

524 /
1996/2

ISSN—0132—1447



12

საქართველოს
მეცნიერებათა აკადემიის

ბოაბა

BULLETIN

OF THE GEORGIAN ACADEMY
OF SCIENCES

153

№ 2

1996

თბილისი • TBILISI

ქვირფასო კოლეგებო!

1996 წლიდან საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის წამყვანი სამეცნიერო ჟურნალი „საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე“ გამოიცემა როგორც ქართულ, ისე ინგლისურ ენებზე. ჟურნალი ძირითადად აქვეყნებს საქართველოს სამეცნიერო დაწესებულებებში შესრულებულ გამოკვლევათა შედეგებს. ჟურნალის ინგლისურ ენაზე გამოცემა საშუალებას მოგვცემს გავაცნოთ ფართო სამეცნიერო საზოგადოებას მეცნიერების თანამედროვე მიღწევები საქართველოში და იმავდროულად მოვიზიდოთ ჩვენს ჟურნალში თანამშრომლობისათვის სხვადასხვა ქვეყნის მეცნიერები.

ვიმედოვნებთ, რომ თქვენ ჩვენი ჟურნალის გამოწერით ხელს შეუწყობთ იმ სიძნელეთა დაძლევას, რომლებიც თან ახლავს მის გამოცემას და ამასთანავე გამოიყენებთ თქვენს ავტორიტეტსა და გავლენას მისი პოპულარიზაციისათვის.

მთავარი რედაქტორი,
საქართველოს მეცნიერებათა
აკადემიის პრეზიდენტი, აკად.

ა. თავხელიძე

ა. თავხელიძე

ქურნალი დაარსებულია 1940 წელს
Журнал основан в 1940 году



საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის სამეცნიერო ქურნალი
„მოამბე“ გამოდის ორ თვეში ერთხელ ქართულ და ინგლისურ ენებზე

Научный журнал "Сообщения АН Грузии" выходит в 2 месяца
раз на грузинском и английском языках

მთავარი რედაქტორი – აკადემიკოსი ა.თავხელიძე

ს ა რ ე დ ა ქ ც ი ო კ ო ლ ე გ ი ა

თ.ანდრონიკაშვილი, თ.ბერიძე (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), ე.გამყრელიძე,
თ.გამყრელიძე, გ.გველესიანი, ვ.გომელაური, რ.გორდენიანი (მთავარი რედაქტორის
მოადგილე), მ.ზალიშვილი, გ.კვეციანი, ი.კილურაძე (მთავარი რედაქტორის
მოადგილე), თ.კობალაძე, ჯ.ლომინაძე, რ.მეტრეველი, დ.მუსხელიშვილი (მთავარი
რედაქტორის მოადგილე), თ.ონიანი, მ.სალუქვაძე (მთავარი რედაქტორის
მოადგილე), თ.ურუშაძე, გ.ციციშვილი, გ.ქოლოშვილი

Главный редактор – академик А.Н.Тавхелидзе

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Т.Г.Андроникашвили, Т.Г.Беридзе (заместитель главного редактора),
И.П.Гамкрелидзе, Т.В.Гамкрелидзе, Г.Г.Гвелесиани, В.И.Гомелаური,
Р.Б.Гордзиანი (заместитель главного редактора), М.М.Заалишвили,
Г.И.Квеситадзе, И.Т.Кигურაძე (заместитель главного редактора),
Т.И.Копалеишвили, Д.Г.Ломинаძე, Р.В.Метრეველი, Д.А.Мухелишვილი
(заместитель главного редактора), Т.Н.Ониანი, М.Е.Салукваძე (заместитель
главного редактора), Т.Ф.Урушаძე, Г.Ш.Цицишვილი, Г.С.Чогошვილი

პასუხისმგებელი მდივანი ლ.გვერდწითელი
Ответственный секретарь Л.В.Гвердцители

რედაქციის მისამართი: 380008, თბილისი-8, რუსთაველის პრ. 52, ტელ. 99-75-93.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის საწარმო-საგამომცემლო გაერთიანება
„მეცნიერება“, 380060, თბილისი დ.გამრეკელის ქ 19, ტელ. 37-22-97.

Адрес редакции: 380008, Тбилиси-8, пр. Руставели 52, тел. 99-75-93.

Производственно-издательское объединение АН Грузии "Мецниереба",
380060, Тбилиси, ул. Д.Гамрекели, 19, тел. 37-22-97.

გადაეცა წარმოებას 06.04.1997. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 15.06.1997. ფორმატი 70x100¹/₁₆

აწეულია კომპიუტერზე მეცნ. აკადემიის პრეზიდიუმის ინფორმატიკის განყოფილებაში.

ოფსეტური ბეჭდვა. პირობითი ნაბ. თაბ. 9,5. სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბაბი 9,5.

ტირაჟი 300. შეკვ. № ფასი სახელშეკრულებო.

Сдано в набор 06.04.1997. Подписано к печати 15.06.1997. Формат 70x100¹/₁₆.

Набрано на компьютере в Отделе информатики Президиума АН Грузии.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 9,5. Уч-изд. л. 9,5. Тираж 300. Заказ № 280

© საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის „მოამბე“, 1996.
Сообщения АН Грузии, 1996.

შ ი ნ ა ა რ ს ი *

მათემატიკა

20874

ნ. სხირტლაძე. H^0 კლასის ფუნქციითა კოეფიციენტების ზოგიერთი თვისება	167
თ.ახობაძე. ფურიეს ჭერადი ტრიგონომეტრიული მწკრივების ბოხნერისა და რისის მეთოდით შეჯამებადობის შესახებ	170
*N.Berikashvili, T.kadeishvili, S.Khazhomia, D.Makalatia, M.Mikiashvili, S.Saneblidze. On the Obstruction Functor	-
ბ.კველიშვილი. მინიმალის პრობლემისა და ასახვათა თანამთხვევის თეორემის შესახებ	174
მ.ქუმბურაძე. განზოგადებული მომენტური თერმოდრეკადობის ბრტყელი თეორიის დინამიკური ამოცანების თეორიისთვის	178
გ. ფრუიძე. $\frac{A(X)C(Y) - A(Y)C(X)}{B(X)D(Y) - B(Y)D(X)}$ ტიპის ფორმალურ ჭგუფთა შესახებ	183
*N.Vakhania. An Algorithm for Reduction of the Feasible Solution Set for the Generalized Scheduling Problem	-
გ.ბერიკელაშვილი, მ.ჩხარტიშვილი. სხვაობიანი სქემების W_2^1 -ში კრებადობის შესახებ დრეკადობის თეორიის ერთი შერეული ამოცანისათვის	186
*S.Saneblidze. Obstructions in a Fibration with a Weak Formal Base	-

მათემატიკური ფიზიკა

თ.ბურჭულაძე. განზოგადებული ელასტოთერმოდინამიკის მათემატიკური ამოცანების თეორიისათვის	190
--	-----

დრეკადობის თეორია

ზ.აბაშიძე. დრეკადობის ბრტყელი თეორიის ერთი დრეკად-პლასტიკური ამოცანის შესახებ	195
---	-----

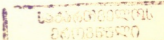
კიბერნეტიკა

ს.დადუნაშვილი. ტექნოვოლუციის პროცესების მონიტორინგი	199
---	-----

ფიზიკა

ა.გულდამაშვილი, ვ.კულიკაუსკასი, რ.ქუთელია. ფაზური გარდაქმნების დაბალფლუენსიანი იონური დასხივების დროს	205
ლ. მიდოდაშვილი, პ.მიდოდაშვილი, ა.ტულუში. პოლარიზებულ ბირთვულ სამიზნეში გამავალი ნეიტრონული კონის პოლარიზაციის ვექტორის რელაქსაცია	210

* ვარსკვლავით აღნიშნული წერილი შესულია მხოლოდ ინგლისურ გამოცემაში





- გ. დამუჯაშვილი, ნ. მეტრეველი, ზ. ჭაჩლიშვილი. სპექტრის სუბმილიმეტრულ არეში მაღალტემპერატურული მახერის შექმნის შესაძლებლობის შესახებ 214
- ვ. კაშია, პ. კერვალიშვილი, რ. სალუქვაძე. მაღალტემპერატურული თერმოემისიის პერსპექტივები 219

ზოგადი და არაორბანული ქიმია

- გ. ჩაჩავა, მ. გვერდწითელი. დარიშხანის (III) ჰალოგენიდების ალგებრული დახასიათება 223
- ა. შველაშვილი, მ. ჭურაძე, ლ. მეტრეველი. გარდამავალი ლითონების ტრიმეკანიშემცველი შერეულაციდოლიგანდიანი კოორდინაციული ნაერთების სინთეზი და გამოკვლევა 225

ფიზიკური ქიმია

- ვ. ციციშვილი, ლ. კვანტალიანი, გ. ჩივაძე, ნ. გოგოძე, დ. ჭიპაშვილი, ა. მაღლაფერიძე, მ. ქანთარია, მ. ალელიშვილი, ნ. მირძველი, გ. სტურუა. Cu-Ni- და Cr-შემცველი ფოკაზიტების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების შესწავლა 228

ქიმიური ტექნოლოგია

- გ. ნაბახტიანი, ი. პისარევსკი, ლ. ჩაჩხიანი, ი. გიორგაძე. LAP-ის კრისტალეზის ძირითადი აკუსტიკური ოპტიკური თვისებები 233

ბეოლოგია

- მ. თოფჩიშვილი. საქართველოს ქვედაიურულ-აალენური ნალექების ზონური დანაწილება ამონიტების მიხედვით 237

სამშენებლო მემანება

- შ. ბურჭულაძე, ი. ფანცხავა, ს. ფანცხავა. საქართველოში მშენებარე საინჟინრო ნაგებობების ბეტონების ყინვამედეგობა 242
- ვ. ლოლაძე. ენერჯის დისიპაციის „უარყოფითი“ ჰისტერეზისის ეფექტი მოდიფიცირებულ მსუბუქ და მძიმე ბეტონში ციკლური დატვირთვისას 246

საბადოთა დამუშავება და გამდიდრება

- ლ. ჭაფარიძე, თ. გოჩიტაშვილი, ვ. გამყრელიძე. მაღალკონცენტრირებული წყალნახშირის სუსპენზიის წარმოება 250

მეტალურგია

- ი. ქართველიშვილი, ვ. ღარიბაშვილი. ნიკელ-ქრომის შენადნობის ფუძიანი კომპოზიციური ფხვნილების მიღების პროცესების კვლევა 253

ჰიდროლოგია

- ი.ყრუაშვილი. ფერდობებზე წყლისმიერი ეროზიის მათემატიკური მოდელირება 257

ნიადაბთმცოდნეობა

- თ.ურუშაძე, კ.კილაძე. ცენტრალური კავკასიონის მაღალმთიანეთის ნიადაგების შედარებითი დახასიათება 260
- კ.კილაძე. მაღალმთიანეთის ნიადაგებისა და მცენარეების კლასიფიკაციის შეჯერების შესახებ 264
- ალანინისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

- რ.სოლომონია, ზ.მჭედლიშვილი, ნ.დალაქიშვილი, დ.მიქელაძე. *Aquilegia Vulgaris*-ის წყლიანი ექსტრაქტის ანტიკონვულსანტური ეფექტი კრუშინსკი-მოლოდკინას ხაზის ვირთაგვებში 267

ბიოფიზიკა

- მ.ებრაღიძე, რ.კოტარია, გ.დავითაია. პროსტაგლანდინების გავლენის შესწავლა რენტგენის სხივებით დასხივებულ სიმსივნური უჯრედების მიკროსომულ მემბრანებში ლიპიდების ზეჟანგურ ჟანგვაზე 271

ბიოქიმია

- რ.ახალკაცი, თ.ბოლოთაშვილი, გ.ალექსიძე, ნ. ალექსიძე. ვირთაგვას თავის ტვინის იზოლირებული უჯრედული ბირთვების ფოსფატის ბუფერსა და ტრიტონ X-100- ის ხსნარში ხსნადი ლექტინდამაკავშირებელი ცილები 274
- ი.ქიტიაშვილი, რ.გოგლიძე, გ.გიგოლაშვილი. ლურჯ-მწვანე წყალმცენარე *Spirulina Platensis* და მისი გავლენა ქათმის წიწილის ზრდა-განვითარებაზე 277

მიკრობიოლოგია და ვირუსოლოგია

- თ.იაშვილი, ლ.კვაჭაძე. *Chaetomium Thermophile*-ს სპონტანური და ინდუცირებული ცვალებადობა 280
- მ.წერეთელი, მ.ბარამიძე, ა.წერეთელი. ოპტიმალური საკვები არის შერჩევა ექსტრათერმოფილური ბაქტერიის *thermoanaerobacter sp.* 2905 - ის B-გალაქტოზიდაზისათვის 283

ზოოლოგია

- ე.ყვავაძე. ქიყელას *Eisenia Lagodechiensis* Michaelsen, 1910 (Oligochaeta: Lumbricidae) ხელახალი აღწერა და არეალი

პარაზიტოლოგია და ჰელმინთოლოგია

- ბ.ყურაშვილი, ა.კვეციტაძე, ნ.რამაზაშვილი. პარაზიტული ქიეზით ინვაზირებულ და ნიადაგში ბინადარ ცხოველთა გამოკვლევა მიკროელემენტების შემცველობაზე
 ციტოლოგია 289

- თ.თოდრია, ნ.ფაფიაშვილი, ე.ხარაძე. სისხლმზადი მიკროგარემოს ასაკის გავლენა ადრეული და გვიანი კლონოგენური სისხლმზადი წინამორბედების პროლიფერაციისა და დიფერენცირებაზე

ექსპერიმენტული მედიცინა

- ნ.ოკუჯავა, ვ.ბახუტაშვილი, ბ.კორსანტია. ინტერფერონის სისტემა ფილტვის დესტრუქციული ტუბერკულოზით დაავადებულებში

- ვ.მიქაბერიძე, ვ. გონჯილაშვილი, ა მიქაბერიძე. ლაზერული შედუღების ექსპერიმენტული შესწავლა ლვიძლის ქირურგიაში 301

- ც.ქლენტი. კომპენსატორულად ჰიპერპლაზური ვირთაგვას თირკმლის მორფოლოგიური და მორფომეტრიული თავისებურებანი ცალმხრივი ნეფრექტომიის შემდეგ 305

- ზ.სვანიძე, უ.ზვიადაძე, ნ.ჭაბუკიანი, ლ.სვანიძე. ადამიანის ორგანიზმზე კადმიუმის ტოქსიკური ზემოქმედებისა და ბიოლოგიურ ობიექტებში მისი განსაზღვრის ორიგინალური მეთოდის შესახებ 310

ენათმეცნიერება

- მ.ბუცხრიკიძე. ფიქსირებული მახვილის ადგილის განმსაზღვრელი მორფოლოგიური ფაქტორები 314

მეცნიერების ისტორია

- თ.ბოლქვაძე, მ.უკლება. ქიმიის განმარტება დავით ბაგრატიონის მიხედვით 319

ნ. სხირტლაძე

H^ω კლასის ფუნქციათა კოეფიციენტების ზოგიერთი თვისება

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ. ჟივიაშვილმა 19.02.1996

1. ვთქვათ, f ფუნქცია ეკუთვნის $C(T)$ კლასს, ე. ი. უწყვეტია და 2π პერიოდული, ხოლო $T = [-\pi; \pi]$, $\delta \in]0; \pi[$ და

$$\Delta_h^k(f; x) = \sum_{j=1}^k (-1)^{k-j} \binom{K}{j} f(x + jh).$$

გამოსახულებას ([1], გვ. 145)

$$A^{(k)}(\delta; f)_c = \sup_{|h| \leq \delta} \|\Delta_h^k(f; x)\|_c$$

უწოდებენ f ფუნქციის k -ური რიგის სიგლუვის მოდულს. მომავალში ვიგულისხმებთ, რომ $\omega^{(1)}(\delta; f)_c = \omega(\delta; f)_c$

ვთქვათ, ω არის [2] უწყვეტობის მოდული, H^ω - თი აღნიშნულია ფუნქციათა კლასი.

$$H^\omega = \{f, \omega(\delta; f) \leq A(f)_c \omega(\delta)\}, \text{ სადაც } A(f) \in]0, \infty[.$$

ქვემოთ ყოველთვის $A(f)$ აღნიშნავს, საზოგადოდ განსხვავებულ სასრულ სიდიდეს მხოლოდ f -ზე დამოკიდებულს.

თუ $\omega(\delta) = \delta^\alpha$, $\alpha \in]0; 1[$, მაშინ $H^\omega \equiv \text{Lip}^\alpha$, როცა $\omega(\delta) = \delta$ და $\omega^{(2)}(\delta; f)_c \leq A(f)\delta$, მაშინ ამბობენ, რომ ფუნქცია ეკუთვნის $Z_{(1)}$ ზიგმუნდის [3] კლასს. ჩვენ დაგვჭირდება ნ.ბარის და ს.სტეჩკინის [4] პირობები ω უწყვეტობის მოდულზე. კერძოდ

$$\int_0^\delta t^{-1} \omega(t) dt + \delta \int_\delta^\pi t^{-2} \omega(t) dt \leq A(f) \omega(\delta). \quad (1)$$

II. ლორენცის [5] მიერ დადგენილ იქნა დებულებები $\text{Lip } \alpha$, $\alpha \in]0; 1[$ კლასის ფუნქციათა კოეფიციენტების ყოფაქცევის შესახებ. ი.პაკმა [6] დაადგინა ზოგიერთი თეორემა კარამატას [7] ფუნქციების [8] გამოყენებით, რომლებიც გარკვეული აზრით აძლიერებენ ლორენცის [5] სათანადო შედეგებს.

III. სტატიაში მოყვანილია ჩვენ მიერ დადგენილი დებულებები H^ω კლასის ფუნქციებისათვის, რომლებიც განაზოგადებენ ლორენცის [5] სათანადო შედეგებს. განხილულია Z_1 კლასის ფუნქციების ფურიეს კოეფიციენტების ყოფაქცევის საკითხი, ბოლოს გარკვეული აზრით განზოგადებულია ი.პაკის [6] შესაბამისი თეორემები.

თეორემა 1. ვთქვათ, ω აკმაყოფილებს შემდეგ პირობას

$$\delta \int_{\delta}^{\pi} t^{-2} \omega(t) dt \leq A(f) \omega(\delta), \quad \delta \in]0; \pi[$$

დავუშვათ, რომ $f \in C(T)$ და f ფუნქციის ფურიეს კოეფიციენტები აკმაყოფილებენ შემდეგ პირობას:

$$\sum_{k=n}^{\infty} (|a_k| + |b_k|) \leq A(f) \omega\left(\frac{1}{n}\right), \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

მაშინ $f \in H^{\omega}$.

თეორემა 2. დავუშვათ, რომ ω აკმაყოფილებს (1) პირობას. ვთქვათ, f ლუწი უწყვეტი ფუნქციაა და მისი ფურიეს კოეფიციენტები a_k ($k=0, 1, 2, \dots$) მონოტონურად კლებადია. მაშინ იმისათვის, რომ $f \in H^{\omega}$ აუცილებელია და საკმარისი

$$a_k \leq A(f) \frac{\omega\left(\frac{1}{k}\right)}{k} \quad (k = 1, 2, 3, \dots).$$

თეორემა 3. ვთქვათ, ω აკმაყოფილებს (1) პირობას. დავუშვათ, რომ f კენტი უწყვეტი ფუნქციაა და მისი ფურიეს კოეფიციენტები b_k ($k = 1, 2, \dots$) მონოტონურად კლებადია. იმისათვის, რომ $f \in H^{\omega}$ აუცილებელია და საკმარისი

$$b_k \leq A(f) \frac{\omega\left(\frac{1}{k}\right)}{k} \quad (k = 1, 2, 3, \dots).$$

შევნიშნოთ, რომ 2 და 3 თეორემები სამართლიანია (სათანადო ცვლილებებით) f ფუნქციის r ($r \in \mathbb{N}$) რიგის წარმოებულებისთვისაც.

