. В постмагматической стадии под воздействием низкотемпературных растворов, содержащих в основном Si и Na, образуются породы, близкие по составу гранитоидам, при этом калиметасоматоз проявлен слабо.

Академия наук Грузинской ССР
 Геологический институт

(Поступило в редакцию 15.1.1968)

საბჭოთა კავშირი

ბ. ლუმაბაძე

სანჩარის ინტრუზივის ქანების ბენეფისის შესახებ

რეზიუმე

სანჩარის ინტრუზივში მკვეთრად გამოიყოფა ქანების სამი ჯგუფი, რომლებიც პასუხობენ მისი ჩამოყალიბების სამ ეტაპს: 1) საწყისი ქანები—პე-

რიოდოტიტები და გაბროიდები, რომლებიც შენარჩუნებულია ქსენოლითებისა და რელიქტების სახით; 2) ჰიბრიდული ქანები—გაბრო-დიორიტები, დიორიტები და კვარციანი დიორიტები; 3) მეტასომატური ქანები—გრანიტოიდები, რომლებიც წარმოშობილია საწყისი და ჰიბრიდული ქანების გრანიტიზაციის შედეგად.

ჰიბრიდული ქანები წარმოიშვება პლაგიოგრანიტული მაცმის ზემოქმედებით საწყის ქანებზე, ხოლო პოსტმაგმურ სტადიაში დაბალი ტემპერატურული Si—Na შემცველი ხსნარების ზეგავლენით წარმოიშვება გრანიტოიდების მსგავსი ქანები.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Д. Думбадзе. Сообщения АН ГССР, XVIII, № 2, 1967.
2. Г. М. Заридзе, К. И. Чичинадзе. Труды ИГН, сер. петрогр., вып. 44, № 14, 1940.
3. Д. С. Белянкин, В. П. Еремеев, В. П. Петров, М. А. Фаворская. Записки Всерос. мин. о-ва, № 3—4, 1943.
4. В. П. Еремеев. Труды ИГН, сер. петрогр., вып. 84, 1947.
5. М. А. Фаворская. Труды ИГН, сер. петрогр., вып. 84, 1947.
6. Г. М. Заридзе, Н. Ф. Татришвили. Магматизм Грузии и связанные с ним рудообразования. Госгеолтехиздат, 1959.
7. В. Ф. Морковкина. Труды ИГН, сер. петрогр., вып. 107, 1950.
8. Д. С. Коржинский. Физико-химические основы парагенезисов... АН СССР, 1957.
9. Д. Н. Кецохели. Сообщения АН ГССР, XLIV, № 1, 1966.
10. Г. М. Заридзе. Изв. АН СССР, сер. геол., № 3, 1952.

მ. ზამსაძე

მეტამორფული დიფერენციაციის მოვლენები ძირულის მასივის ჰვედაპალეოზოურ მეტამორფულ ფიქლებში

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. ზარიძემ 15.1.1968)

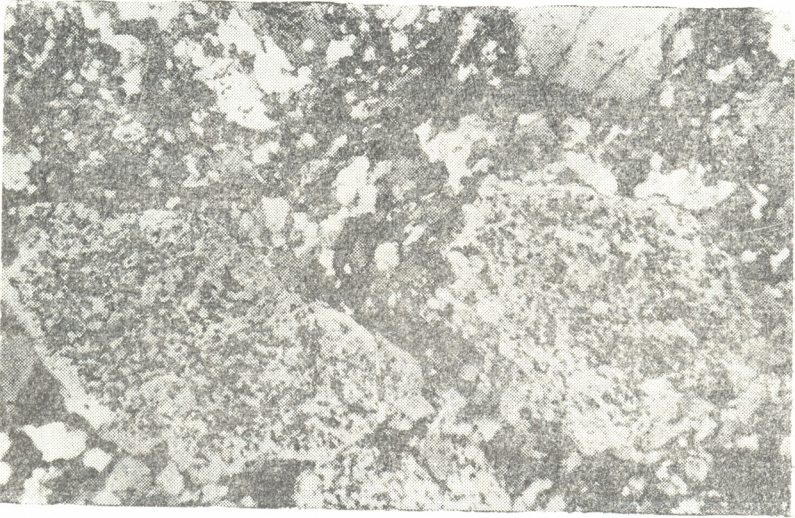
ძირულის მასივის ქვედაპალეოზოური მეტამორფული ფიქლების დედაქანები გეოსინკლინური ნალებია. ამ გეოსინკლინის საზღვრების დადგენა ძნელდება იმის გამო, რომ წყების დიდი ნაწილი გადარეცხილია და გარდაქმნილია ინექციური მეტამორფიზმის შედეგად [1].

განსახილველ ქანებში მეტამორფული დიფერენციაციის მოვლენებს სხვა მოვლენებთან ერთად მნიშვნელოვანი როლი ეკუთვნის. ეს წყება მეტამორფიზებულია მწვანე ფიქლებისა და ეპიდოტ-ამფიბოლიტური ფაციესების შესაბამის პირობებში. ამ ფაციესებში მეტამორფულ დიფერენციაციას ხელს უწყობს წნევის მნიშვნელოვანი ვარიაცია, რაც, თავის მხრივ, განაპირობებს ხსნარების განაწილებას და მინერალწარმოების მარეგულირებელ როლს ასრულებს [2-5].

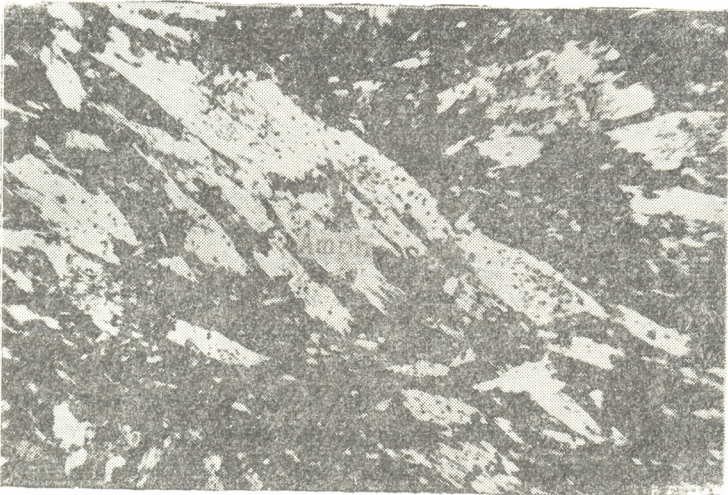
მეტამორფული დიფერენციაცია ძირულის მასივის ჰეტეროგენულ ქანებში თავს იჩენს თითქმის ყველა მის სახეობაში, მაგრამ განსაკუთრებით თვალსაჩინოა ფუძე-ქანებში, რადგან ისინი შეიცავენ მაღალტემპერატურულ მინერალურ ასოციაციებს, რომლებიც არამდგრადია მწვანე ფიქლების ფაციესში. მეტამორფული დიფერენციაციის პროდუქტები წარმოდგენილია კვარცის, ეპიდოტის, კალციტის, ალბიტისა და რქატყუარის მონომინერალური ლინზებითა და ძარღვებით. გარდა ამისა, კვარც-ეპიდოტის, კვარც-ალბიტის, კვარც-რქატყუარის, რქატყუარა-სფენის და რქატყუარა-ეპიდოტის ლინზებით. ძირულის მასივის მეტამორფულ ფიქლებში ასეთი ძარღვების განაწილებაში კანონზომიერება არ შეიმჩნევა. აღნიშნული ლინზები და ძარღვები მეტწილად ფიქლებრივობის გასწვრივაა განლაგებული, უფრო იშვიათად კი ჰკვეთენ მათ. მეტამორფული დიფერენციაციის გამომწვევი ჰიდროთერმული ხსნარების ცირკულაცია უფრო ენერგიულად წარმოებდა ფიქლობრივობის გასწვრივ. ზოგ შემთხვევაში კვარცის, ალბიტის, რქატყუარის და სხვა მინერალთა პორფირობლასტები ყალიბდებოდა მეტამორფული დიფერენციაციის გზით—კონკრეციული პრინციპით [2]. თუმცა ყოველთვის არ ჩანს პორფირობლასტების მომცემი ნივთიერების მოტანა. ძარღვებისა და ლინზების მეტამორფული დიფერენციაციის გზით წარმოშობაზე მიუთითებს მათი და მეტამორფული ფიქლების შედგენილობათა მჭიდრო კავშირი; მაგალითად, მყავე ან თიხა-მიწით მდიდარ ქანებში გვხვდება კვარც-ალბიტის ძარღვები და ლინზები, ხოლო ფუძე შედგენილობის ქანებში ეპიდოტის ჯგუფის მინერალები, კალციტი და რქატყუარა ჰარბობს. გარდა ამისა, ზოგ შემთხვევებში კარგად ჩანს დედაქანის მელანოკრატულ და ლეიკოკრატულ ნაწილებად განთიშვა. ასეთი სახის წარმონაქმნები ცნობი-



ლია მეტატექტისა და პალეოსომის სახელწოდებით [5, 6]. ამ ტერმინებს გარკვეულ გენეტურ მნიშვნელობებს ანიჭებენ. ვფიქრობთ უმჯობესია ვიხმაროთ კ. მენერტის ტერმინები ლეიკოსომი — ქანის ლეიკოკრატული, ხოლო მელანოსომი — ქანის მელანოკრატული ნაწილისათვის, რადგან ისინი ამ წარმონაქმნების გენეტურ მხარეს გამოირიცხავენ.



სურ. 1. ლეიკოსომი ამფიბოლიან ფიქალში (ნიკ.—, გადიდ. 22X)



სურ. 2. მელანოსომი ამფიბოლიან ფიქალში (ნიკ.—, გადიდ. 22X)

ლეიკოსომში გროვდება კვარცი და მინდვრის შპატები, ხოლო მელანოსომში — ეპიდოტი, რქატყუარა და სფენი, ზოგჯერ კალციტი, რომლის და-

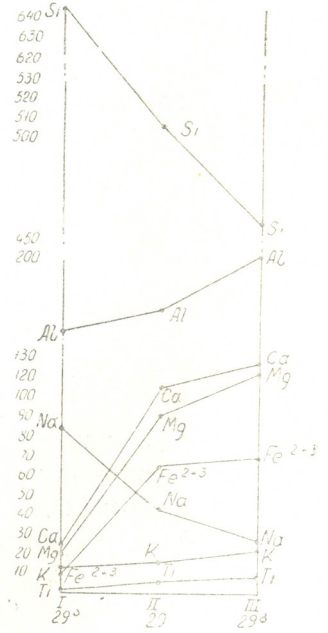
მორჩილებული როლი აიხსნება კალციუმის მოძრაობის დიდი უნარით მწვანე ფიქლებისა და ეპიდოტ-ამფიბოლიტური ფაციესის პირობებში (იხ. სურ. 1). ამფიბოლიანი ფიქლები შედგება ძირითადად რქატყუარის ურთიერთ პარალელურად ორიენტირებულ პრიზმებისაგან, რომელთა შორის დიდი რაოდენობითაა სფენი და ეპიდოტ-ციოზიტის ჯგუფის მინერალები. გვხვდება ალბიტის პოლისინთეტურად დამრჩობლილი კრისტალები და კვარცი. ქანი გაკვეთილია ალბიტის ძარღვით, რომელშიც აქტინილიტის ნემსისებრი წარმონაქმნები გვხვდება. ლეიკოსომის სტრუქტურა პორფირობლასტურია. პორფირობლასტები წარმოდგენილია 2×1 მმ-მდე (ზოგჯერ ნაკლები) ზომის ალბიტებით, რომლებშიც დიდი რაოდენობითაა ციოზიტის წვრილი მარცვლები, რაც მათ პოციკლიტურ იერს აძლევს. კვარცი ქმნის გროვებს და ზოლებს; მათი ზომებია 0.2×0.3 მმ. მელანოსომში მხოლოდ რქატყუარის პრიზმები, სფენი და ეპიდოტ-ციოზიტის ჯგუფის მინერალები გვხვდება (იხ. სურ. 2).

ამრიგად, ამფიბოლიანი ფიქალი, რომლის შემადგენლობაში შედის ძირითადად რქატყუარა და ალბიტი, მეტამორფული დიფერენციაციის შედეგად იყოფა ორ ნაწილად — ლეიკოსომად და მელანოსომად.

მეტამორფული პროცესების ქიმიზმის დასადგენად გაკეთდა სამი ანალიზი — დედაქანის (ნიმ. 29), ლეიკოსომის (ნიმ. 29ა) და მელანოსომის (ნიმ. 29ბ). ანალიზები გადათვლალა ბარტის მეთოდით. აღსანიშნავია, რომ ყველა ნიმუში აღებულია ერთ ვაშიშვლებაში ერთმანეთის სიხლოვეში.

გადათვლების შედარება გვიჩვენებს შემდეგი ელემენტების შემოტანასა და გატანას (იხ. ცხრილი).

ცხრილიდან და სურ. 2-დან ჩანს ლეიკოსომისა და მელანოსომის მთავარი ქანთმამუენი ელემენტების მოძრაობის პოლარული დამოკიდებულება. ცალკეული ელემენტების ლეიკოსომიდან გატანას ეთანადება იმავე ელემენტის შემოტანა მელანოსომში და პირიქით. ამ კანონზომიერებიდან ვადახრა არც ერთ შემთხვევაში არ შეიმჩნევა. ლეიკოსომი და მელანოსომი ყალიბდება როგორც ნივთიერების (სილიციუმი, ნატრიუმი) მოტანით, ასევე ნივთიერების მცირე მანძილზე გადაწარმოებით. მეტამორფული დიფერენციაცია ძირულის მასივის ქვედაპალეოზოურ მეტამორფულ ფიქლებში მიმდინარეობს მყარ მდგომარეობაში. ნივთიერების მობილიზაცია შეიმჩნევა ქანებში, რომლებსაც განცდილი აქვთ დინამომეტამორფიზმი. უკანასკნელი აადვილებს ქროლადების



სურ. 3. ლეიკოსომის (29 ა), მელანოსომისა (29 ბ) და ამფიბოლიანი ფიქლის (29) ქიმიური შედეგნილობის ვარიაციული დიაგრამა

ნიმუშის №	შემოტანა და გატანა % -ით	Si	Ti	Al	Fe ²⁺³	Mg	Ca	Na	K
29ა	შემოტანა გატანა	138	5	11	55	70	81	42	3
29ბ	შემოტანა გატანა	49	3	27	5	22	22	15	6

შემცველი და მაღალტემპერატურული წყლიანი ხსნარების ცირკულაციას. დეფორმირებულ ქანებში ნივთიერების დიფუზია პორულ ან ინტერგრანულარულ ხსნარებში მიმდინარეობს ბევრად უფრო სწრაფად; ხდება არამდგრადი მინერალების გარდაქმნა ახალ მინერალებად, რაც გაპირობებულია კომპონენტების მოტანით და შესაბამისად ეტანით. ვფიქრობთ, რომ ძირულის მასივის მეტამორფული ფიქლების გარდაქმნის საწყის ეტაპზე მთავარი როლი იზოქიმიურ მეტამორფიზმს, გადაკრისტალებასა და ჰეტამორფულ დიფერენციაციას ეკუთვნის.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

გეოლოგიური ინსტიტუტი

(რედაქციის მოუვიდა 15.1.1968)

ПЕТРОГРАФИЯ

М. В. АБЕСАДЗЕ

О ЯВЛЕНИЯХ МЕТАМОРФИЧЕСКОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ В НИЖНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ СЛАНЦАХ ДЗИРУЛЬСКОГО МАССИВА

Резюме

Метаморфизм нижнепалеозойских метаморфических сланцев Дзиркульского массива отвечает зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фациям. В условиях данных фаций устанавливаются процессы метаморфической дифференциации.

Наиболее четко метаморфическая дифференциация среди гетерогенных пород свиты проявляется в основных разновидностях пород, так как последние содержат высокотемпературные минералы, неустойчивые в условиях фации зеленых сланцев.

დაწოდებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. М. Заридзе и Н. Ф. Татришвили. Магматизм Грузии и связанные с ним рудособразования. Госгеолтехиздат, М., 1959.
2. P. Escola. Géolog. de Feñl., № 87, 1932.
3. Н. Г. Судовиков. Региональный метаморфизм и некоторые проблемы петрологии. Изд. ЛГУ, 1964.
4. К. Р. Менерт. В сб.: «Рудные регенерированные месторождения», ИЛ, М., 1957.
5. Т. Ф. Барт. Теоретическая петрология. ИЛ, М., 1952.
6. К. Н. Scheuman. Mineral und petrogr. Mitt., Bd. 48, 1937.

Р. М. МАНВЕЛИДЗЕ

КАЛИ-НАТРОВЫЕ ПОЛЕВЫЕ ШПАТЫ ПАЛЕОЗОЙСКИХ МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ГРАНИТОИДОВ ДЗИРУЛЬСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА

(Представлено членом-корреспондентом Академии Г. М. Заридзе 16.1.1968)

Среди различных типов гранитоидов Дзирульского кристаллического массива наиболее широким распространением пользуются палеозойские метасоматические гранитоиды.

Одной из характерных черт этих гранитоидов является привнесенный характер калишпата, на что было обращено внимание исследователей еще в 30-х гг. [1].

Согласно Г. М. Заридзе [2], образование калишпата в этих породах относится к наиболее поздней стадии, завершающей процесс гранитизации.

Калишпат в метасоматических гранитоидах Дзирульского массива образует зерна, размеры которых по длине варьируют от нескольких миллиметров до 3—4 см. Пользующиеся широким распространением крупные образования калишпата придают породам порфиroidный облик.

Метасоматический характер порфиroidных структур этих пород подчеркивался в работе Г. М. Заридзе и Н. Ф. Татришвили [3].

Взаимоотношение калишпата с другими породообразующими минералами, а также морфологические особенности определяются его метасоматической природой. Контуры неправильные и обычно зигзагообразные; кажущийся идиоморфизм некоторых зерен призматического облика при внимательном наблюдении оказывается мнимым. В калишпате часто наблюдаются останцы замещенных породообразующих минералов, которые, как правило, сильно корродированы, клочкообразны и не обладают даже намеком на идиоморфизм. В процессе гранитизации в породах образуется кислый плагиоклаз, который, в свою очередь, при замещении калишпатом часто почти полностью «растворяется» и приводит к образованию пертитов замещения.

В метасоматических гранитоидах встречаются как решетчатые, так и нерешетчатые калишпаты; наиболее широким распространением пользуются решетчатые индивиды, отвечающие максимальным микроклинам.



В работах предыдущих исследователей нерешетчатые индивиды на основании присутствия решетчатого калишпата и ортоскопических определений оптической ориентировки на федоровском столике описывались так же, как микроклины.

Специальные исследования последних лет дали возможность выяснить, что в результате неравномерного развития процесса упорядочения в твердом состоянии в образце одной и той же породы могут присутствовать различные структурные типы калишпатов. С другой стороны, А. С. Марфуниин [4] пришел к заключению, что результаты измерений оптической ориентировки калишпатов ортоскопическим федоровским методом «в значительном большинстве следует считать, как правило, грубо ошибочными», не позволяющими правильно интерпретировать калишпаты того или иного комплекса пород.

Для диагностики нерешетчатых калишпатов метасоматических гранитоидов Дзирульского массива автором данной статьи применялся метод коноскопирования гониометрически ориентированных кристаллов на федоровском столике [4] и метод рентгеновской дифрактометрии. Дополнительно был проведен ряд химических анализов мономинеральных фракций калишпатов.

В табл. 1 сведены результаты определения оптического упорядочения (S_{mp}) и оптической триклинности (Δ_0), вычисленные по формулам $S_{mp} = 0,025 (2V - 44)$; $\Delta_0 = 0,0555 \angle Ng \perp (010)$ [4]. S_{mp} нерешетчатых индивидов калишпатов из метасоматических гранитоидов, как правило, больше 0,5 и обычно имеет значения, близкие к 1. Лишь иногда наблюдается $S_{mp} \approx 0,5$.

Δ_0 в общем не зависит от степени упорядочения и колеблется в довольно широких пределах; встречаются как низкие значения Δ_0 — порядка 0,2, так и высокие — близкие к 1. По всей вероятности, это обуславливается неравномерным развитием субмикроскопического полисинтетического двойникования.

Таблица 1

№ п/п	№ образцов	Упорядочение		Триклинность	
		$-2V$	S_{mp}	$\angle Ng \perp (010)$	Δ_0
1	77	64°	0,50	4°	0,22
2	77 ¹	63°	0,47	3,5°	0,19
3	77 ²	66°	0,55	4°	0,22
4	652 ¹	81°	0,92	9°	0,50
5	621	78°	0,85	17°	0,94
6	660	72°	0,70	4°	0,22
7	169	72°	0,70	3,5°	0,19
8	96	78°	0,85	17,3°	0,96
9	82	70°	0,65	9°	0,50
10	678 ¹	72°	0,70	9,5°	0,53
11	624 ¹	78°	0,85	12,5°	0,69
12	627 ¹	81°	0,92	17°	0,94
13	51	81°	0,92	17°	0,94
14	58	80°	0,90	13,5°	0,74

вероятности, это обуславливается неравномерным развитием субмикроскопического полисинтетического двойникования.

На дифрактограммах (рис. 1) ⁽¹⁾ образцов, сведенных в табл. 1 и 2, в подавляющем большинстве случаев, пик (131) или расщеплен и образует отчетливо выраженный дублет пиков (131) ($\bar{1}\bar{3}\bar{1}$) (дифр. № 8—14), или же заметно расширен (дифр. № 4—7). Лишь только на одном участке массива—в окрестностях с. Чаловани (обр. № 77, 77¹ и 77²) получаются нерасщепленные узкие пики (131) (дифр. № 1—3).

Характер пиков (131) образцов с порядковым номером 4—7 (дифр. 4—7), указывает на то, что в данном случае степень рентгеновской триклинности $\approx 0,5$.

Рис. 1. Дифрактограммы калишпатов метасоматических гранитоидов Дзиркульского массива

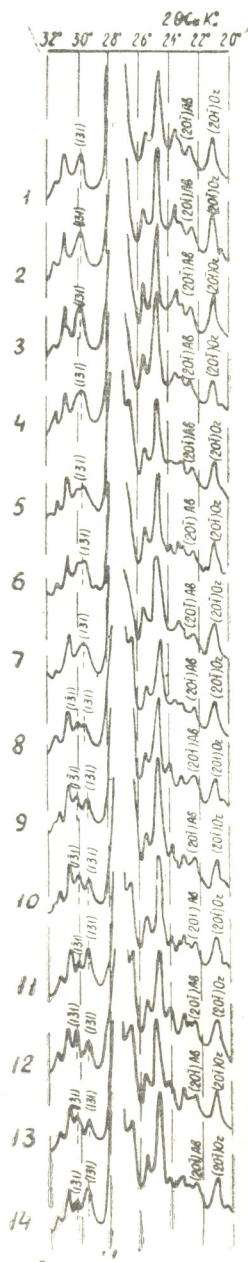


Таблица 2

№	№ образцов	Триклинность			Состав гомогенного твердого раствора		
		$\Delta d_{(131)(\bar{1}\bar{3}\bar{1})}$	ширина (131)	$\Delta\rho$	$d_{(201)or}$	KAlSi ₃ O ₈	NaAlSi ₃ O ₈
1	77	—	3,0 мм	<0,5	4,21	90	10
2	77 ¹	—	3,0 „	<0,5	4,21	90	10
3	70 ²	—	3,0 „	<0,5	4,23	100	0
4	652 ¹	—	5,0 „	$\approx 0,5$	4,23	100	0
5	621	—	5,5 „	$\approx 0,5$	4,22	95	5
6	660	—	5,7 „	$\approx 0,5$	4,22	95	5
7	169	—	5,8 „	$\approx 0,5$	4,22	95	5
8	96	0,0428	—	0,54	4,22	95	5
9	82	0,0545	—	0,68	4,22	95	5
10	678 ¹	0,0626	—	0,78	4,22	95	5
11	624 ¹	0,0645	—	0,81	4,21	90	10
12	627 ¹	0,0646	—	0,81	4,22	95	5
13	51	0,0665	—	0,83	4,22	95	5
14	58	0,0665	—	0,83	4,22	95	5

⁽¹⁾ Номера дифрактограмм соответствуют порядковым номерам образцов, сведенных в табл. 1 и 2.

Δ_p образцов с порядковым номером 8—14, вычисленная по формуле $\Delta_p = 12,5 [d_{(131)} - d_{(\bar{1}\bar{3}\bar{1})}]$ [5, 6], имеет значения от 0,54 до 0,83 (табл. 2).

Δ_p калишпатов метасоматических гранитоидов Дзирульского массива, в отличие от Δ_0 , как правило, находится в прямой зависимости с упорядочением. Это позволяет предположить отсутствие или очень слабое развитие субрентгеновского полисинтетического двойникования.

В химическом отношении изученные нами калишпаты являются существенно калиевыми, в которых альбитовая составляющая, включая пертитовые образования, варьирует от 12,17, до 26,89% (табл. 3). Определение состава гомогенного твердого раствора рентгеновским методом — по графику Боуэна и Туттла [7] показывает, что здесь содержание альбита в среднем составляет 5% и, как правило, не превышает 10 %.

Распределение альбитового компонента в равновесно сосуществующих полевых шпатах — в калишпате и плагиоклазе было использовано

Таблица 3

№ образцов	Or	Ab	An
51	85,46	12,46	2,08
58	84,14	13,84	2,02
77	83,09	14,90	2,01
82	85,46	12,46	2,08
96	77,20	20,67	2,13
169	85,80	12,17	2,03
627 ¹	71,15	26,89	1,96

для создания полевошпатового геологического термометра [8, 9]. В метасоматических гранитоидах предшествующей калиевому метасоматозу (калишпатизации) стадией является натриевый метасоматоз (альбитизация), достигающий своего максимума в завершающей стадии метасоматической гранитизации [2, 10]. С изученными калишпатами равновесно сосуществует плагиоклаз альбит-олигоклазового ряда. Наши данные позволяют

допустить, что завершающая стадия метасоматического процесса, т. е. формирование калишпата протекало в условиях температуры порядка 400—450°C.

Выводы

1. В палеозойских метасоматических гранитоидах Дзирульского массива устанавливается широкое развитие решетчатых микроклинов, наряду с которыми наблюдаются и нерешетчатые индивиды калишпата.

2. Среди нерешетчатых калишпатов, в соответствии с номенклатурой А. С. Марфунина [4], можно выделить следующие структурно-оптические типы: крипторешетчатые микроклины, переходные типы между промежуточным и низким триклинным ортоклазом и, наконец, пользующиеся ограниченным распространением промежуточные ортоклазы.

3. Доминирующее положение высокоупорядоченных структурных типов калишпатов, по-видимому, объясняется условиями медленной

кристаллизации при температуре порядка 400°C , соответствующей по-
 лю устойчивости упорядоченного калишпата.

4. В химическом отношении изученные нами кали-натровые поле-
 вые шпаты являются существенно калиевыми.

Академия наук Грузинской ССР

Геологический институт

(Поступило в редакцию 16.1.1968)

პატრონაჟია

რ. მახვილიძე

ძირულის კრისტალური მასივის პალეოზოოური მეტასომატური
 გრანიტოიდების კალიუმ-ნატრიუმისანი მინდვრის უპატები

რ ე ზ ი მ ე

ძირულის მასივის პალეოზოოური ასაკის მეტასომატურ გრანიტოიდებში
 ფართოდ გავრცელებულ მესრიან კალიშპატებთან ერთად, რომლებიც მაქსი-
 მალურ მიკროკლინებს წარმოადგენენ, ვხვდებით კალიშპატის უმესრო ინდი-
 ვიდებსაც.

უკანასკნელთა ოპტიკურმა და რენტგენულმა შესწავლამ დაგვანახა, რომ
 ისინიც ძირითადად მაღალი ხარისხის მოწესრიგებული სტრუქტურული ტიპე-
 ბითაა წარმოდგენილი. მათ შორის ა. მარ ფ უ ნ ი ნ ი ს ნომენკლატურ-
 რის მიხედვით, გამოიყოფა: კრიპტომესრიანი მიკროკლინები, შუალედური
 და დაბალ ტრიკლინურ ორთოკლასს შორის გარდამავალი ტიპები და ბოლოს,
 შუალედური ორთოკლასები.

გფიქრობთ, რომ ძირულის მასივის მეტასომატურ გრანიტოიდებში კალიშ-
 პატების მაღალი ხარისხით მოწესრიგებული სტრუქტურული ტიპების დომი-
 ნირებული გავრცელება გაპიროზებულია ნელი კრისტალიზაციის პირობებით,
 400°C რიგის ტემპერატურაზე, რაც შეესაბამება მოწესრიგებული კალიშპა-
 ტის მდგრადობის არეს.

ქიმიური თვალსაზრისით, შესწავლილი კალიშპატები არსებითად კალიუ-
 მიან მინდვრის უპატებს წარმოადგენენ. მათში ალბიტური შემადგენელი ნაწი-
 ლი პერტიტული ფაზის ჩათვლით 12,17-დან 26,89%-მდე მერყეობს; მყარ
 სხნარში კი ალბიტის შემცველობა 10%-ს არ აღემატება.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. М. Смирнов, Н. Ф. Татришвили, Т. Г. Казахашвили. Труды Грузин-
 ского отд. ВИМС, вып. 2, М., 1938.
2. Г. М. Заридзе. Петрография магматических и метаморфических пород Грузии.
 Госгеолтехиздат, М., 1961.
3. Г. М. Заридзе, Н. Ф. Татришвили. ДАН СССР, т. XXXV, № 2, 1952.
4. А. С. Марфунин. Труды ИГЕМ, вып. 78. Изд. АН СССР, М., 1962.



5. Ю. Р. Гольдсмит, Ф. Лавес. В сб.: «Полевые шпаты», ИЛ, М., 1956, 231—256.
6. Ю. Р. Гольдсмит, Ф. Лавес. В сб.: «Полевые шпаты», ИЛ, М., 1956, 204—229.
7. М. Л. Боуэн, О. Ф. Туттл. В сб.: «Полевые шпаты», ИЛ, М., 1952, 134—164.
8. T. F. W. Barth. N. J. Min. Abh. 1951, 82, Н. 1—2.
9. И. Д. Рябчиков. В сб.: «Минералогическая термометрия и барометрия», изд. «Наука», М., 1965.



РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Ш. И. ОНИАНИ

АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ВЛИЯНИЯ
 ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЗАКЛАДКИ НА ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ
 ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ С НАЧАЛЬНЫМ
 ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ТЕМПЕРАТУРЫ

(Представлено членом-корреспондентом Академии А. А. Дзидзигури 15.1.1968)

Отработка глубоких горизонтов Ткибули-Шаорского каменноугольного месторождения предусматривается полной гидравлической закладкой выработанного пространства. Поэтому представляет интерес определение влияния гидравлической закладки на температурное поле прилегающей среды.

Задача формулируется следующим образом. Дана неограниченная пластина (длина и ширина в несколько десятков раз превосходят толщину закладки) заложенного материала с равномерной начальной температурой t_0^3 . В начальный момент времени она помещается между массивами угля и породы, температура которых, начиная от поверхности обнажения, с увеличением координаты повышается экспоненциально и по величине на 10—25° выше t_0^3 . Тепловые свойства угля, закладки и породы существенно различны. Требуется найти распределение температуры в системе в любой момент времени τ .

Предполагается, что внутри пластины всегда имеется параллельная ограничивающим поверхностям плоскость, на которой тепловое влияние с обеих сторон одинаково. Если расположить начало координат на этой плоскости, то математическая запись поставленной задачи примет вид для системы тел уголь—слой закладки толщиной l_1 (см. рис. 1)

$$\frac{\partial t_3(x, \tau)}{\partial \tau} = a_3 \frac{\partial^2 t_3(x, \tau)}{\partial x^2} \quad (\tau > 0, 0 \leq x \leq l_1), \quad (1)$$

$$\frac{\partial t_y(x, \tau)}{\partial \tau} = a_y \frac{\partial^2 t_y(x, \tau)}{\partial x^2} \quad (\tau > 0, l_1 \leq x \leq \infty), \quad (2)$$

краевые условия

$$t_3(x, 0) = t_0^3; \quad t_y(x, 0) = t_0^y - \delta_1 e^{-\sigma_1(x-l_1)} - \Gamma_y(x-l_1); \quad (3)$$

$$\frac{\partial t_3(l_1, \tau)}{\partial x} = \frac{1}{K_{\lambda_1}} \frac{\partial t_y(l_1, \tau)}{\partial x} + \frac{\Gamma_y}{K_{\lambda_1}}; \quad (4)$$

$$t_3(l_1, \tau) = t_y(l_1, \tau); \quad (5)$$

$$\frac{\partial t_3(0, \tau)}{\partial x} = 0; \quad \frac{\partial t_y(\infty, \tau)}{\partial x} = -\Gamma_y; \quad (6)$$

для системы тел порода—слой закладки толщиной l_2

$$\frac{\partial t_3(-x, \tau)}{\partial \tau} = a_3 \frac{\partial^2 t_3(-x, \tau)}{\partial x^2} \quad (\tau > 0, 0 \leq |x| \leq l_2), \quad (7)$$

$$\frac{\partial t_n(-x, \tau)}{\partial \tau} = a_n \frac{\partial^2 t_n(-x, \tau)}{\partial x^2} \quad (\tau > 0, l_2 \leq |x| \leq \infty), \quad (8)$$

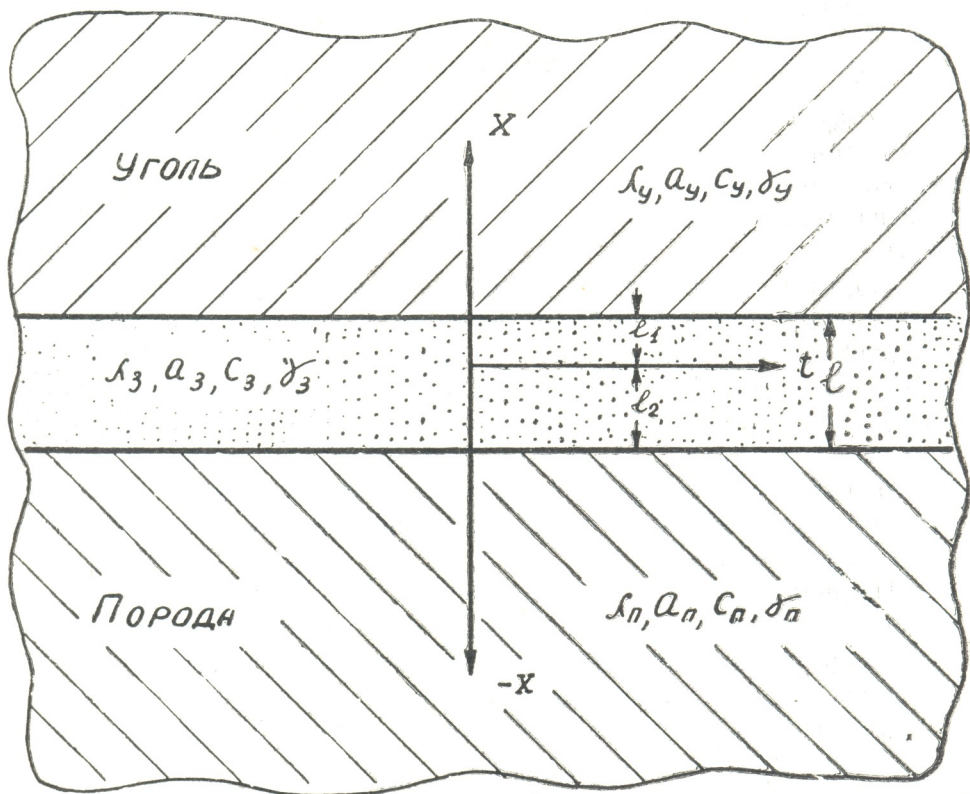


Рис. 1

краевые условия

$$t_3(-x, 0) = t_0^3; \quad t_n(-x, \tau) = t_0^n - \delta_2 e^{-\sigma_2(|x|-l_2)} + \Gamma_n(|x|-l_2); \quad (9)$$

$$\frac{\partial t_3(l_2, \tau)}{\partial x} = \frac{1}{K_{l_2}} \frac{\partial t_n(l_2, \tau)}{\partial x} - \frac{\Gamma_n}{K_{l_2}}; \quad (10)$$

$$t_3(l_2, \tau) = t_n(l_2, \tau); \quad (11)$$

$$\frac{\partial t_3(0, \tau)}{\partial x} = 0; \quad \frac{\partial t_n(\infty, \tau)}{\partial x} = \Gamma_n, \quad (12)$$

где

$K_{\lambda_3} = \frac{\lambda_3}{\lambda_y}$ и $K_{\lambda_2} = \frac{\lambda_3}{\lambda_n}$ — отношение теплопроводности закладки к теплопроводности угля и породы соответственно;

t_0^y и t_0^n — естественная, невозмущенная температура угля и породы соответственно на данной глубине, град;

$\delta_1, \delta_2, \sigma_1$ и σ_2 — некоторые эмпирические постоянные;

Γ_y и Γ_n — естественный градиент температуры для угля и породы соответственно.

Как известно, задачи теплопроводности наиболее легко решаются методом операционного исчисления [1, 2]. В данном случае применение метода преобразования Лапласа приводит к следующим решениям дифференциальных уравнений теплопроводности (1), (2), (7) и (8) с учетом соответствующих краевых условий:

для системы уголь — закладка

$$\begin{aligned}
 t_3(x, \tau) = & t_0^3 + \frac{t_0^y - t_0^3}{1 + K_1} \sum_{m=1}^{\infty} (-h_1)^{m-1} \left[\operatorname{erfc} \frac{(2m-1)l_1 - x}{2\sqrt{a_3\tau}} + \right. \\
 & \left. + \operatorname{erfc} \frac{(2m-1)l_1 + x}{2\sqrt{a_3\tau}} \right] - \frac{\delta_1 e^{a_y \sigma_1^2 \tau}}{1 + K_1} \cdot \sum_{m=1}^{\infty} (-h_1)^{m-1} \times \\
 & \times \left\{ e^{[(2m-1)l_1 - x] \sigma_1 \tau} \cdot \operatorname{erfc} \left[\frac{(2m-1)l_1 - x}{2\sqrt{a_3\tau}} + \sqrt{a_y \sigma_1^2 \tau} \right] + \right. \\
 & \left. + e^{[(2m-1)l_1 + x] \sigma_1 \tau} \cdot \operatorname{erfc} \left[\frac{(2m-1)l_1 + x}{2\sqrt{a_3\tau}} + \sqrt{a_y \sigma_1^2 \tau} \right] \right\}; \quad (13)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_y(x, \tau) = & t_0^y - \delta_1 e^{-\sigma_1(x-l_1) + a_y \sigma_1^2 \tau} - \Gamma_y(x-l_1) - (t_0^y - t_0^3) \frac{K}{1 + K_1} \times \\
 & \times \left[\operatorname{erfc} \frac{x-l_1}{2\sqrt{a_y\tau}} - (1+h_1) \sum_{m=1}^{\infty} (-h_1)^{m-1} \cdot \operatorname{erfc} \frac{x-l_1 + 2ml_1 \sigma_1}{2\sqrt{a_y\tau}} \right] + \\
 & + \frac{\delta_1 e^{a_y \sigma_1^2 \tau}}{2} \left[e^{\sigma_1(x-l_1)} \cdot \operatorname{erfc} \left(\frac{x-l_1}{2\sqrt{a_y\tau}} - \sqrt{a_y \sigma_1^2 \tau} \right) - h_1 e^{\sigma_1(x-l_1)} \times \right.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \times \operatorname{erfc} \left(\frac{x-l_1}{2\sqrt{a_y\tau}} + \sqrt{a_y\sigma_1^2\tau} \right) - \frac{4K_1}{(1+K_1)^2} \sum_{m=1}^{\infty} (-h_1)^{m-1} \times \\ & \times e^{(x-l_1+2ml_1)\sigma_1} \cdot \operatorname{erfc} \left(\frac{x-l_1+2ml_1}{2\sqrt{a_y\tau}} + \sqrt{a_y\sigma_1^2\tau} \right) \Big]; \quad (14) \end{aligned}$$

для системы порода—закладка

$$\begin{aligned} t_3(-x, \tau) = & t_0^3 + \frac{t_0^3 - t_0^3}{1+K_2} \sum_{m=1}^{\infty} (-h_2)^{m-1} \left[\operatorname{erfc} \frac{(2m-1)l_2 - |x|}{2\sqrt{a_3\tau}} + \right. \\ & \left. + \operatorname{erfc} \frac{(2m-1)l_2 + |x|}{2\sqrt{a_3\tau}} \right] - \frac{\delta_2 e^{a_n\sigma_2^2\tau}}{1+K_2} \cdot \sum_{m=1}^{\infty} (-h_2)^{m-1} \times \\ & \times \left\{ e^{[(2m-1)l_2 - |x|]\sigma_2} \cdot \operatorname{erfc} \left[\frac{(2m-1)l_2 - |x|}{2\sqrt{a_3\tau}} + \sqrt{a_n\sigma_2^2\tau} \right] + \right. \\ & \left. + e^{[(2m-1)l_2 + |x|]\sigma_2} \cdot \operatorname{erfc} \left[\frac{(2m-1)l_2 + |x|}{2\sqrt{a_3\tau}} + \sqrt{a_n\sigma_2^2\tau} \right] \right\}; \quad (15) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_n(-x, \tau) = & t_0^n - \delta_2 e^{-\sigma_2(|x|-l_2)+a_n\sigma_2^2\tau} + \Gamma_n(|x|-l_2) - (t_0^n - t_0^3) \frac{K_1}{1+K_1} \cdot \\ & \cdot \left[\operatorname{erfc} \frac{x-l_2}{2\sqrt{a_n\tau}} - (1+h_2) \sum_{m=1}^{\infty} (-h_2)^{m-1} \operatorname{erfc} \frac{|x|-l_2+2ml_2}{2\sqrt{a_n\tau}} \right] + \\ & + \frac{\delta_2 e^{a_n\sigma_2^2\tau}}{2} \left[e^{-\sigma_2(|x|-l_2)} \cdot \operatorname{erfc} \left(\frac{|x|-l_2}{2\sqrt{a_n\tau}} - \sqrt{a_n\sigma_2^2\tau} \right) - h_2 e^{\sigma_2(|x|-l_2)} \times \right. \\ & \times \operatorname{erfc} \left(\frac{|x|-l_2}{2\sqrt{a_n\tau}} + \sqrt{a_n\sigma_2^2\tau} \right) - \frac{4K_2}{(1+K_2)^2} \sum_{m=1}^{\infty} (-h_2)^{m-1} \cdot e^{(|x|-l_2+2ml_2)\sigma_2} \times \\ & \left. \times \operatorname{erfc} \left(\frac{|x|-l_2+2ml_2}{2\sqrt{a_n\tau}} + \sqrt{a_n\sigma_2^2\tau} \right) \right], \quad (16) \end{aligned}$$

где

a_y, a_n, a_3 —теплопроводность угля, породы и закладки соответственно;

$k_1 = k_{\lambda_1} \lambda_1$ —критерий, характеризующий тепловую активность закладки по отношению к угольному массиву;

$k_2 = k_{\lambda_2} \lambda_2$ —то же относительно породного массива;

$\lambda_1 = \sqrt{\frac{a_y}{a_3}}$, $\lambda_2 = \sqrt{\frac{a_n}{a_3}}$ —критерий, характеризующий тепловое инерционное свойство закладки относительно угля и породы соответственно;

$$h_1 = \frac{1-K_1}{1+K_1}; \quad h_2 = \frac{1-K_2}{1+K_2}.$$

Полученные решения удовлетворяют соответствующим дифференциальным уравнениям и краевым условиям, поэтому других, отличающихся от них решений, быть не может.

Для построения температурного поля рассматриваемой системы тел при помощи решений (13)–(16) необходимо предварительное определение толщины зон l_1 и l_2 .

Из условий (6) и (12) следует, что тепловой поток через нейтральную плоскость отсутствует и температура заложённого материала на границе раздела зон l_1 и l_2 в любой момент времени с обеих сторон одинакова, т. е. при $x \rightarrow 0$ решения (13) и (15) равны

$$t_3(+0, \tau) = t_3(-0, \tau). \quad (17)$$

Тогда совместное рассмотрение решений (13) и (15) с учетом (17) приводит к выражению

$$\frac{(t_0^n - t_0^*) \sum_{m=1}^{\infty} (-h_1)^{m-1} \operatorname{erfc} \frac{(2m-1)l_1}{2\sqrt{a_3\tau}} - \delta_1 e^{\alpha_y \sigma_1^2 \tau} \sum_{m=1}^{\infty} (-h_1)^{m-1} e^{(2m-1)l_1 \gamma_1 \tau}}{(t_0^n - t_0^*) \sum_{m=1}^{\infty} (-h_2)^{m-1} \operatorname{erfc} \frac{(2m-1)l_2}{2\sqrt{a_3\tau}} - \delta_2 e^{\alpha_n \sigma_2^2 \tau} \sum_{m=1}^{\infty} (-h_2)^{m-1} e^{(2m-1)l_2 \gamma_2 \tau}} = \frac{\operatorname{erfc} \left[\frac{(2m-1)l_1}{2\sqrt{a_3\tau}} + \sqrt{a_y \sigma_1^2 \tau} \right]}{\operatorname{erfc} \left[\frac{(2m-1)l_2}{2\sqrt{a_3\tau}} + \sqrt{a_n \sigma_2^2 \tau} \right]} = \frac{1+K_1}{1+K_2}, \quad (18)$$

которое совместно с равенством

$$l_1 + l_2 = l \quad (19)$$

служит для определения неизвестных l_1 и l_2 .

После определения зависимости $l_{1,2} = f(\tau)$ с помощью полученных решений (для любых значений τ) можно построить температурное поле рассматриваемой системы с любой заранее заданной точностью.

Академия наук Грузинской ССР

Институт горной механики,

разработки месторождений и физики

взрыва



შ. ონიანი

ტემპერატურის საწყისი ექსპონენციალური განაწილების მქონე
 ბარემოს ტემპერატურულ ველზე ჰიდრავლიკური მსების
 გავლენის ამოცანის ანალიზური გადაწყვეტა

რეზიუმე

განხილულია ქვანახშირისა და ქვიშაქვის მასივებს შორის მოთავსებული თანაბარი ტემპერატურული ველის მქონე და ჰიდრავლიკური ვსებით მიღებული შემოუსაზღვრელი ფინი ნახშირში და ქვაში, ვსებასთან შედარებით მაღალი ტემპერატურის საწყისი ექსპონენციალური განაწილების დროს.

სისტემაში შემავალი თითოეული სხეულისათვის მიღებულია ამონახსნი, რომელიც აკმაყოფილებს შესაბამის დიფერენციალურ განტოლებას და სასაზღვრო პირობებს. მათი ერთობლივი გამოყენება დროის ნებისმიერ მომენტში, სისტემის ტემპერატურული ველის აგების, ანუ გარემოს სითბურ მდგომარეობაზე ჰიდრავლიკური ვსების გავლენის რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ხასიათის დადგენის საშუალებას იძლევა.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. В. Лыков. Теория теплопроводности. Госиздат. М., 1952.
2. Г. Карслоу и Д. Егер. Теплопроводность твердых тел. «Наука», М., 1964.



Д. Ш. ЦАГАРЕЙШВИЛИ, Г. Г. ГВЕЛЕСИАНИ

О СОСТАВЛЕНИИ УРАВНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ИЗОБАРНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ РЕАКЦИЙ ОБРАЗОВАНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

(Представлено академиком Ф. Н. Тавадзе 28.7.1967)

Зависимость изобарного потенциала ΔZ_T реакции образования неорганических соединений от абсолютной температуры $T^\circ\text{K}$ обычно выражается степенным рядом [1, 2]

$$\Delta Z_T = \Delta H_0^\circ - \Delta aT \ln T - 0,5 \Delta bT^2 - 0,5 \Delta cT^{-1} + JT, \quad (1)$$

где

ΔH_0° и J —постоянные в рассматриваемом температурном интервале;
 Δa , Δb , Δc —коэффициенты уравнения температурной зависимости изменения теплоемкости при реакции образования соединения [1, 2]

$$\Delta C_p = \Delta a + \Delta bT + \Delta cT^{-2}. \quad (2)$$

Установлено [1], что все кривые, построенные на основании уравнения (1), мало отличаются от прямых линий. Поэтому рекомендуется [1, 2] при расчетах ΔZ_T пользоваться уравнениями более простого вида:

$$\Delta Z_T = A + BT \lg T + CT, \quad (3)$$

$$\Delta Z_T = A + CT, \quad (4)$$

где

A , B , C —коэффициенты, которые являются постоянными в заданном температурном интервале.

Путем совместного решения уравнений (1) и (3) для трех температур (300, 700 и 1200°K) О. Кубашевский и Э. Эванс [1] вывели формулы для расчета коэффициентов A , B и C по значениям постоянных ΔH_0° , J , Δa , Δb и Δc . Однако при их использовании выше 1200°K получаются экстраполированные значения ΔZ_T , в связи с чем возможно существенное отклонение от точной зависимости $\Delta Z_T = f(T)$. Кроме того, для нахождения коэффициентов A и C по О. Кубашевскому и Э. Эвансу необходимо предварительно определить значения постоянных ΔH_0° и J , т. е. составить пятичленное уравнение (1).

Учитывая сказанное, мы сочли целесообразным вывести трехчленное уравнение (3) с обязательным соблюдением условия получения интерпо-



ляционных величин ΔZ_T для рассматриваемого температурного интервала. В связи с этим следует решить систему уравнений

$$\left. \begin{aligned} \Delta Z_H &= A + BT_H \lg T_H + CT_H, & (5.1) \\ \Delta Z_{cp} &= A + BT_{cp} \lg T_{cp} + CT_{cp}, & (5.2) \\ \Delta Z_B &= A + BT_B \lg T_B + CT_B, & (5.3) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где

T_H —нижний, а T_B —верхний предел рассматриваемого температурного интервала;

T_{cp} —средняя температура, равная $0,5 (T_H + T_B)$.

В результате совместного решения уравнений (1) и (5) получается

$$B = -2,3 \Delta a - \Delta b T_H \psi_1 - \Delta c T_H^{-2} \psi_2, \quad (6)$$

где через ψ_1 и ψ_2 обозначены следующие температурные функции ($\gamma = T_B/T_H$):

$$\psi_1 = \frac{0,25 (\gamma - 1)^2}{\gamma \lg \gamma - (\gamma + 1) \lg [0,5 (\gamma + 1)]}, \quad (7)$$

$$\psi_2 = \frac{2 \psi_1}{\gamma (\gamma + 1)}. \quad (8)$$

Для значений γ в пределах 1—6,7 оказалось возможным значительно упростить сложные уравнения (7) и (8):

$$\psi_1 = 1,75 + 0,93 \gamma - 0,42 \gamma^{-1} \quad (\text{погрешность} < 1,7\%), \quad (9)$$

$$\psi_2 = 2,35 \gamma^{-1} - 0,048 \quad (\text{погрешность} < 0,4\%). \quad (10)$$

После подстановки функций ψ_1 и ψ_2 по уравнениям (9) и (10) в выражение (6) получена формула для расчета коэффициента B :

$$\begin{aligned} B = & -2,3 \Delta a - \Delta b T_H \left(1,75 + 0,93 \frac{T_B}{T_H} - 0,42 \frac{T_H}{T_B} \right) - \\ & - \frac{\Delta c}{T_H^2} \left(2,35 \frac{T_H}{T_B} - 0,048 \right). \end{aligned} \quad (11)$$

Совместным решением (5.1), (5.3) и известного уравнения Темкина—Шварцмана [3]

$$\Delta Z_T = \Delta H_{298} - T \Delta S_{298} - T (\Delta a M_0 + \Delta b M_1 + \Delta c M_{-2}) \quad (12)$$

выведено выражение для расчета коэффициента A :

$$\begin{aligned} A = & \frac{T_H \cdot T_B}{T_B - T_H} \left[\Delta a (M_0'' - M_0') + \Delta b (M_1'' - M_1') + \right. \\ & \left. + \Delta c (M_{-2}'' - M_{-2}') + B \lg \frac{T_B}{T_H} \right] + \Delta H_{298}, \end{aligned} \quad (13)$$

где M_0' , M_1' , M_{-2}' и M_0'' , M_1'' , M_{-2}'' —значения функций Темкина—Шварцмана [2, 3] при температурах T_H и T_B ; ΔH_{298} —теплота образования соединения при 298°К.

Комбинируя уравнениями (5.3) и (12) при температуре T_B , получаем формулу для расчета коэффициента C :

$$C = \frac{\Delta H_{298} - A}{T_B} - \Delta S_{298} - B \lg T_B - \Delta a M_0'' - \Delta b M_1'' - \Delta c M_{-2}'', \quad (14)$$

где ΔS_{298} — стандартное изменение энтропии при реакции образования соединения.

В тех случаях, когда $T_H = 298^\circ\text{K}$ (при этой температуре значения функций M_0 , M_1 и M_{-2} равны нулю), более удобно коэффициент C определять совместным решением уравнений (5.1) и (12):

$$C = \frac{\Delta H_{298} - A}{298} - \Delta S_{298} - 2,474 \cdot B. \quad (15)$$

Если в интервале температур $298 - T_B$ меняется агрегатное состояние веществ или их модификация, при определении ΔH_{298} и ΔS_{298} реакции выше точек фазовых превращений ($T_{\text{пр}}$) должны учитываться условные значения изменения энтальпии ($\Delta H_{298}^{\text{пр}}$) и энтропии ($\Delta S_{298}^{\text{пр}}$) веществ при переходе из одного состояния в другое.

Суммируя вышеизложенное, можно рекомендовать следующую схему последовательности расчетов для составления трехчленного уравнения $\Delta Z_T = f(T)$ реакции образования соединения G :

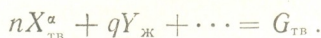


где

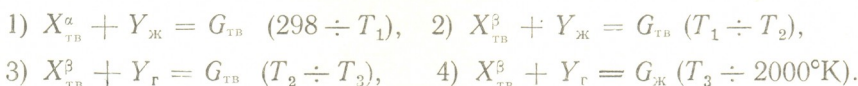
X, Y, \dots — исходные вещества (элементы или неорганические соединения);

n, q, \dots — число их атомов или молей.

Предположим, что при $T = 298^\circ\text{K}$ и давлении в одну атмосферу вещества находятся в состояниях



Если при этом принять, что в заданном температурном интервале ($298 \div 2000^\circ\text{K}$) при T_1, T_2 и T_3 наблюдаются фазовые переходы: а) $X_{\text{тв}}^\alpha \rightarrow X_{\text{тв}}^\beta$, б) $Y_{\text{ж}} \rightarrow Y_{\text{г}}$ и в) $G_{\text{тв}} \rightarrow G_{\text{ж}}$, то уравнения $\Delta Z_T = f(T)$ должны быть составлены для реакций



I. Подбираются из готовых таблиц [2, 3] значения функций M_0, M_1 и M_{-2} для температур T_1, T_2, T_3 и 2000°K .

II. Находятся уравнения $\Delta C_p^{\text{пр}} = f(T)$ для фазовых превращений а, б и в:

$$\Delta C_p^{\text{np}} = (C_p)_\text{п} - (C_p)_\text{и} = \Delta a_{\text{np}} + \Delta b_{\text{np}} T + \Delta c_{\text{np}} T^{-2},$$

где

$(C_p)_\text{и}$ — теплоемкость исходного вещества, а

$(C_p)_\text{п}$ — продукта превращения.

III. Рассчитываются условные значения изменения энтальпии в стандартных условиях при процессах а, б и в:

$$\begin{aligned} \Delta H_{298}^{\text{np}} = \Delta H_T^{\text{np}} - \Delta a_{\text{np}} (T_{\text{np}} - 298) - 0,5\Delta b (T_{\text{np}}^2 - 298^2) - \\ - \Delta c_{\text{np}} (298^{-1} - T_{\text{np}}^{-1}), \end{aligned} \quad (16)$$

где

ΔH_T^{np} — изменения энтальпии при этих процессах для $T = T_{\text{np}}$.

Уравнение (16) выведено на основании соотношения

$$d(\Delta H^{\text{np}}) / dT = \Delta C_p^{\text{np}} = \Delta a_{\text{np}} + \Delta b_{\text{np}} T + \Delta c_{\text{np}} T^{-2}.$$

IV. Вычисляются условные значения изменения энтропии в стандартных условиях при процессах а, б и в:

$$\Delta S_{298}^{\text{np}} = \frac{\Delta H_{298}^{\text{np}}}{T_{\text{np}}} - \Delta a_{\text{np}} M_0^{\text{np}} - \Delta b M_1^{\text{np}} - \Delta c_{\text{np}} M_{-2}^{\text{np}}, \quad (17)$$

где

M_0^{np} , M_1^{np} и M_{-2}^{np} — значения функций Темкина—Шварцмана при температурах T_{np} .

Формула (17) получена из уравнения (12) (при $T = T_{\text{np}}$ величина $\Delta Z_T^{\text{np}} = 0$).

V. Находятся значения ΔH_{298} реакций 1, 2, 3 и 4 с учетом $\Delta H_{298}^{\text{np}}$ процессов а, б и в:

$(\Delta H_{298})_1$ — стандартная теплота образования соединения G из исходных веществ;

$$(\Delta H_{298})_2 = (\Delta H_{298})_1 - n(\Delta H_{298}^{\text{np}})_a;$$

$$(\Delta H_{298})_3 = (\Delta H_{298})_2 - q(\Delta H_{298}^{\text{np}})_б;$$

$$(\Delta H_{298})_4 = (\Delta H_{298})_3 + (\Delta H_{298}^{\text{np}})_в.$$

VI. Определяются значения ΔS_{298} реакций 1, 2, 3 и 4 с учетом $\Delta S_{298}^{\text{np}}$ процессов а, б и в:

$$(\Delta S_{298})_1 = S_{298}(G_{\text{тв}}) - nS_{298}(X_{\text{тв}}^z) - qS_{298}(Y_{\text{ж}});$$

$$(\Delta S_{298})_2 = (\Delta S_{298})_1 - n(\Delta S_{298}^{\text{np}})_a;$$

$$(\Delta S_{298})_3 = (\Delta S_{298})_2 - q(\Delta S_{298}^{\text{np}})_б;$$

$$(\Delta S_{298})_4 = (\Delta S_{298})_3 + (\Delta S_{298}^{\text{np}})_в.$$

VII. Находятся уравнения изменения теплоемкости при реакциях 1, 2, 3 и 4:

$$\Delta C_p = (C_p)_п - \sum (C_p)_и = \Delta a + \Delta bT + \Delta cT^{-2},$$

где

$(C_p)_п$ —теплоемкость продукта реакции;
 $\sum (C_p)_и$ —сумма теплоемкостей исходных веществ.

VIII. Рассчитываются значения коэффициентов B для реакций 1, 2, 3 и 4 по формуле (11) или по уравнению (6), если $T_B/T_H > 6,7$. При $T_B/T_H < 1,2$ принимается $B=0$ и зависимость $\Delta Z_T = f(T)$ принимает вид двухчленного уравнения (4).

IX. Вычисляются значения коэффициентов A для реакций 1, 2, 3 и 4 по формуле (13).

X. Определяются значения коэффициентов C для реакций 1, 2, 3 и 4 по уравнению (14) или по соотношению (15), если $T_H = 298$ К.

Для оценки погрешности уравнения (3) рассчитывались при различных температурах величины изобарного потенциала реакций образования некоторых неорганических соединений (ZrO_2 , TiC , VN , MgO , MgF_2 , $CrCl_3$, CuS , CO_2 , Cu_2Mg , $MgAl_2O_4$, H_2O , $MnSiO_3$, Al_2O_3) и определялись разности

$$\Delta = \Delta Z_T^n - \Delta Z_T \quad \text{и} \quad \Delta_k = \Delta Z_T^n - \Delta Z_T^k,$$

где ΔZ_T —значение изобарного потенциала, рассчитанное из трехчленного уравнения, составленного по предложенному нами методу; ΔZ_T^k —по формулам Кубашевского и Эванса; ΔZ_T^n —вычисленное по пятичленному уравнению (I).

Оказалось, что для всех рассмотренных реакций $\Delta < \Delta_k$. Приблизительно одинаковые значения Δ и Δ_k наблюдаются ниже 1200°K . Как и следовало ожидать, при $T > 1200^\circ\text{K}$ величины ΔZ_T^n заметно (например, около 600 кал для реакции образования Al_2O_3) отличаются от ΔZ_T^k . Максимальное отклонение значений ΔZ_T от ΔZ_T^n не превышает 60 кал.

Таким образом, замена пятичленного уравнения $\Delta Z_T = f(T)$ трехчленным, коэффициенты которого рассчитаны по предложенному нами методу, приводит к погрешности $< 0,1$ ккал, т. е. практически не влияет на точность расчета изобарного потенциала.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт металлургии
 Тбилиси

(Поступило в редакцию 28.7.1967)



დ. ცაგარეიშვილი, გ. გველესანი

არაორგანული ნაერთების წარმოქმნის რეაქციების იზობარული
 პოტენციალების თერმოდინამიკური და მოკიდებულების
 განტოლებათა უდგენისათვის

რ ე ზ ი მ ი

მიღებულია ფორმულები (11), (13), (14) და (15), რომელთა საშუალებით შეიძლება განტოლება (3)-ის A, B და C კოეფიციენტების ანგარიში. დადგენილია, რომ განტოლება (1)-ის შეცვლა უფრო მარტივი განტოლება (3)-ით, იზობარული პოტენციალის სიდიდეში იწვევს ცდომილებას არაუმეტეს $\pm 0,1$ კკალ.

დაამუშავებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. O. Kubaschewski, E. Evans. Metallurgical thermochemistry. Pergamon press, London, 1958.
2. А. Н. Крестовников, Л. П. Владимиров, Б. С. Гуляницкий, А. Я. Фишер. Справочник по расчетам равновесий металлургических реакций. М., 1963.
3. М. И. Темкин, Л. А. Шварцман. Успехи химии, 17, 259, 1948.



А. С. ВАШАКИДЗЕ, Д. А. ШАРАШЕНИДЗЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИЙ ПРИ ПРОКАТКЕ В КАЛИБРАХ

(Представлено академиком Ф. Н. Тавадзе 4.8.1967)

В работах [1, 2] выведены формулы для определения удельных и полных давлений при прокатке в ящичных калибрах путем использования закона сохранения энергии [3].

При этом в работе [1] было допущено, что по всей поверхности соприкосновения металла с калибром (т. е. на дне и боковых стенках калибра) имеет место закон сухого трения Амонтона—Кулона. Однако прокатка в ящичных калибрах характеризуется тем, что отношение

$$\frac{l}{h_{cp}} < 2.$$

Когда полоса прокатывается в гладких валках при вышеуказанных отношениях длины очага деформации (l) к средней ее высоте (h_{cp}), на поверхностях соприкосновения металла с валками имеется полное прилипание [4]. В работе [2] аналогичное суждение распространяется также на случай прокатки в ящичных калибрах. Следовательно, при выводе формул удельных давлений в работе [2] закон изменения сил трения по всей длине дуги захвата принят прямолинейным.

Проведенные нами опыты по исследованию деформации на контактных поверхностях ящичного калибра с применением метода координатной сетки показали, что на дне калибра зона прилипания металла к валкам составляет $(0,6-0,8)l$, а на боковых поверхностях происходит скольжение. Поэтому можно принять, что силы трения на дне калибра изменяются по прямолинейному закону, а на боковых стенках калибра—по закону сухого трения Амонтона—Кулона. Тогда, если поместить оси координат на входе металла в очаг деформации (рис. 1), силы трения в зоне отставания будут выражаться следующими формулами:

на гладкой части калибра

$$\tau_x = \frac{k}{2} \left[1 - (1 + \xi) \frac{x}{l} \right],$$

на боковых стенках калибра

$$\tau_x = f p_x,$$

$$\xi = \frac{l - l_n}{l_n}.$$

где

Приняв указанные законы трения по длине очага деформации, напишем интегральное уравнение баланса энергии, затраченной при деформации выделенного элемента для зоны отставания:

$$p_{x \text{ от.}} \Delta h_x \cdot \Delta x \cdot b_c = k \Delta h_x \cdot \Delta x b_c + k \frac{\Delta h_x \cdot \Delta x \cdot b_c}{h_x} \int_0^x \left[1 - (1 + \xi) \frac{x}{l} \right] dx -$$

$$\begin{aligned}
 & - 2 \frac{\Delta h_x \cdot \Delta x \cdot b_c}{h_x} \int_0^x p_x \operatorname{tg} \varphi_x dx + 2f \frac{\Delta h_x \cdot \Delta x h_3 \cdot m}{h_x} \int_0^x p_x dx - \quad (1) \\
 & - 2 \frac{\Delta h_x \cdot \Delta x \cdot h_3 \cdot m}{h_x} \int_0^x p_x \sin \delta_1 \cdot \sin \varphi_x dx.
 \end{aligned}$$

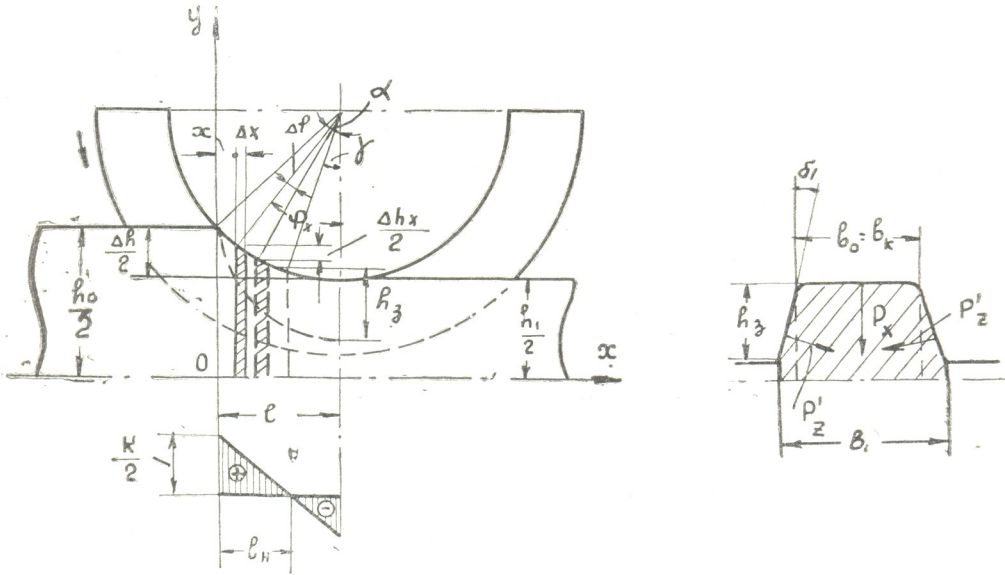


Рис. 1. Схема к составлению уравнения баланса энергии для зоны отставания

В результате преобразования уравнения (1), дифференцирования по x и интегрирования с учетом граничного условия $p_x|_{x=0} = k$ получаем

$$\begin{aligned}
 \frac{p_{x \cdot \text{от}}}{k} &= \left\{ 1 + \left[1 - \left(\frac{h_x}{h_0} \right)^{\delta_{\text{от}}} \right] \left[\frac{1}{\alpha \delta_{\text{от}}} \left(1 - \frac{1 + \xi}{\alpha l} h_0 \right) \right] \right\} \left(\frac{h_0}{h_x} \right)^{\delta_{\text{от}}} - \\
 &- \frac{1 + \xi}{(1 + \delta_{\text{от}}) \alpha^2 l} \left[h_x - \left(\frac{h_0}{h_x} \right)^{\delta_{\text{от}}} h_0 \right] + \frac{1}{\delta_{\text{от}}} \left[1 - \left(\frac{h_0}{h_x} \right)^{\delta_{\text{от}}} \right], \quad (2) \\
 \delta_{\text{от}} &= \frac{h_3 \cdot m}{b_c} \left(\frac{2f}{\alpha} - \sin \delta_1 \right),
 \end{aligned}$$

где

ξ —коэффициент, определяющий нейтральное сечение [2];

k —вынужденный предел текучести при простом сжатии или растяжении с учетом влияния температуры и скорости деформации;

h_3 —высота заполнения калибра [1];

m —коэффициент, определяющий отношение бокового удельного давления к вертикальному давлению [1];

b_c —средняя ширина заготовки;

f —коэффициент трения.

Поместив оси координат на выходе из очага деформации, напишем формулы сил трения для зоны опережения:

на гладкой части калибра

$$\tau_x = \frac{k}{2} \left[\xi - (1 + \xi) \frac{x}{l} \right],$$

на боковых стенках калибра

$$\tau_x = fP_x,$$

где

$$\xi = \frac{l_H}{l - l_H}.$$

Составим интегральное уравнение баланса энергии для зоны опережения:

$$\begin{aligned} p_{x \cdot \text{он}} \cdot \Delta x \cdot \Delta h_x \cdot b_c = k \Delta h_x \cdot \Delta x \cdot b_c + k \frac{\Delta h_x \cdot \Delta x \cdot b_c}{h_x} \int_0^x \left[\xi - (1 + \xi) \frac{x}{l} \right] dx + \\ + 2 \frac{\Delta h_x \cdot \Delta x \cdot b_c}{h_x} \int_0^x p_x \cdot \text{tg} \varphi_x \cdot dx + 4f \frac{\Delta h_x \Delta x h_3 \cdot m}{h_x} \int_0^x p_x dx + \\ + 4 \frac{\Delta h_x \cdot \Delta x \cdot h_3 \cdot m}{h_x} \int_0^x p_x \sin \delta_1 \sin \varphi_x dx. \end{aligned} \quad (3)$$

Решая уравнение (3), получаем

$$\begin{aligned} \frac{p_{x \cdot \text{он}}}{k} = \left\{ 1 + \left[1 - \left(\frac{h_1}{h_x} \right)^{\delta_{\text{он}}} \right] \left[\frac{1}{\alpha \cdot \delta_{\text{он}}} \left(\xi + \frac{1 + \xi}{\alpha l} \right) \right] \right\} \left(\frac{h_x}{h_1} \right)^{\delta_{\text{он}}} - \\ - \frac{1 + \xi}{(1 - \delta_{\text{он}}) \alpha^2 l} \left[h_x - \left(\frac{h_x}{h_1} \right)^{\delta_{\text{он}}} h_1 \right] - \frac{1}{\delta_{\text{он}}} \left[1 - \left(\frac{h_x}{h_1} \right)^{\delta_{\text{он}}} \right], \end{aligned} \quad (4)$$

где

$$\delta_{\text{он}} = \frac{2 h_3 \cdot m}{b_c} \left(\frac{2f}{\alpha} + \sin \delta_1 \right).$$

Если принять в выражениях (2) и (4) $m=0$ и $b_c=1$, то получатся формулы удельных давлений для случая прокатки в гладких валках [2].