თეორემა 4. ვთქვათ, f ლუწი უწყვეტი ფუნქციაა და მისი ფურიეს კოეფიციენტები a_k ($k = 1, 2, 3, \dots$) მონოტონურად კლებადია. იმისათვის, რომ $f \in Z_1$ აუცილებელია და საკმარისი

$$a_k \leq A(f) \frac{1}{k^2} \quad (k = 1, 2, 3, \dots).$$

თეორემა 5. დავუშვათ, რომ f კენტი უწყვეტი ფუნქციაა და მისი ფურიეს კოეფიციენტები b_k ($k = 1, 2, 3, \dots$) მონოტონურად კლებადია. იმისათვის, რომ $f \in Z_1$ აუცილებელია და საკმარისი

$$b_k \leq A(f) \frac{1}{k^2} \quad (k = 1, 2, 3, \dots).$$

შევნიშნოთ, რომ 4 და 5 თეორემებში საკმარისობა მიიღება ([9] გვ. 238) ფუნქციითა კონსტრუქციული თეორიის შებრუნებული თეორემებით.

თეორემა 6. ვთქვათ, f არის ლუწი უწყვეტი ფუნქცია და მისი ფურიეს a_k ($k = 0, 1, \dots$) კოეფიციენტები კლებადია. ვიგულისხმობთ, რომ L არის სუსტად რხვეადი ფუნქცია, ხოლო

$$\omega(\delta, f) \leq A(f) \omega(\delta) L\left(\frac{1}{\delta}\right), \quad \delta \in]0, \pi[, \quad (2)$$

მაშინ

$$a_k \leq A(f) \frac{\omega\left(\frac{1}{k}\right)}{k} L(k) \quad (k = 1, 2, \dots). \quad (3)$$

ასეთივე დებულება ძალაშია იმ შემთხვევაში, როდესაც f კენტი უწყვეტი ფუნქციაა და ადგილი აქვს (2) უტოლობას. შევნიშნოთ, რომ ეს დებულებები ძალაში რჩება, სათანადო ცვლილებით, f ფუნქციის r რიგის წარმოებულებისათვისაც. თუ L სუსტად რხვეადი ფუნქცია მონოტონურად ზრდადია, მაშინ (3) პირობა საკმარისიცაა (2) თანაფარდობისათვის. იგივე ითქმის კენტი უწყვეტი ფუნქციების მიმართაც.

ივ. ჭავჭავაძის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *С.М. Никольски*. Приближение функции многих переменных и теоремы вложения. М, 1977.
2. *С.М. Никольски*. ДАН СССР, 52, 1946, 191 - 193.
3. *A. Zygmund*. Duke Math. J., 12, 1, 1945, 47 - 76.
4. *Н.К. Бари и С.Б. Стёчкин*. Труды Моск. мат. об-ва, 5, 1956, 485 - 522.
5. *G.G. Lorentz*. Mat. Z. 51, 2, 1943, 612 - 634.
6. *И.Н. Пак*. УМН, 35, 1980, 91 - 144.
7. *M. Karamata*. Bull. so. Math. de France, 61, 1, 1933, 55 - 62.
8. *I.N. Pak* Anal. Math. 16, 1990, 57 - 64
9. *В.К. Дзядык*. Введение в теорию равномерного приближения функции. М., 1977.

თ.ახობაძე

ფურიეს ჯერადი ტრიგონომეტრიული მწკრივების ბოხნერისა და რისის მეთოდით შეჯამებადობის შესახებ

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ.ჭიჭიაშვილმა 19.10.1994

ნაშრომში შესწავლილია ჯერადი ტრიგონომეტრიული მწკრივების ბოხნერისა და რისის საშუალოების თანაბარი კრებადობის შესახებ ავტორის ერთი დებულების გაუძლიერებადობის საკითხი.

კარგადაა ცნობილი, რომ უწყვეტი ფუნქციის ტრიგონომეტრიული მწკრივი არ არის აუცილებლად თანაბრად კრებადი; იგი შესაძლებელია ცალკეულ წერტილებში განშლადიც იყოს. ამის გამო არსებობს საკმარისი პირობები, რომლებიც უზრუნველყოფენ უწყვეტი ფუნქციის ტრიგონომეტრიული მწკრივის თანაბარ კრებადობას. პირობითად ეს პირობები შეიძლება გაიყოს სამ ჯგუფად: 1) პირობები, რომლებიც შეეხება მხოლოდ ფურიეს კოეფიციენტებს, 2) პირობები, რომლებიც ეხება უშუალოდ მხოლოდ ფუნქციას, 3) შერეული ტიპის პირობები, როცა გარკვეული შეზღუდვები ეხება როგორც ფუნქციას, ასევე მის ფურიეს კოეფიციენტებს.

ნაშრომში ჩვენ შევვებით შერეული ტიპის პირობებს. განვიხილოთ აუცილებელი აღნიშვნები და განმარტებები.

ვთქვათ, $E_N(N=2,3,\dots)$ N -განზომილებიანი ევკლიდეს სივრცეა $x=(x_1, x_2, \dots, x_N) \in E_N$ და $y=(y_1, y_2, \dots, y_N) \in E_N$ -თვის დაეფუძვას

$$|x - y| = \left\{ \sum_{k=1}^N (x_k - y_k)^2 \right\}^{1/2}, \quad xy = \sum_{k=1}^N x_k y_k.$$

Ω_N -ით აღვნიშნოთ ერთეულოვანი სფერო, ანუ $\Omega_N = \{x: x \in E_N, |x|=1\}$, ხოლო Q_N -ით N -განზომილებიანი კუბი; უფრო ზუსტად, $Q_N = \{x: -\pi \leq x_k \leq \pi, k=1, 2, \dots, N\}$.

ჩვენ განვიხილავთ $f \in L(Q_N)$ ფუნქციის ფურიეს მწკრივს, ამასთან ვიგულისხმებთ, რომ იგი ცალ-ცალკე ცვლადების მიმართ 2π -პერიოდული ფუნქციაა.

$$f(x) \sim \sum_n a_n e^{inx}, \quad (1)$$

$$a_n = \frac{1}{(2\pi)^N} \int_{Q_N} f(x) e^{-inx} dx,$$

სადაც $n=(n_1, n_2, \dots, n_N)$ ვექტორის კოორდინატები მთელი რიცხვებია. (1) მწკრივის $\delta(\delta \geq 0)$ რიგის რისის საშუალოები განსაზღვრულია შემდეგნაირად:

$$S_R^\delta(x, f) = \sum_{|n| \leq R} \left(1 - \frac{|n|^2}{R^2} \right)^\delta a_n e^{inx} \quad (2)$$

აღსანიშნავია, რომ (2) საშუალოები შემოდებულ იქნა ბოხნერის [1] მიერ. მის

მიერ იქნა დადგენილი ე.წ. კრიტიკული $\frac{N-1}{2}$ მაჩვენებლის მნიშვნელობაც.

$f_x(t)$ -ით ($t \geq 0$) აღვნიშნოთ f ფუნქციის სტეკლოვის საშუალოები, ანუ

$$f_x(t) = \frac{1}{|\Omega_N|} \int_{\Omega_N} f(x+ty) d\Omega_N(y) \quad (N \geq 2),$$

სადაც $|\Omega_N|$ არის Ω_N სფეროს ზედაპირის ფართობი, ხოლო ინტეგრება ხდება აღნიშნულ ზედაპირზე. განვსაზღვროთ უწყვეტი f ფუნქციის უწყვეტობის მოდული შემდეგნაირად

$$\omega_N(\delta, f) = \sup_{x, y \in E_N} \sup_{|y| \leq \delta} |f(x+y) - f(x)|.$$

ამის გარდა განვიხილოთ ე.წ. მოდიფიცირებული უწყვეტობის მოდული

$$\tilde{\omega}_N(\delta, f) = \sup_{x \in E_N} \sup_{0 \leq h \leq \delta} \sup_{t \geq 0} |f_x(t+h) - f_x(t)|.$$

აღვლი საჩვენებელია, რომ $\tilde{\omega}_N(\delta, f) \leq \omega_N(\delta, f)$. უწყვეტობის $\alpha(\delta)$

მოდულისათვის H_N^α -ით აღვნიშნოთ ფუნქციათა კლასი, რომელთათვისაც $\omega_N(\delta, f) \leq \alpha(\delta)$.

ვთქვათ, ახლა Φ არის $[1, +\infty]$ -ზე განსაზღვრული დადებითი ფუნქცია. ვიტყვი, რომ უწყვეტი f ფუნქცია ეკუთვნის Φ_D კლასს, თუ

$$\left| \int_a^b f_x(t) e^{iRt} dt \right| \leq \frac{1}{\Phi(R)} \quad (R \rightarrow \infty)$$

თანაბრად $x \in E_N$ -ის და $a, b \geq 0$ -ის მიმართ, რომელთათვისაც $|a-b| \leq D$. აქვე შევნიშნავთ, რომ ერთი ცვლადის ფუნქციებისათვის ანალოგიური განმარტება ნეშმა [3] შემოიღო.

ჩვენ მიერ [4] დამტკიცებული იყო შემდეგი

თეორემა A. ვთქვათ f არის უწყვეტი, ცალკე დადებითი D მუდმივისათვის Φ_D -კლასის, ცალ-ცალკე ცვლადების მიმართ 2π -პერიოდული ფუნქცია, რომლისთვისაც

$$\tilde{\omega}_N \left(\frac{1}{R}, f \right) \ln \frac{R}{\Phi(R)} = o(1), \quad R \rightarrow \infty,$$

მაშინ

$$S_R^{(N-1)/2}(x, f) - f(x) = o(1), \quad R \rightarrow \infty \quad (3)$$

თანაბრად $x \in E_N$ -ის მიმართ.

აღსანიშნავია, რომ ნებისმიერი უწყვეტი, ცალ-ცალკე ცვლადების მიმართ 2π -პერიოდული ფუნქცია ეკუთვნის Φ_D -კლასს, სადაც $\lim_{R \rightarrow \infty} \Phi(R) = +\infty$. ამასთან, თუ

აღნიშნული ტიპის f ფუნქცია ეკუთვნის Φ_D კლასს რაიმე დადებითი D -თვის. რომლისთვისაც

$$\limsup_{u \rightarrow \infty} \frac{\Phi(u)}{u} = +\infty,$$

მაშინ $f(x) \equiv 0$, $x \in E_N$. ამიტომ, ბუნებრივია, ვიგულისხმოთ, რომ $\lim_{R \rightarrow \infty} \Phi(R) = +\infty$ და $\Phi(R) = O(R)$, $R \rightarrow \infty$.

უნდა აღინიშნოს, რომ უწყვეტი f ფუნქციის მოდიფიცირებული მოდული შეიძლება რაგინდ ნელა მიისწრაფოდეს ნულისაკენ, მაშინ როცა f შეიძლება ისეთ Φ_D კლასს მიეკუთვნებოდეს, რომლისთვისაც შესაბამისი Φ ფუნქცია საკმაოდ სწრაფად მიისწრაფოდეს $+\infty$ -კენ.

შევნიშნოთ აგრეთვე, რომ ჩამოყალიბებული დებულებიდან კერძოდ მიიღება დინისა და ლიპშიცის თეორემის ანალოგი ბონერისა და რისის კრიტიკული სფერული საშუალოებისათვის, რომელიც ბ.ი. გოლუბოვის [2] მიერ იყო დამტკიცებული: თუ f ფუნქცია უწყვეტი, ცალ-ცალკე ცვლადების მიმართ 2π -პერიოდული ფუნქციაა და

$$\tilde{\omega}_N \left(\frac{1}{R}, f \right) \ln R = o(1), R \rightarrow \infty$$

მაშინ ადგილი აქვს (3) თანაფარდობას.

განსაზღვრა. ვიტყვი, რომ არაუარყოფითი, $[1, +\infty[$ შუალედზე განსაზღვრული Φ ფუნქცია უსასრულობაში აკმაყოფილებს Δ_2 პირობას, თუ არსებობს ისეთი დადებითი C მუდმივი და R_0 ($R_0 \geq 1$), რომ ყოველი $R \geq R_0$ -თვის

$$\Phi(2R) \leq C\Phi(R)$$

წინამდებარე ნაშრომის მიზანს შეადგენს ჩამოყალიბებული A თეორემისათვის გაუძლიერებადობის საკითხის განხილვა.

თეორემა. ვთქვათ, ω რაიმე უწყვეტობის მოდულია, ხოლო Φ ნებისმიერი დადებითი, ზრდადი Δ_2 კლასის ფუნქციაა უსასრულობაში. თუ

$$\limsup_{R \rightarrow \infty} \omega \left(\frac{1}{R} \right) \ln \frac{R}{\Phi(R)} > 0,$$

მაშინ არსებობს ისეთი უწყვეტი, ცალ-ცალკე ცვლადების მიმართ 2π -პერიოდული f_0 ფუნქცია $H_N^\omega \cap \Phi_{2\pi}$ კლასიდან, რომ

$$\limsup_{R \rightarrow \infty} \left| S_R^{(N-1)/2} (0, f_0) - f_0(0) \right| > 0$$

ლიტერატურა

1. *S.Bochner*. Trans. Amer. Math. Soc., 40, 1936.
2. *Б.И.Голубов*. Математический сборник, 96,1975.
3. *J.P.Nash*. Rice Inst. Pamphlet, 1953.
4. *T.I.Akhobadze*. Anal. Math., 8, 1982.

ბ.კველიშვილი

მინიმალის პრობლემისა და ასახვათა თანამთხვევის თეორემის შესახებ

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ზ.ინასარიძემ 12.02.1995

[1]-ში მოყვანილი განსაზღვრების თანახმად, ლოკალურად ამოზნექილ E სივრცის Γ ქვესიმრავლეს ვუწოდებთ თითქმის ამოზნექილს, თუ ნულის ნებისმიერი V მიდამოსათვის და Γ სიმრავლის წერტილთა სასრული სიმრავლისათვის $\{w_1, \dots, w_n\} \subset \Gamma$, არსებობს $z_1, \dots, z_n \in \Gamma$, რომ $z_i - w_i \in V$, ყოველი $i = 1, 2, \dots, n$

$$C_O\{z_1, \dots, z_n\} \subset \Gamma$$

თეორემა 1. ვთქვათ, E და F ჰაუსდორფის ტოპოლოგიური ლოკალურად ამოზნექილი ვექტორული სივრცეებია. $X \subset E$, $Y \subset F$ არაცარიელი სიმრავლეებია, ამასთან X ამოზნექილია, ხოლო Y -ში არსებობს ყველგან მკვრივი თითქმის ამოზნექილი Γ სიმრავლე და ვთქვათ $ACX \times Y$ სიმრავლის ისეთი ქვესიმრავლეა, რომ

(a) ყოველი $y \in Y$ -თვის სიმრავლე $\{x \in X | (x, y) \in A\}$ ჩაკეტილია X -ში.

(b) ყოველი $x \in X$ -თვის სიმრავლე $\{y \in Y | (x, y) \in A\}$ ამოზნექილია ან ცარიელი.

დავუშვათ, რომ არსებობს A სიმრავლის B ქვესიმრავლე და კომპაქტური ამოზნექილი სიმრავლე K , X სივრცეში ისეთი, რომ B ჩაკეტილია $X \times Y$ -ში და

(c) ყოველი $y \in \Gamma$ -თვის სიმრავლე $\{x \in K | (x, y) \in B\}$ არის ამოზნექილი და არაცარიელი.

მაშინ არსებობს ისეთი $x_0 \in K$ წერტილი, რომ $\{x_0\} \times Y \subset A$. დამტკიცების სქემა. $y \in Y$ -თვის ვთქვათ, $A(Y) = \{x \in X | (x, y) \in A\}$. დავუშვათ, რომ თეორემის დასკვნა არაა სამართლიანი, მაშინ ნებისმიერი $x \in K$ წერტილისათვის არსებობს $y \in Y$, რომ $(x, y) \notin A$ და ამიტომ $X \notin A(Y)$. ცხადია, $K \subset \bigcup_{y \in Y} A(Y)$ და $\{A(Y), y \in Y\}$ K სიმრავლის ღია

დაფარვაა. K სიმრავლის კომპაქტურობის გამო, მოიძებნება Y სივრცის წერტილთა

სასრული სიმრავლე t_1, t_2, \dots, t_n , რომ $K \subset \bigcup_{j=1}^n A(t_j)$.

ღია სიმრავლეთა სასრული ოჯახისათვის $A(t_j)$, $j = 1, 2, \dots, n$ მოიძებნება ნულის მიდამო U და წერტილთა სასრული რაოდენობა $w_1, w_2, \dots, w_n \in \Gamma$ რომ K სიმრავლის დაფარვა $\{w_i + U\}$ ჩაწერილია დაფარვაში $\{A(t_j)\}$ $j = 1, 2, \dots, n$.

ვთქვათ, $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ ნამდვილმნიშვნელოვანი უწყვეტი ფუნქციებია K -ზე და თანა C ნებისმიერი $1 \leq i \leq n$ -თვის α_i ლებულობს მნიშვნელობა ნულს $K \setminus (y_i + U)$ -ზე

და $\sum_{i=1}^n \alpha_i(x) = 1$ ყოველი $x \in X$ -თვის.

განვსაზღვროთ ასახვა $p: K \rightarrow Y$ შესაბამისობით

$$p(x) = \sum_{i=1}^n \alpha_i(x) y_i$$

$x \in K$ -თვის და ყოველი i ინდექსისათვის, თუ, $\alpha_i(x) > 0$, მაშინ $x \in (y_i + U)$ და $(x, y_i) \notin A$. (b) პირობის გამო გვაქვს $(X, \sum_{i=1}^n \alpha_i(x) y_i) \notin A$ და ამიტომ $(x, p(x)) \notin A$, ყოველი $x \in K$ -თვის.

მეორე მხრივ, ვთქვათ $Z = C_O\{y_1, \dots, y_n\}$. თეორემის პირობის თანახმად $Z \subset \Gamma \subset Y$. განვსაზღვროთ მრავალსახა ასახვა $q: Z \rightarrow K$ შემდეგნაირად:

$$q(z) = \{x \in K \mid (x, z) \in B\}.$$

თეორემის (c) პირობის გამო $q(z)$ არაცარიელია და ამოზნექილი, რადგანაც B სიმრავლე ჩაკეტილია $X \times Y$ ნამრაველში, ყოველი $q(z)$ ჩაკეტილია K -ში და q ასახვის გრაფიკი ჩაკეტილია $Z \times K$ ნამრაველში. ამგვარად, q უწყვეტია და (4)-ის ლემა 2-ის ძალით არსებობს ისეთი $z_0 \in Z$, რომ $z_0 \in P(q(z_0))$. თუ $x_0 \in q(z_0)$ და $P(x_0) = z_0$, მაშინ $(x_0, p(x_0)) \in B \subset A$, რაც ეწინააღმდეგება ჩვენ მიერ მიღებულ პირობას, რომ $(x, p(x)) \notin A$ ნებისმიერი $x \in K$ -თვის.

თეორემა 2. ვთქვათ, E და F განცალკეადი ტოპოლოგიური ლოკალურად ამოზნექილი ვექტორული სივრცეებია, $X \subset E$, $Y \subset F$ არაცარიელი სიმრავლეებია, Γ ყველგან მკვრივი, თითქმის ამოზნექილი ქვესიმრავლეა Y სიმრავლისა.