Общее давление металла на валки можно определить исходя из выражений (2) и (4) по следующей формуле:

$$P = b_c \frac{1}{\alpha} \left\{ \int_{h_H}^{h_0} p_{x \cdot \text{от}} \cdot dh_x + \int_{h_1}^{h_H} p_{x \cdot \text{он}} dh_x \right\}. \quad (5)$$

Из уравнения (5) нетрудно получить формулу среднего удельного давления:

$$\begin{aligned} \frac{p_{\text{ср}}}{k} = & 1 + \left[\delta_{\text{от}} - 1 + \frac{1}{\alpha} \left(1 - \frac{1 + \xi}{\Delta h} h_0 \right) \right] \left[\frac{(h_0^{1-\delta_{\text{от}}} - h_{\text{H}}^{1-\delta_{\text{от}}}) h_0^{\delta_{\text{от}}} - h_0 - h_{\text{H}}}{(1 - \delta_{\text{от}}) \Delta h} - \frac{h_0 - h_{\text{H}}}{\Delta h} \right] \frac{1}{\delta_{\text{от}}} - \\ & - \frac{1 + \xi}{\alpha \Delta h^2 (1 + \delta_{\text{он}})} \left[\frac{h_0^2 - h_{\text{H}}^2}{2} - \frac{(h_0^{1-\delta_{\text{от}}} - h_{\text{H}}^{1-\delta_{\text{от}}}) h_0^{1+\delta_{\text{от}}}}{1 - \delta_{\text{от}}} \right] + \\ & + \left[\delta_{\text{он}} + 1 + \frac{1}{\alpha} \left(\xi + \frac{1 + \xi}{\Delta h} h_1 \right) \right] \left[\frac{h_{\text{H}}^{1+\delta_{\text{он}}} - h_1^{1+\delta_{\text{он}}}}{\Delta h \cdot h_1^{\delta_{\text{он}}} (1 + \delta_{\text{он}})} - \frac{h_{\text{H}} - h_1}{\Delta h} \right] \frac{1}{\delta_{\text{он}}} - \\ & - \frac{1 + \xi}{\alpha \cdot \Delta h^2 (1 - \delta_{\text{он}})} \left[\frac{h_{\text{H}}^2 - h_1^2}{2} - \frac{(h_{\text{H}}^{1+\delta_{\text{он}}} - h_1^{1+\delta_{\text{он}}}) h_1}{(1 + \delta_{\text{он}}) h_1^{\delta_{\text{он}}}} \right] \quad (6) \end{aligned}$$

или

$$\begin{aligned} \frac{p_{\text{ср}}}{k} = & 1 + \frac{1 + \xi}{\alpha \varepsilon} \left\{ \left[\frac{\alpha (\delta_{\text{от}} - 1) + 1}{1 + \xi} - \frac{1}{\varepsilon} \right] \left[\frac{1 - \sqrt{(1 - \varepsilon)}^{1-\delta_{\text{от}}}}{1 - \delta_{\text{от}}} - \right. \right. \\ & \left. \left. - (1 - \sqrt{1 - \varepsilon}) \right] \frac{1}{\delta_{\text{от}}} - \left[\frac{\alpha (\delta_{\text{он}} + 1) - 1}{1 + \xi} + \frac{1}{\varepsilon} \right] \times \right. \quad (7) \\ & \left. \times \left[\frac{1 - \sqrt{(1 - \varepsilon)}^{1-\delta_{\text{он}}} - \varepsilon}{1 + \delta_{\text{он}}} - (1 - \sqrt{1 - \varepsilon}) + \varepsilon \right] \frac{1}{\delta_{\text{он}}} - \right. \\ & \left. - \frac{1}{1 + \delta_{\text{от}}} \left[\frac{1}{2} - \frac{1 - \sqrt{(1 - \varepsilon)}^{1-\delta_{\text{от}}}}{\varepsilon (1 - \delta_{\text{от}})} \right] - \frac{1 - \varepsilon}{1 - \delta_{\text{он}}} \left[\frac{1}{2} + \frac{1 - \sqrt{(1 - \varepsilon)}^{1-\delta_{\text{он}}} - \varepsilon}{\varepsilon (1 + \delta_{\text{он}})} \right] \right\}. \end{aligned}$$

В данной работе экспериментально исследовано давление металла на валки в системах овал—квадрат, шестиугольник—квадрат, ромб—квадрат и овал—круг (см. таблицу).

Опыты проводились на лабораторном стане дуо „200“, валки которого приводятся в действие от электродвигателя мощностью 33 квт с числом оборотов 19,7 об/мин. Давление металла на валки стана „200“ измерялось при помощи двух месдоз с проволочными датчиками сопротивления. Показание датчиков после прохождения усилителя фиксировалось на восьмишлейфовом магнитоэлектрическом осциллографе МПО-2.

Вытяжные калибры стана „200“ (рис. 2) запроектированы таким образом, что при зазоре между валками $S = 2$ мм площади калибров равны между собой.

Опыты проводились на свинцовых образцах сечением 33×33 и диаметром 35,5 мм, длиной 200 мм.

Контактную площадь определяли по формулам работы [5].

На основании опытных данных можно отметить, что при прокатке по системе овал—квадрат среднее удельное давление и общее давление металла на валки получаются гораздо больше, чем по системе шестиугольник—

квадрат. Опыты показали также, что при прокатке по системе ромб—квадрат получаются геометрически точные квадраты с правильно выполненными углами.

Режим прокатки и средние удельные давления для вытяжных калибров

Наименование системы	Высота после прокатки h , мм	Ширина после прокатки b , мм	Заполнение δ_3	Вытяжка λ	Абсолютное обжатие Δh , мм	Среднее обжатие $\Delta h_{\text{ср}}$, мм	Относительное обжатие ϵ	Контактная площадь F , мм ²	Общее давление P , кн	Среднее удельное давление $P_{\text{ср}}$, Мн/м ²
Квадрат—овал	19,8	42,0	0,84	1,67	13,2	17,5	0,530	1405	38,504	27,40
	21,8	40,2	0,77	1,52	11,2	15,2	0,460	1262	32,962	26,12
	24,4	38,0	0,70	1,35	8,6	11,9	0,361	1072	23,053	21,50
	26,4	37,0	0,66	1,28	6,6	10,0	0,303	928	18,296	19,71
Овал—квадрат	27,7	25,5	0,83	1,32	14,3	13,6	0,415	801	20,110	25,11
	27,7	28,0	0,95	1,42	12,5	14,8	0,452	881	24,623	27,95
	27,7	31,5	1,02	1,58	10,3	16,7	0,510	938	29,921	31,90
	17,2	40,6	0,82	1,71	15,8	17,3	0,525	1406	30,509	21,70
Квадрат—шестиугольник	19,4	39,7	0,76	1,48	13,6	14,5	0,440	1290	25,506	19,77
	22,0	38,0	0,70	1,31	11,0	11,2	0,340	1160	20,601	17,76
	24,0	36,9	0,65	1,20	9,0	10,6	0,321	1010	16,628	16,46
	27,7	23,0	0,75	1,34	12,9	16,6	0,450	831	19,620	23,61
Шестиугольник—квадрат	27,7	26,5	0,86	1,50	12,0	19,3	0,511	974	23,985	24,63
	27,7	31,5	1,02	1,63	10,3	21,6	0,575	1126	29,479	26,18
	24,2	40,4	0,92	1,74	22,5	10,7	0,459	1475	26,487	17,96
Ромб—квадрат	27,7	30,0	0,97	1,25	21,7	9,2	0,356	870	22,171	25,48
Круг—овал	19,8	42,0	0,85	1,47	15,1	11,9	0,424	1290	31,392	24,33
Овал—круг	24,1	25,0	1,04	1,39	18,1	14,0	0,332	754	19,865	24,35

При этом надо отметить, что при получении малого промежуточного квадрата из исходного большого квадрата по системе ромб—квадрат сред-

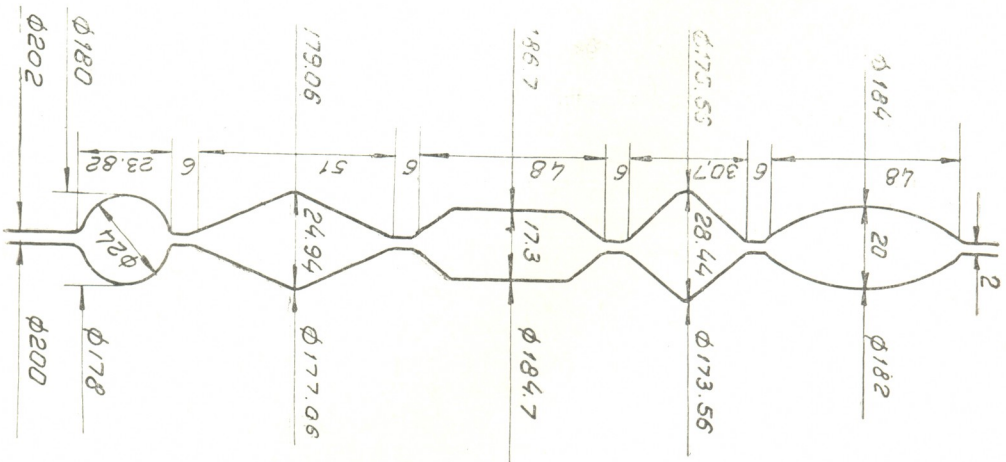


Рис. 2. Форма и размеры опытных вытяжных калибров

нее удельное давление и общее давление металла на валки получаются меньше, чем по системе овал—квадрат.

При прокатке по системе овал—круг, ввиду отсутствия острых граней, формоизменение полосы уменьшается, следовательно, по сравнению с другими системами, давление металла на валки (и, очевидно, расход энергии) получается меньше.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт металлургии
 Тбилиси

(Поступило в редакцию 4.8.1967)

მეტალურგია

ბ. ნაზაქიძე, ჯ. შარაშენიძე

ძალევის გამოკვლევა კალიბრებში გლინვისას

რ ე ზ ი უ მ ე

ჩატარებულია ძალების თეორიული გამოკვლევა ყუთოვან კალიბრებში გლინვისას. მუშაობის ინტეგრალური განტოლებების შედგენისას მიღებულია, რომ კალიბრის ფსკერზე ადგილი აქვს გასაგლინი ლითონის მიკვრას გლინებზე, ხოლო კალიბრის გვერდით ზედაპირებზე — ლითონის სრიალს. საშუალო ხვედრითი წნევის გამოყვანილი საანგარიშო ფორმულა კარგ შედეგს იძლევა პრაქტიკულ მონაცემებთან შედარებისას. ამასთან. წერილში მოცემულია ძალების ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები გამოშვებულ კალიბრში გლინვისას. დადგენილია სისტემა ექსპონენციალური კვადრატის უპირატესობა ოვალ—კვადრატთან შედარებით.

დადოვებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. М. Клименко. В кн.: «Теория прокатки», Металлургиздат, 1962.
2. А. С. Вашакидзе, Д. А. Шарашенидзе. Сообщ. АН ГССР, XL, № 1, 1965.
3. И. Я. Тарновский, А. А. Поздеев, Н. Н. Красовский. В сб.: «Обработка металлов давлением», Металлургиздат, 1954.
4. А. С. Вашакидзе. Сообщения АН ГССР, XXXV, № 2, 1964.
5. В. Г. Дрозд. В кн.: «Теория прокатки», Металлургиздат, 1962.



ЭНЕРГЕТИКА

Л. И. МАХАРАДЗЕ, Г. И. КИРМЕЛАШВИЛИ, М. Н. ГЕЛЕНИДЗЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ РАЗГОНА ПУЛЬПЫ
В ТРУБОПРОВОДЕ ЗЕМЛЕСОСНОЙ УСТАНОВКИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии А. А. Дзидзигури 4.1.1968)

При определении времени разгона пульпы в нагнетательном трубопроводе выделяются два случая: 1) масса воды или пульпы в трубопроводе равна нулю; 2) трубопровод заполнен водой или пульпой.

Мы рассматриваем второй случай, когда трубопровод заполнен водой или пульпой и на нагнетающей стороне отсутствует обратный клапан. Вывод дифференциального уравнения переходного режима работы землесосной установки с открытой задвижкой и без обратного клапана на нагнетающем трубопроводе возможен при следующих допущениях:

1. Мгновенная работа землесоса для любой данной группы рабочих условий (напор, производительность, число оборотов, мощность) при неустановившемся режиме тождественна его работе при установившемся режиме в тех же рабочих условиях.

2. Трубопровод рассматривается жестким.

3. Движение воды в нагнетательном трубопроводе начинается в тот момент, когда число оборотов землесоса достигает нормального значения.

На рис. 1 даются рабочие характеристики насоса 2,5 НФ при установившихся и неустановившихся режимах работы ($\gamma_n = 1,1 \text{ н/м}^3$).

Полная рабочая характеристика 1 построена опытным путем, мгновенные характеристики 2, 3, 4 — осциллографированием; производительность записывали мембранным тензорасходомером, давление — стаканобразным тензодатчиком, число оборотов — фотоспротивлением, мощность — при помощи шунта, время — отсчетчиком времени. Так как в практике чет безынерционных надежных самопишущих консистомеров, удельный вес пульпы определяли при установившемся режиме и допускали, что он при неустановившемся режиме не изменяется.

Из рис. 1 видно, что рабочая характеристика 1, полученная нами опытным путем, является практической прямой линией до кавитационной зоны, а с появлением кавитации резко падает. В период разгона мгновенные режимы работы землесоса будут располагаться на некоторой проме-

Напор землесосной установки (отрезок $K'K''$) определяется из уравнения характеристики трубопровода

$$H_{(y)_k} = (H_{\Gamma} + R Q_k^2) \cdot \gamma_n / \gamma_B, \quad (3)$$

где

H_{Γ} — геодезическая высота подачи, м;

R — сопротивление трубопровода, сек²/м⁵.

Полный напор, развиваемый землесосной установкой, будет

$$H = \gamma_n / \gamma_B (H_{\Gamma} + R Q_k^2) + \frac{L}{g} \frac{1}{F} \frac{dQ_k}{dt_k}. \quad (4)$$

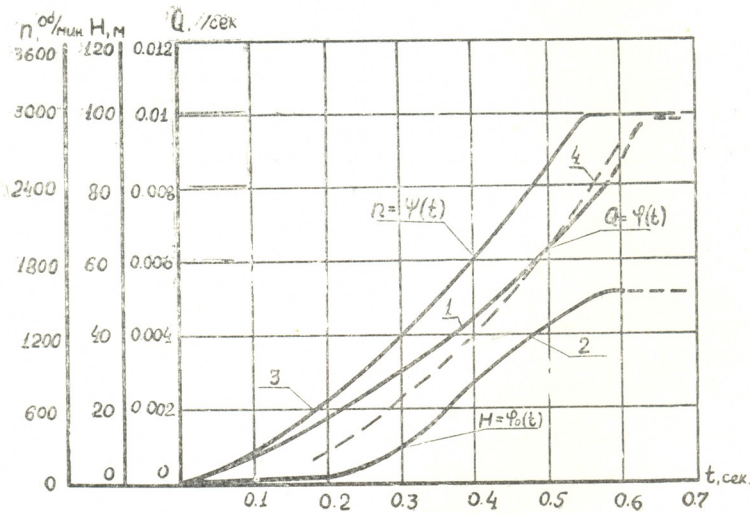


Рис. 2. 1, 2, 3—Кривые $Q=\varphi(t)$, $H=\varphi_0(t)$ и $n=\psi(t)$, построенные опытным путем при помощи осциллографирования; 4—кривая $Q=\varphi(t)$, построенная теоретическим расчетом

Рассматривая совместно уравнения (2), (3), (4) и (5), получаем выражение

$$\frac{dQ_k}{dt_k} = \gamma_n / \gamma_B \frac{gF}{L} (H_0 - H_{\Gamma} - bQ_k - RQ_k^2), \quad (5)$$

интегрирование которого дает

$$t_k = \frac{\ln \left| \frac{(2 Q_k C + B + \sqrt{B^2 + 4 AC}) (B - \sqrt{B^2 + 4 AC})}{(2 Q_k C + B - \sqrt{B^2 + 4 AC}) (B + \sqrt{B^2 + 4 AC})} \right|}{\gamma_n / \gamma_B \sqrt{B^2 + 4 AC}}, \quad (6)$$

где

$$A = KH_0 - KH_T > 0;$$

$$B = bK > 0;$$

$$C = RK > 0;$$

$$K = \frac{gF}{L} = \text{const.}$$

На рис. 2 даются кривые $Q = \varphi(t)$, $H = \varphi_0(t)$, $n = \psi(t)$, построенные опытным путем с помощью осциллографирования. Кривая 4 построена теоретическим путем по формуле (6).

Выводы

1. Время разгона пульпы в трубопроводе землесосной установки можно определить по формуле (6).

2. Формулой (6) можно пользоваться в тех случаях, когда пульпоподающий насос имеет пологую характеристику и в нагнетательном трубопроводе отсутствует обратный клапан.

3. Расхождение, полученное сравнением теоретического расчета с экспериментальными данными, незначительное и для практики приемлемо.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт горной механики,
 разработки месторождений
 и физики взрыва
 Тбилиси

(Поступило в редакцию 4.1.1968)

ინერგობიკა

ლ. მახარაძე, ვ. ყირმელაშვილი, ნ. ბელენიძე

მიწასაწოვი დანადგარის მილსადენში პულპის მოძრაობის საწყისი
 ბარდამავალი პროცესის ხანგრძლივობის განსაზღვრა

რ ე ზ ი მ ე

შესწავლილია მიწასაწოვი დანადგარის მუშაობის გარდამავალი რეჟიმი. კერძოდ, მისი ამუშავების დასაწყისი. მიღებულია დაახლოებით სწორი ხაზის ფორმის მახასიათებლის მქონე მიწასაწოვისათვის მისი ამუშავების დროს დაწინებს მილსადენში პულპის მოძრაობის დაწყების საანგარიშო ფორმულა (6).

მოცემულია ინსტიტუტის სპეციალურად შექმნილ მიწასაწოვ დანადგარზე ჩატარებული ექსპერიმენტული მუშაობის შედეგები, სადაც ხდებოდა მიწასაწოვის ამუშავების პროცესის ოსცილოგრაფირება. იწერებოდა მწარმოებლობა, წნევა, ბრუნთა რიცხვი, დენის ძალა, ამუშავების დრო. თეორიული გათვლებით და ექსპერიმენტებით მიღებული შედეგები ერთმანეთს დამაკმაყოფილებლად ემთხვევა.

Г. А. ГАЧЕЧИЛАДЗЕ, О. Г. ЗАЛИКАШВИЛИ

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ДОННОЙ ВОДОПРИЕМНОЙ ГАЛЕРЕИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии П. Г. Шенгелиа 26.1.1968)

Во время проектирования горных водозаборов одним из наиболее важных вопросов с точки зрения рациональной компоновки водозаборного узла является расчет основных элементов донной водоприемной галереи, ширины b_2 и высоты h_2 у выхода галереи. Обычно принимают $b_2 \geq l_p$, где l_p —длина решетки по направлению потока, а h_2 определяется расчетом (фиг. 1, б).

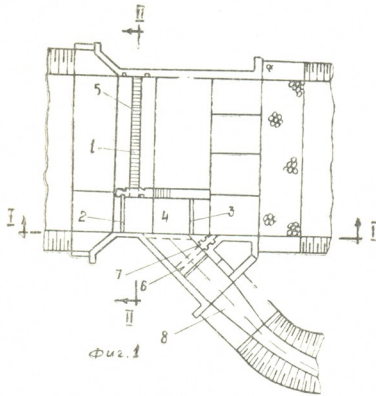
За расчетную скорость v в выходном сечении донной галереи принимается такая величина, которая обеспечивает вынос из донной галереи наносов, прошедших через донную решетку, т. е. скорость, которая обеспечивает необходимую транспортирующую способность потока в галерее. По характеру движения потока в галерее наблюдаются два основных режима—напорный и безнапорный.

Для равномерного распределения расхода воды по длине галереи и улучшения транспортирующей способности потока за расчетный режим галереи принимается безнапорный, т. е. когда галерея не затоплена и обеспечивается ее незаносимость наносами по всей длине.

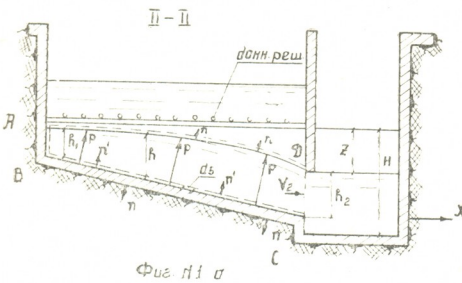
При безнапорном режиме работы донной галереи ее оптимальным вертикальным размером следует считать высоту галереи, соответствующую минимальной разности между отметкой донной решетки и горизонтом воды в водоприемнике, при которой свободная поверхность потока в глухом конце галереи почти соприкасается с донным слоем речного потока. Следовательно, глубина воды в указанном сечении получается равной высоте галереи. Это критическое состояние безнапорного режима работы донной галереи характеризуется тем, что при дополнительном небольшом повышении уровня воды в водоприемнике обязательно произойдет переход некоторого участка галереи (начиная от ее глухого конца) на напорный режим работы.

Таким образом, оптимальное условие работы донной галереи, при котором ее вертикальный размер получается минимальным, является расчетным условием для сооружения. Для высот галереи больше оптимальной, во-первых, часть перепада между донной решеткой и горизонтом водоприемника теряется (следовательно, водоприем можно осуществить при более

низком расположении донных решеток, т. е. при меньшей высоте плотины) и, во-вторых, при регулировании водоприема для сравнительно высоких горизонтов речного потока выходное сечение галереи частично закрывается, соответственно чему подпирается поток, и в зависимости от высоты галереи в последней создается поток со скоростью меньше расчетной и поэтому неспособной обеспечить незаносимость наносами донной галереи.



Водозаборная галерея 2. Верховое отверстие
3. Промыльное отверстие. 4. Промыльная камера,
5. Решетка, 6. Шугасврас, 7. Боковой водослив,
8. Водоприемник



Фиг. 1

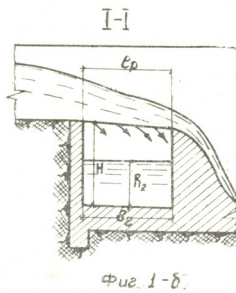
в предельном состоянии безнапорного режима работы донной галереи.

На фиг. 1, а выделим контрольную поверхность потока в галерее ABCD, которая складывается из граничной поверхности по дну и из торцовых сечений донной галереи, а также из свободной поверхности потока (на фиг. 1, а контрольная поверхность обозначена пунктиром). Используя зависимость изменения секундного количества движения жидкости объема, заключенного внутри контрольной поверхности, получаем

$$\int_W dm \frac{d\bar{v}}{dt} = \rho \int_S v_n \bar{v} ds, \tag{1}$$

Существующие зависимости для гидравлического расчета донной галереи весьма неточны и не позволяют устанавливать оптимальные габариты сооружения. Целью данной работы является по мере возможности восполнить этот пробел и дать более точную расчетную зависимость для определения рациональной высоты донной галереи горного водозабора.

Поставленная нами задача сводится к установлению минимальной разности отметок (перепада) между донной решеткой и горизонтом воды в водоприемнике при пре-



Фиг. 1-б.

где W — объем, ρ — плотность жидкости, S — поверхность исследуемого объема, \vec{v} и v_n — вектор и проекция на внешнюю нормаль вектора скорости частиц жидкости, вытекающий или вытекающий из исследуемого объема.

Так как частицы жидкости, вытекающие в рассматриваемый объем, после прохождения через донную решетку движутся в вертикальной плоскости, проекция их скорости на горизонтальную ось x будет равна нулю.

Таким образом, жидкость, вытекающая через свободную поверхность в указанный объем, не меняет количества движения последнего. Согласно поверхностному интегралу (1), исследуемый объем жидкости в каждую секунду будет терять количество движения, равное

$$\Delta k = \rho h_2 v_2^2, \quad (2)$$

где h_2 и v_2 — глубина и средняя скорость потока при выходе из галереи (в сечении CD).

При составлении выражения (2) корректив количества движения, учитывающий неравномерность распределения скоростей по сечению CD , принимается равным единице, а силой трения между потоком и мокрым периметром галереи, ввиду ее незначительной величины, пренебрегаем.

Составим уравнение для определения величины проекции равнодействующей внешних сил. В качестве внешних сил в данном случае рассматриваются лишь силы давления. Предполагая распределение сил давления в галерее по закону гидростатики, получаем (фиг. 1)

$$\begin{aligned}
 R &= \gamma \frac{h_1^2}{2} - \gamma \frac{h_2^2}{2} + \int_{BC} \gamma h ds \cos(n', x) = \\
 &= \gamma \frac{h_1^2}{2} - \gamma \frac{h_2^2}{2} + (h_2 + z - h_1) \cdot P_{cp},
 \end{aligned} \quad (3)$$

где P_{cp} — среднее гидростатическое давление на дне галереи, т. е. на участке BC . Ввиду того что точное определение величины P_{cp} невозможно (для этого нужно было бы установить кривую свободной поверхности потока в галерее, что фактически равносильно решению поставленной нами задачи), за расчетную принимаем такое значение, которое всегда меньше фактического, и поэтому искомая величина перепада z между донной решеткой и водоприемником должна получаться с некоторым запасом.

Допускаем, что свободная поверхность в галерее является наклонной плоскостью, которая начинается в глухом конце галереи непосредственно под решеткой, соприкасаясь с ней, и спускается до уровня воды в водоприемнике в выходном сечении галереи. При таком допущении можно принимать, что на участке BC в первом приближении $P_{cp} = \frac{\gamma(h_1 + h_2)}{2} \cdot P_{cp}$ мень-



ше P фактического из-за того, что в галерее свободная поверхность потока имеет выпуклую форму. Чтобы уменьшить неточность зависимости (3), вызванную снижением величины $P_{\text{ср}}$, вводим компенсирующий (эмпирический) коэффициент k во второй множитель при z .

Приравнивая изменение количества движения (по выражению (2)) импульсу внешних сил (по выражению (3)), с учетом последнего допущения получаем

$$\rho h_2 v_2^3 = \frac{\gamma h_1^2}{2} - \frac{\gamma h_2^2}{2} + \frac{(h_2 + kz - h_1) \gamma (h_1 + h_2)}{2}$$

или

$$kz + h_2 + h_1 = \frac{2 h_2 v_2^2}{g (h_1 + h_2)} - \frac{h_1^2 - h_2^2}{h_1 + h_2} = \frac{2 h_2 v_2^2}{g (h_1 + h_2)} .$$

Как показали эксперименты, k можно брать порядка $k \approx 1,33$, с учетом которого расчетная зависимость получается в виде

$$z = \frac{1,5 v_2^2}{g} \cdot \frac{h_2}{h_1 + h_2} , \quad (4)$$

где h_1 —вертикальная высота в глухом конце, непосредственно под решеткой, в начале продольного профиля галерей; ее дно рекомендуется осуществлять в виде наклонной плоскости до самого выходного сечения донной галереи (фиг. 1, а). Такой профиль дна обеспечивает необходимую транспортирующую способность потока для выноса наносов, попадающих в галерею через донную решетку. Таким образом, высоту галереи в ее глухом конце можно рекомендовать в пределах $h_1 = (0,5 \div 1) h_2$; в выходном сечении аналогичная высота получается равной $h_2 + z$.

Для проверки приемлемости зависимости (4) были проведены соответствующие опыты на модели горного водозабора в гидравлической лаборатории ГрузНИИГиМ. В таблице приведены все необходимые параметры донной галереи и движущегося по ней потока при критическом безнапорном режиме работы, а также результаты вычисления перепада z по расчетной зависимости (4).

Как видно из таблицы, вычисленные по формуле (4) величины z удовлетворительно согласуются с экспериментальными. Расчетное значение этой величины всегда получается больше фактического значения перепада z . Поэтому зависимость (4) может быть рекомендована для применения при проектировании донной водоприемной галереи. Экспериментальная проверка также показала, что эта зависимость практически с одинаковой точностью определяет искомый перепад для очень широкого диапазона изменения



№	Q л/мек	b см	v ₂ см/сек	h ₁ см	h ₂ см	z см по формуле (4)	z см по опыту	Расхождение, %
1	8,68	10	78,2	3	11,1	7,34	7,1	+3,4
2	7,84	10	53,8	3	14,54	3,67	3,66	0,27
3	5,88	10	35,5	3	16,55	1,64	1,65	-0,27
4	4,52	10	26,0	3	17,4	0,85	0,8	6,2
5	9,59	10	94,8	6	10,1	8,63	8,1	6,55
6	9,1	10	59,2	6	15,35	3,87	3,85	0,52
7	7,49	10	47,3	6	15,8	2,47	2,4	2,92
8	5,32	10	30,7	6	17,3	1,1	0,9	2,22
9	10,5	10	105,0	9	10,0	8,9	8,2	8,54
10	9,38	10	67,5	9	13,9	4,23	4,3	-1,63
11	8,68	10	57,6	9	15,05	3,17	3,15	0,64
12	5,95	10	34,8	9	17,1	1,21	1,1	9,91
13	10,92	10	111,4	12	9,8	8,52	8,4	1,43
14	10,5	10	84,7	12	12,45	5,67	5,75	-1,39
15	7,98	10	50,0	12	15,95	2,29	2,25	1,77

h_1/h_2 . Поэтому указанная методика расчета особенно пригодна для галерей сравнительно больших длин, когда неизбежно частичное занесение глухого конца галерей.

Грузинский политехнический институт
им. В. И. Ленина

(Поступило в редакцию 26.1.1968)

ენერგეტიკა

ბ. ბაჩიჩილაძე, ო. ჯალიკაშვილი

ფსკარული წყალმიმღები გალერეის ჰიდრაავლიკური
ბანანბარიშების ზომებიერთი საკითხი

რეზიუმე

შრომში მოცემულია მთის ტიპის წყალმიმღების ფსკერული გალერეის ჰიდრაავლიკური ბანანბარიშების ახალი მეთოდი. მოძრაობის რაოდენობის ცვლილება ფსკერულ გალერეაში მყოფი სითხისათვის განისაზღვრება შესაბამისი ზედაპირული ინტეგრალით, რაც მიღებულია ვექტორული ანალიზიდან. მოძრაობის რაოდენობის ცვლილება აღნიშნული სითხის მოცულობისათვის, მიუხედავად მოვლენის სირთულისა, საკმაოდ მარტივ სახეს ღებულობს, რაც საშუალებას იძლევა ამოვხსნათ ძირითადი ამოცანა დახრილფსკერიანი გალერეის ზღვრულ უდაწნევო მუშაობის რეჟიმისათვის.

გადაწყვეტილია ფსკერული გისოსისა და წყალმიმღების თავისუფალი ზედაპირის ნიშნულთა მინიმალური სხვაობის დადგენის ამოცანა, სხვა დანარჩენი ცნობილი ჰიდრაავლიკური ელემენტების გათვალისწინებით.

საქართველოს სსრ ჰიდროტექნიკისა და მელიორაციის ინსტიტუტის ჰიდროტექნიკურ ლაბორატორიაში ჩატარებულმა ექსპერიმენტებმა დაადასტურეს მიღებული დაშვების პრაქტიკული სიზუსტე და გვიჩვენებს საკმაოდ კარგი დამთხვევა ექსპერიმენტული შედეგებსა, თეორიული საანგარიშო დამოკიდებულებიდან მიღებულ სიდიდეებთან.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Т. Г. Гегелия. Донные и бычковые водозаборные плотины. Тбилиси, 1959.
2. А. И. Арикова, Р. Ж. Жулаев. Улучшенный тип водозабора с донной решетчатой галереей. Изд. АН КазССР, Алма-Ата, 1961.
3. Е. А. Замарин. Гидротехнические сооружения. Сельхозиздат, М., 1952.
4. С. Г. Мелик-Нубаров. Водозаборы с донной решеткой. М.—Л., 1961.
5. А. Н. Патрашев. Гидромеханика, 1953.
6. В. В. Фандеев. Водозаборные плотины с донными решетками. М., 1955.
7. Н. Ф. Данели. Водозаборные сооружения на реках с обильными донными наносами. Изд. «Колос», М., 1964.



Б. И. ПАРЦХАЛАДЗЕ

НЕКОТОРЫЕ ЗАДАЧИ БЕЗОПОРНОГО ВИБРИРОВАНИЯ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Д. С. Тавхелидзе 21.1.1968)

Конструирование упругих систем вибрационных машин, работающих в условиях наличия опор, воспринимающих только статические нагрузки, представляет актуальную задачу.

Как известно, расстройка вибромашины, т. е. изменение ее амплитудно-частотной характеристики, в значительной степени зависит от неконтролируемого изменения величины поджатия защемленной части основного упругого элемента во время работы.

Значительные силы, приложенные к защемленному концу рессоры, во-первых, вызывают большие дополнительные напряжения в узлах защемления (корпусе машины), что повышает общий вес машины и снижает ее надежность, и, во-вторых, уменьшают рабочую длину упругого элемента, что вызывает повышение расхода рессорной стали.

Следует предполагать, что защемленный участок, помещенный в узле стоячей волны колеблющегося элемента (рессоры), где как перемещение, так и силовая нагрузка внешних и инерционных сил равны нулю, работает в более благоприятных условиях.

Нулевая внешняя реакция опор, помещенных в узлах, дает возможность проектирования бесфундаментных вибромашин.

Нами получены [1] численные решения собственных колебаний однородной безопорной балки в случаях отсутствия сосредоточенных масс и наличия сосредоточенной массы посередине такой балки.

Ниже исследованы собственные колебания однородной безопорной балки еще в двух случаях: а) по концам балки имеются одинаковые сосредоточенные массы m [2], б) по концам балки имеются одинаковые сосредоточенные массы m , а посередине балки — сосредоточенная масса M .

I. Дифференциальное уравнение свободных колебаний однородной балки с линейной плотностью ρ , длиной $2l$, модулем упругости E , площадью поперечного сечения S и моментом инерции J имеет вид [3]

$$\frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial t^2} + a^2 \frac{\partial^4 y(x, t)}{\partial x^4} = 0, \quad a^2 = \frac{EJ}{\rho S}. \quad (1.1)$$

Отклонение $y(x, t)$ от положения равновесия сечения x в момент t можно представить в виде

$$y(x, t) = Y(x) \sin kt, \quad (1.2)$$

$$\text{где } Y(x) = A \operatorname{ch} \nu x + B \operatorname{sh} \nu x + C \cos \nu x + D \sin \nu x, \quad k = a\nu^2. \quad (1.3)$$

Краевые условия для определения произвольных постоянных A, B, C, D см. в работе [1], (1.4), (1.5), (1.6), (1.7), (1.8).

II. Рассмотрим случай, когда по концам балки имеются одинаковые сосредоточенные массы m . В этом случае на концах балки $x = \pm l$ задана перерезывающая сила, т. е. краевое условие ([1], (1.5)) имеет вид

или

$$EJY''''(\pm l) = \mp mk^2 Y(\pm l),$$

$$Y''''(\pm l) = \mp \frac{\omega^3}{l^3} q\alpha Y(\pm l), \quad (2.1)$$

где положено

$$\alpha = \nu l, \quad q = \frac{m}{\mu}, \quad \mu = \rho S l. \quad (2.2)$$

Удовлетворяя краевым условиям ([1], (1.4)) и (2.1), приходим к однородной системе для определения постоянных A, B, C, D :

$$\begin{aligned} A \operatorname{ch} \alpha + B \operatorname{sh} \alpha - C \cos \alpha - D \sin \alpha &= 0, \\ A \operatorname{ch} \alpha - B \operatorname{sh} \alpha - C \cos \alpha + D \sin \alpha &= 0, \\ A (\operatorname{sh} \alpha + q\alpha \operatorname{ch} \alpha) + B (\operatorname{ch} \alpha + q\alpha \operatorname{sh} \alpha) + C (\sin \alpha + q\alpha \cos \alpha) + \\ &+ D (-\cos \alpha + q\alpha \sin \alpha) = 0, \\ A (-\operatorname{sh} \alpha - q\alpha \operatorname{ch} \alpha) + B (\operatorname{ch} \alpha + q\alpha \operatorname{sh} \alpha) + C (-\sin \alpha - q\alpha \cos \alpha) + \\ &+ D (-\cos \alpha + q\alpha \sin \alpha) = 0. \end{aligned} \quad (2.3)$$

Поскольку балка колеблется, постоянные A, B, C, D не могут одновременно равняться нулю, т. е. определитель этой системы должен быть равен нулю:

$$\Delta = [A(\alpha) + q\alpha C(\alpha)] [B(\alpha) + q\alpha S_1(\alpha)] = 0. \quad (2.4)$$

Здесь

$$A(\alpha) + q\alpha C(\alpha) = \operatorname{ch} \alpha \cdot \sin \alpha + \operatorname{sh} \alpha \cdot \cos \alpha + q\alpha 2 \operatorname{ch} \alpha \cdot \cos \alpha = 0 \quad (2.5)$$

— уравнение частот симметричных колебаний балки, а

$$B(\alpha) + q\alpha S_1(\alpha) = \operatorname{ch} \alpha \cdot \sin \alpha - \operatorname{sh} \alpha \cdot \cos \alpha + q\alpha 2 \operatorname{sh} \alpha \cdot \sin \alpha = 0 \quad (2.6)$$

— уравнение частот ее антисимметричных колебаний.

Уравнения (2.5) и (2.6) определяют значения q как функцию параметра α при симметричных колебаниях

$$q = - \frac{A(\alpha)}{\alpha C(\alpha)} \quad (2.7)$$

и антисимметричных колебаниях

$$q = - \frac{B(\alpha)}{\alpha S_1(\alpha)}. \quad (2.8)$$

В табл. 1 приведены изменения параметра α , соответствующие по формулам (2.7) и (2.8) всевозможным значениям q от 0 до ∞ .

Таблица 1

Вид колебаний	Предел изменения
Основной тон (симметричный)	$2,365 \geq \alpha \geq 1,570$
Первый обертон (антисимметричный)	$3,925 \geq \alpha \geq 3,140$
Второй обертон (симметричный)	$5,500 \geq \alpha \geq 4,710$

На рис. 1 представлены графики зависимостей q и $q\alpha$ от α , полученные по формулам (2.7) и (2.8). Допустим, что дано значение f . Задаемся величинами E, ρ, S, J и m . Из соотношений

$$a = \sqrt{\frac{EJ}{\rho S}}, \quad \nu = \frac{\alpha}{l}, \quad k = a\nu^2 = \frac{\alpha^2}{l^2} \sqrt{\frac{EJ}{\rho S}}, \quad k = 2\pi f, \quad q\alpha = \frac{m}{\rho S} \cdot \frac{\alpha}{l}$$

получаем
$$\frac{\alpha}{l} = \sqrt[4]{\frac{4 \pi^2 f^2 \rho S}{EJ}}, \quad q\alpha = \frac{m}{\rho S} \sqrt[4]{\frac{4 \pi^2 f^2 \rho S}{EJ}}. \quad (2.9)$$

Поскольку правая часть последнего соотношения задана, можно найти значение $q\alpha$, а затем по графикам на рис. 1 определить соответствующие значения q_i и α_i . Тогда искомая длина балки будет

$$l_i = \alpha_i \sqrt[4]{\frac{EJ}{4 \pi^2 f^2 \rho S}}, \quad (2.10)$$

где через i ($i=0, 1, 2$) обозначен номер тона колебаний.

Для определения формы стоячей волны, найденные α_i подставляем в уравнения (2.3), из которых находим зависимость коэффициентов A_i, B_i, C_i, D_i от какого-нибудь параметра (например A_i). Это дает возможность определить форму стоячей волны $Y_i(x)$. Искомые узлы находим из краевого условия ([1], (1.8)).

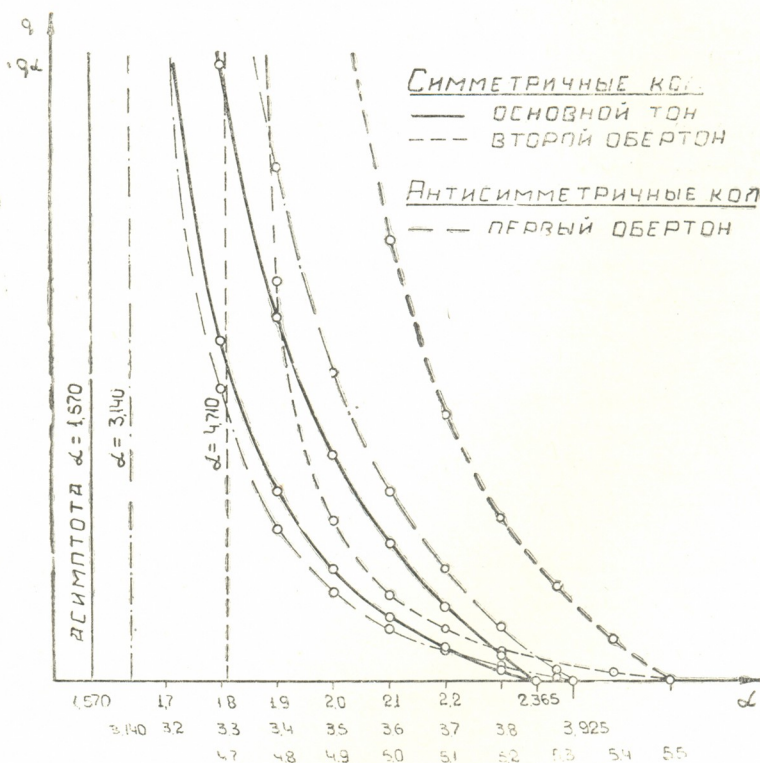


Рис. 1

III. Рассмотрим случай, когда по концам балки имеются одинаковые сосредоточенные массы m , а посередине расположена сосредоточенная масса M . В этом случае на правой и левой половине балки соответственно

$$Y_1(x) = A' \operatorname{ch} \nu x + B' \operatorname{sh} \nu x + C' \cos \nu x + D' \sin \nu x \quad (0 \leq x \leq l),$$

$$Y_2(x) = A'' \operatorname{ch} \nu x + B'' \operatorname{sh} \nu x + C'' \cos \nu x + D'' \sin \nu x \quad (-l \leq x \leq 0).$$



Краевые условия на концах балки дают

$$Y_1''(l) = 0, \quad Y_1'''(l) = -\frac{\alpha^3}{l^3} q \alpha Y_1(l), \quad (3.1)$$

$$Y_2''(-l) = 0, \quad Y_2'''(-l) = \frac{\alpha^3}{l^3} q \alpha Y_2(-l),$$

где по-прежнему положено

$$\alpha = \nu l, \quad q = \frac{m}{\mu}, \quad \mu = \rho S l. \quad (3.2)$$

Посередине балки имеем

$$Y_1(0) = Y_2(0), \quad Y_1'(0) = Y_2'(0), \quad Y_1''(0) = Y_2''(0). \quad (3.3)$$

Наконец, краевое условие ([1], (1.5)) посередине балки дает

$$EJ [Y_1'''(0) - Y_2'''(0)] = Mk^2 Y_1(0),$$

или

$$Y_1'''(0) = Y_2'''(0) + \frac{\alpha^3}{l^3} 4 p \alpha Y_1(0), \quad (3.4)$$

где положено

$$p = \frac{M}{4 \mu}. \quad (3.5)$$

Удовлетворяя краевым условиям (3.3) и (3.4), получаем

$$\begin{aligned} A' + C' &= A'' + C'', & B' + D' &= B'' + D'', & A' - C' &= A'' - C'', \\ B' - D' &= B'' - D'' + 4 p \alpha (A' + C'), & \text{откуда} & & & \\ A'' &= A', & C'' &= C', & B'' &= B' - 2 p \alpha (A' + C'), & D'' &= D' + 2 p \alpha (A' + C'). \end{aligned} \quad (3.6)$$

Граничные условия (3.1) дают

$$\begin{aligned} A' \operatorname{ch} \alpha + B' \operatorname{sh} \alpha - C' \cos \alpha - D' \sin \alpha &= 0, \\ A'' \operatorname{ch} \alpha - B'' \operatorname{sh} \alpha - C'' \cos \alpha + D'' \sin \alpha &= 0, \end{aligned} \quad (3.7)$$

$$A' (\operatorname{sh} \alpha + q \alpha \operatorname{ch} \alpha) + B' (\operatorname{ch} \alpha + q \alpha \operatorname{sh} \alpha) + C' (\sin \alpha + q \alpha \cos \alpha) + D' (-\cos \alpha + q \alpha \sin \alpha) = 0,$$

$$A'' (-\operatorname{sh} \alpha - q \alpha \operatorname{ch} \alpha) + B'' (\operatorname{ch} \alpha + q \alpha \operatorname{sh} \alpha) + C'' (-\sin \alpha - q \alpha \cos \alpha) + D'' (-\cos \alpha + q \alpha \sin \alpha) = 0.$$

В результате преобразований приходим к системе уравнений для определения $(B' + B'')$ и $(D' + D'')$:

$$(B' + B'') \operatorname{sh} \alpha - (D' + D'') \sin \alpha = 0, \quad (3.8)$$

$$(B' + B'') (\operatorname{ch} \alpha + q \alpha \operatorname{sh} \alpha) + (D' + D'') (-\cos \alpha + q \alpha \sin \alpha) = 0$$

и к системе уравнений для определения A' и C' :

$$A' [\operatorname{sh} \alpha + q \alpha \operatorname{ch} \alpha + 2 p \alpha S(\alpha) + 2 p \alpha q \alpha V(\alpha)] + C' [\sin \alpha + q \alpha \cos \alpha + 2 p \alpha S(\alpha) + 2 p \alpha q \alpha V(\alpha)] = 0, \quad (3.9)$$

$$A' [\operatorname{ch} \alpha + 2 p \alpha T(\alpha)] + C' [-\cos \alpha + 2 p \alpha T(\alpha)] = 0.$$

Здесь положено

$$2S(\alpha) = \operatorname{ch} \alpha + \cos \alpha, \quad 2V(\alpha) = \operatorname{sh} \alpha - \sin \alpha, \quad 2T(\alpha) = \operatorname{sh} \alpha + \sin \alpha. \quad (3.10)$$

Приравнивая нулю определители систем (3.8) и (3.9), получаем уравнения частот симметричных колебаний балки:

$$A(\alpha) + 2 p \alpha E(\alpha) + q \alpha C(\alpha) - 2 p \alpha q \alpha B(\alpha) = 0 \quad (3.11)$$

и уравнения частот ее антисимметричных колебаний:

$$B(\alpha) + q \alpha S_1(\alpha) = 0. \quad (3.12)$$

Уравнение (3.11) можно преобразовать, если ввести обозначения

$$n = \frac{p}{q} = \frac{M}{4m}, \quad p = nq. \quad (3.13)$$

В результате уравнение частот симметричных колебаний запишется в виде квадратного уравнения относительно q :

$$2nB(\alpha)\alpha^2 q^2 - [2nE(\alpha) + C(\alpha)]\alpha q - A(\alpha) = 0. \quad (3.14)$$

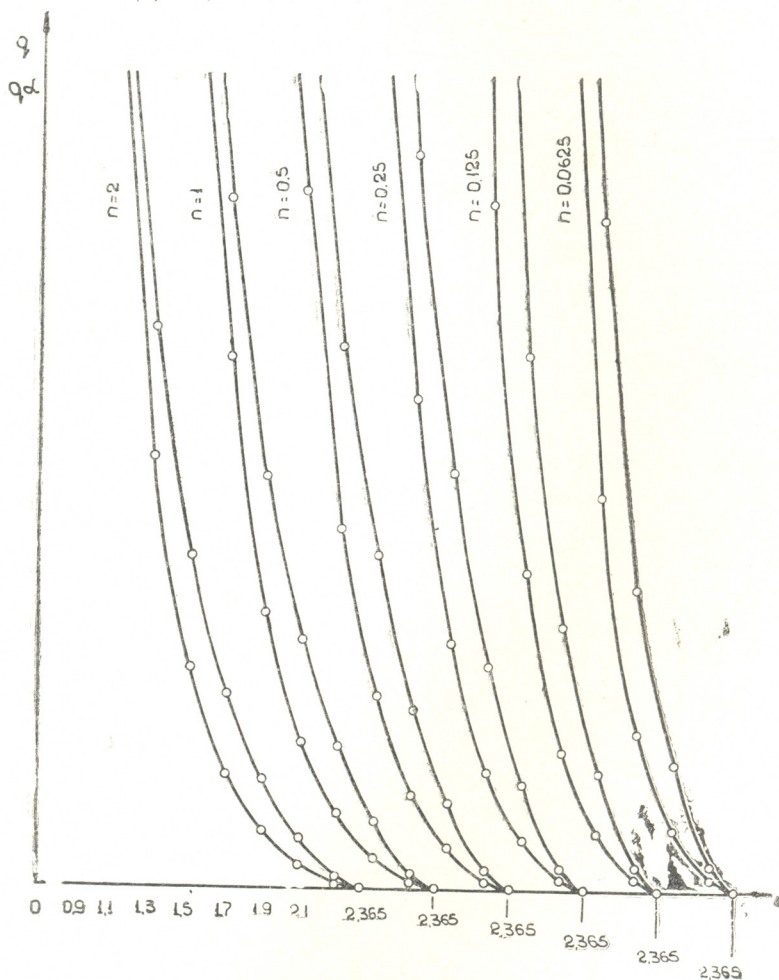


Рис. 2

Решая это уравнение, находим

$$q = \frac{[2nE(\alpha) + C(\alpha)] \pm \sqrt{[2nE(\alpha) + C(\alpha)]^2 + 8nA(\alpha)B(\alpha)}}{4nB(\alpha)\alpha}. \quad (3.15)$$

Из уравнения частот антисимметричных колебаний определяем

$$q = - \frac{B(\alpha)}{\alpha S_1(\alpha)}. \quad (3.16)$$



Исследование знаков в формуле (3.15) показало, что знаку плюс соответствует основной тон колебаний, а знаку минус — второй обертоном. В табл. 2 приведены изменения параметра α , соответствующие по формулам (3.15) и (3.16) всевозможным значениям p и q от 0 до ∞ .

Таблица 2

Вид колебаний	Пределы изменения
Основной тон (симметричный)	$2,365 \geq \alpha \geq 0$
Первый обертоном (антисимметричный)	$3,925 \geq \alpha \geq 3,140$
Второй обертоном (симметричный)	$5,500 \geq \alpha \geq 3,925$

На рис. 2 представлены графики зависимости q и $q\alpha$ от α для различных n , полученные по формулам (3.15). Если заданы значения f , E , ρ , S , J , t и M , то, определяя n по формуле (3.13) и $q\alpha$ по формуле (2.9), находим по графикам на рис. 2 соответствующие значения α_i и q_i ($i=0, 1, 2$). Искомая длина балки определится формулой (2.10). Для нахождения формы стоячей волны подставляем значения α_i в уравнения (3.9), (3.6), (3.8), из которых определяем зависимость коэффициентов A'_i , B'_i , C'_i , D'_i от какого-нибудь параметра (например, C'_i). Таким образом, определяем форму стоячей волны $Y_{1i}(x)$ для правой половины балки. Для левой половины картина симметричная. Искомые узлы находим из краевого условия ([1], (1.8)).

Грузинский политехнический институт
им. В. И. Ленина

(Поступило в редакцию 29.1.1968)

განმანათმეცნიერება

ბ. ფარცხალაძე

უსაყრდენო ვიბრირების ზოგირითი ამოცანა

რეზიუმე

ვიბრატორის მთავარი დრეკადი ელემენტის ჩამაგრებული ნაწილის მოთავსება დამდგარი ტალღის კანაში საშუალებას იძლევა დავაგემაროთ უსაძირკვლო მანქანა. გამოკვლეულია ერთგვაროვანი უსაყრდენო ძელის თავისუფალი რხევები ორი შემთხვევისათვის: ა) ძელის ბოლოებში მოქმედებენ ერთნაირი შეყურსული მასები, ბ) ძელის ბოლოებში მოქმედებენ ერთნაირი შეყურსული მასები, ხოლო ძელის შუაში — შეყურსული მასა.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Б. И. Парцхаладзе. Сообщения АН ГССР, XLIX, № 2, 1968.
2. И. В. Ананьев. Справочник по расчету собственных колебаний упругих систем. Гостехиздат, 1946.
3. С. П. Тимошенко. Теория колебаний в инженерном деле. Гостехиздат, 1934.

АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА

Б. К. МЕБУКЕ

К ОДНОЙ ЗАДАЧЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
 ПРИОРИТЕТОВ В ОДНОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ МАССОВОГО
 ОБСЛУЖИВАНИЯ С ПОТЕРЯМИ

(Представлено членом-корреспондентом Академии Н. В. Габашвили 22.1.1968)

Задачи, связанные с оптимальной организацией обслуживания, могут быть полезными в системах переработки информации, где ставится вопрос извлечения максимума информации из потоков сообщений разной интенсивности и значимости.

Рассмотрим работу одноканальной системы массового обслуживания с потерями. Пусть на обслуживающий прибор этой системы поступают n простейших потоков требований с интенсивностями λ_i ($i = \overline{1, n}$). Предположим также, что длительность обслуживания требования из i -го потока — случайная величина, распределенная по показательному закону с параметром μ_i ($i = \overline{1, n}$). Обслуженное требование из i -го потока имеет ценность α_i ($i = \overline{1, n}$).

В работе [1] с целью оптимального функционирования системы вводится экономический критерий и задача ставится следующим образом: так организовать работу системы (так выбрать последовательность приоритетов), чтобы в установившемся режиме максимизировать суммарную ценность всех полностью обслуженных в единицу времени требований, т. е. максимизировать выражение

$$S = \sum_{i=1}^n \alpha_i \lambda_i v_i, \quad (1)$$

где v_i — вероятность полного обслуживания требования из i -го потока.

Вероятность полного обслуживания требования из i -го потока v_i определяется по формуле

$$v_i = \left(1 - \sum_{r=1}^i P_r \right) \cdot \frac{\mu_i}{\Lambda_{i-1} + \mu_i}, \quad \Lambda_{i-1} = \sum_{r=1}^{i-1} \lambda_r. \quad (2)$$



В этой формуле величина P_r представляет собой стационарную вероятность состояния прибора обслуживания, а величина $\frac{\mu_i}{\Lambda_{i-1} + \mu_i}$ является вероятностью того, что принятое к обслуживанию требование из i -го потока за время обслуживания не будет потеряно.

Для нахождения стационарных вероятностей состояния системы составим уравнения, связывающие вероятности состояния в момент $(t + \Delta t)$ с вероятностями в момент t . В режиме привилегированного прерывания текущего обслуживания, когда обслуживаемое требование заменяется вновь поступившим, если последнее имеет больший приоритет, вероятность $P_i(t + \Delta t)$ того, что в момент $(t + \Delta t)$ прибор находится в i -м состоянии (прибор занят обслуживанием требования из i -го потока), будет

$$P_i(t + \Delta t) = \left[1 - \sum_{r=1}^i P_r(t) \right] \cdot \lambda_i \Delta t + \\ + P_i(t) \left[1 - \left(\mu_i + \sum_{r=1}^{i-1} \lambda_r \right) \Delta t \right] + o(\Delta t). \quad (3)$$

При составлении выражения (3) учитывается, что требование из потока с меньшим номером имеет больший приоритет.

Устремив Δt к нулю, из выражения (3) получим

$$\frac{dp_i}{dt} = p'_i(t) = \left[1 - \sum_{r=1}^i p_r(t) \right] \lambda_i - p_i(t) \cdot \left(\mu_i + \sum_{r=1}^{i-1} \lambda_r \right), \quad (i = \overline{1, n}). \quad (4)$$

В работе [2] доказано, что при $t \rightarrow \infty$ $p'_i(t) \rightarrow 0$, вследствие чего система (4) в пределе при $t \rightarrow \infty$ даст

$$\lambda_i \left[1 - \sum_{r=1}^i p_r \right] - p_i \left(\mu_i + \sum_{r=1}^{i-1} \lambda_r \right) = 0, \quad (i = \overline{1, n}). \quad (5)$$

Для $i = 1$ из выражения (5) получаем

$$p_1 = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \mu_1}.$$

Далее, для $i = 2$ имеем

$$p_2 = \frac{\lambda_2}{\Lambda_2 + \mu_2} \cdot (1 - p_1) = \frac{\mu_1}{\lambda_1 + \mu_1} \cdot \frac{\lambda_2}{\Lambda_2 + \mu_2}, \quad \Lambda_2 = \lambda_1 + \lambda_2,$$

и т. д. В общем

$$p_i = \frac{\lambda_i}{\Lambda_i + \mu_i} \cdot \prod_{r=1}^{i-1} \frac{\nu_r}{\nu_r + 1}, \quad \nu_r = \frac{\Lambda_{r-1} + \mu_r}{\lambda_r}, \quad \Lambda_i = \sum_{r=1}^i \lambda_r, \quad (i = \overline{1, n}). \quad (6)$$

Подставляя выражение (6) в (2), получаем

$$v_i = \frac{\mu_1}{\Lambda_1 + \mu_1} \cdot \prod_{r=1}^{i-1} \frac{\Lambda_{r-1} + \mu_r}{\Lambda_r + \mu_r}, \quad (i = \overline{1, n}). \quad (7)$$

В работе [3] дается решение поставленной в общем виде (1) задачи, однако обосновывающая это решение теорема была нечетко сформулирована и доказана.

Докажем одну лемму, которая в дальнейшем поможет нам доказать упомянутую теорему.

Лемма. Если в рассматриваемой системе массового обслуживания $\frac{\alpha_{ij} \mu_{ij}}{\Lambda_n + \mu_{ij}} = \text{const}$ для всех $i, j = \overline{1, n}$, то значение функционала (1) одинаково для любой последовательности приоритетов.

Доказательство. Предположим, что $\frac{\alpha_{ij} \mu_{ij}}{\Lambda_n + \mu_{ij}} = \text{const}$, и покажем, что значения функционала (1) $S(I)$ и $S(T_k I)$ для подстановок $\left(\begin{matrix} 1, 2, \dots, k-1, k, \dots, n-1, n \\ i_1, i_2, \dots, i_{k-1}, i_k, \dots, i_{n-1}, i_n \end{matrix} \right)$ и $\left(\begin{matrix} 1, 2, \dots, k-1, k, \dots, n-1, n \\ i_1, i_2, \dots, i_k, i_{k-1}, \dots, i_{n-1}, i_n \end{matrix} \right)$, соответственно равны между собой для любого $k = \overline{2, n}$:

$$\begin{aligned} S(I) &= \sum_{r=1}^{k-2} \alpha_{i_r} \lambda_{i_r} \frac{\mu_{i_r}}{\Lambda_r + \mu_{i_r}} \cdot \prod_{m=1}^{r-1} \frac{\Lambda_{m-1} + \mu_{i_m}}{\Lambda_m + \mu_{i_m}} + \\ &+ \alpha_{i_{k-1}} \lambda_{i_{k-1}} \frac{\mu_{i_{k-1}}}{\Lambda_{k-1} + \mu_{i_{k-1}}} \cdot \prod_{m=1}^{k-2} \frac{\Lambda_{m-1} + \mu_{i_m}}{\Lambda_m + \mu_{i_m}} + \\ &+ \alpha_{i_k} \lambda_{i_k} \frac{\mu_{i_k}}{\Lambda_k + \mu_{i_k}} \cdot \prod_{m=1}^{k-1} \frac{\Lambda_{m-1} + \mu_{i_m}}{\Lambda_m + \mu_{i_m}} + \sum_{r=k+1}^n \alpha_{i_r} \lambda_{i_r} \frac{\mu_{i_r}}{\Lambda_r + \mu_{i_r}} \times \\ &\times \prod_{m=1}^{r-1} \frac{\Lambda_{m-1} + \mu_{i_m}}{\Lambda_m + \mu_{i_m}} = \sum_{r=1}^{k-2} \alpha_{i_r} \lambda_{i_r} \frac{\mu_{i_r}}{\Lambda_r + \mu_{i_r}} \cdot \prod_{m=1}^{r-1} \frac{\Lambda_{m-1} + \mu_{i_m}}{\Lambda_m + \mu_{i_m}} + \\ &+ \alpha_{i_k} \lambda_{i_k} \frac{\mu_{i_k}}{\Lambda_{k-2} + \lambda_{i_k} + \mu_{i_k}} \cdot \prod_{m=1}^{k-2} \frac{\Lambda_{m-1} + \mu_{i_m}}{\Lambda_m + \mu_{i_m}} + \alpha_{i_{k-1}} \lambda_{i_{k-1}} \frac{\mu_{i_{k-1}}}{\Lambda_k + \mu_{i_{k-1}}} \times \\ &\times \frac{\Lambda_{k-2} + \mu_{i_k}}{\Lambda_{k-2} + \lambda_{i_k} + \mu_{i_k}} \cdot \prod_{m=1}^{k-2} \frac{\Lambda_{m-1} + \mu_{i_m}}{\Lambda_m + \mu_{i_m}} + \sum_{r=k+1}^n \alpha_{i_r} \lambda_{i_r} \frac{\mu_{i_r}}{\Lambda_r + \mu_{i_r}} \times \\ &\times \frac{\Lambda_{k-2} + \mu_{i_k}}{\Lambda_{k-2} + \lambda_{i_k} + \mu_{i_k}} \cdot \frac{\Lambda_{k-2} + \lambda_{i_k} + \mu_{i_{k-1}}}{\Lambda_k + \mu_{i_{k-1}}} \cdot \prod_{m=1}^{k-2} \frac{\Lambda_{m-1} + \mu_{i_m}}{\Lambda_m + \mu_{i_m}} \times \\ &\times \prod_{m=k+1}^{r-1} \frac{\Lambda_{m-1} + \mu_{i_m}}{\Lambda_m + \mu_{i_m}} = S(T_k I). \end{aligned}$$



С учетом $\frac{\alpha_{ij} \mu_{ij}}{\Lambda_n + \mu_{ij}} = \text{const}$ последнее равенство после преобразований приводится к виду

$$\Lambda_n - \Lambda_k = \sum_{r=k+1}^n \frac{\lambda_{i_r} (\Lambda_n + \mu_{i_r})}{\Lambda_r + \mu_{i_r}} \cdot \prod_{m=k+1}^{r-1} \frac{\Lambda_{m-1} + \mu_{i_m}}{\Lambda_m + \mu_{i_m}}. \quad (8)$$

Придавая k значения $n, n-1, \dots, 3, 2$, легко можно убедиться в справедливости равенства (8). Этим и доказывается лемма.

Докажем теперь теорему.

Теорема. Если функционал $S(I)$ принимает максимальное значение на подстановке $\left(\begin{matrix} 1, 2, \dots, k-1, k, \dots, n-1, n \\ i_1, i_2, \dots, i_{k-1}, i_k, \dots, i_{n-1}, i_n \end{matrix} \right)$, то

$$\frac{\alpha_{ij} \mu_{ij}}{\Lambda_n + \mu_{ij}} \geq \frac{\alpha_{i_n} \mu_{i_n}}{\Lambda_n + \mu_{i_n}} \text{ для всех } j = \overline{1, n-1}. \quad (9)$$

Доказательство. Доказательство теоремы проведем последовательно, придавая j значения $n-1, n-2, \dots, k, \dots, 2, 1$.

1. Условие (9) для $j = n-1$ не может нарушиться, так как в таком случае, в силу доказанной в работе [3] леммы, получается, что значение функционала для подстановки $\left(\begin{matrix} 1, 2, \dots, k-1, k, \dots, n-1, n \\ i_1, i_2, \dots, i_{k-1}, i_k, \dots, i_n, i_{n-1} \end{matrix} \right)$ больше значения функционала для оптимальной подстановки $\left(\begin{matrix} 1, 2, \dots, n-1, n \\ i_1, i_2, \dots, i_{n-1}, i_n \end{matrix} \right)$, что, конечно, невозможно.

2. Пусть условие (9) нарушается для $j = n-2$, т. е. имеет место соотношение $\frac{\alpha_{i_{n-2}} \mu_{i_{n-2}}}{\Lambda_{n-2} + \mu_{i_{n-2}}} < \frac{\alpha_{i_n} \mu_{i_n}}{\Lambda_n + \mu_{i_n}}$. Распишем в таком случае следующее очевидное неравенство

$$S(I) > S(T_{n-2}^* I),$$

где $S(I)$ — значение функционала (1) для оптимальной подстановки, а $S(T_{n-2}^* I)$ — для подстановки $\left(\begin{matrix} 1, 2, \dots, n-2, n-1, n \\ i_1, i_2, \dots, i_{n-1}, i_n, i_{n-2} \end{matrix} \right)$:

$$\begin{aligned} & \sum_{r=1}^n \alpha_{i_r} \lambda_{i_r} \frac{\mu_{i_r}}{\Lambda_r + \mu_{i_r}} \cdot \prod_{m=1}^{r-1} \frac{\Lambda_{m-1} + \mu_{i_m}}{\Lambda_m + \mu_{i_m}} > \sum_{r=1}^{n-3} \alpha_{i_r} \lambda_{i_r} \frac{\mu_{i_r}}{\Lambda_r + \mu_{i_r}} \times \\ & \times \prod_{m=1}^{r-1} \frac{\Lambda_{m-1} + \mu_{i_m}}{\Lambda_m + \mu_{i_m}} + \sum_{r=n-1}^n \alpha_{i_r} \lambda_{i_r} \frac{\mu_{i_r}}{\Lambda_r - \lambda_{i_{n-2}} + \mu_{i_r}} \cdot \prod_{m=1}^{n-3} \frac{\Lambda_{m-1} + \mu_{i_m}}{\Lambda_m + \mu_{i_m}} \times \\ & \times \prod_{m=n-1}^{r-1} \frac{\Lambda_{m-1} - \lambda_{i_{n-2}} + \mu_{i_m}}{\Lambda_m - \lambda_{i_{n-2}} + \mu_{i_m}} + \alpha_{i_{n-2}} \lambda_{i_{n-2}} \frac{\mu_{i_{n-2}}}{\Lambda_n + \mu_{i_{n-2}}} \times \\ & \times \prod_{m=1}^{n-3} \frac{\Lambda_{m-1} + \mu_{i_m}}{\Lambda_m + \mu_{i_m}} \cdot \frac{\Lambda_{n-2} - \lambda_{i_{n-2}} + \mu_{i_{n-1}}}{\Lambda_{n-1} - \lambda_{i_{n-2}} + \mu_{i_{n-1}}} \cdot \frac{\Lambda_{n-1} - \lambda_{i_{n-1}} + \mu_{i_n}}{\Lambda_n - \lambda_{i_{n-2}} + \mu_{i_n}}. \end{aligned}$$

Вычтя одинаковые члены из обеих частей и сократив на общие множители, после некоторых преобразований последнее неравенство можно привести к виду

$$\begin{aligned} & \frac{\alpha_{i_{n-2}} \mu_{i_{n-2}}}{\Lambda_n + \mu_{i_{n-2}}} \cdot \left[\frac{\lambda_{i_{n-2}} (\Lambda_n + \mu_{i_{n-2}})}{\Lambda_{n-2} + \mu_{i_{n-2}}} - \frac{\lambda_{i_{n-2}} (\Lambda_{n-3} + \mu_{i_{n-1}})}{(\Lambda_{n-1} - \lambda_{i_{n-2}} + \mu_{i_{n-1}})} \right] \times \\ & \times \frac{(\Lambda_{n-1} - \lambda_{i_{n-2}} + \mu_{i_n})}{(\Lambda_n - \lambda_{i_{n-2}} + \mu_{i_n})} + \frac{\alpha_{i_n} \mu_{i_n}}{\Lambda_n + \mu_{i_n}} \cdot \left[\frac{\lambda_{i_n} (\Lambda_{n-3} + \mu_{i_{n-2}})}{(\Lambda_{n-2} + \mu_{i_{n-2}})} \cdot \frac{(\Lambda_{n-2} + \mu_{i_{n-1}})}{(\Lambda_{n-1} + \mu_{i_{n-1}})} - \right. \\ & \left. - \frac{\lambda_{i_n} (\Lambda_n + \mu_{i_n})}{(\Lambda_n - \lambda_{i_{n-2}} + \mu_{i_n})} \cdot \frac{(\Lambda_{n-3} + \mu_{i_{n-1}})}{(\Lambda_{n-1} - \lambda_{i_{n-2}} + \mu_{i_{n-1}})} \right] > \frac{\alpha_{i_{n-1}} \mu_{i_{n-1}}}{\Lambda_n + \mu_{i_{n-1}}} \times \\ & \times \left[\frac{\lambda_{i_{n-1}} (\Lambda_n + \mu_{i_{n-1}})}{\Lambda_{n-1} - \lambda_{i_{n-2}} + \mu_{i_{n-1}}} - \frac{\lambda_{i_{n-1}} (\Lambda_n + \mu_{i_{n-1}})}{(\Lambda_{n-1} + \mu_{i_{n-1}})} \cdot \frac{(\Lambda_{n-3} + \mu_{i_{n-1}})}{(\Lambda_{n-2} + \mu_{i_{n-2}})} \right]. \end{aligned}$$

Полагая, что $\frac{\alpha_{i_{n-2}} \mu_{i_{n-2}}}{\Lambda_n + \mu_{i_{n-2}}} < \frac{\alpha_{i_n} \mu_{i_n}}{\Lambda_n + \mu_{i_n}}$, из последнего неравенства после преобразований в окончательном виде будем иметь

$$\frac{\alpha_{i_n} \mu_{i_n}}{\Lambda_n + \mu_{i_n}} > \frac{\alpha_{i_{n-1}} \mu_{i_{n-1}}}{\Lambda_n + \mu_{i_{n-1}}},$$

что противоречит доказанной в работе [3] лемме. Таким образом, всегда

$$\frac{\alpha_{i_{n-2}} \mu_{i_{n-2}}}{\Lambda_n + \mu_{i_{n-2}}} \geq \frac{\alpha_{i_n} \mu_{i_n}}{\Lambda_n + \mu_{i_n}}.$$

К. Предположим, теперь, что условие (9) нарушается для некоторого $j = k$, т. е. пусть имеет место $\frac{\alpha_{i_k} \mu_{i_k}}{\Lambda_n + \mu_{i_k}} < \frac{\alpha_{i_n} \mu_{i_n}}{\Lambda_n + \mu_{i_n}}$. Из неравенства $S(I) > S(T_k^* I)$, где $S(T_k^* I)$ — значение функционала для подстановки $(1, 2, \dots, k, k+1, \dots, n-1, n)$, $(i_1, i_2, \dots, i_{k+1}, i_{k+2}, \dots, i_n, i_k)$,

получаем

$$\begin{aligned} & \frac{\alpha_{i_k} \mu_{i_k}}{\Lambda_n + \mu_{i_k}} \cdot \left[\frac{\lambda_{i_k} (\Lambda_n + \mu_{i_k})}{\Lambda_k + \mu_{i_k}} - \lambda_{i_k} \prod_{m=k+1}^n \frac{\Lambda_{m-1} - \lambda_{i_k} + \mu_{i_m}}{\Lambda_m - \lambda_{i_k} + \mu_{i_m}} \right] + \frac{\alpha_{i_n} \mu_{i_n}}{\Lambda_n + \mu_{i_n}} \times \\ & \times \left[\lambda_{i_n} \prod_{m=k}^{n-1} \frac{\Lambda_{m-1} + \mu_{i_m}}{\Lambda_m + \mu_{i_m}} - \frac{\lambda_{i_n} (\Lambda_n + \mu_{i_n})}{\Lambda_n - \lambda_{i_k} + \mu_{i_n}} \cdot \prod_{m=k+1}^{n-1} \frac{\Lambda_{m-1} - \lambda_{i_k} + \mu_{i_m}}{\Lambda_m - \lambda_{i_k} + \mu_{i_m}} \right] > \\ & \sum_{r=k+1}^{n-1} \frac{\alpha_{i_r} \mu_{i_r}}{\Lambda_r + \mu_{i_r}} \cdot \left[\lambda_{i_r} (\Lambda_n + \mu_{i_r}) \cdot \left(\frac{1}{\Lambda_r - \lambda_{i_k} + \mu_{i_r}} \cdot \prod_{m=k+1}^{r-1} \frac{\Lambda_{m-1} - \lambda_{i_k} + \mu_{i_m}}{\Lambda_m - \lambda_{i_k} + \mu_{i_m}} - \right. \right. \\ & \left. \left. - \frac{1}{\Lambda_r + \mu_{i_r}} \cdot \prod_{m=k}^{r-1} \frac{\Lambda_{m-1} + \mu_{i_m}}{\Lambda_m + \mu_{i_m}} \right) \right]. \end{aligned} \quad (10)$$

Пусть параметры λ_j и μ_j ($j = 1, n$) таковы, что

$$\frac{1}{\Lambda_r - \lambda_{i_k} + \mu_{i_r}} \cdot \prod_{m=k+1}^{r-1} \frac{\Lambda_{m-1} - \lambda_{i_k} + \mu_{i_m}}{\Lambda_m - \lambda_{i_k} + \mu_{i_m}} > \frac{1}{\Lambda_r + \mu_{i_r}} \cdot \prod_{m=k}^{r-1} \frac{\Lambda_{m-1} + \mu_{i_m}}{\Lambda_m + \mu_{i_m}}$$

для любого $r = k + 1, n - 1$. Тогда, учитывая нарушение условия (9), а

именно $\frac{\alpha_{i_k} \mu_{i_k}}{\Lambda_n + \mu_{i_k}} < \frac{\alpha_{i_n} \mu_{i_n}}{\Lambda_n + \mu_{i_n}}$, из неравенства (10) после довольно громоздких преобразований получаем

$$\frac{\alpha_{i_n} \mu_{i_n}}{\Lambda_n + \mu_{i_n}} > \min \left\{ \frac{\alpha_{i_j} \mu_{i_j}}{\Lambda_n + \mu_{i_j}} \right\}, \quad (j = \overline{k+1, n-1}),$$

что невозможно. Таким образом, для оптимальной подстановки условие (9) никогда не нарушается.