თუ f ქვემოდან ნახევრადუწყვეტი ნამდვილმნიშვნელიანი ფუნქციაა, განსაზღვრული $X \times Y$ -ზე ისეთნაირად, რომ

(a) ყოველი $x \in X$ -თვის

$f(x, y)$ -კვაზი ჩაზნექილია Y -ზე;

(b) ყოველი $y \in \Gamma$ -თვის

$f(x, y)$ -კვაზი ამოზნექილია X -ზე,

მაშინ

$$\inf_{x \in X} \sup_{y \in Y} f(x, y) = \inf_{K \subset X} \sup_{y \in Y} \min_{x \in K} f(x, y)$$

ტოლობის მარჯვენა ნაწილში ქვედა საზღვარი განიხილება ყველა კომპაქტური ქვესიმრავლისათვის $K \subset X$. თუ X კომპაქტურია, მაშინ

$$\min_{x \in X} \sup_{y \in Y} f(x, y) = \sup_{y \in Y} \min_{x \in X} f(x, y)$$

დამტკიცების სქემა. ჩვენი მიზანია ვაჩვენოთ, რომ

$$\inf_{x \in X} \sup_{y \in Y} f(x, y) \leq \inf_{K \subset X} \sup_{y \in Y} \min_{x \in K} f(x, y).$$

დავუშვათ, რომ დასამტკიცებელი ტოლობის მარჯვენა მხარე არ უდრის $+\infty$ -ს. ავირჩიოთ ნამდვილი რიცხვი t ისე, რომ

$$t > \inf_{K \subset X} \sup_{y \in Y} \min_{x \in K} f(x, y)$$

და ვთქვათ

$$A = B = \{(x, y) \in X \times Y \mid f(x, y) \leq t\}.$$



არაა ძნელი იმის დანახვა, რომ A სიმრავლე აკმაყოფილებს თეორემა 1-ს (a) და (b) პირობებს და B ჩაკეტილია $X \times Y$ -ში. ვთქვათ, K კომპაქტური ამოზნექილი ქვესიმრავლეა X -ის ისეთი, რომ $t > \sup_{y \in Y} \min_{x \in K} f(x, y)$, მაშინ ნებისმიერი $y \in Y$ -თვის

სიმრავლე $\{x \in K | f(x, y) \leq t\}$ ამოზნექილია და K არაცარიელია.

თეორემა 1-ის ძალით არსებობს წერტილი $x_0 \in K$ ისეთი, რომ $\{x_0\} \times Y \subset A$ და $f(x_0, y) \leq t$ ყოველი $y \in Y$ -თვის. ამგვარად,

$$\inf_{x \in X} \sup_{y \in Y} f(x, y) \leq t$$

და ტოლობის სამართლიანობა დამტკიცებულია. იმ შემთხვევაში თუ X კომპაქტურია, გვაქვს

$$\min_{x \in X} \sup_{y \in Y} f(x, y) = \inf_{K \subset X} \sup_{y \in Y} \min_{x \in K} f(x, y) = \inf_{K \subset X} \sup_{y \in Y} \min_{x \in K} f(x, y).$$

შევნიშნოთ, რომ, როდესაც $X = Y = K$, $\Gamma = Y$ და $B = \{(x, y) | x \in X\}$, თეორემა 1 დადის კ.ფანის [2] ცნობილ შედეგზე, რომელიც აზოგადებს კნასტერის, კურატოვსკისა და მაზურკევიჩის კლასიკურ შედეგს. ზოგადად თეორემა 1 წარმოადგენს [3] ნაშრომის თეორემა 3-ისა და [1] ნაშრომის თეორემა 1-ის განზოგადებას. თეორემა 2 აძლიერებს [3] და [4] ნაშრომის შესაბამის შედეგებს.

ამის შემდეგ მოვიყვანოთ ერთი შედეგი, რომელიც ეხება ასახვათა თანამთხვევას, თანამთხვევათა რიცხვის $\Lambda(\dots)$ ტერმინებში, ასახვათა დასაშვები წყვილებისათვის [5], [7].

განსაზღვრება 1. K კომპაქტს ეწოდება განზოგადებულად U - დასაშვები ($U \subset E$ - განცალგებანი ტოპოლოგიური წრფივი სივრცის ღია ქვესიმრავლეა), თუ $K \subset U$ და არსებობს კონფინალური ქვესიმრავლე D , ნაწილობრივ დალაგებულ სიმრავლეში ყველა ღია დაფარვებისა $\text{Cov}(U)$, ისეთი, რომ ნებისმიერი $\alpha \in D$ -თვის გვაქვს ასახვა $\pi_\alpha: K \rightarrow U$, რომელიც აკმაყოფილებს შემდეგ პირობებს:

(a) $\pi_\alpha(K)$ ძვეს რომელიღაც მემკვიდრულ L -სივრცეში

(b) ასახვა $i: K \rightarrow U$ და ასახვა π_α არიან α -სიახლოვის,

(c) $\bigcup_{\alpha \in D} \pi_\alpha(k)$ შედის U ქვესივრცის კომპაქტურ ქვესიმრავლეში.

შევნიშნოთ, რომ [5] ლემა 2-ის ძალით (ზოგადობის შეზღუდვის გარეშე) გამომდინარეობს, რომ $i: K \rightarrow U$ და $\pi_\alpha: K \rightarrow U$ ჰომოტოპიურებია ნებისმიერი $\alpha \in D$ -თვის.

გამოვყოთ რამდენიმე მაგალითი:

1. თუ E - მეტრიზებალია და დასაშვები სივრცეა ვ.კლის [5],[6] აზრით, U - ღიაა E -ში, მაშინ ნებისმიერი კომპაქტი U -ში განზოგადებულად U - დასაშვებია.

2. ვთქვათ, E განცალგებანი წრფივი, ტოპოლოგიური სივრცეა და K ამოზნექილი კომპაქტია E -ში. თუ K, U -დასაშვებია ვ.კლის აზრით [6], მაშინ K, U -დასაშვებია ნებისმიერ $U \subset E$ ღია სიმრავლეში.

3. U -დასაშვები კომპაქტი გურნევიჩ - სკორდევის [7] აზრით წარმოადგენს განზოგადებულად U - დასაშვებ კომპაქტს ნებისმიერ განცალგებლად წრფივ ტოპოლოგიურ სივრცეში.

თეორემა 3. ვთქვათ, E - განცალგებადი წრფივი ტოპოლოგიური სივრცეა, U - განცალგებადი სივრცეა, Y - განცალგებადი სივრცეა, U - დასაშვები კომპაქტია. ვთქვათ, $(p, q): Y \rightarrow U$, U - დასაშვები ასახვითი წყვილია და $q(Y) \subseteq K$, მაშინ თანამთხვევითა რიცხვი $\Lambda(p, q)$ არსებობს და, თუ $\Lambda(p, q) \neq 0$, მაშინ არსებობს წერტილი $y \in Y$, რომლისთვისაც $p(y) = q(y)$.

შედეგი 1. [7]. ვთქვათ, E - განცალგებადი ტოპოლოგიური წრფივი სივრცეა, ხოლო U - განცალგებადი სივრცეა E -ში და K, U - დასაშვები კომპაქტია. ვთქვათ, $(p, q): Y \rightarrow U$ ასახვითი დასაშვები წყვილია და $q(Y) \subseteq K$, მაშინ თანამთხვევითა რიცხვი $\Lambda(p, q)$ არსებობს და თუ $\Lambda(p, q) \neq 0$, მაშინ არსებობს წერტილი $y \in Y$ ისეთი, რომ $p(y) = q(y)$.

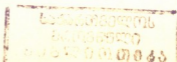
შედეგი 2. ვთქვათ, E მეტრიზებადი და დასაშვები ვ.კლის აზრით წრფივი სივრცეა და $U \subset E$ განცალგებადი სივრცეა. ვთქვათ, $(p, q): Y \rightarrow U$ ასახვითი დასაშვები წყვილია, მაშინ თანამთხვევითა რიცხვი $\Lambda(p, q)$ არსებობს და თუ $\Lambda(p, q) \neq 0$, p და q -ს აქვთ თანამთხვევა.

ფ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. C.Himmelberg. Journ of Math. Anal. and Appl., 38, 1972.
2. K.Fun. Math. Ann., 142, 1961.
3. M.Sion. Pacif. J.Math., 8, 1958.
4. C.Ha. Math. Ann., 248, 1980.
5. G.Fournier, A.Granas J.Math. Pures of Appl., 52, 1973.
6. V.Klee. Math. Ann., 141, 1960.
7. A.Gurnievich, G.Skordev, Fund. Math. 1978.

20874





მ.კუმბურიძე

განზოგადებული მომენტური თერმოდრეკადობის ბრტყელი თეორიის დინამიკური ამოცანების თეორიისთვის

წარმოადგინა აკადემიკოსმა თ. ბურჭულაძემ 19.12.1995

1. გრინ-ლინდსეის განზოგადებულ მომენტურ-თერმოდრეკადობის კერძოწარმობებზე დიფერენციალურ განტოლებათა ძირითად ერთგვაროვან დინამიკურ სისტემას ერთგვაროვანი, იზოტროპული, სიმეტრიის ცენტრიანი ბრტყელი დრეკადი გარემოს შემთხვევაში აქვს სახე [1-3]:

$$L\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial t}\right)V(x,t) = 0, \quad (1)$$

სადაც $L\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial t}\right)V = \|(LV)_k\|_{4 \times 1}$,

$$(LV)_k = \begin{cases} (\mu + \alpha) \Delta v(x,t) + (\lambda + \mu - \alpha) \operatorname{grad} \operatorname{div} V + 2\alpha \operatorname{rot} v_3 - \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} - \gamma \left(1 + \tau_1 \frac{\partial}{\partial t}\right) \times \\ \times \operatorname{grad} v_4, \quad k = 1, 2 \\ (v + \beta) \Delta v_3 + 2\alpha \operatorname{rot} v - 4\alpha v_3 - I \frac{\partial^2 v_3}{\partial t^2}, \quad k = 3 \\ \Delta v_4 - \frac{1}{x} \left(1 + \tau_0 \frac{\partial}{\partial t}\right) \frac{\partial v_4}{\partial t} - \eta \frac{\partial}{\partial t} \operatorname{div} v, \quad k = 4 \end{cases}$$

სადაც

$$V = (v_1, v_2, v_3, v_4)^T = (v_1, v_3, v_4)^T = (V^3, V_4)^T = \|v_k\|_{4 \times 1}, \quad \operatorname{rot} v_3 = \left(\frac{\partial v_3}{\partial x_2}, -\frac{\partial v_3}{\partial x_1}\right)^T.$$

ვექტორია, $\operatorname{rot} v = \frac{\partial v_2}{\partial x_1} - \frac{\partial v_1}{\partial x_2}$ - სკალარი, $V^3 = (v_1, v_2, v_3)$, $v = (v_1, v_2)^T = \|v_k\|_{2 \times 1}$

გადაადგილების ვექტორია, v_3 -ბრუნვის მახასიათებელი, v_4 - ტემპერატურის ცვლილება. ნიშანი T ტრანსპონირების ოპერატორია, $x = (x_1, x_2) \in R^2$ - ევკლიდური სივრცის წერტილი, I -დრო, Δ -ლაპლასის ორგანზომილებიანი ოპერატორი.

(1)-თან ერთად ამავე დროს განვიხილოთ $v_k(x,t)$ -ს ($k=1,4$) t -დროზე დამოკიდებულების შემდეგი პრაქტიკულად საინტერესო შემთხვევები:

1) $v_k(x,t) = \text{Re}[e^{-iPt} u_k(x,P)] - P > 0$ -სიხშირის დამყარებული (სტაციონარული) რხევები

$$2) v_k(x,t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty} e^{i\tau t} u_k(x,\tau) d\tau, \quad \tau = \sigma + iq, \quad \sigma > 0$$

ლაპლას-მეგლინის ინტეგრალით წარმოდგენა (ზოგადი დინამიკური შემთხვევა).

(1) სისტემა ორივე შემთხვევაში $(U(x,\omega) = (u, u_3, u_4)^T$ -ვექტორის მიმართ) მიიყვანება შემდეგ სახემდე:

$$L\left(\frac{\partial}{\partial x}, -i\omega\right)U(x,\omega) = 0 \quad (2)$$

ამასთან 1) შემთხვევაში $\omega = P > 0$ და (2) შემთხვევაში $\omega = i\tau = -q + i\sigma$ (ფსევდორხევის შემთხვევა),

2) გადავწეროთ (1) სისტემა შემდეგი სახით:

$$\begin{cases} M_1 V^3 - \gamma \text{grad} v_4^1 = \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \\ M_2 V^3 = I \frac{\partial^2 v_3}{\partial t^2} \\ \Delta v_4 + \frac{\tau_1 - \tau_0}{x} \cdot \frac{\partial^2 v_4}{\partial t^2} = \frac{1}{x} \frac{\partial v_4^1}{\partial t} + \eta \frac{\partial}{\partial t} \text{div} v \end{cases} \quad (3)$$

სადაც, M_1 და M_2 არიან 2×3 და 1×3 ზომის ოპერატორები შესაბამისად :

$$\begin{cases} M_1 V^3 = (\mu + \alpha) \Delta v + (\lambda + \mu - \alpha) \text{grad} \text{div} v + 2\alpha \text{rot} v_3 \\ M_2 V^3 = (v + \beta) \Delta v_3 + 2\alpha \text{rot} v - 4\alpha v_3 \\ v_4^1 = v_4 + \tau_1 \frac{\partial v_4}{\partial t} \end{cases}$$

ვთქვათ, $D \subset \mathbb{R}^2$ არის ჩაკეტილი l წიროთ შემოსაზღვრული სასრული არე, $U_\omega = \{(x,t), x \in D, t \in [0, \infty)\}$ -ცილინდრი, $V^3 = \|v_k\|_{3 \times 1} \in C^1(\bar{D}) \cap C^2(D)$,

$$\tilde{V}^3 = \|v_k\|_{3 \times 1} \in C^2(\bar{D}),$$

$$v_4, \frac{\partial v_4}{\partial t} \in C^1(\bar{D}), \quad l \in \Lambda_1(\alpha), \quad \alpha > 0, \quad M_1 V^3, M_2 V^3 \in L_1(D),$$

მაშინ სამართლიანია იგივეობა [3-5].

$$\begin{aligned} \int_D [\tilde{v} (M_1 V^3 - \gamma \text{grad} v_4^1) + v_3 M_2 V^3 + E(\tilde{V}^3, V^3) - \gamma v_4^1 \text{div} \tilde{v}] dx = \\ = \int_l \tilde{V}^3 (T V^3 - \gamma N v_4^1) dl, \end{aligned} \quad (4)$$



სადაც, E არის მომენტური დრეკადობის ბრტყელი თეორიის ცხოვნილი
ორადწრფივი ფორმა [4] $N=(n,0)^T$, n არის I წირის ნორმალის ორტი,

$T\left(\frac{\partial}{\partial x}, n(x)\right)$ -მომენტური დრეკადობის ბრტყელი თეორიის ძაბვის ოპერატორი.

ახლა ჩავთვალოთ რომ $V=(V^3, v_4)$ - (1) სისტემის რეგულარული ამონახსნია:

$$V \in C^1(\bar{U}_\infty) \cap C^2(U_\infty) \text{ და } \tilde{V}_3(x, t) = \frac{\partial V^3}{\partial t},$$

მაშინ (4) ფორმულა მიიღებს სახეს:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \int_D \left[\frac{\rho}{2} \left| \frac{\partial v}{\partial t} \right|^2 + \frac{1}{2} \left| \frac{\partial v_3}{\partial t} \right|^2 + \frac{1}{2} E(V^3, V^3) \right] dx - \gamma \int_D v_4^1 \frac{\partial}{\partial t} \operatorname{div} v dx = \\ & = \int_l \frac{\partial V^3}{\partial t} (TV^3 - \gamma N v_4^1) dl \end{aligned} \quad (5)$$

გავამრავლოთ (3) სისტემის მე-4 განტოლება v_4^1 -ზე, ვაინტეგრროთ D -არეზე, გამოვიყენოთ გრინის ჩვეულებრივი ფორმულა Δ -ოპერატორის შემთხვევაში და გამოვთვალოთ გამოსახულება:

$$-\gamma \int_D v_4^1 \frac{\partial}{\partial t} \operatorname{div} v dx;$$

(5)-ში ჩასმის შემდეგ მივიღებთ საბოლოოდ ენერგეტიკულ ტოლობას:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \int_D \left[\frac{\rho}{2} \left| \frac{\partial v}{\partial t} \right|^2 + \frac{1}{2} \left| \frac{\partial v_3}{\partial t} \right|^2 + \frac{1}{2} E(V^3, V^3) + \frac{\gamma \tau_0}{2 \eta \alpha \tau_1} \cdot |v_4^1|^2 + \frac{\gamma \tau_1}{2 \eta} |\operatorname{grad} v_4|^2 + \right. \\ & \left. + \frac{\gamma (\tau_1 - \tau_0)}{2 \eta \alpha \tau_1} \cdot |v_4|^2 \right] dx + \int_D \left[\frac{\gamma}{\eta} |\operatorname{grad} v_4|^2 + \frac{\gamma (\tau_1 - \tau_0)}{\eta \alpha} \left| \frac{\partial v_4}{\partial t} \right|^2 \right] dx = \\ & = \int_l \left[\frac{\partial V^3}{\partial t} [TV^3 - \gamma N v_4^1] + \frac{\gamma}{\eta} v_4^1 \frac{\partial v_4}{\partial t} \right] dl. \end{aligned} \quad (6)$$

3. ახლა განვიხილოთ (2) სისტემა და ვთქვათ $U=(U^3, u_4)$ -მისი რეგულარული ამონახსნია:

$$U \in C^1(\bar{D}) \cap C^2(D) \text{ და } \bar{U}(\bar{U}^3, \bar{u}_4)$$

-კომპლექსურად შეუღლებული ვექტორი (4)-ის თანახმად გვექნება:

$$\int_D \left[-\rho \omega^2 |u|^2 - I \omega^2 |u_3|^2 + E(\bar{U}^3, U^3) - \gamma u_4 \operatorname{div} \bar{u} \right] dx = \int_l \bar{U}^3 [TU^3 - \gamma N u_4] dl, \quad (7)$$

სადაც, $\gamma_\tau = \gamma(1 - i\omega \tau_1)$. თუ გარდავჭმნით ინტეგრალს: $\gamma_\tau \int_D u_4 \operatorname{div} \bar{u} dx$

(2) სისტემის მეოთხე განტოლების დახმარებით და ჩავსვათ (7)-ში, მივიღებთ:

$$\int_D \left[-\rho \omega^2 |u|^2 - I \omega^2 |u_3|^2 + E(\bar{U}^3, U^3) + \frac{\gamma_\tau}{\alpha \tau_1 \cdot \eta} |u_4|^2 + \frac{\gamma_\tau}{i\omega \eta} |\operatorname{grad} u_4|^2 \right] dx =$$

$$= \int_{\ell} \left[\bar{U}^3 H_1 U + \frac{\gamma_{\tau}}{i\bar{\omega}\eta} \cdot u_4 \frac{\partial \bar{u}_4}{\partial t} \right] dl, \quad (8)$$

სადაც

$$H_1 U \equiv T U^3 - \gamma_{\tau} N u_4, \quad \frac{1}{\bar{\alpha}_{\tau}} = \frac{1}{\alpha} (1 - i\omega\tau_0)$$