Из доказанной теоремы следует, что наименьшим приоритетом должны обладать требования из потоков с $\min \left\{ \frac{\alpha_{i_j} \mu_{i_j}}{\Lambda_n + \mu_{i_j}} \right\}$ ($j = \overline{1, n}$). Зафиксируем этот поток на последнем месте, т. е. придадим ему наибольший номер n .

Очевидно, в оптимальной системе оптимальным образом должны быть распределены и остальные $n - 1$ потоков. Ввиду того что параметры λ_n и μ_n потока с наименьшим приоритетом не входят в выражения (2) вероятностей полного обслуживания требований из остальных $n - 1$ потоков и, следовательно, не влияют на значение функционала для этих потоков, можно рассмотреть изолированно систему с $n - 1$ входящими потоками. В этой системе номер $n - 1$ припишем потоку с

$$\min \left\{ \frac{\alpha_{i_j} \mu_{i_j}}{\Lambda_{n-1} + \mu_{i_j}} \right\} \quad (j = \overline{1, n-1}) \text{ и т. д.}$$

Таким образом, алгоритм определения оптимальной последовательности приоритетов будет состоять, из $n - 1$ этапов.

Грузинский политехнический
институт

им. В. И. Ленина

(Поступило в редакцию 22.1.1968)

ავტომობილა და ტელეფონის

ბ. მებუკე

მასობრივი მომსახურების ერთარხიან სისტემაში პრიორიტეტების
ოპტიმალური განაწილების ერთი ამოცანის შესახებ

რ ე ზ ი მ ე

წერილში განხილულია ერთარხიანი მომსახურების სისტემის ფუნქციონირების
ოპტიმალური ვარიანტის დადგენის საკითხი.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. О. И. Бронштейн, А. Л. Райкин, В. В. Рыков. Изв. АН СССР, сер. «Техническая кибернетика», № 4, 1965.
2. А. Я. Хинчин. Работы по математической теории массового обслуживания, 1963.
3. Б. К. Мебукее. Сообщения АН ГССР, XLVI, № 2, 1967.



УДК 631.4(47.922)

ნიადაგმცოდნეობა

რ. პატრიკაშვილი

მესხეთის ხელოვნური ტერასების კულტურული ნიადაგების შესახებ

(წარმოადგინა აკადემიკოსმა მ. საბაშვილმა 26.1.1968)

მესხეთი, რომელშიც ერთიანდება ადიგენის, ახალციხისა და ასპინძის ადმინისტრაციული რაიონები, წარმოადგენს საქართველოს მიწათმოქმედების უძველეს მხარეს. მის მიწათმოქმედების მაღალ კულტურაზე, სხვა მატერიალური კულტურის ძეგლებთან ერთად, მეტყველებენ შუა საუკუნეებში შექმნილი ხელოვნური ტერასები, რომლებიც ფართოდაა წარმოდგენილი მდინარე მტკვრის ხეობის ფერდობებზე, ვარძიდან მოყოლებული ასპინძამდე და ცალკეული ფრაგმენტების სახით მარდაში, აწყურსა და სხვა სოფლებში. ამ ზოლისათვის დამახასიათებელია მთავორიანი, კლდიანი რელიეფი, ნალექების სიმცირე; ცხელი და მშრალი ზაფხული და საკმაოდ მკაცრი ზამთარი. ნიადაგწარმოქმნელი ქანებიდან გავრცელებულია ვულკანური და დანალექი ქანები, აგრეთვე მათი გამოფიტვის პროდუქტები. მცენარეული საფარი ატარებს ქსეროფიტულ და ველიან ხასიათს.

მესხეთში მთავორიანი რელიეფური პირობების გამო ძველთაგანვე დიდი ყურადღება ექცევა ფერდობების დაბაქნებას (დატერასებას), რაც ნიადაგის ეროზიასთან ბრძოლისა და კლდიანი ფერდობების გამოყენების ერთ-ერთ საუკეთესო ღონისძიებას წარმოადგენს.

ფერდობების დატერასებას მესხეთში „გამოზელვას“ ან „გამოქნას“, ხოლო ტერასებს—„დარიჯებს“ უწოდებენ [1].

ხეხილისა და ვახისათვის ფერდობები საუკეთესოა. ამავე დროს დიდი დახრილობის ფერდობზე აუცილებელია დატერასება. მესხელები ძირითადად ქვის კედლებით აშენებულ ტერასებს აგებდნენ, სადაც იყენებდნენ ადგილობრივ ან ტყიდან მოზიდულ მიწას. ნიადაგს გულდაგულ ამუშავებდნენ. სისტემატურად შეჰქონდათ მასში ნაკელი, რწყავდნენ მთიდან გადმოყვანილი წყლით და ამგვარად მოჰყავდათ მთელ საქართველოში სახელგანთქმული ყურძენი, ხილი და ბოსტნეული. ახლა ამ ტერასების უმეტეს ნაწილზე წყლის უკმარობის გამო მეურნეობას აღარ ეწევიან. რაც შეეხება ტოლოშის, ხერთვისისა და აწყურის ხელოვნურ ტერასებს, მათი ნაწილი აღდგენილია და კვლავ გამოყენებულია ვენახისა და ხეხილის ბაღებისათვის.

მესხეთის ხელოვნური ტერასების ნიადაგების დეტალური გამოკვლევა დღემდე არ ჩატარებულა. მათ შესახებ მასალებს ვხვდებით ბ. კლოპო-

ტოვსკის [1—3], რ. დვალის, [4], მ. გეგეშიძის [5], მ. საბაშვილის [6], ვ. ამბოჯაძისა [7] და ნ. კვარაცხელიას [8] შრომებში.

ამ ნიადაგების შესწავლა საინტერესო, სადღეისო საკითხია როგორც პრაქტიკული, ისე თეორიული თვალსაზრისით.

მესხეთის ხელოვნური ტერასების ნიადაგების ფიზიკური და ქიმიური თვისებები ჩვენ შევისწავლეთ სოფლებში — საროში, ხიზაბავრაში, ტოლოშში, ხერთვისში, თმოგვში, ვარძიასა და აწყურში. გამოკვლევის შედეგები წარმოდგენას იძლევა ამ ნიადაგების კულტურული მდგომარეობის, ნაყოფიერების ამაღლებისა და მორწყვის ღონისძიებებზე, ვაზისა და ხეხილისათვის მათი კვლავ გამოყენების მიზნით.

კვლევა ტარდებოდა შედარებითი მეთოდით. ამ მიზნით შეისწავლებოდა: დაუტერასებელი ფერდობის (ყამირი), მიტოვებული ტერასის (გაყამირებული) და ვენახითა და ბალით დაკავებული ტერასების კულტურული ნიადაგები.

ყამირის ვარიანტად შერჩეულ იქნა სოფ. ხიზაბავრის სამხრეთ-დასავლეთი ექსპოზიციის 12—15⁰-ით დახრილ ფერდობზე განვითარებული ტყის ყავისფერი ნიადაგი. რომელიც ჰუმუსიანი ფენის მცირე სისქით, ზედა ფენებიდანვე კარბონატულობითა და ხირხატეობით ხასიათდება. ზედა ფენა ოდნავ გაკორდებულია, შემდეგ ფენებში კი ჭარბობს ვულკანური ქანის ნატეხები, რომლებიც არეულია ლიოსისებრ წვრილმიწაში.

ხელოვნური ტერასების ნიადაგები მორფოლოგიურად მკვეთრად განსხვავდებიან ყამირისაგან. მათ ახასიათებთ ჰუმუსიანი ფენისა და მთელი პროფილის მეტი სისქე, მუქი-რუხი შეფერილობა, მარცვლოვან-კოშტოვანი სტრუქტურა, ნაკლები ხირხატეობა და Ca-ის კარბონატების ნაკლები შემცველობა.

ამ ნიადაგების ქიმიური ანალიზის მონაცემებიდან ირკვევა (ცხრილი 1), რომ ყამირი ზედა-კორდიან ფენაში 5,2% ჰუმუსს შეიცავს, რაც რამდენადმე გადიდებული უნდა იყოს უწვრილესი ფესვების ხარჯზე. მომდევნო ფენებში ჰუმუსის შემცველობა მკვეთრად მცირდება 0,66%-მდე. პროფილში საერთო აზოტის განაწილება სრულ კორელაციაშია ჰუმუსის შემცველობასთან. ჰიდროლიზადი აზოტი ზედა ფენაში საკმაოდ რაოდენობითაა, სიღრმით კი თანდათანობით მცირდება. მცირეა ხსნადი ფოსფორი და კალიუმი.

ტერასების ნიადაგების ზედა ფენა ჰუმუსის შემცველობის მხრივ არ ჩამოუვარდება ყამირის კორდიან ფენას (3,05—6,00%), ხოლო შემდგომ ფენებში მისი რაოდენობა, ყამირთან შედარებით, საკმაოდ მაღალია და მთელ პროფილში თითქმის თანაბარ მნიშვნელობას ინარჩუნებს. გაკულტურების შედეგად გაზრდილია ჰიდროლიზადი აზოტის შემცველობა, რომელიც ძველი ბალით დაკავებული ნიადაგის ზედა ფენაში აღწევს 11,6 მგ-ს 100 გ ნიადაგში. აქვე მაღალია საერთო ფოსფორის შემცველობა. მიუხედავად ამისა, მცენარისათვის შესათვისებელი ფოსფორი მცირეა, ხსნადი კალიუმის რაოდენობა ტერასების ნიადაგებში, ყამირთან შედარებით, მნიშვნელოვნად გაზრდილია.



ქიმიური ანალიზის მონაცემები

33. "მათემატიკა", L, № 2, 1968

ნიადაგი, ადგილმდებარეობა და სავარგულო	სიღრმე სმ-ით	ჰუმუსი % -ით	აზოტი		ფოსფორი		გაყვანილობის კოეფიციენტი	CaCO ₃ % -ით	ფერმენტის რაოდენობა pH მასში	შთანქობადობის მნიშვნელობები ლეტობით		
			საერთო % -ით	ჰიდროლ. მგ 100 გ ნიაღ.	საერთო % -ით	ხსნადი, მგ 100 გ ნიაღ.				Ca	Mg	ჯამი
ტყის ყავისფერი, მცირე სისქის, ყამირი, სოფ. ხიზაბავრა, კრ. 5	0-13	5,20	0,26	8,82	0,11	1,055	10,3	9,84	7,3	22,05	4,20	26,25
	15-25	1,43	0,08	3,24	0,09	0,232	4,8	7,79	7,7	21,00	6,96	27,96
	35-45	0,72	0,04	2,91	—	0,203	2,4	11,48	7,8	20,16	4,16	24,96
	62-72	0,66	—	—	—	—	—	13,94	7,9	—	—	—
ტყის ყავისფერი, მიტოვებული ტერასა, გაყამირებული, სოფ. ხიზაბავრა, კრ. 4	0-10	3,62	0,20	4,11	0,12	0,630	16,8	10,66	7,5	23,65	9,45	33,10
	30-40	2,37	0,12	1,76	0,13	0,420	15,4	8,20	7,8	23,10	9,45	32,65
	60-70	0,90	0,05	1,76	0,10	0,310	6,5	11,48	7,6	19,00	6,30	25,30
	100-110	0,37	—	—	—	—	—	10,25	7,8	—	—	—
ივივე, ათვისებული ტერასა, ვენახი, ურწყავი, სოფ. ხიზაბავრა, კრ. 6	0-10	3,05	0,15	5,29	0,28	1,890	67,2	3,69	—	22,05	4,20	26,25
	20-30	2,81	0,14	5,88	0,28	1,805	41,5	4,92	—	23,10	5,25	28,35
	40-50	2,10	0,11	—	0,26	0,840	44,2	4,10	—	22,05	6,30	28,35
	65-75	1,97	—	—	—	—	—	4,10	—	23,32	9,54	32,86
95-105	1,70	—	—	—	—	—	2,87	—	22,01	5,25	27,26	
ივივე, მიტოვებული ტერასა, გაყამირებული, ნავენახარი, სოფ. სარო, კრ. 1	0-10	5,56	0,26	7,86	0,29	0,216	115,0	9,84	—	29,16	7,56	36,72
	25-35	2,95	0,16	5,34	0,27	2,756	24,0	8,61	—	23,32	8,72	32,04
	50-60	2,35	0,12	—	0,22	0,856	23,3	9,43	—	22,47	8,91	31,38
	92-102	2,44	—	—	—	—	—	12,30	—	—	—	—
ივივე, ათვისებული ტერასა, ხეხილის ბაღი ნავენახარზე, სარწყავი, სოფ. სარო, კრ. 3	0-10	4,76	0,22	8,89	0,35	1,284	82,8	6,56	—	23,54	8,56	32,10
	25-35	3,27	0,16	4,75	0,35	0,212	36,7	8,20	—	23,32	8,48	31,80
	50-60	2,87	0,15	—	0,31	0,428	25,0	8,20	—	24,65	9,63	34,28
	78-88	2,50	—	—	0,26	—	—	9,43	—	—	—	—
ივივე, ათვისებული ტერასა, ბაღი, სარწყავი, სოფ. ტოლოში, კრ. 8	0-12	6,00	0,31	11,60	0,28	3,150	25,7	1,20	7,8	—	—	—
	20-30	1,89	0,10	4,66	0,28	1,456	20,2	1,19	7,6	—	—	—
	50-60	1,56	0,09	2,84	0,28	0,832	16,8	1,21	7,6	—	—	—
	100-110	0,68	—	—	0,29	—	—	1,23	8,0	—	—	—

სტრუქტურული მემორიალი
 მცხეთის ხელოვნური ტერასების ქულტურული ნიადაგების შესახებ
 465



უფრო თვალსაჩინო სურათს იძლევა ნახევარმეტრიან ფენაში ჰუმუსის რაგის მაჩვენებლები. ყამირზე იგი 104,7 ტონას, მიტოვებულ ტერასებზე — 128,1 ტონას, ხოლო გაკულტურებული ტერასის ნიადაგში 170 ტონას შეადგენს ჰექტარზე.

მიუხედავად იმისა, რომ ხელოვნური ტერასების ნიადაგების მნიშვნელოვანი ნაწილი მიტოვებულია, მათ თითქმის არ განიცადეს ეროზიული პროცესების მავნე მოქმედება და დღემდე შეინარჩუნეს მაღალი ნაყოფიერება.

ტერასების ნიადაგები Ca-ის კარბონატების მეტნაკლები შემცველობითა და სუსტი ტუტე რეაქციით ხასიათდებიან.

ყამირთან შედარებით, ხელოვნური ტერასების ნიადაგებში საგრძნობლად გაზრდილია შთანთქმული ფუძეების რაოდენობა, რაც დაკავშირებული უნდა იყოს ამ ნიადაგების ორგანული და მინერალური კოლოიდების გადიდებასთან.

წყლით გამოწურვის ანალიზის შედეგებმა გვიჩვენა, რომ ტერასებზე ნიადაგის დამლაშებას ადგილი არ აქვს.

ცხრილი 2

გრანულომეტრული, მიკროაგრეგატული და აგრეგატული შედგენილობა

ჭრილის ნომ- რები	სიღრმე სმ-ით	გრანულომეტ- რული შედგენი- ლობა % -ით		მიკროაგრეგა- ტული შედგე- ნილობა % -ით		დისპერსიული- ბის კოეფიციენტი	აგრეგატული შედგენილობა %-ით				>0,25 ჯამი
		<0,001	<0,01	<0,001	<0,01		>3	3-1	1-0,25	<0,25	
5	0-13	—	—	—	—	—	7,0	20,0	29,1	43,9	56,1
	15-25	—	—	—	—	—	15,6	22,0	21,7	39,9	60,1
4	0-10	20,70	43,26	4,66	15,62	22,5	14,8	36,2	24,2	24,8	75,2
	30-40	16,80	42,46	4,77	21,00	16,4	12,9	32,8	20,6	33,7	66,3
	60-70	14,57	42,63	—	—	—	—	—	—	—	—
	100-110	18,35	43,18	—	—	—	—	—	—	—	—
6	0-10	15,71	37,21	3,28	18,61	20,6	3,7	22,8	25,3	48,2	51,8
	20-30	20,03	44,65	7,48	25,75	37,3	10,6	48,4	21,5	19,5	80,5
	40-50	21,50	39,40	7,73	26,92	35,9	5,0	41,1	19,6	34,3	65,7
	65-75	22,34	43,16	—	—	—	—	—	—	—	—
	95-105	14,53	26,67	—	—	—	—	—	—	—	—
1	0-10	26,78	55,30	5,31	41,60	19,8	4,5	57,3	18,3	19,9	80,1
	25-35	30,82	56,09	6,87	47,70	22,2	7,0	43,4	19,7	28,9	73,1
	50-60	27,78	56,20	—	—	—	—	—	—	—	—
	92-102	22,30	51,03	—	—	—	—	—	—	—	—
3	0-10	42,46	69,12	12,82	35,05	30,3	7,1	59,2	14,1	19,6	80,4
	25-35	41,59	69,32	11,53	37,44	27,9	2,3	52,7	18,1	29,9	73,1
	50-60	42,84	60,48	—	—	—	—	—	—	—	—
	78-88	35,15	51,56	—	—	—	—	—	—	—	—

განხილული ნიადაგები გრანულომეტრული შედგენილობის მიხედვით (ცხრილი 2) საშუალო და მძიმე თიხნარებს მიეკუთვნება. მათში თიხისა და, განსაკუთრებით, ლამის ფრაქცია საკმაოდ მაღალ მაჩვენებელს აღწევს. ტერასების ნიადაგები საკმაოდ კარგი მიკროაგრეგატულობით ხასიათდებიან, რაც აგრეთვე მათი გაკულტურების მაჩვენებელია.



ხელოვნური ტერასების ნიადაგებში გაკულტურების შედეგად, ყამირთან შედარებით, გაზრდილია წყალგამძლე აგრეგატების რაოდენობა და ნაკლებად შეიმჩნევა გამტვერიანება. ვენახითა და ბალით ათვისებული ტერასის ნიადაგში გაზრდილია აგრეთვე აგრონომიულად საუკეთესო ზომის აგრეგატების (3—1 მმ) რაოდენობა 59,2%-მდე მაშინ, როცა ყამირში მისი რაოდენობა 22,0%-ს არ აღემატება.

ზემოთ მოყვანილი მონაცემები და არსებული ბალ-ვენახების მდგომარეობის ანალოზი იმაზე მიუთითებს, რომ მესხეთის პირობებში ტერასების გამოყენება ვაზისა და ხეხილისათვის ამ კულტურათა უხვი და ხარისხოვანი პროდუქციის მიღების გარანტიას იძლევა.

დასკვნა

1. მესხეთის სამხრეთ-აღმოსავლეთი ნაწილის მთაგორიანი და კლდიანი რელიეფი, ნალექების სიმცირე, ცხელი და მშრალი ზაფხული აძნელებს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ინტენსიურ წარმოებას. ამ მდგომარეობის გამოსწორების მიზნით ერთადერთი საუკეთესო ღონისძიებაა ტერასული მეურნეობის წარმოება, რის ნათელ მაგალითსაც წარმოადგენს შუა საუკუნეებში შექმნილი ხელოვნური ტერასები.

2. ხელოვნური ტერასების ნიადაგებში გაკულტურების შედეგად აშკარად შეიმჩნევა ჰუმუსისა და მცენარისათვის აუცილებელი საკვები ელემენტების (აზოტი, ფოსფორი, კალიუმი) რაოდენობის ზრდა, აგრეთვე, შთანთქმული ფუძეების მომატება.

3. ყამირთან შედარებით, ტერასების ნიადაგებში საგრძნობლად გაუმჯობესებულია ფიზიკური თვისებების ძირითადი მაჩვენებლები, მიკროაგრეგატული და აგრეგატული შედგენილობა, რაც ხელსაყრელ პირობებს ქმნის მცენარის ნორმალური ზრდა-განვითარებისათვის.

4. მიუხედავად იმისა, რომ ხელოვნური ტერასების უმეტესი ნაწილი მიტოვებულია, ნიადაგმა დღემდე შეინარჩუნა მაღალსაყოფიერება და არ განიცადა ეროზიული პროცესების გავლენა.

5. მესხეთის ხელოვნური ტერასების გავრცელების ზოლში აგროკლიმატური და ნიადაგური პირობები ძირითადად აკმაყოფილებს ვაზისა და ხეხილის მოთხოვნილებებს. ამდენად მორწყვის პირობებში მათი აღდგენა და კვლავ გამოყენება ვაზისა და ხეხილისათვის გადაუდებელ სადღეისო ამოცანად უნდა იქნეს მიჩნეული.

ნიადაგმცოდნეობის, აგროქიმიისა და

მელიორაციის ინსტიტუტი

თბილისი

Р. А. ПЕТРИАШВИЛИ

О КУЛЬТУРНЫХ ПОЧВАХ ИСКУССТВЕННЫХ ТЕРРАС МЕСХЕТИ

Резюме

Месхети — древнейший земледельческий край Южной Грузии. Высокую культуру его земледелия доказывают искусственные террасы, созданные умелыми руками в феодальную эпоху. Эти террасы встречаются на крутых склонах в ущелье р. Куры от Вардзия до Аспиндза. Ранее на этих террасах произрастали сады и виноградники. Но на сегодняшний день они заброшены и только небольшая часть используется под эти культуры.

Нами изучены сравнительным методом в сс. Саро, Хизабавра, Толоши, Хертвиси, Тмогви, Вардзия, Аспиндза и Ацкури почвы нетеррасированных склонов (целинная), заброшенных террас, а также террас, занятых виноградниками и садами (культурная).

Проведенными исследованиями в почвах искусственных террас обнаружено повышенное содержание гумуса, гидролизуемого азота, усвояемого калия и поглощенных оснований (по сравнению с целиной).

Как в целине, так и в почвах искусственных террас растворимый фосфор содержится в малом количестве. Анализы водных вытяжек показали, что эти почвы незасоленные.

По сравнению с целиной, в почвах искусственных террас улучшены основные показатели физических свойств (содержание водопрочных агрегатов, микроагрегатность и др.). Несмотря на то что большая часть искусственных террас давно заброшена, почвы их сохранили до настоящего времени высокое плодородие и, по сравнению с целиной, не подвергаются процессам эрозии.

При орошении почвы заброшенных террас Месхети можно вновь использовать под сады и виноградники с получением продукции высокого качества.

დაბოლოებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ბ. კლოპოტოვსკი. საქართველოს სსრ ნიადაგმცოდნეობის ინსტიტ. შრომები, I, 1948.
2. Б. А. Клопотовский. В сб.: «Джавахетия», Тбилиси, 1933.
3. Б. А. Клопотовский. Труды Ин-та географии АН ГССР, т. V, вып. I, 1950.
4. Р. Р. Двали. К вопросу механизации горного земледелия. Тбилиси, 1964.
5. მ. გეგეშვიძე. სარწყავი მიწათმოქმედება საქართველოში. თბილისი, 1961.
6. მ. საბაშვილი. საქართველოს სსრ ნიადაგები. თბილისი, 1965.
7. В. А. Амбокадзе. В сб.: «Охрана природы», Тбилиси, 1965.
8. ნ. კვარაცხელია. საქართველოს ნიადაგმცოდნეობის ინსტიტ. შრომები, ტ. XI, 1965.

Ж. Ш. ДОЛИДZE

К ИЗУЧЕНИЮ АКЧАГЫЛЬСКОЙ ФЛОРЫ КВАБЕБИ

(Представлено академиком Л. Ш. Давиташвили 31.1.1968)

В Цителцкарройском районе акчагыльские отложения хорошо представлены и содержат большое количество органических остатков. В ущелье р. Иори и его окрестностях имеются многочисленные выходы флороносных акчагыльских слоев. Северо-западнее с. Бодбе, у подножья горы Квабеби обнажаются акчагыльские отложения, в которых нами были найдены остатки акчагыльских растений. Здесь в сероватых глинистых песчаниках были обнаружены отпечатки листьев следующих растений: *Salix alba* L., *Populus tremula* L., *Alnus hoernesi* Stur., *Corylus avellana* L., *Ulmus suberosa* L., *Zelkova carpinifolia* Pall., *Sorbus caucasigena* Kom., *Pyrus caucasica* L., *Ilex horrida* Sap., *Ligustrum vulgare* L., *Viburnum orientale* Pall.

Большинство вышеперечисленных растений вообще характерно для акчагыльской флоры. Такие растения, как *Salix*, *Populus*, *Ulmus*, *Zelkova*, *Ligustrum*, встречаются почти во всех известных нам местонахождениях акчагыльской флоры. *Pyrus caucasica* L. ранее уже отмечалась И. В. Палибининым [1], но, так как образец был плохой сохранности, он вызывал некоторое сомнение. Повторное нахождение этого вида в акчагыльских отложениях подтверждает достоверность их существования в акчагыле.

Интересна находка отпечатков листьев *Alnus hoernesi* Stur. и *Viburnum orientale* Pall. Ранее эти растения не были известны во флоре акчагыла, однако мы уже второй раз находим их остатки в виде отпечатков листьев. В акчагыльских отложениях, обнажающихся в окрестностях с. Муганло был найден отпечаток листа *Alnus hoernesi* Stur. хорошей сохранности [2]. Также хорошо сохранились отпечатки листьев *Viburnum orientale* Pall., найденных в акчагыльских отложениях Алпатрис-хеви [3], где вид этот встречался, видимо, в горных лесах, по ущельям. Род *Viburnum* в мелу был широко распространен в северном полушарии, вид известен из апшеронских отложений. В настоящее время в Грузии род *Viburnum* представлен тремя видами. *V. orientale* Pall. широко распространен в лесах Кавказа. *Alnus hoernesi* Stur. — вымерший вид.



Долгое время остатки этого вида отмечались только в сарматских отложениях, поэтому предполагалось, что в постсарматское время вид этот не существовал. В последнее время, однако, остатки *Alnus hoernesii* Stur. были обнаружены в ископаемых флорах Дуаби и Гумисты [4]. Предполагалось, что это растение встречалось здесь локально, ввиду наличия пригодных для него условий существования.

Находка отпечатков листьев *Alnus hoernesii* Stur. в акчагыльских отложениях Восточной Грузии свидетельствует о том, что на территории Грузии вид этот существовал непрерывно от сармата до четвертичного периода.

Интересна находка отпечатка листа черешчатого дуба *Quercus robur* L. В ископаемом состоянии в Европе и Европейской части СССР известна ее предковая форма *Q. pseudorobur* L. Вид отмечен из плиоценовых отложений Болгарии и СССР. В Грузии отмечается *Q. pedunculata* Ehrh., который считается синонимом *Q. robur* L.

В собранной нами коллекции оказались остатки представителя семейства *Rosaceae*—*Sorbus caucasigena* Kom. Род *Sorbus* известен главным образом в сарматских отложениях. В Грузии во флоре Вале представлен *Sorbus aucuparia* L. [5], который очень похож на вид, определенный нами. Здесь же должны отметить, что некоторые ученые отождествляют оба эти вида. Однако исследователи кавказской флоры не разделяют этого взгляда и выделяют самостоятельный кавказский вид *S. caucasigena* Kom. Ранее этот вид не отмечался в акчагыльской и вообще в плиоценовых флорах Грузии. В настоящее время представители рода *Sorbus* распространены в умеренном поясе Северного полушария. *Sorbus caucasigena* Kom.—порода субальпийских лесов Кавказа.

Особый интерес представляет находка остатков вечнозеленого растения *Ilex horrida* Sap. в акчагыльских отложениях. Для акчагыльской флоры характерны листопадные растения, вечнозеленые же почти не известны в ее составе. *Ilex horrida* Sap.—вымерший вид. Впервые этот вид установлен в олигоценовой флоре Франции. В Грузии известен только в плиоценовой флоре Кодори [6]. Предполагается, что он существовал во флоре как Западной, так и Восточной Грузии. Видимо, в акчагыльское время для существования этого вечнозеленого вида было достаточно и тепла, и влаги. *Ilex horrida* Sap. здесь был бы представлен компонентом подлеска.

Растения, остатки которых представлены в нашей коллекции, сейчас известны в основном на территории Европы, Европейской части СССР и Кавказа. К их прошлому ареалу распространения добавляется Средиземноморье и Малая Азия.

Ниже мы приводим таблицу геологического и географического распространения, а также краткую экологическую характеристику вышеперечисленных видов (см. таблицу).



Название видов	Стратиграфическое распространение	Географическое распространение	Биоэкологическая характеристика
<i>Salix alba</i> L.	Меловой, третичный и четвертичный периоды (Северное полушарие)	Умеренная и холодная зона Северного полушария	Вдоль рек и дорог, в лесах и кустарниках. В горах до высоты 1600 м
<i>Populus tremula</i> L.	Плиоцен. Антропоген (СССР). Понт (мыс Пицунда). Чауда (Гурия). Акчагыл (Шираки)	Евразия, на Кавказе — повсюду	Светолюбив. В лесах, в том числе и в пойменных, а также по опушкам. Нетребователен к почвам. В городах до субальпийской зоны
<i>Alnus hoernesii</i> Stur.	Сармат (Венгрия, Вена, Амросиевка, Шираки). Киммерий (Дуаб). Среднечетвертичные отложения Гуристы		
<i>Corylus avellana</i> L.	Миоцен. Плиоцен (Средняя Европа, Франция, Европейская часть СССР, на Кавказе — Сухуми, Дуаби) Чаудинские отложения Гурии	Европа, Европейская часть СССР. Средиземноморье, Малая Азия, Крым, весь Кавказ	На побережьях рек и озер, на горных склонах. Теневынослив. Во всех вертикальных зонах, до субальпийского пояса на высоте 2300 м
<i>Quercus robur</i> L.	Сармат (Средняя Европа и СССР). Плиоцен (Болгария). Апшеронские отложения Шираки	Европа, Европейская часть СССР, Крым, Северный Кавказ, северная часть побережья Каспийского моря	На богатых аллювиальных, песчаных, глинистых и подземистых почвах
<i>Ulmus suberosa</i> L.	Третичный период (Средняя и Южная Европа, Средиземноморье, Малая Азия, Кавказ)	Восточная Европа, Средиземноморье, Малая Азия, Кавказ, Европейская часть СССР	В среднем горном поясе в ущельях, на склонах, в предгорьях, вдоль дорог.



საბუნებისმეტყველო
მეცნიერებათა ინსტიტუტი

Продолжение таблицы

Название видов	Стратиграфическое распространение	Географическое распространение	Биоэкологическая характеристика
<i>Zelkova carpini-folia</i> Pall.	Третичный период (Средняя и Южная Европа, Средиземноморье, Малая Азия, Кавказ, Япония)	Малая Азия, Закавказье	Дерево низинных лесов. По берегам рек и в глубоких горных ущельях. Свето- и теплолюбив
<i>Sorbus caucasigena</i> Kom.	Сармат (Украина, Армавир). Пliestоцен (Дагестан)	Умеренный пояс Северного полушария, в частности Кавказа	Светолюбив. В лесах. Субальпийский пояс на высоте 2400 м
<i>Pyrus caucasica</i> Fed.	Сармат Крынки. Пliestоцен Грузии. Акчагыл (Квабеби)	Средняя и Южная Европа, западная Азия, Кавказ	В низинных и горных лиственных лесах до высоты 1200 м
<i>Ligustrum vulgare</i> L.	Четвертичные отложения (р. Сена). Миоцен (Армавир). Сармат (Вале). Акчагыл (Шираки)	Средняя Европа, Средиземноморье, Западная Украина, Молдавия, Крым, Кавказ	На открытых склонах, берегах рек и опушках лесов. В горах до высоты 1500 м.
<i>Hex horrida</i> Sap.	Олигоцен — плиоцен		В лесах умеренно теплого, субтропического и тропического климатов. Вечнозеленый кустарник, вероятно, рос в подлеске
<i>Viburnum orientale</i> L.	Апшеронский ярус (Азербайджан)	Малая и Западная Азия, Кавказ	В ущельях нижнего и среднего горных поясов. Кустарник подлеска. В горах до высоты 1800 м

Ж. Ш. Долгидзе

Как видим, в изученных местонахождениях представлены листопадные деревья и кустарники, при участии только одного вечнозеленого вида. Такой систематический состав растений свидетельствует об умеренно теплых климатических условиях.

Изученные ископаемые растения характерны в основном в нижнем или среднем поясе гор. Однако некоторые из них характеризуются широкой амплитудой вертикального распространения (в особенности же белая ива и лещина).

Здесь представлены пойменные и низменные растения, а также растения всех горных зон, вплоть до субальпийской. Это склоняет нас к мысли, что в упомянутой местности рельеф был горный. Мы предполагаем следующее вертикальное распространение определенных нами компонентов акчагыльской флоры: на низменности, вероятно по берегам рек, встречались ива белая, ольха, черешчатый дуб; выше, в лесах нижнего и среднего горного пояса, произрастали лещина, ильм, дикая груша, калина и др.; по берегам рек, на аллювиальных почвах, видимо, росли ива белая и осина; в верхнем горном поясе принимали участие лещина и рябина; по опушкам леса, на горных и скалистых склонах росли рябина кавказская, груша дикая, бирючина и др.

Изучение ископаемой флоры, обнаруженной у подножья горы Квабеби, расширило и уточнило сведения о систематическом составе акчагыльской флоры, создало представление о рельефе этого места, растительности, частично о гидрологических, климатических и эдафических условиях.

Академия наук Грузинской ССР
Институт палеобиологии
Тбилиси

(Поступило в редакцию 31.1.1968)

პალეობიოლოგია

ჟ. ღოღობა

ქვაბების აქჩაგილური ფლორის შესწავლისათვის

რეზიუმე

აღმოსავლეთ საქართველოში, მთა წამდვილი ქვაბების ძირში ნაპოვნია აქჩაგილური ასაკის ფლორა, საიდანაც განვსაზღვრეთ მცენარის 12 სახეობა. მათ შორის აქჩაგილური ასაკისათვის პირველად აღნიშნული: *Alnus hoernesi* Stur., *Corylus avellana* L., *Quercus robur* L., *Sorbus caucasigena* Kom., *Ilex horrida* Sap.

მცენარეთა ასეთი შედგენილობა შეესაბამება აქჩაგილური მცენარეულობის საერთო ეკოლოგიურ ხასიათს. გამონაკლისს წარმოადგენს მარადმწვანე მცენარე *Ilex horrida* Sap.



კოლექციაში ძირითადად წარმოდგენილია რეცენტული სახეები, მათ შორის ორი სახე — *Alnus hoernesii* Stur. და *Ilex horrida* Sap.—გადაშენებული მცენარეებია. მათი ნამარხი ნაშთები საქართველოს ტერიტორიაზე აფხაზეთიდანაა ცნობილი.

აღნიშნულ ადგილზე წარმოდგენილია ზომიერად თბილი ჰავის დამახასიათებელი ფოთოლმცვენი ხეები და ბუჩქები. ნამარხი ფლორის ამ ახალი კოლექციის შესწავლამ საშუალება მოგვცა აღვედგინა მცენარეული საფარი, რელიეფი, კლიმატური და ედაფური პირობები აქჩაგილურ დროს აღნიშნული ტერიტორიის ფარგლებში.

დასოფნობაზე ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. В. Палибин, Т. С. Цырина. Труды Нефтяного геолого-разведочного ин-та сер. А, вып. 29, М.—Л., 1934.
2. ჟ. დოლიძე. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XL, № 2, 1965.
3. ჟ. დოლიძე. მონაცემები აქჩაგილური ფლორის შესახებ ალფატრის ხევიდან. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ასპირანტთა და ახალგაზრდა მეცნიერ მუშაკთა XIV სამეცნიერო კონფერენციის მოხსენებათა თეზისები. თბილისი, 1963.
4. И. К. Ратиани, Б. А. Соловьев. Сообщения АН ГССР, т. XL, № 2, 1965.
5. Л. Т. Челидзе. Флора туфогенных отложений Вале. Автореферат, Тбилиси, 1965.
6. А. А. Колаковский. Плиоценовая флора Кодора. Изд. АН ГССР, Сухуми, 1964.

ЗООЛОГИЯ И ПАРАЗИТОЛОГИЯ

Г. А. КАКУЛИЯ

К ИЗУЧЕНИЮ РОДА *PANAGRODONTUS* THORNE, 1935
(*NEMATODA*, *PANAGROLAIMIDAE*)

(Представлено членом-корреспондентом Академии А. П. Каландадзе 6.12.1967)

Роды *Panagrodontus* Thorne, 1935 и *Panagrolaimus* Fuchs, 1930 входят в подсемейство *Panagrolaiminae* Thorne, 1937. В диагнозе этих двух родов значительным отличительным признаком является наличие зубов в стоме, тогда как части стомы (хейло, промезо, мета и телостома с их рабдионами) не изменены, т. е. панагролаймоидны.

Ввиду того что в дифференцировке родов, входящих в семейство *Panagrolaimidae*, наличие зубов и онхов имеет большое таксономическое значение и терминология этих образований иногда вызывает недоразумение, считаем нужным ввести в практику предложенные Филиппьевым, а затем А. А. Парамоновым [1] термины „зуб“ и „онх“, а именно называть подвижное пластичное образование зубом (*Dentis*), а маленькое неподвижное образование онхом (*das kleine Zähnpchen*).

Согласно исследованиям Оше [2], зуб, как правило, должен находиться на метастоме. Автор указывает, что он образовался из туберкулы метастомы, „оставаясь производным метастомным туберкул“. Типичным представителем, имеющим подобные образования в стоме, является описанный ниже *Panagrodontus breviureus* n. sp. У представителей рода *Panagrodontus* описано aberrантное расположение зубов и онхов, которое, однако, не нарушает границы рабдионов стомы. Так, например, у представителей рода *Panagrodontus*—*P. tigrodon* в стоме-протостоме Фукс отметил наличие зуба (онха). Впоследствии Торн указал на его наличие в мезостоме на мезорабдионе. Таким же aberrантным случаем является наличие пластичного зуба в стоме на спинном мезорабдионе у *Panagrodontus dentatus*.

Считаем нужным привести мнение А. А. Парамонова [1, 3] о роде *Panagrolaimoides* Ivanova, 1958. Как указывает автор рода *Panagrolaimoides* Т. С. Иванова [4], основанием выделения рода является наличие в стоме на простоме и мезостоме нематоды по одной паре горизонтально расположенных зубов.

В основном этим признаком указанный род отличается от других родов, входящих в подсемейство *Panagrolaiminae*. В наших материалах в стоме представителей рода *Panagrodontus* подмечены aberrантные явления распо-



ложения зубов и онхов, здесь же описывается типичный представитель рода *Panagrodontus* Thorne, 1935.

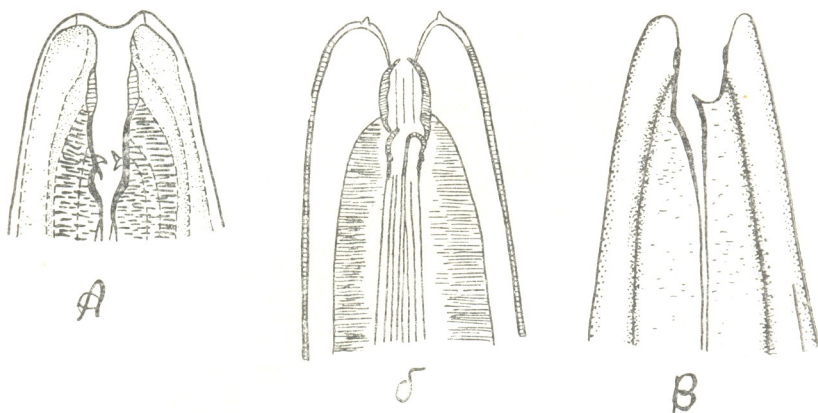


Рис. 1. А—Головной конец *P. armatus* Thorne, 1937; Б—головной конец *P. multidentatus* Ivanova, 1958; В—головной конец *P. breviureus* n. sp.

На рис. 1 приводим границы частей (рабдионов) стомы и вариации ее архитектоники у представителей рода *Panagrodontus* (*P. armatus*, *P. breviureus* n. sp.) и *Panagrolaimoides multidentatus*.

В результате анализа мы имеем возможность сказать о *Panagrolaimoides multidentatus*, что, по-видимому, на рисунке, представленном Т. С. Ивановой [4], наличие „зуба“ на прорабдионе является ошибкой. На этом же рисунке в результате неправильной интерпретации нарушены границы частей стомы. Как указывает А. А. Парамонов [1, 3], „зуб“, представленный Т. С. Ивановой, является склеротизированной подвижной губой и негомологичен зубу.

Таким образом, по нашему мнению, описанные Т. С. Ивановой [4] род *Panagrolaimoides* и вид *P. multidentatus* недостаточно обоснованы и являются *Panagrodontus*.

Panagrodontus breviureus Kakulia n. sp.

В 1963 г. при исследовании трухи из ходов жуков большого соснового лубоеда (*Blastophagus piniperda* L.) и малого соснового лубоеда (*Blastophagus minor* Hart.) были найдены половозрелые формы нематод (14 ♀♀, 12 ♂♂).

Микроскопическое изучение этих нематод показало, что они являются представителями рода *Panagrodontus* Thorne, 1935. Мы их описываем как новый вид.

Panagrodontus breviureus Kakulia n. sp.

Ниже приводим промеры (рис. 2).

♀ ♀ n=14 L=518—595 мк; a=18,59—19,92; b=4,98—5,40; c=12,39—12,95; v%=58,82—62,42.

♂ ♂ n=12 L=475—570 мк; a=16,28—19,00; b=4,84—4,95; c=12,05—12,66; Spic.=20—24 мк; Gub.=9—12 мк.

Голотип: ♀ L=545 мк; a=19,58; b=4,23; c=12,67; v%=61,46.

Аллотип: ♂ L=490 мк; a=17,50; b=4,66; c=12,32; Spic.=22 мк; Gub.=10 мк.

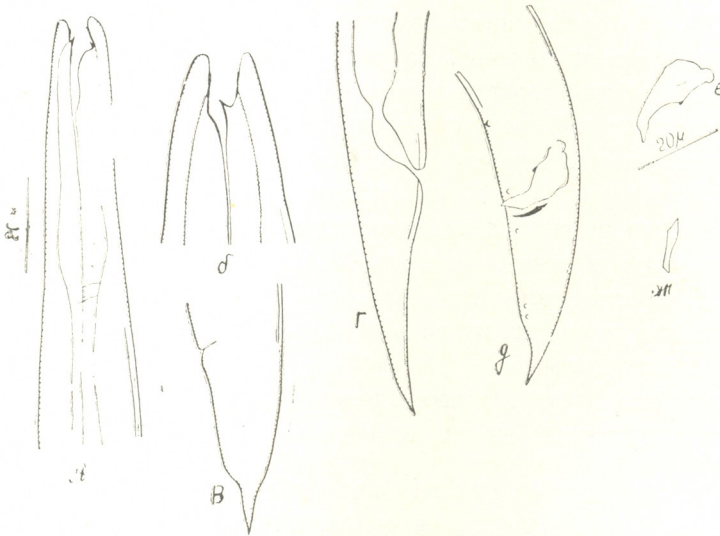


Рис. 2. а, б—Головной конец *P. breviureus* n. sp.; в—хвостовой конец самки; г—хвостовой конец личинки; д—хвостовой конец самца; е—спикула; ж—рулек

Описание вида

Тело нематоды покрыто слабо выраженной кутикулой кольчатой структуры. Ширина кутикулярного кольца равняется 1,12 мк.

Шесть головных бугров одинаковой высоты, округлые и заметно отделяются от тела и друг от друга. Стома анизотопная (длина 8—9 мк, ширина 5—8 мк), чашеобразной формы, стенки сильно склеротизированы. Хейлостома узкая, хейлорабдионы не отделены от прорабдионов. Промезостома больше хейлостомы, и рабдионы имеют различную толщину. Прорабдионы образуют несколько кольцеобразных утолщений.

На границе хейлостомы и промезостомы не отмечено никаких образований. Промезостома переходит в метастому. Около этого соединения в метастоме виден один субвентральный зуб. От его основания к промезостоме



направлен дорзальный крупный зуб, острие которого достигает промежностомы. В основании зуба виден один микронх (возможно, количество микронхов больше, но на фиксированном материале виден лишь один). Телостома короткая, воронкообразной формы. Корпус пищевода цилиндрической формы, широкий, постепенно переходит в истмус. Его длина превышает длину истмуса (45—48: 30—35 мк). Просвет пищевода широкий и хорошо виден. Нервное кольцо помещается в передней части истмуса, выделительная пора на фиксированном материале не видна.

Самка. Вульва находится в задней половине тела (58,82—60,40%). Губы чуть выпуклы, задняя часть половой трубки не достигает ануса. Она занимает 80—85% расстояния от вульвы до анального отверстия. Влажлище имеет прямое положение. Матка короткая синхронно, в ней находится одно или два яйца, хвост конический, короткий (40—48 мк), терminus короткий, заостренный, заметно выделяется.

Самец. Гонада длинная и широкая. Спикулы (одна пара) панагролаймоидны (размером 20—24 мк), короткие, широкие и не сращены. На вентральной стороне спикул виден отросток (рис. 2), рулек (длиной 9—12 мк) чуть загнут и к концу заострен. Хвост короткий (длиной 39—45 мк) и тупой. На хвосте размещено шесть пар папилл: одна пара аданально-вентрально, две пары преанально-вентрально, три пары постанально-вентрально и одна дорзально.

Личинка. Хвост личинки длинный, по сравнению с хвостом самки, конусообразный, хорошо выражено анальное отверстие.

Дифференциальный диагноз

Обнаруженный нами вид *P. breviureus* n. sp. по своим анатомо-морфологическим признакам близок к *P. dentatus* и *P. armatus*, но отличается от них следующими признаками:

1. У *P. breviureus* n. sp., по сравнению с *Panagrodontus*, имеется своеобразный хвост, особенно отличающийся у самок. Терminus хвоста у самок *P. breviureus* n. sp. резко отделяется от тела нематоды.

2. У *P. dentatus* на протостоме имеется один спинной зуб, что является aberrantным явлением. У *P. armatus* на метастоме—один дорзальный и два субвентральных зуба. У описанного нами вида на метастоме—один вентральный и два дорзальных зуба.

3. Корпус пищевода *P. dentatus* равен длине истмуса, а корпус пищевода *P. breviureus* n. sp. больше длины истмуса.

4. У описываемого нами вида *P. breviureus* n. sp. задний конец яйцевода не достигает ануса, у *P. dentatus* достигает ануса, а у *P. armatus* достигает середины расстояния от ануса до вульвы.

5. У *P. breviureus* n. sp. на спикуле отмечается вентральный отросток, что не описано у указанных выше обоих видов нематод.

6. Рудек *P. breviureus* n. sp. по форме резко отличается от *P. armatus* и *P. dentatus*.

Нематода определена в гельминтологической лаборатории АН СССР.

Место обнаружения: Грузинская ССР (Боржомский район, с. Даба). Препарат хранится в отделе паразитологии Института зоологии АН ГССР.

Академия наук Грузинской ССР
 Институт зоологии

(Поступило в редакцию 6.12.1967)

ზოოლოგია და პარაზიტოლოგია

ბ. კაკულია

გვარ *PANAGRODONTUS*-ის უმცაველი ნივთების

რეზიუმე

ხოჭო ფიჭვის დიდი მებალისა (*Blastophagus Piniperda* L.) და ფიჭვის პატარა მებალის (*Blastophagus minor* Hart.) სასვლელებიდან ჩვენ მიერ 1963 წ. აღებული ნაფხვენში მოპოვებულია ნემატოდების სქესმწიფე ფორმები (14 ♀♀ და 12 ♂♂) და ლარვები. ამ ნემატოდების მიკროსკოპული შესწავლით დადგინდა, რომ ისინი ეკუთვნიან გვარ *Panagrodontus* Thorne, 1935-ს და ჩვენ მიერ მიჩნეულია როგორც ახალი სახეობა. ამ წერილში აღწერილია ნემატოდა

Panagrodontus breviureus Kakulia n. sp.

ზოლოტიპი: ♀ L=545 (518—595) მიკრონი. a=19,58 (18,59—19,92); b=12,67 (12,39—12,95); c=4,23 (4,98—5,40); v% =61,46 (58,82—62,42).

ალოტიპი: ♂ L=490 (475—570) მიკრონი. a=17,50 (16,28—19,00); b=12,32 (12,05—12,66); c=4,66 (4,84—4,95); Spic.=22 (20—24) მიკრონი. Gub.=10 (9—12) მიკრონი.

ჩვენ მიერ აღწერილი ნემატოდა *P. breviureus* n. sp. დიფერენცირებულია *Panagrodontus*-ის გვარის ორ (*P. armatus* და *P. dentatus*) წარმომადგენელთან. *P. breviureus* n. sp. მისი კუდის სიდიდის შესაბამისად იწოდება.

ნემატოდა გარკვეულია სსრ კავშირის მეცნიერებათა აკადემიასთან არსებულ ჰელმინთოლოგიურ ლაბორატორიაში.

წერილში მოცემულია ზოგიერთი ჩვენი შენიშვნა გვარ *Panagrodontus* და გვარ *Panagrolaimoides* Ivanova, 1958-ის ანატომია-მორფოლოგიაზე. ივანოვას მიერ აღწერილი *Panagrolaimoides multidentatus* ჩვენ მიერ მიჩნეულია როგორც გვარ *Panagrodontus*-ის წარმომადგენელი.

დაბეჭდილი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Парамонов. Основы фитогельминтологии, т. I, 1964, 1—478.
2. G. Osche. Zool. jahrb., Bd. 81 (3), 1952, 190—280.
3. А. А. Парамонов. Основы фитогельминтологии, т. II, 1964, 1—445.
4. Т. С. Иванова. Труды АН Таджикской ССР, т. LXXXIX, 1958.

НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

И. М. АИВАЗАШВИЛИ, Н. Н. ПАРЦХАЛАДЗЕ

ИЗУЧЕНИЕ ПАМЯТИ У СОБАК В ОНТОГЕНЕЗЕ

(Представлено академиком И. С. Бериташвили 23.10.1967)

Известно, что одним из путей изучения памяти является исследование так называемых отсроченных реакций. В настоящее время имеется более или менее точное представление о природе и происхождении отсроченных реакций у разных животных [1—6]. Однако, несмотря на детальное изучение данного явления у взрослых животных, в онтогенезе оно еще недостаточно выяснено.

В настоящей работе мы поставили задачу исследовать особенности формирования отсроченных реакций у собак в онтогенезе.

Исследование проводилось с двумя группами щенков в условиях свободного передвижения. В каждую группу входило по три щенка одного помета. Изучение отсроченных реакций у щенков до 3-месячного возраста производилось в маленькой экспериментальной комнате, затем щенки переводились в большую комнату. Отсроченные реакции у щенков изучались следующим образом: щенка сажали в маленькую сетчатую клетку, которая стояла у задней стены комнаты (рис. 1). По углам комнаты расставлялись четыре маленькие ширмы высотой 25 см, одинаковые по форме и окраске. В серии опытов отсроченные реакции изучались на основании зрительного восприятия местонахождения пищи: к клетке подносили миску с мясом, показывали щенку или давали понюхать, на виду у него уносили и ставили за одну из ширм. Кроме того, изучались отсроченные реакции на основании комплексного восприятия местонахождения пищи, т. е. всеми органами чувств: щенка подводили непосредственно к местонахождению пищи за одной из ширм, показывали или давали понюхать миску с мясом и возвращали обратно в клетку. Как при зрительном, так и при комплексном восприятии местонахождения пищи после истечения определенного времени (отсрочки) клетку открывали и животному давали возможность отыскать его.

Примитивная локомоторная способность, отсутствие ориентировочной реакции у щенков в виде поворота головы или всего туловища при показе миски с пищей на расстоянии и вообще недоразвитие цент-



ральной нервной системы, в особенности ряда ее анализаторов (зрительного, слухового, двигательного) — все это вместе взятое и создает возможность изучения у щенков отсроченных реакций на основе зрительного, а также комплексного восприятия местонахождения пищи в возрасте до 1 месяца.

С месячного возраста щенки уже могли свободно передвигаться на значительном расстоянии и были способны самостоятельно принимать пищу из миски (мелко нарезанные куски мяса). С этого возраста щенков полностью отнимали от матери и ставили первые опыты с отсроченными реакциями.

Первые опыты с отсроченными реакциями на основе зрительного восприятия местонахождения пищи дали отрицательные результаты. В данном возрасте показ миски с пищей действовал лишь на очень близком расстоянии. Щенки не реагировали на миску с пищей, если ее показывали на расстоянии 1 м и даже 30—40 см. Их общие хаотические движения вызывались не столько показом миски с пищей, сколько приближением самого экспериментатора. Только в тех случаях, когда

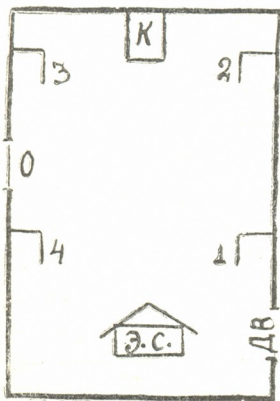


Рис. 1. Обстановка опыта: экспериментальная комната 6 x 4 м; 1, 2, 3 и 4—ширмы; К—клетка, местонахождение животного в период опытов; ЭС—стол экспериментатора; Дв—двери; О—окно

миску с пищей подносили близко, буквально к морде животного, и разрешали щенку коснуться мордой пищи, общие хаотические движения щенка прекращались и он начинал тянуться к миске, обнюхивая и пытаясь схватить пищу. Когда после этого на виду у щенка переносили миску с пищей на расстояние 30—40 см, ориентировочное движение в сторону движения миски не наблюдалось. Мы специально перед глазами щенка на расстоянии 30—40 см от клетки двигали миску с пищей в разных направлениях—вверх или вниз, направо или налево, однако на это ориентировочное движение поворота головы по направлению раздражения не наблюдалось. Щенки продолжали по-прежнему беспокойно передвигаться по клетке, скулить.

Следовательно, отсутствие ориентировочной реакции в сторону того места, куда ставили миску, исключало возможность зрительной фиксации местонахождения пищи в пространстве.

В серии опытов миску с пищей после показа ставили на расстоянии 50 см от клетки. Щенков освобождали из клетки сразу. Но животные выбегали из нее без выбора направления и находили миску в том случае, если случайно соприкасались с ней. При этом они находили пищу

в ней после обнюхивания. В большинстве же случаев щенки пробегали мимо миски, не замечая ее.

Из наблюдений видно, что, несмотря на несколько подкармливаний из миски, вид ее еще не вызывал у щенка целенаправленного пищевого поведения. Но в возрасте 1 месяца можно образовывать условное пищевое поведение на вид миски. После 6—8 подкармливаний из маленькой белой фарфоровой миски вид ее начинает вызывать у щенка пищевое поведение. Однако обращает на себя внимание тот факт, что после этого щенки могли обнаружить миску в пространстве на расстоянии не более 50—60 см, причем миска с пищей должна была находиться перед животным, т. е. в поле его зрения. Если же миску с пищей ставили на виду у щенка справа или слева от клетки, то при выходе из клетки он терял ориентацию и бегал хаотически, не замечая миску до тех пор, пока она не попадалась в поле его зрения.

Таким образом, в возрасте 30—33 дней щенки лишены способности к ориентированному передвижению к пище, если она не попадает в поле их зрения. Только при виде миски на близком расстоянии (не более 50—60 см) щенки подходили к ней, обнюхивали и начинали есть мясо.

У щенков в возрасте 1 месяца типичная отсроченная реакция на основе комплексного восприятия местонахождения пищи также отсутствует. Щенки не могли, например, точно повторить один раз пройденный путь к новому местонахождению пищи на расстоянии 1,5—2 м от клетки. Следовательно, не только зрительный, но и вестибулярный и кожно-мышечный анализаторы в этом возрасте полностью еще не сформировались. Следы от лабиринтных и кожно-мышечных раздражений, возникающие при однократном восприятии пройденного пути, у животного не сохраняются в такой степени, чтобы репродуцироваться и обуславливать передвижение животного к местонахождению пищи. Это говорит о том, что щенки в данном возрасте еще не обладают способностью создания и сохранения в памяти образов местонахождения пищи после их однократного восприятия, т. е. у них отсутствует способность к психонервной деятельности. Известно, что у взрослых животных образы местонахождения пищи создаются при первом же их восприятии и удерживаются без упражнений на долгое время [7]. Так, например, если взрослую собаку только раз подвести к какому-либо месту экспериментальной обстановки и там показать миску с пищей, то после этого она сама сможет пойти туда же как сразу, так и через несколько часов и даже несколько дней.

После повторных отведений к месту пищи по прямому пути у щенков в возрасте 30—33 дней происходила выработка условного рефлекса на местонахождение пищи в виде передвижения к этому месту. Так,



например, щенки, выпущенные из клетки после первого отведения к новому месту пищи, бежали вперед хаотически. После 3—4 отведений и подкармливания при освобождении из клетки они брали уже правильное направление, но иногда отклонялись от прямого пути. После же 5—6 отведений они направлялись к пище кратчайшим путем.

Первые признаки способности к типичной отсроченной реакции у щенят проявлялись при комплексном восприятии местонахождения пищи в возрасте 35—40 дней. В наших опытах с отсроченными реакциями щенкам показывали миску с пищей за маленькой ширмочкой и после этого их освобождали из клетки для отреагирования (рис. 1). Характерно, что в первое время некоторые щенки после отведения и показа местонахождения пищи запоминали только направление к нему. После отсрочки они брали правильное направление, добежали до ширмы, но не заворачивали за нее, а производили около нее поисковые реакции, и если случайно не заходили за ширму, то вообще теряли ориентацию. После 2—3-дневной работы в результате нескольких подведений и подкармливаний за ширмами щенки, выпущенные из клетки, сразу или с отсрочкой 15—20 секунд не только брали правильное направление, но и производили уже нужный поворот за ширму.

Из наших наблюдений выясняется, что формирование типичной отсроченной реакции в онтогенезе предшествует выработка ряда навыков условнорефлекторного характера. Во-первых, вид миски, который дается для запоминания, становится условным сигналом пищевого поведения и, во-вторых, животные обучаются производить обходные движения за ширму.

В возрасте 42—45 дней с развитием и ростом щенка окончательно формируется ориентировочное движение на показ пищи. При показе пищи на расстоянии 1—1,5 м щенки поворачивались всем телом в сторону миски, облизывались, скулили и сохраняли ориентировочную позу до тех пор, пока миску с пищей не уносили и не ставили за ширму. Следовательно, они уже могли зрительно точно фиксировать то место, куда ставилась миска с пищей. Однако в первое время животные все-таки не были еще способны точно пойти к местонахождению пищи после отсрочки 10—15 секунд. Когда щенка после зрительного восприятия местонахождения пищи выпускали из клетки, он двигался хаотически и подбегал к другим ширмам, откуда он в предыдущий раз получал пищу. На основе же комплексного восприятия местонахождения пищи (при подведении и подкармливании) период отсрочки в этом возрасте уже равнялся 40—50 секундам, а на некоторых щенках и 1—2 минутам.

По нашим наблюдениям, способность к типичной отсроченной реакции на основании зрительного восприятия местонахождения пищи у щенков проявляется только в возрасте 48—50 дней. Первоначальная

величина отсрочки при этом не превышала 20—30 секунд. К этому времени максимум отсрочки при комплексном восприятии местонахождения пищи достигал уже 2—3 минут.

Таким образом, способность к отсроченным реакциям на основе зрительного восприятия местонахождения пищи развивается у щенков значительно позже, чем на основе его комплексного восприятия.

Продолжительность периода отсрочки по мере развития и роста щенка быстро нарастала. Так, например, уже к 3—4 месяцам у щенков продолжительность периода отсрочки при зрительном восприятии местонахождения пищи достигала 6—7 минут, а при комплексном восприятии — 20—25 минут.

В 5—6-месячном возрасте продолжительность периода отсрочки как при зрительном, так и при комплексном восприятии местонахождения пищи у наших щенков приближались к таковой у взрослых (годовалых) собак.

Академия наук Грузинской ССР
Институт физиологии

(Поступило в редакцию 23.10.1967)

სტრუქტურული ფიზიოლოგია

ი. აივაზაშვილი, ნ. ფარცხალაძე

ძალის მემორიზების შესწავლა ონტოგენეზში

რეზიუმე

ონტოგენეზის სხვადასხვა ეტაპზე შევისწავლეთ ცხოველთა მემორიზება დაყოვნებული რეაქციების მეთოდით დიდ საექსპერიმენტო ოთახში თავისუფალი მოძრაობის პირობებში. მრავალრიცხოვანი ცდების შედეგად აღმოჩნდა, რომ ცხოველთა მემორიზების შესწავლა დაყოვნებული რეაქციების მეთოდით შესაძლებელი ხდება მხოლოდ 1—1,5 თვის ასაკიდან. ამ პერიოდს წინ უსწრებს ცხოველის სხვადასხვა პირობით რეფლექსური ჩვევების გამომუშავება.

35—40 დღის ასაკში ცხოველებს შეუძლიათ განახორციელონ კვებითი რეაქციები დაყოვნებით საკვების ადგილმდებარეობის კომპლექსური (ყველა გრძნობის ორგანო) აღქმის შემთხვევაში; 45—50 დღის ასაკიდან კი კვებითი რეაქციების დაყოვნებით განხორციელება ლეკვებს შეუძლიათ აგრეთვე საკვების ადგილმდებარეობის მხოლოდ მხედველობით აღქმის შემდგომ კვებითი რეაქციის დაყოვნების ზანგრძლივობა საკვების ადგილმდებარეობის კომპლექსური აღქმის შემდეგ გაცილებით უფრო დიდია, ვიდრე მისი მხოლოდ მხედველობის აღქმის დროს.



ეროვნული
მეცნიერებათა
აკადემია

ცხოველის ზრდასთან ერთად, როგორც ცალკეული ანალიზატორული ცენტრალური ნერვული სისტემის სტრუქტურული და ფუნქციონალური განვითარების შედეგად, იზრდება აგრეთვე კვებითი რეაქციის დაყოვნების ხანგრძლივობაც და 5—6 თვის ასაკში ლეკვების დაყოვნებული რეაქციებითავე ხანგრძლივობით თითქმის უტოლდებათ მოზრდილ 1 წლის ასაკის ძაღლებს.

დასრულებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. С. Бериташвили. Память, ее характеристика и происхождение. Реферат доклада на XX съезде физиологов. Ереван, 1964.
2. И. С. Бериташвили, И. М. Айвазашвили, Ц. А. Орджоникидзе. Характеристика и происхождение отсроченных реакций у собак. Современные проблемы деятельности и строения центральной нервной системы. Тбилиси, 1965.
3. И. С. Бериташвили, И. М. Айвазашвили. Физиологический журнал СССР, 53, 1967, 3.
4. Н. Ю. Войтонис. Предыстория интеллекта. Изд. АН СССР, М.—Л., 1948.
5. W. Lawicka, J. Konorsky. Acta Biol. Exper., vol. 19, 1959, 221—231.
6. Н. Chogazyna, L. Stepien. Acta Biol. Exper., vol. 21, 177—187, 1961.
7. И. С. Бериташвили. Нервные механизмы поведения высших позвоночных животных. Изд. АН СССР, 1961.



НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

М. Г. КОРИДЗЕ

ИЗМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЯСНОЙ
ИЗВИЛИНЫ И ДРУГИХ СТРУКТУР ГОЛОВНОГО МОЗГА
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ РЕАКЦИЯХ

(Представлено академиком И. С. Бериташвили 14.11.1967)

При изучении влияния электрической стимуляции поясной извилины на сомато-моторные, автоматические и поведенческие реакции некоторые авторы [1, 2] обращали внимание и на те электрографические изменения, которые следуют за стимуляцией поясной извилины. Первые исследователи этой области пришли к заключению, что передняя часть поясной извилины, подобно некоторым зонам новой коры (поля 4, 8, 19), является «подавляющей зоной». Дальнейшие исследования показали, что электрографические изменения при стимуляции передней части не ограничиваются только эффектом «подавления».

Изменение электрической активности поясной извилины при разных поведенческих реакциях менее изучено. Поэтому целью данной работы являются исследование изменения электрической активности поясной извилины при различных поведенческих реакциях и их сравнение с электрической активностью других структур головного мозга.

Опыты ставились на 10 взрослых кошках с хронически вживленными электродами. Регистрация фоновой электрической активности производилась четырехканальным электроэнцефалографом (подробнее см. в работе [3]).

Нами проводилась регистрация фоновой электрической активности головного мозга при разных поведенческих реакциях кошки.

В результате исследования выяснилось, что фоновая электрическая активность поясной извилины при бодрствовании и сне не отличается от фоновой электрической активности новой коры. Из разных областей поясной извилины при дремотном состоянии регистрируются синхронно возникающие медленные волны — синхронизация, а при бодрствовании — быстрая низковольтная электрическая активность — десинхронизация (рис. 1).

В ответ на звуковое раздражение параллельно с возникновением ориентировочной реакции синхронная активность медленных волн сменяется десинхронизацией.

Таким образом, в нашем эксперименте подтвердились данные Каада [4] о том, что спонтанная электрическая активность поясной извилины у бодрствующих или у анестезированных животных не отличается от неокортикальной активности.

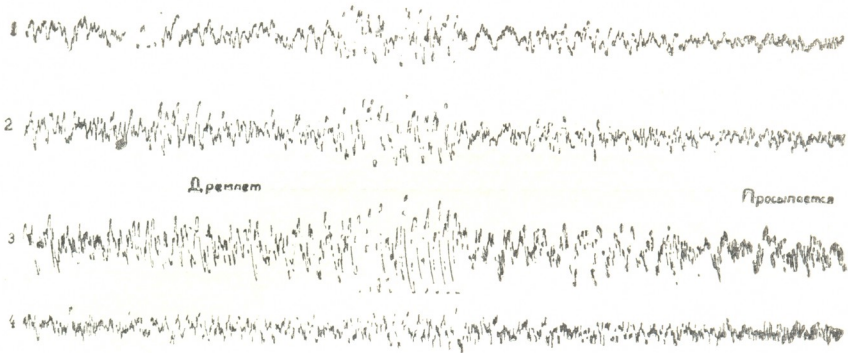


Рис. 1. Изменение фоновой электрической активности при дремотном состоянии и бодрствовании разных областей поясной извилины: 1—передняя часть поясной извилины А 12; 2—А5; 3—средняя часть поясной извилины А 1; 4—задняя часть поясной извилины А5

В ответ на прямую электрическую стимуляцию латерального гипоталамуса (параметры раздражения 1—5 в; 60—100 гц; 1 мсек) кошка с расширенными зрачками со страхом бежит и прячется в темный угол, при этом часто наблюдаются уринария и дефекация. После нескольких таких стимуляций кошку приходится насильно убирать из темного угла. На базе данной поведенческой реакции нами была выработана условная эмоциональная реакция в ответ на условный раздражитель, которым служил тон частотой 150 в сек.

В последующие дни кошка сразу же после ее помещения в экспериментальную комнату прячется в темный угол без стимуляции. Это, несомненно, указывает на то, что у животного при повторном воздействии той среды, где оно испытало определенное эмоциональное состояние, воспроизводится эмоциональное возбуждение в виде реакции страха. В это время в новой коре возникает десинхронизация, а в латеральном гипоталамусе и в передней части поясной извилины — взрывная электрическая активность частотой 36—40 в сек. Данная взрывная электрическая активность часто наблюдается при дремотном состоянии животного, когда из новой коры регистрируется медленная электрическая активность, соответствующая дремотному состоянию кошки. Об этом свидетельствует тот факт, что последствие от эмоциональной реакции в лимбических структурах сохраняется дольше, чем в новой коре [5].

В процессе выработки условной реакции в ответ на условный сигнал синхронизация новой коры сменяется десинхронизацией, а из латерального гипоталамуса и передней части поясной извилины регистрируется хорошо выраженная взрывная электрическая активность частотой 36—40 в сек (рис. 2, А).

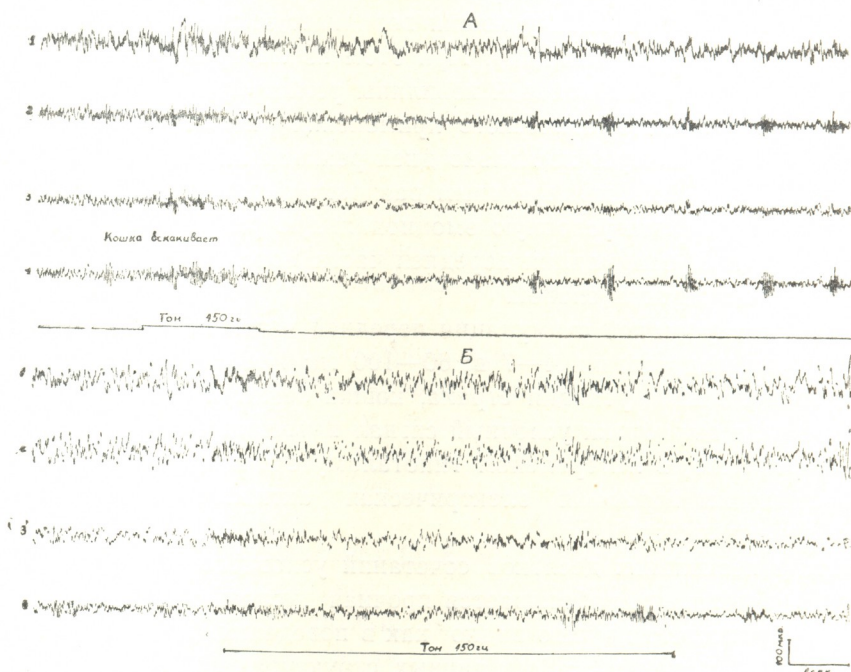


Рис. 2. А—Условная эмоциональная реакция страха: 1—слуховая кора; 2—передняя часть поясной извилины; 3—средняя часть поясной извилины; 4—латеральный гипоталамус; нижняя линия показывает включение и выключение условного сигнала. Б—угасание условной реакции страха: 1—слуховая кора; 2—гиппокамп; 3—передняя часть поясной извилины; 4—латеральный гипоталамус; нижняя линия показывает включение и выключение условного сигнала

При упроченной условной реакции кошка в экспериментальной клетке ведет себя свободно. В электроэнцефалограмме же взрывная активность регистрируется в основном в ответ на условный сигнал. После упрочения условной реакции производилось угасание условного поведения как остро, так и хронически.