ვთქვათ, $\omega = P$ ნამდვილი პარამეტრია (სტაციონარული რხევების შემთხვევა). (8)-ში გადავიღეთ კომპლექსურად შეუღლებულ გამოსახულებაზე და მიღებული შედეგი გამოვაკლოთ (8)-ს, მივიღებთ [5]-ს:

$$\frac{2\gamma}{i\rho\eta} \int_D |\text{gradu}_4|^2 dx + \frac{2\gamma\rho}{i\bar{\alpha}\eta} (\tau_1 - \tau_0) \int_D |u_4|^2 dx =$$

$$= \int_{\ell} \left\{ \bar{U}^3 H_1 U - U^3 \overline{H_1 U} + \frac{\gamma_{\tau}}{i\rho\eta} u_4 \frac{\partial \bar{u}_4}{\partial t} + \frac{\gamma_{\tau}}{i\rho\eta} \bar{u}_4 \frac{\partial u_4}{\partial t} \right\} dl \quad (9)$$

ახლა ვთქვათ, $\omega = i\tau = -q + i\sigma$, $\sigma > 0$ (ფსევდორხევის შემთხვევა) (8) ფორმულა მიიღებს სახეს:

$$\int_D [\rho\tau^2 |u|^2 + I\tau^2 |u_3|^2 + E(\bar{U}^3, \bar{U}^3) + \frac{\gamma_{\tau}}{\bar{\kappa}_{\tau}\eta} |u_4|^2 + \frac{\gamma_{\tau}}{\eta\bar{\tau}} |\text{gradu}_4|^2] dx =$$

$$= \int_{\ell} \left[\bar{U}^3 H_1 U + \frac{\gamma_{\tau}}{\eta\bar{\tau}} u_4 \frac{\partial \bar{u}_4}{\partial t} \right] dl, \quad (10)$$

სადაც

$$\gamma_{\tau} = \gamma(1 + \tau_1\tau), \quad \frac{1}{\bar{\alpha}_{\tau}} = \frac{1}{\alpha}(1 + \tau_0\tau).$$

აღვნიშნოთ (10)-ით კომპლექსურად γ შეუღლებული გამოსახულება და შევადგინოთ ჯამი.

$$\bar{\tau}(10) + \tau(10)$$

მივიღებთ [5]:

$$\int_D [2\sigma\tau^2 (\rho|u|^2 + I|u_3|^2) + 2\sigma E(\bar{U}^3, \bar{U}^3) + \frac{2\gamma}{\eta} (1 + \tau_1\tau) |\text{gradu}_4|^2 + \frac{2\gamma\tau_0}{\kappa\eta} |u_4|^2] dx =$$

$$= \bar{\tau} N_e U + \tau \overline{N_e U}, \quad (11)$$

სადაც

$$N_e U = \int_{\ell} \left[\bar{U} H_1 U + \frac{\gamma_{\tau}}{\eta\bar{\tau}} u_4 \frac{\partial \bar{u}_4}{\partial t} \right] dl.$$

4. ვთქვათ, $\tilde{L}\left(\frac{\partial}{\partial x}, -i\omega\right)$ არის L -ის შეუღლებული ოპერატორი. მაშინ D არეში

რეგულარული U და \tilde{U} ვექტორებისათვის სამართლიანია ფორმულა [1]:

$$\int_D [U\tilde{L}(\frac{\partial}{\partial x}, -i\omega)\tilde{U} - \tilde{U}L(\frac{\partial}{\partial x}, -i\omega)U]dx = \int_l U\tilde{R}_1\tilde{U} - \tilde{U}R_1U]d\ell, \quad (12)$$

სადაც

$$R_1U = (H_1U, \frac{\partial u_4}{\partial t}), \quad \tilde{R}_1U = (\tilde{H}_1U, \frac{\partial u_4}{\partial t}), \quad \tilde{H}_1U = TU^3 - i\omega\eta Nu_4$$

(12) ფორმულას შეიძლება მივცეთ სხვა სახეც, კერძოდ:

$$\int_D [U\tilde{L}(\frac{\partial}{\partial x}, -i\omega)\tilde{U} - \tilde{U}L(\frac{\partial}{\partial x}, -i\omega)U]dx = \int_l (QU)\tilde{P}_1\tilde{U} - (Q\tilde{U})P_1U]dx, \quad (13)$$

სადაც

$$P_1U = (H_1U, -u_4), \quad QU = (U^3, \frac{\partial u_4}{\partial t}), \quad \tilde{P}_1U = (\tilde{H}_1U, -u_4).$$

ფორმულები (6), (9), (11) წყვეტენ საწყის-სასაზღვრო და სასაზღვრო ამოცანების ამოხსნების ერთადერთობის საკითხს დიფერენციალურ განტოლებათა შესაბამისი სისტემებისათვის. ხოლო (12), (13) ფორმულების საშუალებით ხდება რეგულარული ვექტორის ზოგადი წარმოდგენის ფორმულის გამოყვანა ამ თეორიის განზოგადებული პოტენციალების საშუალებით.

ლიტერატურა

1. *A.E. Green, K.A. Lindsay. Thermoelasticity* Y.E. Elasticity, **2**, 1972.
2. *Т.В.Бурчуладзе, Т.Г.Гегелия. Развитие метода потенциала в теории упругости.* Тбилиси, 1985.
3. *Д.М.Гелашвили. Сообщения АН ГССР*, **139**, 1, 1990.
4. *В.Д.Купрадзе, Т.Г.Гегелия, М.О. Башалейшвили, Т.В. Бурчуладзе. Трехмерные задачи математической теории упругости и термоупругости.* М., 1976.
5. *Т.В.Бурчуладзе. Трехмерные динамические задачи неклассической теории термоупругости.* (ZAA), Band 3(5) 1984.



გ. ფრუიძე

$$\frac{A(X)C(Y) - A(Y)C(X)}{B(X)D(Y) - B(Y)D(X)} \text{ ტიპის ფორმალურ ჯგუფთა შესახებ}$$

წარმოადგინა აკადემიის წევრ - კორესპონდენტმა ნ. ბერიკაშვილმა 19.02.1996

1. [1, 2] ნაშრომებში განიხილებოდა $R \ Q$ - ალგებრის მიმართ $F(X, Y)$ ფორმალური ჯგუფი, რომელსაც აქვს შემდეგი სახე:

$$F(X, Y) = \frac{A(Y)X^2 - A(X)Y^2}{B(Y)X - B(X)Y}, \quad (1)$$

სადაც

$$\begin{aligned} A(X) &= 1 + A_1 X + A_3 X^3 + \dots, & A_2 &= 0 \\ B(X) &= 1 + B_2 X^2 + B_3 X^3 + \dots, & B_1 &= 0 \end{aligned}$$

წარმოადგენს R რგოლის მიმართ რომელიღაც ფორმალურ ხარისხოვან მწკრივებს.

ამ შემთხვევაში

$$\omega(X) = B(X) + A_1 X,$$

სადაც $\omega(X) = \left. \frac{\partial F(X, Y)}{\partial Y} \right|_{Y=0}$ წარმოადგენს (1) ფორმალური ჯგუფის

ინვარიანტულ დიფერენციალურ ფორმას.

[2] ნაშრომში იყო დამტკიცებული, რომ (1) ფორმალური ჯგუფის კოეფიციენტები გამოისახება ელემენტარულ ფუნქციებში A_1, B_2, B_3, B_4 პარამეტრთა და ა ინვარიანტული ფორმის მიმართ.

2. განვიხილოთ K ველის მიმართ

$$\frac{A(X)C(Y) - A(Y)C(X)}{B(X)D(Y) - B(Y)D(X)} \quad (2)$$

ფორმალური ჯგუფი, სადაც $A(X), B(X), C(X), D(X)$ K ველის მიმართ ფორმალური ხარისხოვანი მწკრივებია.

[3] -ში ნაჩვენებია, რომ $F(X, Y) = g^{-1}(g(X) + g(Y))$ ფორმალური ჯგუფი C კომპლექსურ რიცხვთა ველის მიმართ, რომლის $g(X)$ ლოგარითმი გამოისახება

$$g^{-1}(X) = z_1 e^{z_2 X} \frac{\Phi(z_3 X, \nu)}{\Phi(z_3 X, \mu)}$$

ფორმულით, სადაც z_1, z_2, z_3 რაიმე კომპლექსური რიცხვებია და Φ წარმოადგენს შემდეგ ფუნქციონალურ განტოლებათა სისტემის ამონახსნს:

$$\Phi(x + y)[\rho(y) - \rho(x)] = \Phi'(x)\Phi(y) - \Phi'(y)\Phi(x)$$

$$\Phi(x)\Phi(-x) = \rho(a) - \rho(x)$$

$$\Phi''(x) - 2\rho\Phi'(x) = \rho(a)\Phi(x),$$

აქ ρ

$$[\rho'(x)]^2 = 4[\rho(x)]^3 - g_2\rho(x) - g_3$$

დიფერენციალური განტოლებით განსაზღვრული ვაიერშტრასის ფუნქციაა.

[4] ნაშრომში დაისვა 0-მახასიათებლიანი K ველის მიმართ (2) ტიპის ფორმალურ ჯგუფთა კოეფიციენტების აღწერის საკითხი.

3. $K[[x]]$ სიმბოლოთი აღვნიშნოთ K ველის მიმართ ფორმალურ ხარისხოვან მწკრივთა რგოლი

ადგილი აქვს შემდეგ ლემებს:

ლემა 1. ვთქვათ, $A(X), C(X) \in K[[x]]$ ფორმალურ ხარისხოვან მწკრივებს აქვს შემდეგი სახე:

$$A(X) = A_m X^m + A_{m+1} X^{m+1} + \dots, \quad A_m \neq 0$$

$$C(X) = C_n X^n + C_{n+1} X^{n+1} + \dots, \quad C_n \neq 0$$

და $m < n$. მაშინ $A(X)C(Y) - A(Y)C(X)$ არ იყოფა $X^{m+1}Y^{m+1}$ - ზე

ლემა 2. ვთქვათ, $A(X), C(X) \in K[[x]]$,

$$A(X) = A_0 + A_1 X + A_2 X^2 + \dots, \quad A_0 \neq 0$$

$$C(X) = C_0 + C_1 X + C_2 X^2 + \dots, \quad C_0 \neq 0$$

და $A(X) \neq \frac{A_0 C(X)}{C_0}$ მაშინ $A(X)C(Y) - A(Y)C(X)$ არ იყოფა XY - ზე

ლემა 3. ვთქვათ, $A(X), C(X) \in K$ ველის მიმართ რაღაც ფორმალური ხარისხოვანი მწკრივებია. $A(X)C(X) \neq 0$.

$$\alpha A(X) + \beta C(X) \neq 0 \quad (3)$$

სადაც $\alpha \neq 0$, ან $\beta \neq 0$, $\alpha, \beta \in K$ და $A(X)C(Y) - A(Y)C(X)$ იყოფა $X^k Y^k$, $k \in \mathbb{N}$ მაშინ $A(X)$ და $C(X)$ იყოფა X^k - ზე.

განვიხილოთ (2) ტიპის $F(X, Y)$ ფორმალური ჯგუფი. ცხადია, რომ (3) მოთხოვნა არსებითია, ვინაიდან

$$F(X, Y) = X + Y + \sum_{i, j > 1} A_{ij} X^i Y^j \neq 0$$

ლემა 1-3 - ის საფუძველზე მიიღება

ლემა 4. (2) ტიპის ფორმალური ჯგუფისათვის შეგვიძლია მივიღოთ, რომ $\overline{D}(X) = 1$,

მაშასადამე, მას აქვს სახე

$$F(X, Y) = \frac{\overline{A}(X)\overline{C}(Y) - \overline{A}(Y)\overline{C}(X)}{\overline{B}(X) - \overline{B}(Y)},$$

სადაც $\overline{A}(X), \overline{B}(X), \overline{C}(X) \in K[[x]]$ მიღებულია $A(X), B(X), C(X), D(X)$ ფორმალური ხარისხოვანი მწკრივებისაგან ელემენტარული ალგებრული გარდაქმნებით.

ჩავთვალოთ, რომ $B(0) = 0$, ვინაიდან იგი ბათილდება, მაშინ ადგილი აქვს

$$\overline{C}(0)\overline{A}(X) - \overline{A}(0)\overline{C}(X) = X\overline{B}(X) \quad (4)$$

ტოლობას.

განვიხილოთ ორი შემთხვევა:

1). $\overline{C}(0) = 0$. მაშინ

$$\bar{C}(X) = -\frac{X\bar{B}(X)}{\bar{A}(0)}$$

და

$$F(X, Y) = \frac{\bar{A}(X)\left(-\frac{Y\bar{B}(Y)}{\bar{A}(0)}\right) - \bar{A}(Y)\left(-\frac{X\bar{B}(X)}{\bar{A}(0)}\right)}{\bar{B}(X) - \bar{B}(Y)} =$$

$$= \frac{X\bar{B}(X)\left(-\frac{\bar{A}(Y)}{\bar{A}(0)}\right) - Y\bar{B}(Y)\left(-\frac{\bar{A}(X)}{\bar{A}(0)}\right)}{\bar{B}(X) - \bar{B}(Y)}$$

2). $\bar{C}(0) \neq 0$. მაშინ

$$F(X, Y) = \frac{X\bar{B}(X)\frac{\bar{C}(Y)}{\bar{C}(0)} - Y\bar{B}(Y)\frac{\bar{C}(X)}{\bar{C}(0)}}{\bar{B}(X) - \bar{B}(Y)}$$

ლემა 5. ვთქვათ, K ველის მიმართ $F(X, Y)$ ფორმალურ ჯგუფს აქვს

$$F(X, Y) = \frac{XL(X)M(Y) - YL(Y)M(X)}{L(X) - L(Y)},$$

სახე, სადაც $L(X)$, $M(X)$ K ველის მიმართ ფორმალური ხარისხოვანი მწკრივებია და $L(0) = 0$, მაშინ $L'(X) \neq 0$.

თეორემა. ფორმალური ჯგუფი

$$\frac{A(X)C(Y) - A(Y)C(X)}{B(X)D(Y) - B(Y)D(X)},$$

სადაც $A(X)$, $B(X)$, $C(X)$, $D(X)$ 0 მახასიათებლის K ველის მიმართ ფორმალური ხარისხოვანი მწკრივებია, აქვს შემდეგი სახე:

$$F(X, Y) = \frac{X^2P(Y) - Y^2P(X)}{XQ(Y) - YQ(X)},$$

სადაც $P(X)$, $Q(X)$ გამოისახება ელემენტარულ ფუნქციებში $A(X)$, $B(X)$, $C(X)$, $D(X)$ - ის საშუალებით.

ივ.ჭავჭავაძის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *Buchstaber*. УМН, 45, 3, 1990, 185-186.
2. *რ.ნადირაძე*. საქ.მეცნ.აკად. მოამბე, 146, 3, 1992, 465-468.
3. *V.Buchstaber*. Report on Scientific Activity During Visit at the MPI from 6. 04. 1992 to 4. 07. 1992. 1-3.
4. *R.Nadiradze*. Thesis For a Doctor's Degree. Tbilisi 1995.



გ.ბერიკელაშვილი, მ.ჩხარტიშვილი

სხვაობიანი სქემების W_2^1 -ში კრებადობის შესახებ დრეკადობის თეორიის ერთი შერეული ამოცანისათვის

წარმოდგინა აკადემიკოსმა თ.ბურჭულაძემ 25.04.1996

წინამდებარე ნაშრომში დრეკადობის თეორიის განტოლებათა სისტემისათვის განხილულია შერეული სასაზღვრო ამოცანა (საზღვრის ნაწილზე მოცემულია პირველი გვარის, დანარჩენებზე კი - მეორე გვარის პირობები).

მუდმივი კოეფიციენტების შემთხვევაში [1]-ში შესწავლილია სხვაობიანი სქემა, რომელიც იკრიბება $O(|h|^{s-1})$ სიჩქარით, როცა $s \in [2, 3]$ ჩვენთან განხილვება სხვაობიანი სქემა ცვალებადი კოეფიციენტების შემთხვევაში; [2]-ის მეთოდის გამოყენებით დადგენილია ზუსტი ამონახსნის სიგლუვესთან შეთანხმებული

$$\|v-u\|_{W_2^1(\omega)} \leq M|h|^{s-1}\|u\|_{W_2^1(\Omega)}, \quad s \in [2, 3] \quad (1)$$

კრებადობის სიჩქარის შეფასება. პუასონის განტოლებისათვის ანალოგიური სხვაობიანი სქემები გამოკვლეულია [2]-ში, შერეულ წარმოებულებიანი ელიფსური განტოლებისათვის - [3, 4]-ში, ქვემოთ განხილული ამოცანისათვის კი მუდმივი კოეფიციენტების შემთხვევაში - [5]-ში.

1. ვთქვათ, $\Omega = \{x = (x_1, x_2): 0 < x_\alpha < l_\alpha, \alpha = 1, 2\}$ არის Γ საზღვრიანი მართკუთხედი; $\Gamma_{-1} = \{(0, x_2): x_2 \in (0, l_2)\}$. საძიებელია

$$\sum_{\alpha, \beta=1}^2 \frac{\partial}{\partial x_\alpha} \left(K_{\alpha\beta} \frac{\partial u}{\partial x_\beta} \right) + f = 0, \quad x \in \Omega \quad (2)$$

განტოლებათა სისტემის ამონახსნი, რომელიც აკმაყოფილებს სასაზღვრო პირობებს

$$K_{11} \frac{\partial u}{\partial x_1} + K_{12} \frac{\partial u}{\partial x_2} = -g(x), \quad x \in \Gamma_{-1}, \quad u(x) = 0, \quad x \in \Gamma \setminus \Gamma_{-1}, \quad (3)$$

სადაც

$$K_{11} = \begin{pmatrix} \lambda + 2\mu & 0 \\ 0 & \mu \end{pmatrix}, K_{12} = \begin{pmatrix} 0 & \lambda \\ \mu & 0 \end{pmatrix}, K_{21} = \begin{pmatrix} 0 & \mu \\ \lambda & 0 \end{pmatrix}, K_{22} = \begin{pmatrix} \mu & 0 \\ 0 & \lambda + 2\mu \end{pmatrix}$$

$\lambda(x), \mu(x)$ ლამეს კოეფიციენტებია, $u = (u_1, u_2)^T, f = (f_1, f_2)^T, g = (g_1, g_2)^T$.

ვთქვათ,

$$\lambda(x), \mu(x) \in W_2^{s-1}(\Omega), \lambda(x) \geq 0, \mu(x) \geq \mu_0 = \text{const} > 0$$

$$f_\alpha(x) \in W_2^{s-1}(\Omega), g_\alpha(x) \in W_2^{s-3/2}(\Gamma_{-1}), \alpha = 1, 2, s \in [2, 3] \quad (4)$$

და გარდა ამისა

$$\lambda(x), \mu(x) \in W_{2+\varepsilon}^1(\Omega), \forall \varepsilon > 0, \alpha = 1, 2 \text{ როცა } s = 2. \quad (5)$$

ვუშვებთ, რომ (2)-(5) ამოცანის განზოგადებული ამონახსნი მიეკუთვნება $W_2^s(\Omega)$, $s \in [2; 3]$ სივრცეს. M -ით აღნიშნავთ დადებით მუდმივებს, რომლებიც არ არიან დამოკიდებული $u(x)$ -სა და h -ზე.

2. $\Omega = \Omega \cup \Gamma$ -ში განვსაზღვროთ ბადე $\bar{\omega} = \bar{\omega}_1 \times \bar{\omega}_2$, სადაც

$$\bar{\omega}_\alpha = \{x_\alpha = i_\alpha h_\alpha; i_\alpha = 0, 1, \dots, N_\alpha; h_\alpha = l_\alpha / N_\alpha\}. \text{ ვთქვათ } \omega_\alpha^+ = \bar{\omega}_\alpha \cap (0; l_\alpha], \omega_\alpha^- = \bar{\omega}_\alpha \cap [0; l_\alpha), \omega_\alpha = \bar{\omega}_\alpha \cap (0; l_\alpha), \alpha = 1, 2; \bar{\omega} = \omega_1 \times \omega_2, \gamma = \bar{\omega} \setminus \omega, \gamma_1 = \{x = (0; x_2): x_2 \in \omega_2\}, \omega_{1+} = \omega_1^+ \times \omega_2, \omega_{1-} = \omega_1^- \times \omega_2, \omega_{2+} = \omega_1 \times \omega_2^+, \omega_{2-} = \omega_1 \times \omega_2^-, h = (h_1, h_2), |h|^2 = h_1^2 + h_2^2, \bar{h} = h_1/2, x \in \gamma_1, \bar{h}_1 = h_1, x \notin \gamma_1.$$

ვთქვათ, H_h არის $\bar{\omega}$ -ზე განსაზღვრული და $\gamma \setminus \gamma_1$ -ზე ნულის ტოლ ვექტორ-ფუნქციითა სივრცე, $(y, v) = \sum_{x \in \omega_{1+}} \bar{h}_1 h_2 \sum_{\alpha=1}^2 y_\alpha(x) v_\alpha(x)$ სკალარული ნამრავლითა და

$\|y\| = (y, y)^{1/2}$ ნორმით. გარდა ამისა, განვსაზღვროთ

$$\|y\|_{W_2^1(\omega)}^2 \equiv \|\nabla y\|^2 = \sum_{\omega_{1+}} \bar{h}_1 h_2 \sum_{\alpha=1}^2 (y_{\alpha \bar{x}_1})^2 + \sum_{\omega_{1-}} \bar{h}_1 h_2 \sum_{\alpha=1}^2 (y_{\alpha \bar{x}_2})^2,$$

$$(y, v)_{\bar{\omega}} = \sum_{x \in \bar{\omega}} \bar{h}_1 h_2 \sum_{\alpha=1}^2 y_\alpha(x) v_\alpha(x), \quad \|y\|_{\bar{\omega}} = (y, y)_{\bar{\omega}}^{1/2}, \quad \bar{\omega} \subset \bar{\omega},$$

$$(y, v)_{(\alpha+)} \equiv (y, v)_{\omega_{(\alpha+)}} , (y, v)_{(\alpha-)} \equiv (y, v)_{\omega_{(\alpha-)}}, \quad \alpha = 1, 2,$$

$$(y, v)_{\gamma_1} = \sum_{\gamma_1} h_2 \sum_{\alpha=1}^2 y_\alpha v_\alpha, \quad \|y\|_{\gamma_1} = (y, y)_{\gamma_1}^{1/2}.$$

ჩვენ დაგვირღებდა სტეკლოვის გასაშუალებლის ოპერატორები:

$$S_1^+ u(x) = \frac{2}{h_1} \int_{x_1 - (l_1 \mp 1)h_1/4}^{x_1 + (l_1 \pm 1)h_1/4} \int u(\xi_1, x_2) d\xi_1, \quad S_1 = (S_1^- + S_1^+)/2, \quad S_2 u(x) = \frac{1}{h_2} \int_{x_2 - h_2/2}^{x_2 + h_2/2} u(x_1, \xi_2) d\xi_2.$$

3. (2), (3) ამოცანის აპროქსიმაციისათვის გამოვიყენოთ სხვაობიანი სქემა $Ay = \varphi(x), x \in \omega \cup \gamma_1, y(x) = 0, x \in \gamma \setminus \gamma_1,$ (6)

სადაც

$$A = A_{11} + A_{12} + A_{21} + A_{22}; \quad A_{2\beta} y = - (K_{2\beta} y_{x_\beta})_{\bar{x}_2}, \quad x \in \gamma_1,$$

$$A_{1\beta} y = - \frac{1}{h_1} (K_{1\beta}(0, x_2) y_{x_\beta}(0, x_2) + K_{1\beta}(h_1, x_2) y_{\bar{x}_\beta}(h_1, x_2)), \quad x \in \gamma_1,$$

$$A_{\alpha\beta} y = - \frac{1}{2} ((K_{\alpha\beta} y_{x_\beta})_{\bar{x}_\alpha} + (K_{\alpha\beta} y_{\bar{x}_\beta})_{x_\alpha}), \quad x \in \omega, \quad \alpha, \beta = 1, 2,$$

$$\varphi(x) = S_1 S_2 f, \quad x \in \omega, \quad \varphi(x) = S_1^+ S_2 f + \frac{2}{h_1} S_2 g, \quad x \in \gamma_1.$$

სამართლიანია შემდეგი

თეორემა 1. A ოპერატორი თვითშეუღლებული და დადებითად განსაზღვრულია H_h სივრცეში და მისთვის სამართლიანია შეფასება

$$(Ay, y) \geq (1 - 1/\sqrt{2})\mu_0 \|\nabla y\|^2 \quad (7)$$

თეორემა 1-ის საფუძველზე დავასკვნით, რომ (6) ამოცანას აქვს ერთადერთი ამონახსნი.

4. $z = y - u$ ცდომილებისათვის მიიღება ამოცანა

$$Az = \psi, \quad x \in \omega \cup \gamma_1, \quad z \in H_h \quad (8)$$

აპროქსიმაციის ცდომილება $\psi = \varphi - Au$ შეგვიძლია ჩავწეროთ

$$\psi = \begin{cases} (\eta_{11} + \eta_{12})_{x_1} + (\eta_{21} + \eta_{22})_{x_2}, & x \in \omega, \\ \frac{2}{h_1} (\eta_{11}(h_1, x_2) + \eta_{12}(h_1, x_2) + \eta_{1x_2} + \eta_{2x_2}), & x \in \gamma_{-1} \end{cases}$$

სახით, სადაც

$$\eta_{\alpha\beta} = \frac{1}{2} (K_{\alpha\beta} u_{\bar{x}_\beta} + (K_{\alpha\beta} u_{x_\beta})^{(-1_\alpha)}) - S_{3-\alpha} (K_{\alpha\beta} \frac{\partial u}{\partial x_\beta})^{(-0.5_\alpha)},$$

$$\eta_\beta = \frac{h_1}{2} ((K_{2\beta} u_{x_\beta})^{(-1_2)} - S_1^+ (K_{2\beta} \frac{\partial u}{\partial x_\beta})^{(-0.5_\alpha)}), \quad \alpha, \beta = 1, 2.$$

ლემა 1. დისკრეტული $x \in \omega_1 \times \omega_2^+$ არგუმენტის ნებისმიერი $\eta(x)$ ვექტორ-ფუნქციისათვის და ნებისმიერი $z \in H_h$ -სათვის სამართლიანია უტოლობა

$$|(\eta_{x_2}, z)_{\gamma_{-1}}| \leq \|\nabla z\| (\|\eta_{\bar{x}_1}\|_{(2+)} + \|\eta_{x_2}\|_{(+1)}) \quad (9)$$

დამტკიცება. $z(1, x_2) = 0$ ტოლობის გათვალისწინებით გვექნება

$$(\eta_{x_2}, z)_{\gamma_{-1}} = - \sum_{\omega_{(+1)}} h_1 h_2 (\eta_{x_2} z)_{\bar{x}_1}$$

ზოგიერთი გარდაქმნის გამოყენების შემდეგ მივიღებთ

$$(\eta_{x_2}, z)_{\gamma_{-1}} = -(\eta_{\bar{x}_1 x_2}, z)_\omega - (\eta_{x_2}, z_{x_1})_{(+1)}$$

ან, გრინის ფორმულის დისკრეტული ანალოგის გამოყენებით, შეგვიძლია დავწეროთ

$$(\eta_{x_2}, z)_{\gamma_{-1}} = (\eta_{\bar{x}_1}, z_{\bar{x}_2})_{(2+)} - (\eta_{x_2}, z_{x_1})_{(+1)}$$

აქედან გამომდინარეობს, რომ

$$|(\eta_{x_2}, z)_{\gamma_{-1}}| \leq (\|\eta_{\bar{x}_1}\|_{(2+)} + \|\eta_{x_2}\|_{(+1)}) \cdot (\|z_{\bar{x}_2}\|_{(2+)} + \|z_{x_1}\|_{(+1)}).$$

რამაც დაასრულა ლემის დამტკიცება.

(7), (9) -ის და ნაწილობითი შეჯამების ფორმულის გამოყენებით, (8) ამოცანის ამონახსნისათვის მიიღება შემდეგი აპროქსიმული შეფასება

$$\|\nabla z\| \leq M \left(\sum_{\alpha, \beta=1}^2 \|\eta_{\alpha\beta}\|_{(\alpha+)} + \sum_{\beta=1}^2 (\|\eta_{\beta \bar{x}_1}\|_{(2+)} + \|\eta_{\beta x_2}\|_{(+1)}) \right) \quad (10)$$

5. კრებადობის სიჩქარის შესაფასებლად საკმარისია შევაფასოთ (10) უტოლობის მარჯვენა მხარის შესაყრებები. სამართლიანია შემდეგი მტკიცებები.

ლემა 2. $\eta_{\alpha\beta}$, $\alpha, \beta = 1, 2$ -სათვის ადგილი აქვს შეფასებებს

$$\|\eta_{\alpha\beta}\|_{(1+)} \leq M|h|^{s-1} \left(\|\lambda\|_{W_2^{s-1}(\Omega)} + \|\mu\|_{W_2^{s-1}(\Omega)} \right) \|u\|_{W_2^s(\Omega)}, \quad s \in (2;3],$$

$$\|\eta_{\alpha\beta}\|_{(1+)} \leq M|h| \left(\|\lambda\|_{W_2^{1+\varepsilon}(\Omega)} + \|\mu\|_{W_2^{1+\varepsilon}(\Omega)} \right) \|u\|_{W_2^2(\Omega)}, \quad \forall \varepsilon > 0.$$

ლ ე მ ა 3. η_α , $\alpha = 1, 2$ -სათვის ადგილი აქვს შეფასებებს

$$\|\eta_{\alpha\bar{x}_1}\|_{(2+)} + \|\eta_{\alpha x_2}\|_{(1+)} \leq M|h|^{s-1} \left(\|\lambda\|_{W_2^{s-1}(\Omega)} + \|\mu\|_{W_2^{s-1}(\Omega)} \right) \|u\|_{W_2^s(\Omega)}, \quad s \in (2;3],$$

$$\|\eta_{\alpha\bar{x}_1}\|_{(2+)} + \|\eta_{\alpha x_2}\|_{(1+)} \leq M|h| \left(\|\lambda\|_{W_2^{1+\varepsilon}(\Omega)} + \|\mu\|_{W_2^{1+\varepsilon}(\Omega)} \right) \|u\|_{W_2^2(\Omega)}, \quad \forall \varepsilon > 0.$$

ლემა 2 და ლემა 3 -ის გამოყენებით (10) აპრიორული შეფასებიდან გამომდინარეობს შემდეგი ძირითადი

თეორემა 2. ვთქვათ, (2)-(5) სასაზღვრო ამოცანის ამონახსნი მიეკუთვნება $W_2^s(\Omega)$, $s \in [2;3]$ სივრცეს. მაშინ (6) სხვაობიანი სქემის ამონახსნისათვის სპარტალიანია კრებადობის სიჩქარის (1) შეფასება.

ა.რაზმაძის სახ. თბილისის
 მათემატიკის ინსტიტუტი

ნ.მუსხელიშვილის სახ. გამოთვლითი
 მათემატიკის ინსტიტუტი

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

ლიტერატურა

1. *А.А.Самарский, В.Б.Андреев.* Разностные методы для эллиптических уравнений. М., 1976.
2. *А.А.Самарский, Р.Д.Лазаров, В.Л.Макаров.* Разностные схемы для дифференциальных уравнений с обобщенными решениями. М., 1987.
3. გ.ბერიკელაშვილი. საქართველოს სსრ მეცნ. აკადემიის მოამბე. 118, 2, 1985, 285-288.
4. მ.ჩხარტიშვილი, გ.ბერიკელაშვილი. საქართველოს მეცნ. აკადემიის მოამბე. 148, 2, 1993, 180-184.
5. *Г.Берикелашвили.* Сб. Теория и численные методы расчета пластин и оболочек. Тбилиси, 1984, 33-36.



თ. ბურჭულაძე (აკადემიკოსი)

განზოგადებული ელასტოთერმოდინამიკის მათემატიკური ამოცანების თეორიისათვის

წარმოდგენილია 7.06.1996

მყარ იზოტროპულ დრეკად სხეულში დეფორმაციის სითბოგამტარებლობის და დიფუზიის პროცესებს შორის ურთიერთკავშირი აღიწერება საკმარისად ზოგადი სახის ხუთი სკალარული კერძოწარმოებულნიანი დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემით. ჩვენ განვიხილავთ შემდეგი სახის Lord-Shulman-ის განზოგადებული მოდელის ელასტოთერმოდინამიკის თეორიის დიფერენციალურ განტოლებათა არასტაციონარულ სისტემას [1,2]

$$L\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial t}\right)V(x, t) = 0, \quad (1)$$

სადაც $V = (v_1, v_2, v_3, v_4, v_5)^T = (v, v_4, v_5)^T = \|v_k\|_{5 \times 1}$ - უცნობი ვექტორია (კალსვეტიანი მატრიცა).

$$LV = \|(LV)_k\|_{5 \times 1},$$

$$(LV)_k = \begin{cases} \mu \Delta v_k + (\lambda + \mu) \frac{\partial}{\partial x_k} \operatorname{div} v - \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} - \sum_{l=1}^2 \gamma_l \frac{\partial v_{3+l}}{\partial x_k}, & k = 1, 2, 3, \\ \delta_{k-3} \Delta v_k - a_{k-3} \frac{\partial v_{kt}}{\partial t} - \gamma_{k-3} \frac{\partial}{\partial t} \operatorname{div} v_t - a_{12} \frac{\partial^2 v_{9-k,t}}{\partial t^2}, & k = 4, 5, \end{cases}$$

$x = (x_1, x_2, x_3)$ - წერტილია ევკლიდეს სამგანზომილებიან სივრცეში, \mathbf{R}^3 , t - დროა, Δ - ლაპლასის სამგანზომილებიანი ოპერატორია, $v = (v_1, v_2, v_3)^T$ - გადაადგილების ვექტორია, v_4 - ტემპერატურის ცვლილება, v_5 - გარემოს ქიმიური პოტენციალი, $v_t = v + \tau_t \frac{\partial v}{\partial t}$, $v_{kt} = v_k + \tau_t \frac{\partial v_k}{\partial t}$, $k = 4, 5$, $\tau_t > 0$ - რელაქსაციის

მუდმივია, $\lambda, \mu, \rho, \gamma_1, \gamma_2, \delta_1, \delta_2, a_1, a_2, a_{12}$ - დრეკადი, თერმული და დიფუზიური მუდმივები [2], T - ტრანსპონირების ოპერაცია.

(1) - თან ერთად, განვიხილავთ შესაძლებელ შემთხვევებს (პრაქტიკულად საინტერესო) $v_k(x, t)$ დამოკიდებულებებისა t დროსთან:

I. $v_k(x, t) = \operatorname{Re}[e^{pt} u_k(x, p)]$ - მდგრადი (სტაციონარული) რხევა $p > 0$ სიხშირით;

II. $v_k(x, t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty} e^{\tau t} u_k(x, \tau) d\tau$, $\tau = \sigma + iq$, $\sigma > 0$ ზოგადი დინამიკის

შემთხვევა (ლაპლას-მელინის ინტეგრალით წარმოდგენა).

(1) სისტემა, ორივე შემთხვევაში მიიყვანება შემდეგ სახეზე $u_k(x, \omega)$ - ს მიმართ

$$L\left(\frac{\partial}{\partial x}, -i\omega\right)U = 0 \quad (2)$$

ამასთან

$$U = (u, u_4, u_5)^T = \|u_k\|_{5 \times 1},$$

$\omega = p > 0$ - სტაციონარული რხევის შემთხვევაში $\omega = i\tau$ - ზოგადი დინამიკის შემთხვევაში.

ვთქვათ, $V = \|v_k\|_{5 \times 1}$ - (1) სისტემის ნებისმიერი რეგულარული ამოხსნა: $V,$

$$\frac{\partial V}{\partial t} \in C^1(\bar{Z}_\infty) \cap C^2(Z_\infty), Z_\infty = \{(x, t): x \in D, t \in [0, \infty)\}, D \subset \mathbb{R}^3 \text{ სასრული არეა.}$$

სამართლიანია ფორმულა:

$$\frac{dI(t)}{dt} + \sum_{k=1}^2 \delta_k \int_D |\text{grad} v_{3+k}|^2 dx = M_S(V), \quad (3)$$

სადაც

$$I(t) = \frac{1}{2} \int_D \left[\rho \left| \frac{\partial v_t}{\partial t} \right|^2 + E(v_t, v_t) + e(v_{4t}, v_{5t}) + \tau_t \sum_{k=1}^2 \delta_k |\text{grad} v_{3+k}|^2 \right] ds,$$

$$e(v_{4t}, v_{5t}) = a_1 v_{4t}^2 + 2a_{12} v_{4t} v_{5t} + a_2 v_{5t}^2 \geq 0,$$

$$E(w, v) = \frac{3\lambda + 2\mu}{3} \text{div} w \text{div} v + \frac{\mu}{2} \sum_{(p,q)} \left(\frac{\partial w_p}{\partial x_q} + \frac{\partial w_q}{\partial x_p} \right) \left(\frac{\partial v_p}{\partial x_q} + \frac{\partial v_q}{\partial x_p} \right) + \frac{\mu}{3} \sum_{(p,q)} \left(\frac{\partial w_p}{\partial x_p} - \frac{\partial w_q}{\partial x_q} \right) \left(\frac{\partial v_p}{\partial x_p} - \frac{\partial v_q}{\partial x_q} \right),$$

$$M_S V = \int_S \left[\frac{\partial v_t^T}{\partial t} H V_t + \sum_{k=1}^2 \delta_k v_{3+k,t} \frac{\partial v_{3+k}}{\partial n} \right] dS,$$

$S = \partial D, HV = Tv - n \sum_{k=1}^2 \gamma_k v_{3+k}, T$ - დრეკადი ძაბვის ოპერატორია (მატრიცული), $n = (n_1, n_2, n_3)$ - გარე ნორმალის ორტია. (3) ფორმულა ფაქტიურად ხსნის საკითხს ამ თეორიის არასტაციონარული საწყის-სასაზღვრო ამოცანის ამოხსნის ერთადერთობის შესახებ.