Если условный сигнал дается несколько раз подряд без подкрепления безусловным мозговым раздражением, условная поведенческая реакция страха постепенно ослабевает и, наконец, исчезает, иногда кошка даже дремлет на фоне условного раздражения. Электрографическая регистрация показывает, что после угасания условной поведен-

ческой реакции страха в латеральном гипоталамусе и передней части поясной извилины взрывная электрическая активность в ответ на условный сигнал в определенное время еще может возникать. Лишь через несколько дней угасание наступает и в ЭЭГ, т. е. взрывная активность перестает возникать в данных структурах (рис. 2,Б).

Дифференцирующим раздражителем был электрический звонок. Вначале в ответ на звонок у кошки возникает эмоциональная реакция страха (период генерализации). При этом из латерального гипоталамуса и передней части поясной извилины регистрируется взрывная активность. После систематического применения изолированного электрического звонка через несколько дней реакция на него исчезает, т. е. звонок становится индифферентным раздражителем. Вслед за этим мы начали вырабатывать условную эмоциональную реакцию страха на базе электрической стимуляции передней части поясной извилины, условным сигналом служил звонок.

При электрической стимуляции передней части поясной извилины (параметры раздражения 4—7 в; 60—100 гц; 1 мсек) у кошки возникает эмоциональная реакция страха, кошка бежит в темный угол.

В начале выработки условный сигнал вызывает слабую ориентировочную реакцию, в латеральном гипоталамусе и в передней части поясной извилины взрывная электрическая активность, выражающая страх, не возникает.

После нескольких десятков сочетаний условного и безусловного сигналов у кошки вырабатывается прочная условная эмоциональная реакция страха, что хорошо видно как в поведении (кошка прячется в темный угол), так и в ЭЭГ (в данных структурах возникает взрывная активность) (рис. 3).

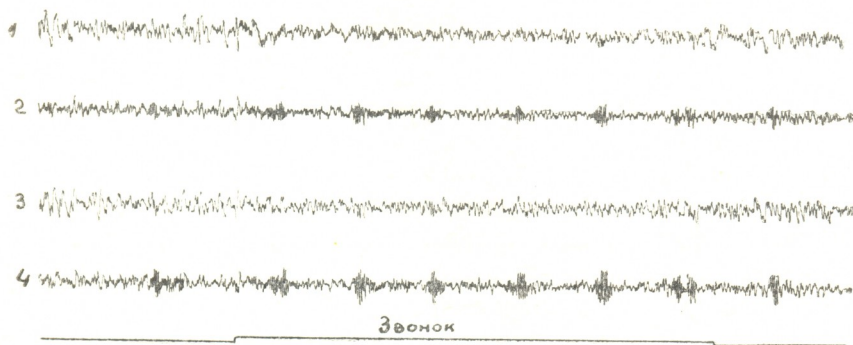


Рис. 3. Условная эмоциональная реакция страха, выработанная на базе электрической стимуляции передней части поясной извилины: 1—слуховая кора; 2—передняя часть поясной извилины; 3—гиппокамп; 4—латеральный гипоталамус; нижняя линия показывает включение и выключение условного сигнала

Таким образом, на базе электрической стимуляции двух разных лимбических структур (латеральный гипоталамус и передняя часть поясной извилины) нами были выработаны условные эффективно-эмоциональные реакции.

Известно, что при бодрствовании и активных поведенческих реакциях в новой коре и в других обширных структурах головного мозга возникает так называемая десинхронизация, а при дремотном состоянии — синхронизация медленных волн.

При изучении нейрофизиологических аспектов эмоционального поведения было замечено, что при эмоциональных реакциях в некоторых структурах лимбической системы возникает взрывная электрическая активность синусоидальных волн частотой 35—40 в сек. Обычно эти волны развиваются отдельными веретенообразными группами [5].

В наших опытах взрывная электрическая активность была зарегистрирована из латерального гипоталамуса и передней части поясной извилины.

Как известно, взрывная электрическая активность частотой 55 в сек впервые была зарегистрирована Д. М. Гедеванишвили [6] из обонятельной луковицы у ненаркотизированного кролика. А. И. Ройтбак и С. Н. Хечинашвили [7] показали, что данный ритм связан с носовым дыханием. Они отрицают его физиологическое значение и считают артефактом.

Однако дальнейшие исследования [5, 8, 9] подтвердили физиологический характер взрывной электрической активности.

В наших опытах взрывная активность возникала при эмоциональной реакции страха и осторожности кошки из передней части поясной извилины и латерального гипоталамуса. По нашим данным, взрывная активность частотой 35—40 в сек является истинным физиологическим феноменом и должна выражать эффективно-эмоциональное состояние животного.

Исходя из вышеизложенного можно заключить, что при разных поведенческих реакциях животного электрическая активность поясной извилины не отличается от электрической активности новой коры, исключение составляет лишь ее передняя часть. При эмоциональном возбуждении животного в передней части поясной извилины, так же как и в латеральном гипоталамусе, возникает взрывная электрическая активность, выражающая эмоциональное возбуждение.

Выводы

1. Фоновая электрическая активность поясной извилины не отличается от электрической активности новой коры.
2. При эмоциональном возбуждении животного во время эмоциональной реакции страха в передней части поясной извилины и лате-

რალном гипоталамусе возникает взрывная электрическая активность частотой 35—40 в сек, выражающая эффективно-эмоциональное состояние животного.

Академия наук Грузинской ССР
Институт физиологии

(Поступило в редакцию 14.11.1967)

ფიზიოლოგია

ა. კორიძე

სარტყლისებრი ხვეულისა და თავის ტვინის სხვა სტრუქტურათა ელექტრული აქტივობის ცვლილება ცხოველის ძველი სხვადასხვა პირობებში

რეზიუმე

შეისწავლებოდა სარტყლისებრი ხვეულის ელექტრული აქტივობის ცვლილება კატის სხვადასხვა ქცევის დროს.

ცდების შედეგად გამოიკვია, რომ სარტყლისებრი ხვეულის სხვადასხვა უბნის ფონური ელექტრული აქტივობა ძირითადად არ განსხვავდება ნეოკორტიკალური აქტივობისაგან. ისე როგორც ახალ ქერქში, სარტყლისებრი ხვეულის სხვადასხვა უბანშიც, კატის თვლემისა ან ძილის დროს აღიძვრის წელი, დაბალი სიხშირის ელექტრული აქტივობა, ე. წ. სინქრონიზაცია, ხოლო სიფხიზლის დროს—შედარებით დაბალი ამპლიტუდისა და მაღალი სიხშირის ელექტრული რხევები (დესინქრონიზაცია).

სარტყლისებრი ხვეულის წინა ნაწილისა და ლატერალური ჰიპოთალამუსის ელექტრული გალიზიანებით მიიღება შიშის ემოციური რეაქცია. ამ დროს გალიზიანების წერტილებიდან აღირიცხება სინუსოიდალური ფორმის ელექტრული აქტივობა სიხშირით 35—40 სეკ-ში. აღსანიშნავია, რომ სარტყლისებური ხვეულის შუა და უკანა ნაწილებიდან აღნიშნული რითმი არ აღირიცხება. სინუსოიდალური ფორმის ელექტრული აქტივობა აღიძვრის შიშის რეაქციის პირობითი სიგნალის საბასუხოდაც. აღნიშნული ელექტრული აქტივობა სიხშირით 35—40 სეკ-ში უნდა გამოხატავდეს ცხოველის ემოციურ აგზნებას.

დამოწმებული ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. P. Bailey, G. von Bonin et al. J. Neurophysiol., 7, 1944, 51.
2. W. S. McCulloch. In: The precentral motor cortex, 1949, 211.
3. М. Г. Коридзе. Сообщения АН ГССР, XLVIII, 3, 1967.
4. B. R. Kaada. Handbook of Physiology, vol. 2, Washington, 1930, 1345.
5. Т. Н. Ониани, Т. Л. Нанейшвили, М. Г. Коридзе и Э. В. Абзигანიдзе. Труды Ин-та физиологии АН ГССР, 15, 1967.
6. Д. М. Гедеванишвили. Труды Ин-та физиологии АН ГССР, 7, 1948, 129.
7. А. И. Ройтбак, С. Н. Хечинашвили. Физиологический журнал СССР, 38, 1952, 350.
8. R. Hernandez-Peon, A. Lavin et al. Electroen. Neurophysiol., 12, 1960, 41.
9. Ц. А. Орджоникидзе и Т. Н. Ониани. Труды Ин-та физиологии АН ГССР, 15, 1967.



УДК 612.323

ნორმალური ფიზიოლოგია

რ. ახობაძე

ლიმბური ქერქის გალიზიანებისა და ექსტირპაციის გავლენა კუჭის
 სეკრეციულ ფუნქციაზე

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ა. ბაკურაძემ 30.12.1967)

ვეგეტაციურ ფუნქციათა ქერქული რეგულაციის საკითხი, კერძოდ კი ე.წ. ძველი ქერქის როლი საჭმლის მომნელებელი სისტემის რეგულაციაში, საღმრთოდ არაა საკმაოდ შესწავლილი. აღნიშნულ საკითხზე ჩვენ გვეცანიით რამდენიმე შრომას. ვ. კასიანოვის [1, 2] შრომა ეხება გ cinguli-ის (სარტყლისებური ხვეულის) ექსტირპაციის გავლენას ნერწყვის სეკრეციაზე. გულიაევა [3] სწავლობდა სარტყლისებური ხვეულის სხვადასხვა ნაწილების ექსტირპაციის გავლენას კუჭის სეკრეციულ ფუნქციასა და სხვა ფუნქციებზე. აღნიშნულ მკვლევართა მონაცემებით, სარტყლისებური ხვეულის ექსტირპაცია იწვევდა ნერწყვისა და კუჭის სეკრეციული ფუნქციის როგორც დათრგუნვას, ისე მომატებას, რაც, მათი აზრით, თავის ახსნას უნდა პოულობდეს, ერთი მხრივ გ cinguli-ის რთულმორფოფუნქციონალურ ორგანიზაციაში, ხოლო მეორე მხრივ, ექსტირპირებული ნაწილის ტოპიკაში (წინა თუ უკანა ლიმბიკა).

არსებობს ისეთი მონაცემები [4], რომელთა გამოკვლევებით სარტყლისებური ხვეულის გალიზიანება იწვევს კუჭში მყავე წვენის სეკრეციის აღძვრას.

მეორე მხრივ საინტერესოა აღნიშნოს სარტყლისებური ხვეულის მეტად უხვი კავშირები ჰიპოთალამუსთან, თალამუსის არასპეციფიკურ ბირთვებთან, ტინის ღეროს ბადებრივ ფორმაციასთან, ნეოკორტექსთან და სხვა [5]. სწორედ ამ გარემოებამ განაპირობა სხვადასხვა ასპექტში მომუშავე მკვლევართა დაინტერესება აღნიშნული სტრუქტურით. ასე, მაგ., ი. ბერიტაშვილის ლაბორატორია [6] იკვლევს აღნიშნული სტრუქტურის როლს ემოციურ რეაქციებში. ე. აირაპეტიანცი [7] — ინტეროცეპტორულ რეფლექსთა რეგულაციაში და სხვა.

ჩვენ მიზანს შეადგენს სარტყლისებური ხვეულის მარეგულირებელი როლის გარკვევა კუჭის სეკრეციულ ფუნქციაში.

მ ე თ დ ი კ ა

ქრონიკული ცდები ტარდებოდა პავლოვის წესით იზოლირებულ პატარა კუჭის მქონე 7 ძაღლზე; ორ მათგანს დამატებით გაკეთებული ჰქონდა დიდი კუჭის ფისტულა ბასოვის წესით. ვაწარმოებდით ლიმბური ქერქის გალიზიანე-



ბას, აგრეთვე ექსტირპაციას (წინა წილი) და ვახდენდით დაკვირვებას კუჭის სეკრეციაზე, თავისუფალ და საერთო მჟავიანობაზე და ფერმენტულ აქტივობაზე. ვუყვრდებოდით აგრეთვე ელექტროენცეფალოგრამას, ჩანერგილი ელექტროდების საშუალებით ელექტროკარდიოგრამას, ორგანიზმის ტემპერატურას (რექტალურად) და ცხოველის ქცევას დინამიკაში.

ცდების დაწყებამდე ვადგენდით კუჭის სეკრეციულ ფონს სხვადასხვა სახისა და რაოდენობის საკვებ (პური, ხორცი) და ქიმიურ (ჰისტამინი) გამღიზიანებლებზე.

ცდის შედეგები და მათი განხილვა

ჩვენი ცდების ჰარველი სერია მიედგვნა სარტყლისებური ხვეულის ე. წ. გენუალური ღარისა და 23-ე ველის, აგრეთვე საფეთქლისა და თხემის წილების ქერქის (საკონტროლო) გაღიზიანების გავლენას კუჭის სეკრეციულ ფუნქციაზე, როგორც საკვები გამღიზიანებლის გარეშე, უზმოდ, ისე საკვები და ქიმიური გამღიზიანებლის მოქმედების ფონზე.

ცდები ჩავატარეთ სამ ძაღლზე, მათგან ორს— № 3 და 5, გარდა პავლოვის პატარა კუჭისა, გაკეთებული ჰქონდა დიდი კუჭის ფისტულა, № 3 და 4 ძაღლებს ელექტროდები ჩანერგილი ჰქონდათ გენუალური ღარის არეში (წინა ლიმბური არე) და საფეთქლის წილებში, № 5 ძაღლს კი 23-ე ველში და თხემის წილში. 23-ე ველის გაღიზიანება (4—6 ვ, 40—70 ჰც) სისწორით; უზმოდ, იწვევს: ლეჭვით, ყლაპვით და ყნოსვით მოძრაობებს, ინტენსიური სალივაციით და კუჭის არამყავე ლორწოს მომატებულ გამოყოფას (4—5 მლ საათში, ნაცვლად 0.5—1.5 მლ-სა გაღიზიანების გარეშე) პავლოვის პატარა კუჭიდან. ასევე მყავე რეაქცია არ აღძრულა დიდ კუჭში დაკვირვების ოთხი საათის განმავლობაში. გამღიზიანებლის იგივე პარამეტრების გამოყენებისას 200 გ ხორცით ან 200 გ პურით აღძრულ სეკრეციაზე შესამჩნევ ცვლილებებს არ ჰქონდა ადგილი. როცა ცხოველს ვაძლევდით საკვების დიდ რაოდენობას, იგი იწვევდა: მთვლემარე მდგომარეობას, კუნთური ტონუსის მოდუნებას, კუჭის წვენის სეკრეციის შემცირებას, სეკრეციის ფარული პერიოდის გაზრდას, წვენის ფერმენტული აქტივობისა და თავისუფალი და საერთო მჟავიანობის მკვეთრ დაქვეითებას, ფხიზელი მდგომარეობიდან მთვლემარე მდგომარეობაში გადასვლას მისთვის დამახასიათებელი ელექტროენცეფალოგრაფიული სურათით. ასეთ პირობებში იგივე 23-ე არეს ელექტრული გაღიზიანება, მკვეთრად ცვლიდა სეკრეციის ფარულ პერიოდს; მისი ხანგრძლივობა თითქმის ნახევრდებოდა, სეკრეცია მატულობდა ორჯერ და მეტადაც პირველ რთულ რეფლექსურ ფაზაში, თავისუფალი და საერთო მჟავიანობისა და ფერმენტული აქტივობის შესაბამისი მატებით (იხ. ცხრილი 1). ქცევით ასპექტში ცხოველს გამოდიოდა მთვლემარე მდგომარეობიდან და თითქმის მთელი ცდის პერიოდში ფხიზლობდა შესაბამისი ელექტროკორტიკოგრაფიული სურათით.

რაც შეეხება № 3 და 4 ძაღლებს, ორივეს, როგორც აღვნიშნეთ, ელექტროდები ჩანერგილი ჰქონდა გენუალური ღარის არეში. № 3 ძაღლის მარჯვე-



ძალი № 5. 500 გ ხორცის, 400 გ ძეხვისა და 100 გ პურის მიცემამდე დავიწყეთ გალიზიანება ლიმბური ქერქისა (23-ე ველი). ვალიზიანეთ 10 წუთს. შემდეგ მივეცით აღნიშნული საკვები და ვალიზიანეთ კიდევ 25 წუთს. სეკრეცია აღიძრა 12 წუთში. გამოვიკვლიეთ წვეწის რაოდენობა, თავისუფალი და საერთო მყავიანობა, ფერმენტული აქტივობა. ჩავიწერეთ ელექტროკორტიკოგრამა და ვაწარმოეთ ვიზუალური დაკვირვება პცევაზე

საკონტროლო ცდა: 500 გ ხორცი, 400 გ ძეხვი და 100 გ პური დაკეპილი						იგივე ცდა მხოლოდ ლიმბური ქერქის 23-ე ველის გალიზიანებით (5 ვ, 50 ჰც სიხშირით)					
ფარული პერიოდი	ღრო საათობით	წვეწის რაოდ., მლ-ით	თავის, მყავ., სატიტრ. ერთეული	საერთო მყავ., სატიტრ. ერთ.	მომნ. ძალა, მმ-ით	ფარული პერიოდი	ღრო საათობით	წვეწის რაოდ., მლ-ით	თავის, მყავ., სატიტრ. ერთ.	საერთო მყავ., სატიტრ. ერთ.	მომნ. ძალა, მმ-ით
20 წუთი	I	2,2	90	125	4,0	12 წუთი	I	5,0	102	157	6,0
	II	1,5	70	123			II	3,0	108	154	
	III	3,0	40	82			III	3,0	50	98	
	IV	3,9	36	80			IV	3,0	60	90	
	4 საათი	10,4					4 საათი	14,0			

მა მხარეზე, ხოლო № 4-ს—მარცხენა მხარეზე. აღნიშნული სტრუქტურის ელექტრული გალიზიანება 3—8 ვ, 60—100 ჰც უზმოდ არ იწვევდა კუჭის სეკრეციის აღძვრას. ჩვეულებრივი ულუფით აღძრული სეკრეციის ფარულ პერიოდს კი მკვეთრად ამცირებდა და ჰისტამინურ სეკრეციას ზრდიდა ორჯერ, თავისუფალი და საერთო მყავიანობისა და ფერმენტული აქტივობის მატებით (იხ. ცხრილი 2).

ცხრილი 2

ძალი № 4. კუჭის წვეწის სეკრეცია პავლოვის წესით იზოლირებულ პატარა კუჭიდან გენუალური ღარის მიდამოს გალიზიანებით (4 ვ, 95 ჰც სიხშირით) 450 მკგ ჰისტამინის კანქვეშ შეყვანის ფონზე

საკონტროლო ცდა ჰისტამინით						იგივე ცდა გენუალური ღარის გალიზიანების ფონზე					
ფარული პერიოდი	ღრო საათობით	წვეწის რაოდ., მლ-ით	თავის, მყავ., სატიტრ. ერთ.	საერთო მყავ., სატიტრ. ერთ.	მომნ. ძალა, მმ-ით	ფარული პერიოდი	ღრო საათობით	წვეწის რაოდ., მლ-ით	თავის, მყავ., სატიტრ. ერთ.	საერთო მყავ., სატიტრ. ერთ.	მომნ. ძალა, მმ-ით
10 წუთი	I	4,0	80	107	3,0	10 წუთი	I	8,0	100	152	4,0
	II	0,5	10	110			II	0,5	72	115	
	2 საათი	4,5					2 საათი	8,5			

იგივე ძალით გალიზიანება 30—40 წუთის განმავლობაში შესამჩნევად ცვლიდა გაძღომით გამოწვეულ ცვლილებებს (სეკრეციის შეკავება, როგორც



თავისუფალი, ისე საერთო მყავიანობისა და ფერმენტული აქტივობის მქონე ულრი დაცემა, სეკრეციის ფარული პერიოდის გაზრდა, მთვლემარე მდგომარეობა და კუნთური ტონუსის საერთო მოდუნება). აღგილი ჰქონდა დაკნინებული სეკრეციული ფუნქციის გაძლიერებას, როგორც პირველ რთულ რეფლექსურ, ისე მეორე, ნერვულ-ქიმიურ ფაზაში, თავისუფალი და საერთო მყავიანობის მკვეთრი მომატებით და ფარული პერიოდის საგრძნობი შემცირებით (იხ. ცხრილი 3); გარეგნულად კი ცხოველი გამოდიოდა მთვლემარე მდგომარეობიდან და გადადიოდა ფხიზელ მდგომარეობაში. ასე ფხიზლობდა იგი დაკვირვების მთელი 4 საათის განმავლობაში.

ცხრილი 3

ძალე № 4. 1000 გ ხორცისა და 300 გ პურის მიცემაზე დავიწყეთ გენუალური ღარის ელექტრული გალიზიანება (6 ვ, 100 ჰც სიხშირით). ვალიზიანეთ 5 წუთს, შემდეგ მივეცით აღნიშნული საკვები და ვალიზიანეთ კიდევ 35 წუთს. სეკრეცია აღიძრა 20 წუთში

საკონტროლო ცდა: 1000 გ ხორცი და 300 გ პური						იგივე ცდა გენუალური ღარის გალიზიანებით					
ფარული პერიოდი	ღრო საათობით	წმენის რაოდ., მლ-ით	თავის მკვ. სატიტრ. ერთ.	საერთო მკვ. სატიტრ. ერთ.	მოიმ. ძალა, მმ-ით	ფარული პერიოდი	ღრო საათობით	წმენის რაოდ., მლ-ით	თავის მკვ. სატიტრ. ერთ.	საერთო მკვ. სატიტრ. ერთ.	მოიმ. ძალა, მმ-ით
31 წუთი	I	6,0	67	110	2,0	20 წუთი	I	11,9	130	168	4,0
	II	4,1	88	115			II	7,5	110	158	
	III	4,8	78	110			III	8,8	115	160	
	IV	3,6	53	90			IV	6,7	108	160	
	4 საათი	16,5					4 საათი	34,9			

აღნიშნული მდგომარეობა ერთგვარ საფუძველს გვაძლევს ვივარაუდოთ, რომ კვების ცენტრის სისტემაში სპეციფიკური სტრუქტურების გამოსავლინებლად აუცილებელია ამ სტრუქტურათა მარეგულირებელ გავლენაზე დაკვირვება ორგანიზმის სხვადასხვა ფუნქციური მდგომარეობისას (უზმო, საკვების მცირე და დიდი რაოდენობით მიცემა), ვინაიდან შესაძლოა უზმო მდგომარეობისას, სტრუქტურის მარეგულირებელი გავლენა სრულიად არ იყოს გამოხატული, ხოლო საკვების დიდი რაოდენობით მიღებისას იგივე სტრუქტურის მარეგულირებელი გავლენა აშკარა გახდეს.

რაც შეეხება საფეთქლის წილის გალიზიანებას № 3 და 4 ძალებში და თხემის წილისას № 5 ძალებში, უნდა შევნიშნოთ, რომ არც ერთ ძალებზე, არც ერთ ცდაში არ მიგვიღია რაიმე ცვლილება, არც უზმოდ და არც ჩვეულებრივი და შედარებით დიდი რაოდენობის ულუფით აღძრულ სეკრეციაში. შეიმჩნეოდა მხოლოდ გაძლომით გამოწვეული შეკავების (თვლენა, ძილი) მოხსნა. ცხოველი გამოდიოდა მთვლემარე მდგომარეობიდან და გადადიოდა ფხიზელ მდგომარეობაში. შესაბამისად იცვლებოდა ელექტროკორტიკოგრაფია. ნელი ტალღების ნაცვლად ჩნდებოდა ფხიზელი მდგომარეობისათვის დამახასიათებელი სწრაფი მაღალი სიხშირის პოტენციალები.

მასასადამე, ქერქის სხვადასხვა ნაწილების გალიზიანებისას ერთი დეცინქრონიზაციული სურათის ფონზე (რაც არასპეციფიკური დიფუზური გამაქტივებელი სისტემის ავზნებაზე მიუთითებს [8]), შესაძლოა განხორციელდეს ვეგეტაციური ნერვული სისტემის მხრივ ერთგვარად განსხვავებული რეაქციები: ერთ შემთხვევაში (ლიმბური ქერქის გალიზიანებისას) ხდება ცხოველის გამოსვლა მთვლემარე მდგომარეობიდან, როგორც ქცევით, ისე ელექტროენცეფალოგრაფიულ ასპექტში, საკმლის მომნელებელი სისტემის პარალელური ავზნებით, მეორე შემთხვევაში კი (საფეთქლისა და თხემის წილების გალიზიანებისას) ცხოველი გამოდის მთვლემარე მდგომარეობიდან, როგორც ქცევით, ისე ელექტროენცეფალოგრაფიულ ასპექტში, მაგრამ საკმლის მომნელებელი სისტემის მხრივ (სეკრეციის ფარული პერიოდი, წვენის რაოდენობა, თავისუფალი და საერთო მყავიანობა და სხვა) არსებული შეკავება უცვლელი რჩება.

რაც შეეხება სარტყლისებური სხეულის ცალმხრივი და ორმხრივი ექსტირპაციით მიღებულ ცდებს, შეიძლება ითქვას, რომ ამ შემთხვევაში იცვლება სეკრეციის მრუდი. სეკრეციის მაქსიმუმი პირველი საათიდან მეორე—მესამე საათზე გადაინაცვლებს. მცირდება აგრეთვე მომნელებელი ძალა და სეკრეციის ფარული პერიოდი. სხვა ექსტირპირებულ ცხოველებზე სეკრეცია ღებულობს ტალღისებურ ხასიათს: ხან მცირდება, ხან იმატებს 2—3 კვირის ინტერვალებით და ასე გრძელდება 2,5—3 თვის განმავლობაში.

პარალელურად იცვლება ელექტროკორტიკოგრაფია. ჰიპერსეკრეციისას ელექტროკორტიკოგრაფია ატარებს დეცინქრონიზაციულ ხასიათს, ჰიპოსეკრეციისას კი აღინიშნება მეტნაკლებად სინქრონიზაციული სურათი. ზოგიერთ შემთხვევაში ადგილი ჰქონდა სეკრეციის მომატებას და ასე გრძელდებოდა 3,5—5 თვის განმავლობაში. სხვა ცხოველებზე, პირიქით, აღინიშნებოდა სეკრეციის დათრგუნვა 50—80%-ით; ქვეითდებოდა დიდი ჰემისფეროების ქერქის ელექტრული აქტივობა და ორგანიზმის ტემპერატურა ($38,5—39,5^{\circ}\text{C}$ -დან $36,5^{\circ}\text{C}$ -მდე) და აღნიშნული ცვლილებები მყარად რჩებოდნენ 2,5 თვის განმავლობაში. ქცევის ასპექტში ცხოველები ხდებოდნენ აპათიურნი, ინდიფერენტულნი ნაცნობი თუ უცნობი გარემოს მიმართ, ეტყობოდათ საერთო კუნთური ტონუსის მოდუნება. ისინი ერთნაირი მადით ღებულობდნენ მათთვის საყვარელ (ხორცი) და ნაკლებ საყვარელ (პური) საკვებს. ოპერაციის პირველ დღეებში აღნიშნებოდათ წინა კიდურების ექსტენზორული ჰიპერტონუსი, რაც შემდგომ ჰიპოტონუსით იცვლებოდა.

ზემოთ აღნიშნული გარემოება საკმაო საფუძვლით იძლევა ვარაუდის უფლებას იმის შესახებ, რომ ლიმბური ქერქი, კერძოდ მისი წინა ნაწილი, უნდა წარმოადგენდეს მეტად რთულ მორფო-ფუნქციურ წარმონაქმნს, რომელიც კვებითი რეფლექსის მთელი მისი კომპონენტებით (სეკრეციულ, მოტორულ და სხვა რეგულაციაში) უნდა ასრულებდეს საკმაოდ დიდ როლს.

თბილისის სახელმწიფო
 სამედიცინო ინსტიტუტი

(რედაქციის მოუვიდა 30.12.1967)



P. A. AXOBADZE

 О ВЛИЯНИИ РАЗДРАЖЕНИЯ И ЭКСТИРПАЦИИ ЛИМБИЧЕСКОЙ
 КОРЫ НА СЕКРЕТОРНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЖЕЛУДКА

Резюме

Электрическое раздражение 23-го поля коры большого мозга (по Гуревичу и Быховскому) вызывало жевательные, глотательные и нюхательные движения с одновременным возникновением интенсивной саливации и усилением выделения неокислого желудочного секрета. Электрическое раздражение в области гениальной борозды вызывало резкое укорочение скрытого периода секреции желудочного сока, возбуждаемой пищевыми раздражителями и, увеличение гистаминовой секреции почти в 2 раза. При раздражении на фоне большого количества пищи, которая вызывала картину торможения (дремота, удлинение скрытого периода секреции и др.), с появлением соответствующей биоэлектрической активности наблюдалось снятие торможения как в секреторном и поведенческом, так и в электроэнцефалографическом аспекте.

После частичной экстирпации переднего отдела лимбической коры одного или обоих полушарий мозга отмечены следующие сдвиги: а) характер кривой секреции желудочного сока изменяется, б) секреция принимает волнообразный характер — то усиливается, то ослабевает. Параллельно меняется электрическая активность коры. В других случаях можно наблюдать следующую картину: а) желудочная секреция повышается на 40—115%, б) желудочная секреция подавляется на 50—80%, угнетается корковая электрическая активность и снижается температура тела. На основании вышеизложенного материала можно заключить, что передняя лимбическая область является очень важным структурным образованием (в системе пищевого центра), принимающим участие в регуляции секреторной деятельности желудка.

ლაშქარბეგულის ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. М. Касьянов. В кн.: «Проблемы ВВД», сообщения 1 и 2, М., 1949.
2. В. М. Касьянов. Ученые записки кафедры анатомии и физиологии человека и животных. Московский гос. мед. ин-т им. Ленина, вып. 3, 1960.
3. Л. Н. Гуляева. Материалы научной конференции по проблеме «Функциональные взаимоотношения между различными системами организма в норме и патологии», Иваново, 1962.
4. R. H. Sen, B. K. Anand. J. Med. Res., vol. 45, 1957.
5. Г. Мегун. Бодрствующий мозг. Пер. с англ., М., 1961.
6. М. А. Нуцубидзе. Труды Ин-та физиологии АН ГССР, 13, 1963.
7. Э. Ш. Айрапетянц. Сеченовские прогнозы о внутренних анализаторах и современное состояние знаний о них. Сознание и рефлекс. М.—Л., 1966.
8. А. Д. Коган. Материалы хронического вживления электродов для отведения потенциалов и раздражения мозга, М., 1952.



ნოვალური ფიზიოლოგია

პ. ჩახავა, ა. ზირაძე

ქანგაღის დაჭიმულობის განსაზღვრა ცხოველის ნაყოფის
 თავის ტვინში

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ს. ნარიაშვილმა 17.1.1968)

ნაყოფის თავის ტვინში თავისუფალი ქანგაღის დაჭიმულობის განსაზღვრას, გარდა წმინდა თეორიული ინტერესისა, დიდი მნიშვნელობა აქვს ნაყოფისა და ახალშობილის სხვადასხვა ჰიპოქსიური მდგომარეობის წინააღმდეგ ბრძოლაში პრაქტიკული ღონისძიებების შემუშავებისათვის.

ამ მოსაზრებიდან გამომდინარე, ჩვენ მიზნად დავისახეთ განგვესაზღვრა ცხოველთა ნაყოფის თავის ტვინის სხვადასხვა უბანში თავისუფალი ქანგაღის დაჭიმულობა და დავკვირვებოდით მისი ცვლილებების თავისებურებას როგორც დედაზე, ისე ნაყოფზე სხვადასხვა ზემოქმედებისას.

ჩვენ ცდებში გამოვიყენეთ მ. რაისკინას [1] ლაბორატორიაში დამუშავებული მეთოდი. აქტიურ ელექტროდად ავიღეთ პლატინის 0,5 მმ დიამეტრისა და 6—8 მმ სიგრძის მავთული. იგი გავატარეთ თხელ პლექსიგლასის ფირფიტაში, ჩავამაგრეთ და დავფარეთ სპეციალური საიზოლაციო ფისით. ანოდად ვხმარობდით თბილისის სპეციალურ საკონსტრუქტორო ბიუროში დამზადებულ კალომელის ელექტროდს. წრედის შესაკრავად ვისარგებლეთ აგარაგარზე მომზადებული მარილოვანი ზიდაკით. ყოველი ცდის წინ ვამოწმებდით კათოდის (ტვინში ჩასანერგავი ელექტროდის) მგრძობელობას ცნობილი წესით [2].

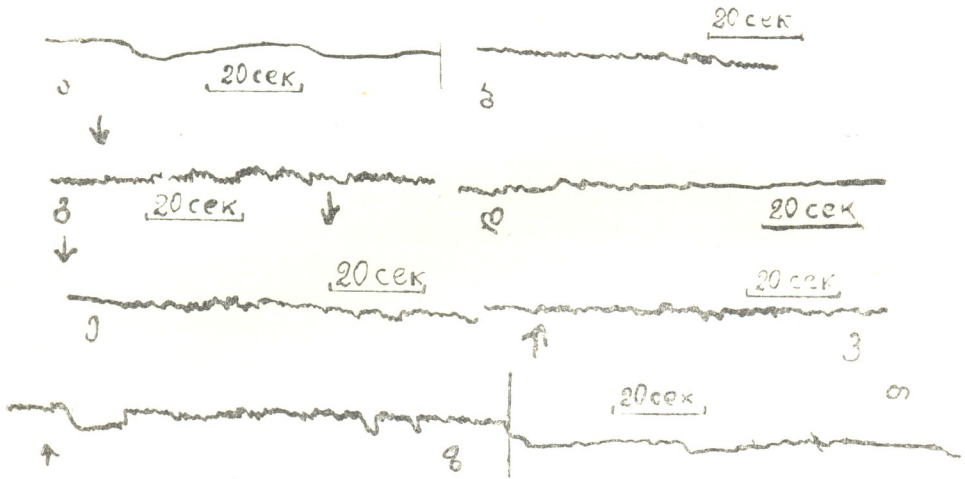
საცდელ ცხოველებად ავიღეთ მაკე ზღვის გოჭის (24), კატისა (9) და ძაღლის (4) ნაყოფი. დედა-ცხოველის გენაში შეგვყავდა აქლორალოზა თითოეული ცხოველისათვის ინდივიდუალური სანარკოზო დოზის (არაუმეტეს 100 მგ/კგ წონაზე) შერჩევით. ცხოველის მუცლის კედლის გაკვეთის შემდეგ, საშვილოსნოს კედლისა და ნაყოფის ქალას გავლით, ტვინის ქსოვილში ვნერგავდით ელექტროდს.

თავისუფალი ქანგაღის დაჭიმულობის მრუდს ვიწერდით თვითჩამწერზე H—373/1 (მუდმივი დენის მიკროამპერმილივოლტმეტრი).