(3) ფორმულა სამართლიანია უსასრულო არისთვისაც $D^- = \mathbb{R}^3 \setminus \bar{D}$, თუ $V(x, t)$ აკმაყოფილებს ქროზადობის შემდეგ პირობას უსასრულობაში

$$\left| \frac{\partial^{|\alpha|} V(x, t)}{\partial x_1^{\alpha_1} \partial x_2^{\alpha_2} \partial x_3^{\alpha_3} \partial x_4^{\alpha_4}} \right| \leq \frac{\text{const} \cdot e^{\sigma t}}{1 + |x|^{1+|\alpha|}} \quad (|\alpha| = \bar{0}, 3, \sigma \geq 0).$$

($a = (a_1, a_2, a_3, a_4)$) - მულტიინდექსია, $|a| = a_1 + a_2 + a_3 + a_4$

ვთქვათ $\omega = p > 0, U = \|u_k\|_{5 \times 1}$ - რეგულარული ამოხსნა (2)

სისტემის ($u \in C^1(\bar{D}) \cap C^2(D)$) და $\bar{U} = \|\bar{u}_k\|_{5 \times 1}$ - კომპლექსურად შეუღლებული ვექტორია. სამართლიანია ფორმულა:

$$\frac{1}{p(1+p^2\tau_t^2)} \cdot \sum_{k=1}^2 \delta_k \int_D |\text{gradu}_{3+k}|^2 dx =$$

$$= \int_S \left\{ I_m(u^T H \bar{U}) + \frac{1}{p} \sum_{k=1}^2 \delta_k \operatorname{Re} \left[\frac{1}{1+ip\tau_t} u_{3+k} \frac{\partial \bar{u}_{3+k}}{\partial n} \right] \right\} dS. \quad (4)$$

ვთქვათ, ახლა $\omega = i\tau = -q + i\sigma$, $\sigma > 0$ (ეს შემთხვევა მნიშვნელოვან როლს თამაშობს არასტაციონარული ამოცანების გამოკვლევისათვის). სამართლიანია ფორმულა:

$$\int_D [2\rho\sigma|\tau|^2 |u|^2 + 2\sigma E(u, \bar{u}) + 2\sigma e(u_4, u_5) +$$

$$+ \frac{2(1+\sigma\tau_t)}{|1+\tau\tau_t|^2} \sum_{k=1}^2 \delta_k |\text{gradu}_{3+k}|^2] dx = \bar{\tau} N_S U + \tau \overline{N_S U}, \quad (5)$$

სადაც

$$N_S U = \int_S \left[\bar{u}^T H U + \frac{1}{\bar{\tau}(1+\bar{\tau}\tau_t)} \cdot \sum_{k=1}^2 \delta_k u_{3+k} \frac{\partial \bar{u}_{3+k}}{\partial n} \right] dS.$$

პოტენციალთა მეთოდით სასაზღვრო ამოცანების გამოკვლევისათვის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია კიდევ ერთი გრინის განზოგადებული ფორმულა. ამ თეორიაში მას აქვს სახე:

$$\int_D \left[U^T \tilde{L} \left(\frac{\partial}{\partial x}, -i\omega \right) \tilde{U} - \tilde{U}^T L \left(\frac{\partial}{\partial x}, -i\omega \right) U \right] dx =$$

$$= \int_S \left\{ \left[Q_{(q)} U \right]^T \tilde{P}_{(q)} \tilde{U} - \left[Q_{(q)} \tilde{U} \right]^T P_{(q)} U \right\} dS, \quad (6)$$

სადაც

$$\tilde{L} \left(\frac{\partial}{\partial x}, -i\omega \right) \equiv L^T \left(-\frac{\partial}{\partial x}, i\omega \right),$$

$$P_{(q)} U = (HU, -(\delta_{1q} + \delta_{2q})u_4 + \delta_1(\delta_{3q} + \delta_{2q}) \frac{\partial u_4}{\partial n},$$

$$-(\delta_{1q} + \delta_{3q})u_5 + \delta_2(\delta_{2q} + \delta_{0q}) \frac{\partial u_5}{\partial n})^T,$$

$$Q_{(q)} U = (u, (\delta_{0q} + \delta_{3q})u_4 + \delta_1(\delta_{1q} + \delta_{2q}) \frac{\partial u_4}{\partial n},$$

$$(\delta_{0q} + \delta_{2q})u_5 + \delta_2(\delta_{1q} + \delta_{3q}) \frac{\partial u_5}{\partial n})^T, \quad q = \overline{0, 3},$$

δ_k - კონეკტორის სიმბოლოა, $\tilde{P}_{(q)}$ არის $P_{(q)}$ ოპერატორის შეუღლებული ცნობილი ხერხით [2, 4] მტკიცდება.

თეორემა. თუ $U = \|u_k\|_{S_{X1}}$ (2) სისტემის $U \in C^2(D)$ კლასის ამოხსნა $U \in C^\infty(D)$ და იგი უშვებს დაშლას

$$U(x, \omega) = \sum_{k=1}^4 V^{(k)}(x, \omega), \quad V^{(k)} = (v^{(k)}, v_4^{(k)}, v_5^{(k)})^T; \quad (\Delta + \lambda_k^2) V^{(k)} = 0, \quad k = \overline{1, 4},$$

$$v^{(k)} = v_1^{(k)}, v_2^{(k)}, v_3^{(k)}, \quad \text{zot } v^{(k)} = 0, \quad k=1, 2, 3, \quad \text{div } v^{(4)} = 0, \quad v_4^{(4)} = v_5^{(4)} = 0;$$

ამასთან $\lambda_4^2 = \frac{\rho\omega^2}{\mu}$, ხოლო მახასიათებელი მუდმივები $\lambda_k^2(\omega)$, $k = \overline{1, 3}$ არიან

შემდეგი კუბური განტოლების ფესვები:

$$z^3 - A_1 z^2 + A_2 z - A_3 = 0,$$

$$A_1 = \frac{1}{(\lambda + 2\mu)\delta_1\delta_2} [\rho\omega^2 \delta_1\delta_2 + (\lambda + 2\mu)i\omega\delta_2 a_1^\omega + (\lambda + 2\mu)i\omega\delta_1 a_2^\omega + i\omega\delta_1\gamma_2\gamma_2^\omega + i\omega\delta_2\gamma_1\gamma_1^\omega],$$

$$A_2 = \frac{1}{(\lambda + 2\mu)\delta_1\delta_2} [\rho\omega^3 i a_1^\omega \delta_2 + \rho\omega^3 i a_2^\omega \delta_1 - (\lambda + 2\mu)\omega^2 a_1^\omega a_2^\omega + \omega^2 a_{12}^\omega \gamma_1^\omega \gamma_2^\omega + \omega^2 a_{12}^\omega \gamma_2^\omega \gamma_1^\omega - \omega^2 a_1^\omega \gamma_2^\omega \gamma_2^\omega - \omega^2 a_2^\omega \gamma_1^\omega \gamma_1^\omega + (\lambda + 2\mu)\omega^2 (a_{12}^\omega)^2],$$

$$A_3 = \frac{\rho\omega}{(\lambda + 2\mu)\delta_1\delta_2} [(a_{12}^\omega - a_1^\omega a_2^\omega)],$$

$$a_k^\omega = a_k(1 - i\omega\tau_k), \quad \gamma_k^\omega = \gamma_k(1 - i\omega\tau_k), \quad k = 1, 2, \quad a_{12}^\omega = a_{12}(1 - i\omega\tau).$$

(1) და (2) სისტემისათვის საწყის-სასაზღვრო და სასაზღვრო ამოცანების გამოკვლევისათვის არსებითია $\lambda_k^2(\omega)$ პარამეტრების თვისებების დადგენა. ეს თვისებები აღიწერებიან შემდეგი ლემებით.

ლემა 1. თუ $\omega > 0$, $\gamma_1^2 + \gamma_2^2 > 0$, მაშინ $\lambda_k^2(\omega)$ კომპლექსური რიცხვებია.

ლემა 2. თუ $\omega = i\tau = -q + i\sigma$ ($\sigma > 0$), $\gamma_1^2 + \gamma_2^2 > 0$, მაშინ $\sigma_0^* > 0$ ისეთი, რომ კომპლექსურ ნახევარსიბრტყეში $\text{Re} \tau > \sigma_0^*$ პარამეტრებს $\lambda_k(\omega)$, $k = \overline{1, 4}$ გააჩნიათ თვისებები:

$$I_m \lambda_k > 0, \quad \lambda_k = \lambda_k(\tau), \quad k = \overline{1, 4}.$$

არიან ანალიზური ფუნქციები τ და უშვებენ შემდეგ შეფასებას $\tau = \infty$ - ის მიდამოში

$$\lambda_k(\tau) = O(|\tau|).$$

აგებული მათემატიკური აპარატი, ისე როგორც კლასიკურ შემთხვევაში [2], იძლევა საშუალებას ჩავატაროთ სასაზღვრო ამოცანათა სრული მათემატიკური ანალიზი სამივე შემთხვევაში: სტაციონარული რხევის, ფსევდორხევისა და ზოგადი დინამიკის. ჩვენს გამოკვლევებში ძირითად როლს თამაშობენ განსახილველი

დიფერენციალური ოპერატორის $L(\frac{\partial}{\partial x}, -i\omega)$, ფუნდამენტალურ ამოხსნათა

მატრიცა და სხვა სინგულარული ამოხსნები. აღსანიშნავია, რომ ეს ამოხსნები იგება ცხადად $\exp(i \lambda_k |x|) \cdot |x|^{-1}$ და მისი წარმოებულის საშუალებით ელემენტარულ



ფუნქციებში, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ამოხსნების ეფექტურად და მიახლოებით აგებისათვის.

ანალოგიური საკითხები Green-Lindsay-ს განზოგადებული თერმოდრეკადობის სამგანზომილებიანი დინამიკური ამოცანებისათვის განხილულია [3]-ში, ხოლო Lord-Shulman-ის განზოგადებული თერმოდრეკადობის შემთხვევაში [5].

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 ა. რაზმაძის სახ. მათემატიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *H.W.Lord, Y.Shulman. J.Mech. Phys. Solid* **15**, 5, 1967, 299-309.
2. *Т.В.Бурчуладзе, Т.Г.Гегелиа. Развитие методы потенциала в теории упругости. Тбилиси, 1985.*
3. *Т.В. Бурчуладзе. Трёхмерные задачи неклассической теории термоупругости. Zeitschrift fur Analysis und ihre Anwendungen (ZAA) Band 3(5), 1984, 441-455.*
4. *თ.ბურჭულაძე. ა. რაზმაძის სახელობის მათემატიკის ინსტიტუტის შრომები. ტ. 100, 1992, 10-38.*
5. *Д.Т. Бурчуладзе. Труды Грузинского политехнического института (ГПИ) N 5(262), 1983, 22-29.*

ზ. აბაშიძე

დრეკადობის ბრტყელი თეორიის ერთი დრეკად-პლასტიკური ამოცანის შესახებ

წარმოადგინა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსმა თ. ბურჭულაძემ

განვიხილოთ ერთგვაროვანი, იზოტროპული, წესიერი n კუთხედის ფორმის მქონე ფირფიტა, რომელიც შესუსტებულია n ერთნაირი ხერხელთ ისე, რომ ამ ხერხელების კონტურები სიმეტრიული იყოს მრავალკუთხედის აპოთემების მიმართ. ვთქვათ, $z = x + iy$ კომპლექსურ სიბრტყეში ფირფიტას უჭირავს S არე ისე, რომ მრავალკუთხედის ცენტრი მოთავსებულია $z = 0$ წერტილში და ერთ-ერთი აპოთემა

მდებარეობს X ღერძზე, აღვნიშნოთ L_0 -ით გარე საზღვარი, ხოლო $L = \sum_{k=1}^n L_k$ - ით

შიგნითა საზღვარი (უცნობ კონტურთა ერთობლიობა). განვიხილოთ შემთხვევა, როცა S არე წარმოადგენს $z=0$ წერტილის მიმართ ციკლურად სიმეტრიულ არეს.

ვთქვათ, ფირფიტა იმყოფება დაძაბულ მდგომარეობაში ისე, რომ L_0 საზღვარზე ნორმალური გადაადგილება მუდმივია და მხები ძაბვა ნულის ტოლია

$$U_n = \text{const}, \tau_{tn} = 0, t \in L_0 \quad (1)$$

L კონტურზე მოქმედებს მუდმივი ნორმალური ძაბვა და მხები ძაბვა აქაც ნულის ტოლია

$$\sigma_n = -p, \tau_{tn} = 0, t \in L. \quad (2)$$

განვიხილოთ შემდეგი ამოცანა: განვსაზღვროთ ხერხელების კონტურების ფორმა და ფირფიტის დაძაბული მდგომარეობა დამატებითი პირობით, რომ L წირი იმყოფება პლასტიურ მდგომარეობაში, პლასტიური მდგომარეობა მოიცავს მხოლოდ L -ს და არ ვრცელდება ფირფიტის სიღრმეში [1]

$$(\sigma_t - \sigma_n)^2 + 4\tau_{tn}^2 = 4k^2, t \in L, \quad (3)$$

სადაც σ_t ტანგენციალური ნორმალური დაძაბულობაა. ჩავთვალოთ, რომ L_k გლუვი წირებია.

კოლოსოვ - მუსხელიშვილის ცნობილი ფორმულების [2] საფუძველზე ადვილად მივიღებთ შემდეგ ტოლობებს:

$$\sigma_n + i\tau_{tn} = \Phi(z) + \overline{\Phi(\bar{z})} - e^{-2i\alpha(t)} \overline{(z\Phi'(z) + \Psi(z))}, \quad (4)$$

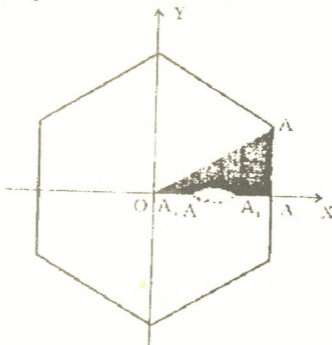
$$2\mu(u_t' - iu_n') = \alpha\Phi(z) - \overline{\Phi(\bar{z})} + e^{-2i\alpha(t)} (z\Phi'(z) + \Psi(z)), \quad (5)$$

სადაც $\alpha(t)$ არის t წერტილში კონტურის გარე ნორმალსა და OX ღერძს შორის კუთხე.

დასმული ამოცანის ციკლურად სიმეტრიულობის გამო მრავალკუთხედის აპოთემებსა და რადიუსებზე ნორმალური გადაადგილება და მხები ძაბვა იქნება



ნულის ტოლი, ამიტომ საკმარისია განვიხილოთ S არის დასტრები (სურ.), აღვნიშნოთ იგი D - თი.



სურ.

(1) - (3) პირობების გათვალისწინებით (4), (5) ფორმულებიდან გამომდინარეობს, რომ კოლოსოვ - მუსხელიშვილის კომპლექსური პოტენციალები აკმაყოფილებენ პირობებს:

$$\Phi(z) = a, z \in S, a = \frac{k-p}{2}, \quad (6)$$

$$e^{2i\alpha(t)}\Psi(t) = b, t \in L_1', b = k. \quad (7)$$

$$\operatorname{Im} e^{2i\alpha(t)}\Psi(t) = 0, t \in L_2', \quad (8)$$

სადაც L_1' წარმოადგენს L_1 კონტურის ნაწილს, ხოლო L_2 არის $A_1A_2A_3A_4A_5$ ტეხილი. $\alpha(t)$ უბან-უბან მუდმივი ფუნქციაა L_2 - ზე და უწყვეტი უცნობი ფუნქციაა L_1' - ზე. $\Psi(z)$ ფუნქცია უწყვეტად გაგრძელებადია D არის საზღვარზე, გარდა შესაძლებელი A_3 წერტილისა, რომლის მახლობლობაშიც აკმაყოფილებს პირობას.

$$|\Psi(z)| < \frac{\operatorname{const}}{|z - A_3|^\varepsilon}, 0 \leq \varepsilon < 1. \quad (9)$$

(7), (8) ტოლობებთან ერთად განვიხილოთ L_2 კონტურის განტოლება, რომელსაც ექნება შემდეგი სახე

$$\operatorname{Re}(te^{-i\alpha(t)}) = \operatorname{Re}(A(t)e^{-i\alpha(t)}), t \in L_2, \quad (10)$$

სადაც $A(t)$ წარმოადგენს უბან - უბან მუდმივ ფუნქციას და აქვს სახე

$$A(t) = A_k, \text{ როცა } t \in A_k A_{k+1}, k = 1, 2, 3, 4.$$

აღვნიშნოთ D_1 - ით ξ კომპლექსური სიბრტყის ერთეულრადიუსიანი ნახევარწრე $|\zeta| < 1, \operatorname{Im}\zeta > 0$.



ვთქვათ, $z = \omega(\xi)$ ფუნქცია კონფორმულად ასახავს z სიბრტყის D არეს ξ სიბრტყის D_1 არეზე, ამასთან A_k წერტილები გადადიან α_k წერტილებში. ზოგადობის შეუზღუდველად შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ

$$a_1=1, a_3=i, a_5=-1.$$

(7), (8), (10) ტოლობები მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$e^{2i\alpha_0(\sigma)}\Psi_0(\sigma) = b, \sigma \in I_1. \quad (11)$$

$$\operatorname{Im} e^{2i\alpha_0(\sigma)}\Psi_0(\sigma) = 0, \sigma \in I_2. \quad (12)$$

$$\operatorname{Re}(e^{-i\alpha_0(\sigma)}\alpha(\sigma)) = \operatorname{Re}(e^{-i\alpha_0(\sigma)}A_0(\sigma)), \sigma \in I_2, \quad (13)$$

სადაც I_1 და I_2 შესაბამისად L_1 და L_2 კონტურების სახეებია $\Psi_0(\zeta) = \Psi(\omega(\zeta))$, $\alpha_0(\sigma) = \alpha(\alpha(\sigma))$, $A_0(\sigma) = A(\alpha(\sigma)) = A_k$. $\alpha_0(\sigma)$ წარმოადგენს I_2 წირზე ცნობილ უბან - უბან მუდმივ ფუნქციას, ხოლო I_1 წირზე უცნობი ფუნქციაა.

ჩვენს შემთხვევაში $e^{2i\alpha_0(\sigma)}$ - თვის გვექნება [2]:

$$e^{2i\alpha_0(\sigma)} = \frac{\omega'(\sigma)}{\overline{\omega'(\sigma)}}, \text{ როცა } \sigma \in I_1. \quad (14)$$

(14) ტოლობის (11) - ში გათვალისწინებით და (13) - ის დიფერენცირებით მივიღებთ ტოლობებს:

$$\overline{\omega'(\sigma)\Psi_0(\sigma)} = b\omega(\sigma), \sigma \in I_1. \quad (15)$$

$$\operatorname{Im} e^{-i\alpha_0(\sigma)}\sigma\omega(\sigma) = 0, \sigma \in I_2. \quad (16)$$

$$\operatorname{Im} e^{2i\alpha_0(\sigma)}\Psi_0(\sigma) = 0, \sigma \in I_2. \quad (17)$$

განვსაზღვროთ ფუნქცია

$$W(\zeta) = \begin{cases} b\omega(\zeta), & \text{როცა } |\zeta| < 1, \operatorname{Im}\zeta > 0 \\ \overline{\omega'(\zeta)\Psi_0(\zeta)}, & \text{როცა } |\zeta| < 1, \operatorname{Im}\zeta < 0 \end{cases} \quad (18)$$

(15) -ის ძალით გვექნება

$$W^+(\sigma) = \overline{W^-(\sigma)}, \sigma \in I_1.$$

და აქედან გამომდინარეობს, რომ $W(\xi)$ ფუნქცია ანალიზურია მთელს $|\xi| < 1$ წრეში.

(16), (17), (18) ტოლობების საფუძველზე ადვილად მივიღებთ

$$\operatorname{Im} e^{-i\alpha_0(\sigma)}\sigma W^+(\sigma) = 0, \sigma \in I. \quad (19)$$

სადაც I წარმოადგენს $|\xi| = 1$ წრეხაზს.

გადავწეროთ (19) ტოლობა შემდეგი სახით:

$$e^{-i\alpha_0(\sigma)}\sigma W^+(\sigma) = e^{i\alpha_0(\sigma)}\overline{\sigma W^+(\sigma)}, \sigma \in I. \quad (20)$$

განვსაზღვროთ ფუნქცია

$$F(\zeta) = \begin{cases} \zeta W(\zeta), & |\zeta| < 1 \\ \frac{1}{\zeta} \overline{W\left(\frac{1}{\zeta}\right)}, & |\zeta| > 1 \end{cases} \quad (21)$$

$F(\xi)$ წარმოადგენს I წირის შიგნით და გარეთ ანალიზურ ფუნქციას და (20) - ის ძალით აკმაყოფილებს ტოლობას

$$F^+(\sigma) = e^{2i\alpha_0(\sigma)}F^-(\sigma), \sigma \in I. \quad (22)$$

ამრიგად, ამოცანა მივიდა წრფივი შეუღლების სასაზღვრო ამოცანამდე ერთეულრადიუსიანი წრისათვის, უბან - უბან მუდმივი კოეფიციენტებით [3] იმისათვის, რომ (22) ამოცანის ამონახსნი იყოს ამავე დროს რიჟან - ჰილბერტის (19) ამოცანის ამონახსნიც, უნდა სრულდებოდეს შემდეგი პირობა [3]

$$\overline{F\left(\frac{1}{\zeta}\right)} = F(\zeta). \quad (23)$$

ვეძებთ $F(\zeta)$ ამონახსნი ისეთი, რომ

$$F(\zeta) = 0, \text{ როცა } \zeta = 0. \quad (24)$$

(22) ამოცანის ინდექსისათვის გვექნება

$$x = 3. \quad (25)$$

(23), (24), (25) - ის გათვალისწინებით (22) ამოცანის $F(\zeta)$ ამონახსნისათვის საბოლოოდ მივიღებთ შემდეგ ტოლობას:

$$F(\zeta) = \chi(\zeta)(c_1 \zeta^2 + c_2 \zeta), \quad (26)$$

სადაც $\chi(\zeta)$ არის იმავე ამოცანის კანონიკური ამონახსნი და ჩვენს შემთხვევაში ექნება სახე

$$\chi(\zeta) = A \prod_{k=1}^8 (\zeta - a_k)^{\gamma_k}. \quad (27)$$

$$\gamma_1 = \gamma_5 = 0; \gamma_2 = \gamma_8 = -\frac{1}{2}; \gamma_3 = -\frac{1}{2} - \frac{1}{n}; \gamma_4 = -1 + \frac{1}{n}; \gamma_6 = -\frac{1}{n}; \gamma_7 = -\frac{1}{2} + \frac{1}{n};$$

(18), (21), (26) ტოლობების ძალით საბოლოოდ მივიღებთ:

$$r = w(\sigma) = \frac{1}{b} \int_{-1}^{\sigma} \chi(\zeta)(c_1 \zeta + c_2 \zeta + c_1) d\zeta + c. \quad (28)$$

რაც წარმოადგენს საძიებელი კონტურის განტოლებას.

(28) ტოლობაში შემავალი უცნობი მუდმივები შეიძლება გამოითვლოს ამოცანის ფიზიკური და გეომეტრიული პირობების გათვალისწინებით.

ვიცით რა $w(\zeta)$, (18) - დან შეგვიძლია განვსაზღვროთ $\Psi_0(\zeta)$ და მასთან ერთად $\Psi(z)$ ფუნქცია, რომელიც $\Phi(z)$ ფუნქციასთან ერთად განსაზღვრავს ფირფიტის დაძაბულ მდგომარეობას.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის
ა. რაზმაძის სახელობის თბილისის მათემატიკის
ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *Р. Хилл*. Математическая теория пластичности. М., 1956.
2. *И.И. Мухелишвили*. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М., 1966.
3. *ბ. მუსხელიშვილი*. სინგულარული ინტეგრალური განტოლებები. თბილისი, 1982.



შპ. 681.3.

კიბერნეტიკა

ს.დადუნაშვილი

ტექნოვოლუციის პროცესების მონიტორინგი

წარმოადგინა აკად. ვ.კეკელიძემ 20.05.96

რთული სისტემების ქცევის ზონდირების მეთოდების დამუშავება, გამოყოფილი დროის ინტერვალის განმავლობაში ადეკვატური გლობალური პარამეტრის მეთვალყურეობის გზით, წარმოადგენს სხვადასხვა ბუნების სისტემების განვითარების დიაგნოსტიკის და პროგნოზირების ერთ-ერთ ყველაზე პერსპექტიულ მიმართულებას.

ტექნოვოლუციის შესწავლისას [1], გლობალური პარამეტრების განსაზღვრის დროს მთავარ როლს თამაშობენ ინფორმაციული გამოკვლევები, კერძოდ, საპატენტო ინფორმაციის ანალიზი, რომელიც ყველაზე ოპერატიულად და საიმედოდ ასახავს ცვლილებებს ტექნოსფეროში.

საპატენტო დოკუმენტების (სდ) მასივი როგორც სისტემა, იქმნება მისი ელემენტების გარემოსთან და ურთიერთდაბატაციის გზით. ამ საფუძველზე ყალიბდება მისი სტრუქტურა. ობიექტების ასეთი ერთობლიობა არ არის უბრალო სივრცითი დაჯგუფება, არამედ წარმოადგენს დროში განვითარებად მთლიანობას.

სდ-ს საკმაოდ დიდი რაოდენობის დროს, რომელიც მოდის ტექნიკის ობიექტების განვითარების ყოველ ალტერნატიულ მიმართულებაზე, დიდი რიცხვების კანონი ანიველირებს გადახრებს ცალკეული სდ-ს ინდივიდუალურ მნიშვნელობაში. ამის გამო, გამოგონებების საერთაშორისო კლასიფიკაციის (გსკ) კონკრეტული რუბრიკის შეესებების დინამიკის მიხედვით გამოვლენილი კანონზომიერებები ასახავენ იმ მიმართულების განვითარების ტენდენციებს, რომელიც აღიწერება რუბრიკის დასახელებით. ეს დასკვნა ძალზე მნიშვნელოვანია ტექნოვოლუციის მონიტორინგის განვითარების პერსპექტივების კუთხით.

ბუნებრივი თუ ხელოვნური სისტემების შესწავლის დროს, მათი დანაწევრების ყოველ დონეზე განუყოფელი მეტრიკული ერთეულის განსაზღვრის შესაძლებლობა სისტემების რეალურად ჩამოყალიბებული სტრუქტურული ნაწილების საზომის აბსოლუტური სიდიდეების პოვნის საშუალებას იძლევა. სისტემების მასშტაბების ზრდასთან ერთად ორგანიზაციის ერთი დონიდან შემდეგზე, უფრო მაღალზე გადასვლის დროს იზრდება ამ დონეების შესაბამისი მეტრიკული ერთეულები. უცვლელი რჩება მხოლოდ ფარდობითი მნიშვნელობები - მათი ნაწილების პროპორციები. ასეთი პროპორციები ატარებენ ინვარიანტულ ხასიათს და ვლინდებიან სისტემების ყველა დონეზე.

სტრუქტურის განვითარება (კერძოდ თვითორგანიზაციული) ოპტიმალური შინაგანი კომპონენტაშორისო სხვადასხვაობისაკენ, შემადგენელის ჰარმონიული მდგომარეობისაკენ, რომელიც აკმაყოფილებს სისტემის ფუნქციონალური გამოვლინებების ექსტრემუმის პრინციპს, ხდება ინვარიანტამდე თვითმიყვანის ფორმით ამ შემადგენლების „წონის“ საშუალო მნიშვნელობების სტრუქტურული გადანაწილების ალგორითმით და მათი რაოდენობის ცვლილებით.

სხვადასხვაობის ელემენტარული „უჯრედის“ შესწავლა საშუალებას გვაძლევს ვიპოვოთ მისი ყველა ძირითადი მახასიათებელი. ამ „უჯრედის“ შემადგენლობისათვის მხოლოდ ორი კომპონენტის შერჩევა, რომლებზედაც თავიდანვე დაიყოფა მთლიანობა, განპირობებულია იმით, რომ ეს არის უმცირესი შესაძლებელი რაოდენობა, რომელიც ინარჩუნებს სისტემის სტრუქტურული სხვადასხვაობის გამოხატვის უნარს.

„უჯრედში“ მოქმედი ერთიანობის წარმოშობი კომპონენტების შენახვის კანონი, ანალიტიკურად გამოისახება შემდეგ ერთპარამეტრულ ფორმაში:

$$\overline{D}^{F(s)} + \overline{D} - 1 = 0 \quad (1)$$

სადაც

$$F(s) = \begin{cases} s+1 & (a) \\ s+1,5 & (b) \\ s+1,33 & (c), \quad s = 0,1,2,\dots \end{cases}$$

s - პარამეტრისათვის მთელირიცხვიანი მნიშვნელობების მინიჭების დროს ვღებულობთ, რომ განტოლება (1)-ს ყოველთვის აქვს მხოლოდ ერთი დადებითი ფესვი. მიღებული სიდიდეები (\overline{D}_s) წარმოადგენენ სისტემების სტრუქტურულ ინვარიანტებს, რომლებიც შეესაბამება მისი აგებულების ამა თუ იმ ტიპებს.

აღნიშნული რიცხვები (1,a) შემთხვევისათვის წარმოადგენენ კომპონენტების პროპორციას, რომელიც მიზანშეწონილია თავიდანვე ჩავდოთ შესაქმნელ სისტემაში, რათა მივალწიოთ მის შინაგან პარამონიას (\overline{D}_h). ამ დროს, სტრუქტურული შემადგენლობის კომპონენტები უნდა გაიზომოს ერთი საზომით, ან დაყვანილ იქნეს ერთი და იმავე ბაზისამდე.

სისტემის ინტეგრალური მახასიათებლების დამთხვევა შესაბამის h -ინვარიანტთან ნიშნავს სისტემის სტრუქტურული კომპონენტების საუკეთესო შეთანხმების მიღწევას, რაც შეესაბამება მისი ფუნქციონალური გამოვლინებების მაქსიმალურ ეფექტურობას.

(1,a) განტოლების ფესვებს შორის შუალედებში იმყოფება (1,b) განტოლების ფესვები, რომლებიც გამოხატავენ მათ მიერ დახასიათებული მთლიანობის ნაწილების დისპარმონიის (\overline{D}_d) შესაბამის პროპორციებს.

პარამონიის და დისპარმონიის არეებს შორის გაყოფის საზღვრები განისაზღვრება (1,c) განტოლებიდან. მიღებული სიდიდეები ზემო (Up) და ქვემო (Lo) საზღვრებისათვის, აგრეთვე პირველი ფესვების მნიშვნელობები ($s = 1$), რომლებიც შეესაბამებიან პარამონიულ (\overline{D}_{1h}) და დისპარმონიულ (\overline{D}_{1d}) აგებულებებს, მოყვანილია ტაბულაში.

Lo	\overline{D}_{1h}	$Up = L_0$	\overline{D}_{1d}	Up
0,5877	0,618	0,6431	0,654	0,6642

(1,a,b,c) განტოლებების ფესვების მიერ წარმოშობილი რიგის რიცხვითი მნიშვნელობები ააშკარავებენ მის შიდა ასიმეტრიას: პარამონიის ზონების საზღვრები რამდენადმე აჭარბებს (გაითვალისწინება ინტერვალის თანაბარი მონოტონური შემცირება ერთეული მონაკვეთის ბოლოებისაკენ) მათ შესაბამის დისპარმონიის ზონების საზღვრებს, რაც გადამწყვეტ როლს თამაშობს უკიდურესობების

წინააღმდეგობების შედეგში, რომელიც ყოველთვის არსებობს პოლარულად გაყოფილ სამყაროში, მის ყოველ არეში.

გამოყვანილი რიგი გამოხატავს რაოდენობრივ ფორმაში სისტემების განვითარების პროცესების საყრდენი წერტილების თანამიმდევრობას. ინვარიანტისაკენ სწრაფვა შეიძლება დაეკავშიროთ სისტემების სტრუქტურული სივრცის მეტრიკასთან, რომელიც ფორმის როლში კანალიზირების ფუნქციას ასრულებს. თავისი ნაწილების მოწესრიგებისათვის მთლიანობას აქვს მესერი, თავისებური მასშტაბური ქსელი. კვანძების მესერი, სიმეტრიულად და არაწრფივად განლაგებული პოლუსებს შორის წარმოადგენს მთლიანობის გეომეტრიის პროდუქტს, რადგან ის არსებობს დამოუკიდებლად შესაბამისი რესურსისაგან, რომელიც მხოლოდ ავლენს მას მთლიანობაში ამა თუ იმ სახით განაწილებით.

აღნიშნული ობიექტური მოვლენების, რომლებიც დამახასიათებელია ყველა სტრუქტურისათვის ზომვადი კომპონენტებით, დამოუკიდებლად იმისა მიეკუთვნება ისინი ბუნებრივ თუ ხელოვნურ სისტემებს, აღწერის მათემატიკური საშუალებების დამუშავება ეფუძნება გარკვეულ წინაპირობებს, რომლებსაც განვიხილავთ შესწავლილი ტექნოეკოლოგიის პროცესების ასპექტში.

არსებობს ყოველწლიური ცნობები (V) გამომგონებლური აქტიურობის შესახებ, რომლებიც მოცემულია სდ-ს რაოდენობის (Y) ინფორმაციული პარამეტრის სახით. იმის გამო, რომ მიიღება შეტყობინებები, რომლებიც სტრუქტურირებულია ქვეყანა – გენერატორების მიერ და სდ-ს თემატური არეებით, დიდ ინტერესს წარმოადგენს შეტყობინების „მყისი“ სტრუქტურირების შეფასება და მისი ცვლილებების დინამიკის განსაზღვრა.

ყოველწლიურად მიღებული ინფორმაციები გამომგონებლური აქტიურობის შესახებ იმ ქვეყნებში, რომლებმაც ხელი მოაწერეს ხელშეკრულებას საპატენტო კოორპერაციის შესახებ [2], საშუალებას გვაძლევს ამოგხსნათ წარმოქმნილი განაწილებების რიცხობრივი საზომის განსაზღვრის ამოცანა. ამისათვის ჩამოვაყალიბოთ წინასწარი დებულებები, რომლებიც ეფუძნება აპრიორულ ცნობებს ინფორმაციის წყაროს შესახებ.

ვთქვათ, n არის ელემენტების რაოდენობა შეტყობინებაში, რომლებიც მოცემულია „წონითი“ ნაწილებით Y_j , $j = 1, \dots, n$. განსახილველ შემთხვევაში, შეტყობინების ქვეყანა-გენერატორებით სტრუქტურირების დროს: $n = 7$, $\{v_j^i\} \in R^7$.

შეტყობინების თემატურ არეებად სტრუქტურირების დროს: $n = 21$, $\{v_m^i\} \in R^{21}$, $m = 1, \dots, n$. ერთობლივი სტრუქტურირების დროს: $n = 147$, $\{v_j^i \cap v_m^i\} \in R^{147}$, სადაც

(i) შეესაბამება მონიტორინგის წლებს.

განაწილების შეფარდებითი საზომი ახასიათებს რიცხობრიობის კავშირს შერჩეულ ბაზისთან, რომელიც განსაზღვრავს მის რაოდენობრივ მახასიათებლებს. განვიხილოთ ფარდობები Y_j/Y , რომლებიც იდენტიფიცირდებიან შეტყობინების (V_j) შემადგენლებით, ხოლო დაყვანის ფუნქციის სახით ვიყენებთ ლოგარითმულ ფუნქციას, რადგანაც ის საშუალებას იძლევა პროცესების და კანონზომიერებების აღწერის, გამოსაკვლევი სიდიდეების ცვლილებების პრაქტიკულად შეუზღუდავ დიაპაზონში.

ამგვარად, ვპოულობთ ყველა შემადგენლის შეფასებას და ვასაშუალებთ მიღებულ მნიშვნელობებს შემადგენლების მთელი ანსამბლის მიმართ. ვასაშუალებს მექანიზმის სახით ვიყენებთ მათემატიკური ლოდინის ფორმულას, რომელიც საზღვრავს

მაგალითი ხასიათდება სისტემის კომპონენტების სტრუქტურული მთლიანობის თვისებით.

წარმოადგენს რა ერთ-ერთი სახის სულიერი წარმოების საბოლოო პროდუქტს, საპატენტო ფონდმა თავისი პარამეტრებით შეიძლება შეასრულოს სოციალური ორგანიზმის ცხოველქმედების ოპტიმიზაციის კრიტერიუმის როლი, მისმა დინამიკამ კი ასახოს ტექნოეკოლოგიის თავისებურებები.

ვინაიდან გლობალური საპატენტო ფონდის სტრუქტურა როგორც გენეტიკური, ასევე თემატური, მკვეთრად არათანაბარია, დიდ ინტერესს წარმოადგენს შემოდებული გლობალური მაჩვენებლის (2) დროში ცვლილების შესწავლა.

\bar{D} მაჩვენებლის გამოთვლილი მნიშვნელობები თავიანთ გენეზისში ნაჩვენებია 1-ლ სურათზე. (\bar{D}_1 , \bar{D}_2) -ს დროში ცვლილების მნიშვნელოვანი თვისება არის აღმოჩენილი ქსელის ქვედა დონეებზე დაშვება და მათი სწრაფვა გარკვეული ინვარიანტისაკენ.

რადგანაც განხილული პროცესი ატარებს ბუნებრივ ობიექტურ ხასიათს (მაჩვენებლები გამოთვლილია ოფიციალური სტატისტიკური ანგარიშების კონკრეტულ მასალაზე), შეიძლება ვივარაუდოთ ხელოვნური ზემოქმედების შესაძლებლობა, რომლის მიზანია აუცილებლობის შემთხვევაში დააჩქაროს h - ინვარიანტისაკენ სწრაფვის აღნიშნული პროცესი და შეამციროს სისტემისათვის მხარჯველი შეყოვნებები დისპარმონიის წერტილების ახლოს.

ზოგად შემთხვევაში, როგორც თვითორგანიზაციის, ასევე მაკორექტირებელი მართვის პროცესები მიმდინარეობს რესურსების გადანაწილების გზით. განსახილველი პროცესების თავისებურება არის ის, რომ რადგანაც შესასწავლი ობიექტები წარმოადგენენ ინფორმაციულ რესურსს, რომელსაც გენერატორები არ კარგავენ გადაცემის დროს, გადანაწილების პროცესები მიმდინარეობს რესურსების გაზრდასთან ერთად სისტემის ყველა შემადგენელ ნაწილში.

იმის გასაგებად, თუ როგორ სრულდება რესურსის ზრდის პროცესი რეალურად, რომელიც მიმდინარეობს, ერთი მხრივ, კონკრეტულ ქვეყნებში უშუალო გამომგონებლური აქტიურობის შედეგად, ხოლო, მეორე მხრივ, ქვეყნებს შორის ურთიერთდაპატენტების გზით, განვიხილოთ სდ-ს ეროვნული პრიორიტეტით წარმოშობის დინამიკა და მიღებული მონაცემების გათვალისწინებით განვსაზღვროთ ურთიერთდაპატენტების რაოდენობრივი მახასიათებლები. ვლინდება პირდაპირი დამოკიდებულება გლობალური მაჩვენებლების ქცევასა და ურთიერთდაპატენტებას შორის. 1986 წელს, ქსელის ქვედა დონეზე გადასვლის შემდეგ, ურთიერთდაპატენტების გავლენა რესურსის არათანაბარ ზრდაზე უმნიშვნელო ხდება, ე.ი. ამ პერიოდში მიმდინარეობს იმ ფაქტორების გარდაქმნა, რომლებიც გავლენას ახდენენ რესურსების არათანაბარი ზრდის თვითორგანიზაციულ პროცესზე.

გარემოს გავლენა, გარედან მიღებული რესურსის სახით, განაპირობებს სისტემის ადაპტაციურ დიფერენციაციას და განსაკუთრებით მძლავრად ვლინდება ორგანიზაციული პროცესის საწყის სტადიებზე. განვითარების ტენდენციები უკავშირდება შინაგან მიზეზებს. განსახილველ შემთხვევაში ისინი თავიდანვე დამახასიათებელია თემატური არისთვის და ვლინდებიან როგორც მათში შემავალი ობიექტების პოტენციალური შესაძლებლობები გართულებისა და სრულყოფისაკენ. ამ ორი ძირითადი ფაქტორის ერთობლიობა განსაზღვრავს სისტემების თვითორგანიზაციული ტრანსფორმაციის პროცესს.