სხვადასხვა ცხოველის ნაყოფზე ჩატარებული დაკვირვებების შემდეგ დავრწმუნდით, რომ საცდელად ყველაზე უკეთესია კატის ნაყოფი. ამიტომ ამ შრომაში ჩვენ აღწერთ იმ შედეგებს, რომლებიც მივიღეთ კატის ნაყოფის ტვინში თავისუფალი ქანგაღის დაჭიმულობის (pO_2) განსაზღვრისას. ნაყოფის



ტვინში pO_2 -ს საწყის დონედ მივიჩნევდით მრუდს, რომელიც ჩაწერილია ან დედა-ცხოველის ჰაერით სუნთქვის პირობებში. იმ შემთხვევაში, თუ pO_2 -ის განსაზღვრის შემდეგ ნაყოფის თავის ტვინში აღმოჩნდებოდა ჰემატომა (ელექტროდის ჩანერგვის გამო), ამ ცდის შედეგს მხედველობაში არ ვღებულობდით.



სურ. 1. ა—ჟანგბადის დაჭიმულობა (pO_2) ნაყოფის ტვინის შუბლის წილში, ბ— pO_2 ნაყოფის ტვინის თხემის წილში, გ— pO_2 თხემის წილში დედა-ცხოველის სუნთქვის შეფერხებისას 50 სეკ.-ის განმავლობაში (ისრით აღნიშნულია დედის სუნთქვის მოშლის დაწყება და დამთავრება), დ— pO_2 ნაყოფის თხემის წილში დედა-ცხოველის სუნთქვის 80 სეკ.-ით შეფერხებისას, ე— pO_2 თხემის წილში დედა-ცხოველისათვის ჟანგბადის მიწოდების დროს (ისრით აღნიშნულია ჟანგბადით სუნთქვის დაწყება), ვ— pO_2 თხემის წილში დედა-ცხოველის ვენაში ადრენალინის (0,2 მლ 1:20000) შეყვანის შემდეგ; ისრით აღნიშნულია შეყვანის მომენტი, ზ— pO_2 თხემის წილში საშვილოსნოდან ნაყოფის ამოყვანის 2 წუთის განმავლობაში (ისრით აღნიშნულია სანაყოფო გარსების გაჭრის და სითხის დაღვრის მომენტი), თ— pO_2 ნაყოფის ტვინის თხემის წილში საშვილოსნოდან ნაყოფის ამოყვანის 3 წუთის განმავლობაში (ვერტიკალური ხაზით გამოყოფილია ჰიპოქსიის პირველი და მეორე პერიოდი)

თავისუფალი ჟანგბადის დაჭიმულობა ჩავიწერეთ ნაყოფის შუბლისა და თხემის წილში. აღმოჩნდა, რომ შუბლის წილიდან ჩაწერილი თავისუფალი ჟანგბადის დაჭიმულობის მრუდი (სურ. 1ა) განსხვავდება თხემის წილიდან ჩაწერილი თავისუფალი ჟანგბადის დაჭიმულობის მრუდისაგან (სურ. 1ბ) იმიტ, რომ შუბლის წილიდან ჩაწერილი მრუდი არ შეიცავს იმ ხშირსა და მცირე ამპლიტუდის ტალღებს, რომლებიც კარგად ჩანს ნაყოფის თხემის წილის ტვინის ქსოვილის თავისუფალი ჟანგბადის დაჭიმულობის მრუდზე. გარდა ამისა, ზემოქმედებისას საპასუხო ცვლილებები უკეთ იყო გამოსახული თხემის წილში. ამიტომ ქვემოთ ჩამოთვლილი ზემოქმედებების დროს pO_2 -ის ჩაწერას ვაწარმოებდით ნაყოფის ტვინის თხემის წილიდან. დედა-ცხოველის სუნთქვის შეფერხებამ (ტრაქეის თანდათანობით დახშობა) 50 სეკუნდის განმავლობაში



არ გამოიწვია ნაყოფის ტვინში თავისუფალი ქანგბადის დაჭიმულობის საერთო დონის დაქვეითება (სურ. 3), პირიქით, ამ დროს მრუდის საერთო დონის გამომხატველი ღერძი ოდნავ ზემოთ ინაცვლებს. თუ pO_2 -ის საწყის დონეს პირობითად მივიჩნევთ 100%-ად, ღერძის გადახრა მატებისაკენ დაახლოებით 7—8%-ს უდრის. აღინიშნება აგრეთვე, ქანგბადის დაჭიმულობის მრუდის ტალღების შეწელება და გაზრდა (სურ. 1გ). დედა-ცხოველის სუნთქვის უფრო ხანგრძლივმა დარღვევამ, (80 სეკუნდით) ნაყოფის ტვინში გამოიწვია ქანგბადის დაჭიმულობის მრუდის როგორც დიდი, ისე მცირე ტალღების თანდათანობით გაქრობა (სურ. 1დ). ამ ცდის შემდეგ დედა-ცხოველისათვის ქანგბადის სწრაფად მიწოდებამ, თანდათანობით აღადგინა ნაყოფის თავის ტვინის თხემის წილისათვის დამახასიათებელი ქანგბადის დაჭიმულობის მრუდი (სურ. 1ე).

ადრენალინის მცირე რაოდენობით შეყვანამ დედის ბარძაყის ვენაში (0.2 მლ 1:20000) რაიმე მნიშვნელოვანი ძვრა ქანგბადის შემცველობაში ნაყოფის თავის ტვინის თხემის წილში არ მოახდინა (სურ. 1ვ). ადრენალინის უფრო დიდი რაოდენობით შეყვანაზე უარი ვთქვით, რადგან იგი, გარდა ჰემოდინამიკური ცვლილებებისა, იწვევდა დედის სუნთქვის მოშლას (ქოშინს); ხოლო გაძლიერებული და გახშირებული სუნთქვის დროს დიაფრაგმისა და სასუნთქი კუნთების მოძრაობა გადაეცემა ნაყოფის ტვინში ჩანერგილ ელექტროდს. რაც ჩანაწერის სიზუსტეზე მოქმედებს.

საინტერესო ცვლილებები მივიღეთ, როდესაც საშვილოსნოს ვაკუეთის შემდეგ ნაყოფი ამოვიღეთ საშვილოსნოს ღრუდან. მიუხედავად იმისა, რომ ნაყოფი დედასთან დაკავშირებული იყო ჰიპლარის სისხლის ძარღვებით, თავისუფალი ქანგბადის დაჭიმულობა უეცრად დაქვეითდა (სურ. 1ზ); ეს კი გამოხატავს მოლეკულური ქანგბადის რაოდენობის შემცირებას ნაყოფის ტვინის ქსოვილში დაახლოებით 15—18%-ით. ყურადღება მივაქცევთ იმ გარემოებას, რომ ასეთ პირობებში pO_2 -ის მრუდზე მცირეტალღოვანი რხევები არ გაქრა, ხოლო მომდევნო პერიოდში გახშირდა და გაიზარდა კიდევაც. ამ პერიოდის ხანგრძლივობა უდრის 110—115 სეკუნდს. გარდა ამისა, მრუდზე ჩანს პირველადი დაცემის მაგარი დაქვეითება კიდევ ორჯერ, რაც საბოლოოდ ეცემა და ვეღარ უბრუნდება საწყის მდგომარეობას როგორც საერთო დონის, ისე მრუდის ხასიათის მხრივაც. აღარ აღინიშნება მასზე ის მცირე რხევები, რომლებიც ტვინის ნივთიერებათა ცვლაში მოლეკულური ქანგბადის მონაწილეობის უფრო ნატიფანარეკლს უნდა წარმოადგენდეს (სურ. 1თ). ეს პერიოდი, ე. ი. pO_2 -ის დონის სულ უფრო და უფრო დაქვეითება და ბოლოს ყოველგვარი ტალღების გაქრობა ხდება საშვილოსნოდან ნაყოფის აშოლების 3—3,5 წუთის განმავლობაში.

აქ გვინდა მოვიხსენიოთ გერმანელი მკვლევარების [3] მიერ ზღვის გოჭის ნაყოფის ტვინის ელექტროენცეფალოგრაფიული გამოკვლევა. მათ ნახეს, რომ საშვილოსნოდან ამოღებული, მაგრამ დედასთან ჰიპლარის სისხლის ძარღვებით დაკავშირებული ნაყოფის ტვინში ელექტრული აქტივობა ეცემა. ამას მკვლევარები ხსნიან ნაყოფის ტვინში უეცრად განვითარებული ასფიქსიით, რომელიც, მათი აზრით, ჰიპლარის გადაგრების შედეგია. ჩვენ ცდებში საგან-

გემოდ ვზოგავდით ჭიბლარის სისხლის ძარღვებს (მათ არც კი ვეხებოდით), მაგრამ ნაყოფის ტვინში მაინც იწყებოდა ჰიპოქსიისათვის დამახასიათებელი სურათი (იხ. სურ. 1ზ). ამიტომ მიგვაჩნია, რომ ზემოხსენებული მკვლევარების ვარაუდი ელექტრული აქტივობის გაქრობის მიზეზის შესახებ, ჩვენი ცდების შედეგებით დასტურდება, ოღონდ pO_2 -ის მრუდზე ჰიპოქსიური ტალღის მიზეზი ჭიბლარის დაზომა არ უნდა იყოს (სურ. 1 ზ,თ).

მოყვანილი მრუდი გვიკარნახებს საგულისხმო მოსაზრებებს ახალშობილის პირველი შესუნთქვის მექანიზმის გასარკვევად. ცნობილია, რომ პირველი შესუნთქვის მიზეზად სთვლიან ნაყოფის, ხოლო შემდეგ ახალშობილის სისხლის აიროვანი შემადგენლობის მკვეთრ შეცვლას, განსაკუთრებით კი სწრაფად განვითარებულ ჰიპოქსიას; ისიც ცნობილია, რომ პირველი შესუნთქვის დაწყებისათვის მნიშვნელობა აქვს ნაყოფის დაბადებასთან დაკავშირებულ აფერენტული იმპულსების ძლიერ ნაკადს [4]. მართლაც საფიქრებელია, რომ პირველი, ჰიპოქსიური ტალღა, ნაყოფის გარემოს შეცვლით გამოწვეული, გაძლიერებული იმპულსაციის საპასუხო რეფლექსური აქტია; შემდეგში კი მნიშვნელობა აქვს, რა თქმა უნდა, სისხლის აიროვანი შემადგენლობის შეცვლასაც. ასეთი ვარაუდის უფლებას გვაძლევს დედა-ცხოველის სუნთქვის მოშლით (50—80 სეკუნდით) გამოწვეული ნაყოფის ტვინის pO_2 -ის მრუდი (შეადარეთ სურ. 1 გ და 1 დ სურ. 1 ზ და 1 თ-ს).

ზემოთქმულიდან ირკვევა, რომ ნაყოფის თავის ტვინში თავისუფალი ჟანგბადის განაწილებასა და მისი კონცენტრაციის მერყეობას სხვადასხვა ზემოქმედების პასუხად საკმაოდ ზუსტად ასახავს პოლაროგრაფიული მეთოდი. ამიტომ მიზანშეწონილად მიგვაჩნია, რომ იგი გამოყენებულ იქნეს არამარტო ნაყოფისა და ახალშობილის ჰიპოქსიის განვითარების პათომექანიზმების ასახსნელად, არამედ მისი საშუალებით შემოწმდეს დღემდე და მომავალში ხმარებული ე. წ. „ასფიქსიის“ საწინააღმდეგო საშუალებების ეფექტურობა თავის ტვინში, როგორც ჰიპოქსიისადმი განსაკუთრებით მგრძობიარე ქსოვილში, ჟანგბადის დაჭიმულობის განსაზღვრით.

დასკვნები

1. პოლაროგრაფიული მეთოდით ცხოველთა ნაყოფის თავის ტვინში თავისუფალი ჟანგბადის დაჭიმულობის განსაზღვრისათვის ძალისა და ზღვის გოჭის ნაყოფთან შედარებით უკეთესი ობიექტია კატის ნაყოფი.

2. კატის ნაყოფის თავის ტვინის თხემის წილში ჟანგბადის დაჭიმულობის მრუდი უფრო მგრძობიარეა სხვადასხვა ზემოქმედებისადმი.

3. დედა-ცხოველის სუნთქვის სხვადასხვა ხანგრძლივობით მოშლა ნაყოფის ტვინში იწვევს ჟანგბადის კონცენტრაციის დამახასიათებელ ცვლილებას. სუნთქვის მოშლა 50 სეკუნდით იწვევს ნაყოფის ტვინში ჟანგბადის დაჭიმულობის მომატებას 7—8%-ით; დედა-ცხოველის სუნთქვის მოშლას 80 სეკ-ის განმავლობაში მოჰყვება ჟანგბადის დაჭიმულობის მრუდზე რხევების სრული მოსპობა. მიუხედავად ამისა, ნაყოფის ტვინის ქსოვილის pO_2 -ის საერთო დონე არ ეცემა.

4. დედა-ცხოველისათვის ყანგბადის მიწოდება აუმჯობესებს ტვინში თავისუფალი ყანგბადის დაჰიმულობის მრუდს და აღადგენს მდგომარეობას.

5. ადრენალინის (1:20000) 0.2 მლ შეყვანა დედის ბარძაყის ვენაში რაიმე მნიშვნელოვან ცვლილებას ნაყოფის ტვინის თავისუფალი ყანგბადის შემცველობაზე არ ახდენს. ადრენალინის უფრო დიდი დოზა იწვევს დედა-ცხოველის ქოშინს, რაც pO_2 -ის მრუდზე არტეფაქტების გამო (ჩანერგილი ელექტროდის გადაადგილება) ყანგბადის შემცველობის განსაზღვრის საშუალებას არ იძლევა.

6. საშვილოსნოდან ამოყვანილი და დედასთან მხოლოდ ჭიპლარით დაკავშირებული კატის ნაყოფის თხემის წილის ტვინის ქსოვილში აღინიშნება თავისუფალი ყანგბადის რაოდენობის მკვეთრი ცვლილება, ხოლო მესამე წუთიდან (საშვილოსნოდან ამოღების შემდეგ) იგი საბოლოოდ ეცემა და აღარ გამოსწორდება.

რესპუბლიკური სამედიცინო-გინეკოლოგიური

სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი

(რედაქციას მოუვიდა 17.1.1968)

НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

К. В. ЧАЧАВА, А. Н. ЗИРАКАДЗЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ КИСЛОРОДА В ТКАНИ МОЗГА ЖИВОТНЫХ В ОСТРОМ ОПЫТЕ

Резюме

Полярнографическим методом определялось напряжение свободного кислорода в ткани мозга плода животных. Указаний на проведение подобных исследований в литературе авторы не нашли. Сравнивая данные, полученные на плодах морских свинок, кошек, и собак, авторы пришли к заключению, что лучшим объектом для таких экспериментов являются плоды кошек.

Кривая напряжения свободного кислорода (pO_2) в лобной части мозга плода кошки отличается по своему характеру от кривой pO_2 теменной части мозга. Все изменения в напряжении свободного кислорода в мозгу плода выражены ярче на кривой, записанной с теменной части. Нарушение дыхания матери влечет за собой характерные колебания напряжения свободного кислорода в теменной части мозга плода. Путем нарушения дыхания матери (50 и 80 секунд) авторы получили картину гипоксии мозга плода различной глубины. Подача кислорода матери быстро выравнивает кривую концентрации свободного кислорода в мозге плода и восстанавливает исходную картину кривой pO_2 . Адреналин (0,2 мл в разведении 1:20000), введенный в бедренную

вену матери, незначительно влияет на pO_2 мозга плода. В мозговой ткани плода, извлеченного из матки и связанного с матерью только пупочными сосудами, наступает резкое колебание напряжения свободного кислорода. На кривой pO_2 в течение 110—115 секунд отмечается несколько гипоксических волн, которые постепенно исчезают к концу второй минуты. Затем начинается стабильное понижение общего уровня pO_2 мозга. Считаем целесообразным использовать полярографический метод определения свободного кислорода в мозге плода для изучения патомеханизмов развития гипоксии плода и новорожденного, а также для оценки эффективности применяемых ныне и изыскиваемых средств лечения так называемой «асфиксии» плода и новорожденного.

დასაწყვებელი ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. Е. Райскина, З. Т. Самойлова. Патофизиология и экспериментальная терапия, № 2, 1963, 273.
2. Я. Гейровский. Техника полярографического исследования. М., 1951.
3. R. M. Bergström, P. E. Hellström, u. D. Stenberg. Ann. chir. et Gyn. Fenn., 51, 4, 1962, 504.
4. Е. Л. Голубеева. Журнал эволюционной биохимии и физиологии, т. 2, № 4, 1966, 378.



ბ. ავალიშვილი

მელითონეობის ძველი ძეგლი ქვემო ქართლში

(წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ა. ავაქიძემ 7.2.1968)

1966 წელს სოფ. განთიადში (ქვემო ქართლი) აღმოჩნდა მელითონე ხელოსნის სამარხი, რომელიც შეიცავდა ბრინჯაოს ცულებისა და სატეხისმაგვარი ღეროს ჩამოსასხმელი ქვის ყალიბებს, როდინის ქვებს, ბრინჯაოს რგოლს, საკინის; რკინის დანის, სატევრისა და შუბისპირის ფრაგმენტებს; თიხის ორტიველს, მილაკსა და ჭურჭლის ნატეხებს.

აღმოჩენილ კომპლექსში განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ექვსი ყალიბი, რომელთაგან სამში ჩამოსასხმებოდა ე. წ. აღმოსავლურ-ამიერკავკასიური ცული, ორში—წელში გამოყვანილი, სიმეტრიულმხრებიანი ბრტყელი ცული დერთში — სატეხისმაგვარი ღერო.

ყალიბები დიდი სიზუსტითაა ამოკვეთილი. გამოყენებული ქვის ფორიანობა და ამოჭრილი სასულეები, როგორც ჩანს, სავსებით აკმაყოფილებდა ჰაერის გამტარობას, ე. ი. უზრუნველყოფდა ჩამოსხმის წარმატებით განხორციელებას.

ამ ყალიბებში ჩამოსხმული ცული აღმოსავლურ-ამიერკავკასიური ბრინჯაოს ცულების ერთ-ერთ სახესხვაობას წარმოადგენს. მას ყუაზე შვერილი აქვს და სატარე მილის გარეთა მხარეს გაუყვება ქედები. შვერილი ისეთ შთაბეჭდილებას ტოვებს, რომ იგი თითქოს გრძელდება ქვემოთ და სატარეს შუაზე (ორივე მხრივ) რელიეფურ ზოლად გასდევს. ბრინჯაოს ცულების ეს ვარიანტი გავრცელებულია ძვ. წ. IX—VIII საუკუნეებში ქვემო ქართლსა (გორა, განთიადი) და ჩრდილო სომხეთში (არტიკი, ახტალა, ალავერდი; სტეფანავანი, კიროვაკანი, ვორნაკი) ([1], გვ. 36).

აღმოსავლურ-ამიერკავკასიური ცულის ყალიბები აღმოჩენილია ცხინვალის ნაცარგორას III ფენაში ([2], გვ. 94), შულავრის ხევში სოფ. ოფრეთთან



([3], გვ. 7), ლენინაკანის მახლობლად [4], კარმირ-ბლურზე ([5], გვ. 85), შამქორის რაიონში ([6], გვ. 144).

ბრტყელი ცულის ჩამოსასხმელი ყალიბები აღმოჩენილია მუხანათ-თაფაზე ერევნის მახლობლად ([7], გვ. 30) და მინგეჩაურში ([8], გვ. 74).

ამ ტიპის ცულებს ერთსაგდულიან ყალიბში ჩამოსხმულად თვლიან ([7], გვ. 30). განთიადის აღმოჩენაც მხარს უჭერს ე. წ. ბრტყელი ცულების ერთსაგდულიან ყალიბში ჩამოსხმას. ამ ტიპის ცულების ჩამოსასხმელი ყალიბების აღმოჩენის ადგილების გათვალისწინება (მუხანათ-თაფა, მინგეჩაური, განთიადი) საფუძველს გვაძლევს ამგვარი ცულების წარმოების ცენტრად სამხრეთ-აღმოსავლეთი ამიერკავკასია მივიჩნიოთ.

ამასთანავე, ცხადი ხდება, რომ განთიადის ბრტყელი და ე. წ. აღმოსავლურ-ამიერკავკასიური ცულების სახესხვაობა ერთმანეთის სინქრონულია (სოფ. განთიადში აღმოჩენილ აღმოსავლურ-ამიერკავკასიური ცულის ჩამოსასხმელი ყალიბის ერთ-ერთი საგდულის ზურგზე ბრტყელი ცულის ყალიბია ამოკვეთილი) და გავრცელებული ჩანს ძვ. წ. IX—VIII საუკუნეებში.

დამახსიათებელია, რომ სისიანის (სომხეთი) დოლმენტურ სამარხში აღმოჩენილია ოთხი თიხის ყალიბი სატეხისმაგვარი იარაღის ჩამოსასხმელად ([9], გვ. 105). ე. ი. აქაც მელითონის სამარხთან გვაქვს საქმე. ამას გარდა, შამქორის ციკლოპურ ნაგებობასთან მიუთითებენ რამდენიმე ყალიბის აღმოჩენას, რომელთაგან გადარჩენილია ერთი — აღმოსავლურ-ამიერკავკასიური ცულისა ([6], გვ. 144).

ამგვარად, განთიადსა და სისიანში მელითონეთა სამარხების აღმოჩენა, შამქორში რამდენიმე ყალიბის პოვნა და ა. შ., საფუძველს გვაძლევს ვივარაუდოთ, რომ ძვ. წ. I ათასწლეულის დასაწყის საუკუნეებში იქმნებოდა დიდი სახელოსნოები, სადაც ხელოსანი ემსახურებოდა გარკვეულ ჯგუფს და სერიულად ამზადებდა ნაწარმს.

ამასთანავე, როგორც სპექტრული ანალიზის შედეგები გვიჩვენებს, განთიადის ყალიბებში მაღალი ხარისხის კალიანი ბრინჯაოს ნივთებს ასხამდნენ (ცხრილი)¹. კალიანი ბრინჯაო ამ დროს გამოყენებული ჩანს სამხრეთ-აღმოსავლეთ საქართველოში ([10], გვ. 46) და ჩრდილო სომხეთში ([10], გვ. 84). ქვემო ქართლში და ჩრდილო სომხეთში ამ პერიოდის ნივთები ჩამოსხმის ტექნოლოგიითაც დიდ მსგავსებაშია (მეიძლება ერთი სამთამადნო კერა ჰქონდათ).

¹ ანალიზები შესრულებულია საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის ჰიმურ-სარესტავრაციო ლაბორატორიაში.



№	საგნების დასახელება	Si	Al	Mg	Ca	Fe	Mn	Ni	Co	Ti	Cr	Cu	Pb	Ag	Sb	Bi	As	Zn	Sn	Na	Ka	P
1	ყაღები ალმოსაველურ-ამიერკავკასიური ტიპის ცულისა, ორსაგდელიანი (ერთი საგდელის ზურგზე ბრტყელი ცული ყაღები)	ბევრი	ძალზე ბევრი	ძალზე ბევრი	არის	ბევრი	>კვ	>კვ		ცოტა		ცოტა	>კვ		არა		არა		ცოტა	ბევრი		
2	ყაღები ალმოსაველურ-ამიერკავკასიური ტიპის ცულისა, ორსაგდელიანი, დიდი	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
3	ყაღები ალმოსაველურ-ამიერკავკასიური ტიპის ცულისა, ორსაგდელიანი	"	"	"	"	"	კვ	"	"	"	"	<ცოტა	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
4	ყაღები ბრტყელი ცულისა (მეორე მხარეს ალმოსაველურ-ამიერკავკასიური ტიპის ცულის № 1 ყაღები)	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	>კვ	"	"	"	"	"	>კვ	"	"	"	"
5	ტიველი პატარა*	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	არის	"	"	"	"	"	"	ცოტა	"	"	"
6	ტიველი დიდი*	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"

შენიშვნა: შენიშნებოდა სპილენძის კვალი.

მელითონიების ძველი კერა ქვემო ქართლში

მართალია, განთიადის ყალიბებში ბრინჯაოს ნივთები ისხმებოდა, მაგრამ რკინას აქ უკვე დიდი ხანია იცნობდნენ.

ერთ-ერთი ყალიბი თავის დროზე გატეხილი ყოფილა და ოთხ ადგილას რკინის სამაგრებით შეუკრავთ. რკინა, ბრინჯაოსთან შედარებით, ბევრად უფრო მკვრივია და თანაც პლასტიკური. მისი თვისებების ასეთი ცოდნა უნდა შემუშავებულიყო ათეული წლების განმავლობაში და განთიადელ მელითონის რამდენიმე თაობის გამოცდილება უნდა ჰქონოდა, რომ ყალიბი, უკვე ცნობილი და, ალბათ, ბევრ სხვა საქმეში გამოცდილი ლითონით, დაემაგრებინა. ეს, ჯერჯერობით ერთადერთი შემთხვევაა და თანაც მეტად ორიგინალური.

მართალია, ძვ. წ. I ათასწლეულის I მეოთხედში რკინის იარაღს უკვე გაბატონებული მდგომარეობა უკავია, მაგრამ ბრინჯაოს ნივთთა ქიმიური ანალიზები გვიჩვენებენ, რომ ამ დროს უმალღესი ხარისხის ბრინჯაოს ასხამდნენ და ბრინჯაოს დამუშავება უმალღეს წერტილს აღწევდა. განთიადის მელითონის სამარხში აღმოჩენილი კომპლექსის მეშვეობით შეიძლება ბრინჯაოს მელითონობის მთელი პროცესის აღდგენა.

როგორც ჩანს, ძვ. წ. I ათასწლეულის I მეოთხედში მელითონეთა მძლავრი კერები, ჯერ კიდევ მთის წინა ზოლშია (განთიადი, ცხინვალი, შამქორი, ლენინაკანი).

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

(რედაქციას მოუვიდა 7.2.1968)

АРХЕОЛОГИЯ

Г. Б. АВАЛИШВИЛИ

ДРЕВНИЙ ОЧАГ МЕТАЛЛУРГИИ В КВЕМО-КАРТЛИ

Резюме

В 1966 г. в с. Гантиади (Дманисский район) было обнаружено погребение литейщика, содержащее несколько каменных форм для отливки бронзовых предметов и другие характерные для литейщика-мастерского принадлежности. В трех из них отливались топоры-секиры восточно-закавказского типа, относящиеся к одному и тому же варианту; в двух — топоры-тесла с симметричными плечиковидными выступами по бокам, являющиеся поздним вариантом плоских топоров, син-

хронным секирам восточно-закавказского типа, распространенным в Квемо-Картли и северной части Армении в IX—VIII в. до н. э.

Одна из гантиадских форм в свое время была сломана, но ее не изъяли из употребления, а закрепили железными скобами (пока что единственный и весьма своеобразный случай для означенного времени).

Ряд аналогий из различных мест Закавказья дает возможность датировать гантиадское погребение литейщика IX—VIII вв. до н. э.

Судя по находкам литейных форм, в Закавказье в первой четверти I тысячелетия до н. э. крупные очаги металлургии и металлообработки в основном находились в зоне предгорий.

დასოფნეობის ლიტერატურა — ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. С. Е с а я н. Оружие и военное дело древней Армении. Ереван, 1966.
2. გ. გობეჯიშვილი. არქეოლოგიური გათხრები საბჭოთა საქართველოში, თბილისი, 1952.
3. დ. ბერძენიშვილი. საქართველოს ისტორიული გეოგრაფიის კრებული, II, თბილისი, 1964.
4. А. К а л а н т а р. Проблемы истории докапиталистических обществ, № 9—10, 1934.
5. А. М а р т и р о с я н. Армения в эпоху бронзы и раннего железа. Ереван, 1964.
6. А. И е с с е н. ИГАИМК, вып. 120, 1935.
7. Б. К у ф т н и. Вестник Гос. музея Грузии. XIII-В, Тбилиси, 1944.
8. Древний Мингечаур, Баку, 1959.
9. А. М а р т и р о с я н. Раскопки в Головино. Ереван, 1954.
10. ც. აბესაძე, რ. ბახტაძე, თ. დვალის, თ. ჯაფარიძე. სპილენძ-ბრინჯაოს მეტალურგიისათვის საქართველოში. თბილისი, 1958.

ПОЛОЖЕНИЕ О «СООБЩЕНИЯХ АКАДЕМИИ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР»

1. В „Сообщениях Академии наук Грузинской ССР“ публикуются статьи научных работников Академии наук Грузинской ССР и других ученых, содержащие сжатое изложение основных результатов их исследований.

2. „Сообщениями“ руководит редакционная коллегия, избираемая общим собранием Академии наук Грузинской ССР.

3. „Сообщения“ выходят ежемесячно отдельными выпусками приблизительно в объеме 16 печатных листов каждый. Выпуски каждого квартала (три выпуска) составляют один том.

4. Статьи должны быть представлены на двух языках: на грузинском и русском. На одном из них, по желанию автора,—полный текст, а на другом—краткое изложение основного текста.

5. Объем статьи, включая иллюстрации, не должен превышать 15 000 типографских знаков (шесть страниц журнала). Разделение статьи на отдельные части для опубликования в разных выпусках „Сообщений“ не допускается.

6. Статьи действительных членов и членов-корреспондентов Академии наук Грузинской ССР сдаются непосредственно в редакцию „Сообщений“ для опубликования, а статьи других авторов публикуются только по представлению действительных членов или членов-корреспондентов Академии. Статьи, поступившие без представления, направляются редакцией одному из действительных членов или членов-корреспондентов Академии на рассмотрение, с тем чтобы в случае положительной оценки статья была представлена для опубликования.

7. Статьи должны быть представлены автором в двух экземплярах, в совершенно готовом для печатания виде. Формулы должны быть четко вписаны в текст от руки. Текстовые части на иллюстрациях должны быть выполнены на обоих языках. Никакие исправления и добавления после принятия к печати не допускаются.

8. Данные о цитированной литературе должны быть по возможности полными: необходимо указать полное заглавие статьи, название журнала, в котором опубликована статья, серию, том, выпуск, год издания; если имеется ссылка на книгу, то необходимо указать полное наименование книги, место и год издания.

9. Цитируемая литература должна приводиться в конце статьи в виде списка. При ссылке на литературу в тексте статьи или в подстрочных примечаниях следует указывать номер по списку, заключая его в квадратные скобки.

10. В конце текста статьи автор на соответствующем языке должен указать название и местонахождение того научного учреждения, где выполнена работа.

Статья датируется днем поступления ее в редакцию.

11. Автору предоставляется одна корректура в сверстанном виде на строго ограниченный срок (не более двух дней). В случае невозвращения корректуры к сроку редакция вправе приостановить печатание статьи или напечатать ее без визы автора.

12. Автор получает бесплатно 10 оттисков своей статьи.

АДРЕС РЕДАКЦИИ: ТБИЛИСИ, 60, ул. КУТУЗОВА, 15

Телефоны 37-22-16, 37-93-42

Условия подписки: на 1 год—12 руб., на 6 месяцев—6 руб.

„საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბის“
დ ე ბ უ ლ ე ბ ა

1. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბეში იბეჭდება აკადემიის მეცნიერ მუშაკებისა და სხვა მეცნიერთა წერილები, რომლებშიც მოკლედ გადმოცემულია მათი გამოკვლევების მთავარი შედეგები.
2. „მოამბეს“ ხელმძღვანელობს სარედაქციო კოლეგია, რომელსაც ირჩევს საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის საერთო კრება.
3. „მოამბე“ გამოდის თვეში ერთხელ, ცალკე ნაკვეთებად, დაახლოებით 16 ბეჭდური თაბახი. ყოველი კვარტალის ნაკვეთები (სამი ნაკვეთი) შეადგენს ერთ ტომს.
4. „მოამბეში“ დასაბეჭდად წერილები წარმოდგენილ უნდა იქნეს ორ ენაზე: ქართულად და რუსულად. ერთ-ერთ მათგანზე, ავტორის სურვილისამებრ, —სრული ძირითადი ტექსტი, ხოლო მეორეზე —ძირითადი ტექსტის შემოკლებული გადმოცემა.
5. წერილის მიცულობა (ორივე ტექსტისა), ილუსტრაციების ჩათვლით, არ უნდა აღემატებოდეს 15.000 სასტამბო ნიშანს (ჟურნალის 6 გვერდს); არ შეიძლება წერილის დაყოფა ნაწილებად სხვადასხვა ნაკვეთში გამოსაქვეყნებლად.
6. საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრებისა და წევრ-კორესპონდენტების წერილები უშუალოდ გადაეცემა დასაბეჭდად „მოამბის“ რედაქციას, ხოლო სხვა ავტორების წერილები იბეჭდება აკადემიის ნამდვილი წევრის ან წევრ-კორესპონდენტის წარდგინებით. წარდგინების გარეშე შემოსულ წერილს „მოამბის“ რედაქცია გადასცემს აკადემიის რომელიმე ნამდვილ წევრს ან წევრ-კორესპონდენტს განსაზღვრულად, რათა მან, დადებითად შეფასების შემთხვევაში, წარმოადგინოს იგი დასაბეჭდად.
7. წერილები ავტორმა უნდა წარმოადგინოს ორ ცალად, დასაბეჭდად სავსებით მომზადებული. ფორმულები ხელით უნდა იყოს ჩაწერილი ტექსტში მკაფიოდ. ილუსტრაციებზე ტექსტობრივი წარწერები ორივე ენაზე უნდა იყოს შესრულებული. წერილის დასაბეჭდად მიღების შემდეგ ტექსტში შესწორებებისა და დამატებების შეტანა აღარ შეიძლება.
8. დამოწმებული ლიტერატურის შესახებ მონაცემები შეძლებისდაგვარად სრული უნდა იყოს: საჭიროა აღნიშნოს წერილის სრული სათაური, სახელწოდება ჟურნალისა, რომელშიც დაბეჭდილია წერილი, ნომერი სერიისა, ტომისა, ნაკვეთისა, გამოცემის წელი; თუ დამოწმებულია წიგნი, სავალდებულოა წიგნის სრული სახელწოდების, გამოცემის ადგილისა და წელის მითითება.
9. დამოწმებული ლიტერატურის სია წერილს ერთვის ბოლოში. ლიტერატურის მისათითებლად ტექსტში თუ შენიშვნებში კვადრატულ ფრჩხილებში ნაჩვენები უნდა იქნეს შესაბამისი ნომერი სიის მიხედვით.
10. წერილის ტექსტის ბოლოს ავტორმა შესაბამის ენაზე უნდა აღნიშნოს იმ დაწესებულების სახელწოდება და ადგილმდებარეობა, სადაც შესრულებულია შრომა.
წერილი თარიღდება რედაქციაში შემოსვლის დღით.
11. ავტორს ეძლევა გვერდებად შეკრული ერთი კორექტურა მკაცრად განსაზღვრული ვადით (ჩვეულებრივად არა უმეტეს ორი დღისა). თუ კორექტურა დადგენილი ვადისათვის არ იქნა წარმოდგენილი, რედაქციას უფლება აქვს შეაჩეროს წერილის დაბეჭდვა ან დაბეჭდოს იგი ავტორის ვიზის გარეშე.
12. ავტორს უფასოდ ეძლევა მისი წერილის 10 ამონაბეჭდი.

რ ე დ ა მ ტ კ ი ი ს მ ი ნ ა მ ა რ თ ი: თბილისი, 60, კუთუზოვის ქ. 15

ტელეფონები: 37-22-16, 37-93-42

ხ ე ლ მ ო წ ე რ ი ს პ ი რ ო ბ ე ბ ი: 1 წლით—12 მან., 6 თვით—6 მან.

32601826.
ЦЕНА 1 РУБ.


ИНДЕКС 76181
ՀԱՅԿԱՍՏԱՆԻ
ՆՈՅՆԱԳՐԱԴԱՐԱՆ