თვითორგანიზაციის პროცესის დროს, გლობალურ დონეზე (ALL) წარმოქმნილი განვითარების იმპულსები ვრცელდება ზევიდან ქვევით – გსკ-ს ქვედა იარუსებზე, რომლებზედაც შენარჩუნებულია აღმოჩენილი ტენდენციები. სტრუქტურების დინამიკის ხასიათზე გენეტიკურ ასპექტში, შეიძლება ვიმსჯელოთ საბოლოო გრაფიკებით (სურ.2) მიღებული ყოველი იარუსისათვის, რომელიც წარმოგვიდგენს D_2 მაჩვენებლის გენეზისს მონიტორინგის პერიოდში. ისინი გვიჩვენებენ სტრუქტურების განვითარების ტენდენციას ოპტიმალური შინაგანი კომპონენტთა შორის სხვადასხვაობისაკენ, შემადგენლების ჰარმონიულობის მდგომარეობისაკენ.

სტრუქტურული კომპონენტების, როგორც ღრმა დანაწევრება შიგასახეობრივ ნიშანთვისებებზე (GO1, GO1N, GO1N27), ისე უფრო მსხვილი, სახეობათა შორის სხვაობებით (T19), არ ცვლის მიღებული კანონზომიერებების ხასიათს. მათი დაშლა ხდება მხოლოდ გამოკვლევის ყველაზე ქვედა იარუსზე (GO1N27/22).

მიღებული შედეგები ამტკიცებენ α -ინვარიანტების ობიექტურ, კანონზომიერ ხასიათს, მათი შესაბამისი ალგორითმების დამახასიათებლობას სისტემების სტრუქტურული ტრანსფორმაციების პროცესებისათვის.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *С.А.Дадунашвили. Моделирование и управление процессами техноэволюции.* Тбилиси. ГТУ, 1995.
2. Тематические направления изобретательской активности в СССР и промышленно развитых странах. М., ВНИИПИ, 1981-1990.
3. *Е.Федер. Фракталы.* М., 1991.



ა.გულდამაშვილი, ვ.კულიკაუსკასი, რ.ქუთელია

ფაზური გარდაქმნები დაბალფლუენსიანი იონური დასხივების დროს

წარმოადგინა აკადემიკოსმა. რ.სალუქვაძემ 13.05.1996

გამოკვლეულია იონური დასხივების პირობების ზეგავლენა ნახშირბადისა და არგონის იონებით დასხივებულ მოლიბდენის ფენებში გამოყოფილი ახალი ფაზების წარმოქმნასა და ზრდაზე. იზომებოდა 60 ნმ სისქის პოლიკრისტალური ფირები, მიღებული ელექტრონების აორთქლებით ვაკუუმში. კრისტალური სტრუქტურა იკვლეოდა გამჭოლი მაღალგარჩევითუნარიანი ელექტრონების მიკროდიფრაქციისა და ელექტრონული მიკროსკოპიის მეთოდით. ექსპერიმენტულად დამზერილ ერთადერთ ფაზას წარმოადგენს მაღალტემპერატურული მოლიბდენის კარბიდი, რომელიც შეესაბამება წონასწორული მდგომარეობის დიაგრამის პირველ ფაზას. გამოყოფილი ახალი ფაზის ჩასახვა და ზრდა კონცენტრაციულ (1%ატ) და ტემპერატურულ (300K) არეში, რომელშიც დასხივების გარეშე ის არ წარმოიქმნება, ხორციელდება გახსნილი მინარევი ნახშირბადის ჩანერგილი ატომების რადიაციით სტიმულირებული სეგრეგაციისა და იონების მიერ დრეკად დაჯახებებში მოლიბდენის კარბიდის წარმოქმნის ენერჯიაზე ბევრჯერ მეტი გამოყოფილი ენერჯიის წყალობით.

სხვადასხვა სახის დასხივების ზეგავლენით მყარ სხეულებში მიმდინარეობს რთული სტრუქტურულ-ფაზური გარდაქმნები [1], რომლებიც საგრძნობ ზეგავლენას ახდენენ მასალათა ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე [2]. დღეისათვის არ არსებობს საკმარისი მონაცემები და ზოგადი თეორია ფაზათა რადიაციული წარმოქმნისა, რომელიც საშუალებას მოგვცემდა გვეწინასწარმეტყველა დასხივებულ მასალათა სტრუქტურისა და თვისებების ცვლილება. ამდენად დასხივებისას ფაზათა წარმოქმნის ფიზიკური საფუძვლების კვლევა მნიშვნელოვანია რეაქტორული მასალების მაკროსკოპიული მახასიათებლების დეგრადაციის პროგნოზირებისა და რადიაციული ტექნოლოგიით მყარი სხეულების თვისებების მიმართული რეგულირებისათვის [3,4]. ფაზათა რადიაციული წარმოქმნის მექანიზმების დასადგენად სამუშაოში ექსპერიმენტულად გამოკვლეულია ფირების მიღებისა და იონური ლეგირების პირობების ზეგავლენა ნახშირბადის იონების დაბალი ფლუენსებით დასხივებული მოლიბდენის ფირებში გამოყოფილი ახალი ფაზების წარმოქმნასა და ზრდაზე.

ექსპერიმენტის მეთოდიკა. მოლიბდენის ბომბარდირება ხორციელდება ქიმიურად აქტიური ნახშირბადის იონებით 30 კევ ენერჯიისა და $1 \cdot 10^{15} - 1 \cdot 10^{16}$ სმ² ფლუენსებით და არგონის იონებით 200კევ და ფლუენსით $1 \cdot 10^{16}$ სმ². ამ ფლუენსებით დასხივებისას ფირებში დაგროვებული ნახშირბადის ატომების რაოდენობა ერთ პროცენტს არ აღემატება. ნახშირბადის იონის ნაწილაკის (ნაწ.) დეფექტების წარმოქმნის უნარი შეადგენს $3,5 \cdot 10^{-17}$ წეა.ნაწ⁻¹ სმ² და $1,6 \cdot 10^{-15}$ წეა.ნაწ⁻¹ სმ² არგონის იონებისათვის. სადაც წეა-განსაზღვრავს წანაცვლებულ ატომთა რაოდენობას გადათვლილს სამიზნე გარემოს (მოლიბდენის) შემცველ ერთ ატომზე. დეფექტების

გენერაციის სიჩქარე ნახშირბადის იონებით დასხივების შემთხვევაში უდრის $2,4 \cdot 10^{-4}$ - $2,4 \cdot 10^{-3}$ წეა. წ $^{-1}$ და $1 \cdot 10^{-2}$ წეა. წ $^{-1}$ არგონის იონებისათვის. შესაბამისად დასხივების დოზა ნახშირბადის და არგონის იონებისათვის შეადგენს 0,35 წეა და 16-0,35 წეა. ე.ი. შესაბამისად მოლიბდენის თითოეული ატომი წაინაცვლებს 0,35-ჯერ და 10-32-ჯერ ნახშირბადის და არგონის იონებით დასხივებისას. დასხივება ხორციელდება ვაკუუმში დაფენილი პოლიკრისტალური ფირებისა, რომელთაც მაქსიმალურად ჰქონდათ შენარჩუნებული მასიური მოლიბდენის შემადგენლობა და სტრუქტურა-მოცულობით ცენტრირებული კუბური მესერით პარამეტრი $a=0,314$ ნმ. 60-70 ნმ სისქის ფირები მიიღებოდა 99,99% ატ. სისუფთავის პოლიკრისტალური მოლიბდენის აორთქლებით ელექტრონების ნაკადის საშუალებით. ფირები ეფინებოდა $6 \cdot 10^{-6}$ პა ვაკუუმში ქვამარილისა და პოლირებული ბერილიუმის საფენებზე 600 K ტემპერატურაზე 3-5მ. წ $^{-1}$ სიჩქარით. სტერილური პირობების შესანარჩუნებლად ფირების დაფენა და დასხივება მიმდინარეობდა თხევადი აზოტით გაცივებული კრიოგენული პანელებით აღჭურვილ მოცულობაში, რომლის გამოქაჩვა ხორციელდება ტურბომოლეკულური ტუმბოებით. საფენების ტემპერატურა დასხივებისას შეადგენდა 300 K. საწყისი და იონებით იმპლანტირებული ფირების გამოწვა მიმდინარეობდა $6 \cdot 10^{-6}$ პა ვაკუუმში.

დაფენილ და იონებით ლეგირებულ ფირებში ელემენტების შემადგენლობა განისაზღვრებოდა 500 კევ ენერგიის იონების რეზერფორდის უკუბნევის მეთოდით [5]. ეს მეთოდიკა საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ფირების სისქე, სიმკვრივე, ელემენტური შემცველობა და დადგინდეს ფირების დაფენისა და დასხივების აუცილებელი პირობები (საფენების ტემპერატურა, დაფენის სიჩქარე და სხვა). ფირების ელემენტური შემადგენლობის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ თუ საფენების ტემპერატურა და ფირების ზრდის სიჩქარე ოპტიმალურზე დაბალია, ძირითად მინარევებს წარმოადგენს დაფენის პროცესში შეტანილი ნახშირბადი, ქანგბადი და აზოტი.

კრისტალური სტრუქტურა იკვლეოდა გამჭოლი მაღალი გადიდებისა ($2 \cdot 10^5$) და მაღალგარჩევითუნარიანი ელექტრონული მიკროდიფრაქციისა და ელექტრონული მიკროსკოპიის მეთოდით. ფაზური შემადგენლობა დგინდებოდა სიბრტყეთაშორისი მანძილებისა და დიფრაქციული ხაზების ინტენსივობების ექსპერიმენტული სიდიდეების შედარებით ცხრილურ და გამოთვლილ მონაცემებთან.

შედეგები და მათი ბუნებრივად. როგორც ცნობილია, ნახშირბადი მოლიბდენთან წარმოქმნის მყარ ხსნარს - ტიპურ ჩანერგულ ფაზებს. ნახშირბადის ხსნადობა მოლიბდენში 0,09% მას. შეადგენს. მოლიბდენ-ნახშირბადის სისტემის თერმოდინამიკურად წონასწორული მდგომარეობის დიაგრამა ითვალისწინებს რამდენიმე შენაერთს. ცნობილია, კარბიდი β - Mo_2C ჰექსაგონალური სტრუქტურით $a=0,297$ - $0,3002$ ნმ, $c=0,4727$ ნმ და დაბალტემპერატურული კარბიდი ვიწრო ჰომოგენურ არეში- α - Mo_2C რომბოედრული მოდიფიკაციის $a=0,4727$ ნმ, $b=0,9454$ ნმ და $c=0,8078$ ნმ. არსებობს მაღალი მონოკარბიდი მოლიბდენის ჰექსაგონალური მოდიფიკაციის γ - MoC $a=0,9898$ ნმ და $c=0,2809$ ნმ და დაბალტემპერატურული α - MoC წახნაგცენტრირებული კუბური მოდიფიკაციისა $a=0,4321$ ჰომოგენურ არეში 30-35% ატ. აღმოჩენილია შუალედური ფაზა Mo_3C_2 .

გამოყოფილი ახალი ფაზების წარმოქმნა შეისწავლებოდა 60-70 ნმ სისქის მოლიბდენის პოლიკრისტალურ ფირებზე ნახშირბადის იონებით $1 \cdot 10^{15}$ - $1 \cdot 10^{16}$ სმ $^{-2}$



ფლუენსით დასხივებასა და განმეორებით არგონის იონებით დასხივების დროს. ასეთი ფლუენსებით იმპლანტირებული ნახშირბადის ატომების რაოდენობა არ არის საკმარისი ქიმიური შენაერთების წარმოსაქმნელად, რომლებიც მოლიბდენ-ნახშირბადის წონასწორული მდგომარეობის დიაგრამას შეესაბამებიან. მიუხედავად ამისა, მოლიბდენის 10^{16} სმ⁻² ფლუენსით დასხივებისას, როდესაც დაგროვებული ნახშირბადის ატომების რაოდენობა ერთ პროცენტს არ აღემატება, შეიმჩნევა მიკროჩანართები მოლიბდენის კარბიდისა. ამ ფირების არგონის იონებით განმეორებითი დასხივების შემთხვევაში ძლიერდება ახალი ფაზის ჩანართის წარმოქმნა-ზრდის ეფექტი. ექსპერიმენტულად დაფიქსირებულ ერთადერთ ფაზას წარმოადგენს მეტალით გამდიდრებული შენაერთი. ჰექსაგონალური მოლიბდენის კარბიდი პარამეტრებით $a=0,300$ ნმ და $c=0,474$ ნმ, რომელიც შეესაბამება მოლიბდენ-ნახშირბადის წონასწორული მდგომარეობის დიაგრამის პირველ ფაზას.

დასხივებული ფირის ძირითადი ნაწილი წარმოადგენს მოცულობით ცენტრირებული კუბური მესერის მოლიბდენს [6-8] და მხოლოდ მცირე (~3%) ნაწილი ფირისა განიცდის ფაზურ გარდაქმნას.

როგორც წესი, სხვადასხვა ნაწილაკებით დასხივებულ მასალათა დამახასიათებელ ნიშანს წარმოადგენს შეზღუდული რაოდენობის, მაგრამ მხოლოდ და მხოლოდ ერთი და იმავე ფაზების წარმოქმნა [6-11]. დიდი ფლუენსებით იონური ლეგირების შემთხვევაში (როდესაც იმპლანტირებული ატომების რაოდენობა საკმარისია წონასწორული მდგომარეობის დიაგრამით გათვალისწინებული ყველა შენაერთის წარმოქმნისათვის) დადგენილია, რომ ყველა წონასწორული ფაზები როდი გვევლინებიან დომინირებულ გაზრდილ ფაზად [6,8]. ექსპერიმენტულად დადგენილ ფაზათა რიცხვი საგრძნობლად ნაკლებია. დასაწყისში წარმოიქმნება მოლიბდენით გამდიდრებული შენაერთები (კარბიდები, ნიტრიდები). სხვა ყველა შემთხვევაში ბოლო ფაზა (მაღალი მონოკარბიდები და მონონიტრიდები) შეესაბამება მოცემული სისტემის წონასწორული მდგომარეობის დიაგრამის საბოლოო ფაზას [8]. ეს არ ნიშნავს, რომ ზოგ წონასწორულ ფაზას საერთოდ არ შეუძლია წარმოქმნა. უფრო სწორად, ისინი არ იზრდებიან იმ ზომებში და იმ რაოდენობით, რომლებიც ექსპერიმენტული დამზერისთვისაა საჭირო.

იდეალური ფაზები მოლიბდენის და სხვა მეტალების კარბიდებისა და ნიტრიდებისა სინთეზირებული იყო, მცირე შემცველობის ($\leq 1\%$ ატ) ჩანერგილი ნახშირბადისა და აზოტის მინარევი ატომების მქონე, ფოლადებისა და შენადნობების ნეიტრონებითა და იონებით დასხივების დროს [9-11].

მოლიბდენის კარბიდის მიკროჩანართების წარმოქმნა, როცა იმპლანტირებული ნახშირბადის კონცენტრაცია არ აღემატება ხსნადობის ზღვარს, დაკავშირებულია რადიაციით ინდუცირებულ სეგრეგაციასთან, მინარევების წერტილოვანი დეფექტების ჩამქვრთა არეში.

დაჯახებათა კასკადის რელაქსაციის პროცესში მიმდინარეობს გადანაწილება ქარბი გადაჭერებული წერტილოვანი დეფექტებისა წონასწორულ კონცენტრაციამდე. ამას თან სდევს ატომური ნარევების მინარევი კომპონენტის კონცენტრაციის გადანაწილება, რაც ხელს უწყობს ახალი ფაზის ჩასახვას გადაუჭერებელ ჩანერგილ მყარ ხსნარში [2].

წანაცვლებათა კასკადის რელაქსაციის პროცესში ქარბი წერტილოვანი დეფექტების კონცენტრაციის გადანაწილების ხარჯზე გახსნილი ნახშირბადის ატომების ლოკალურმა კონცენტრაციამ ცალკეულ ადგილებში შესაძლოა ასჯერ და



მეტად გადააქარბოს საშუალოს. ასეთი სტაციონარული გამდიდრება ნახშირბადად ატომებით მატრიცის ამ ლოკალურ ადგილებში წარმოქმნის კომპონენტების ატომურ ნარევს შემადგენლობით, რომელიც ახლოა ქიმიურ შენაერთებთან მოლიბდენის კარბიდთან. ასეთი ადგილები წარმოიქმნება წერტილოვანი დეფექტების ჩამკერ არეებში, როგორცაა ფირის ზედაპირი, მარცვლის საზღვარი, დისლოკაციები, ფორები და სხვა.

ერთმანეთში რადიაციული არევის წყალობით ასეთ ნარევში ატომური კომპონენტები დაცილებული არიან მცირე მანძილებით. მაშინ, მოლიბდენის კარბიდის წარმოქმნისათვის საჭიროა ატომების მინიმალური დიფუზია მანძილებზე, რომელიც ატომთაშორისი მანძილების თანაზომადია. ამიტომ, მოლიბდენის კარბიდის სინთეზირება შესაძლებელია გაცილებით დაბალ ტემპერატურებზე, ვიდრე ეს მიიღწევა ტრადიციული მეთოდებით თერმოდინამიკურ წონასწორულ პირობებში.

ნახშირბადისა და არგონის იონების მიერ მოლიბდენის ატომებთან ურთიერთქმედებისას დრეკად დაჯახებებში გამოყოფილი მთლიანი ენერგია 10-1000ევ/ატ შეადგენს გადათვლილი დასხივებული სამიზნის თითოეულ ატომზე.

ეს ენერგია საგრძნობლად მეტია მოლიბდენის კარბიდის წარმოქმნისათვის საჭირო ენერგიაზე, თუმცა გამოყოფილი ენერგიის ძირითადი ნაწილი განიბნევა სითბოს საბით. გარდა ამისა, ძლიერი დრეკადი ძაბვები მესერში მცირე ატომთაშორისი მანძილებზე წარმოქმნილი რადიაციული დეფექტებითა და ჩანერგილი მინარევი ატომებით ხელს უწყობენ ფაზათა წარმოქმნას. ჩანერგილ ხსნარებში ფაზათა წარმოქმნის ენერგიაში მინარევი ატომის დეფორმაციული ენერგიის წვლილი დიდია და ერთ ელექტროვოლტს შეადგენს. აღსანიშნავია, რომ გამოწყოფი მოლიბდენის კარბიდის წარმოქმნა იმზირება 300K ტემპერატურაზე, რომელიც არ შეესაბამება გახსნილი ატომების სეგრეგაციის ტემპერატურულ მაქსიმუმს. მოლიბდენში გახსნილი ნახშირბადის ჩანერგილი მინარევი ატომების გადანაწილება ოთახის ტემპერატურაზე ძირითადად მიმდინარეობს კვანძწერტილთაშორისი მექანიზმით.

თერმოდინამიკურად არაწონასწორულ პირობებში ნახშირბადის იონებით მოლიბდენის დასხივებისას სინთეზირებულია მაღალტემპერატურული მოლიბდენის კარბიდი, გაცილებით დაბალ ტემპერატურისა 300K და ნახშირბადის ატომების კონცენტრაციის -1% დროს, ვიდრე იგი მიიღება ტრადიციული მეთოდებით თერმოდინამიკურ წონასწორულ პირობებში.

თერმოდინამიკურად წონასწორული მდგომარეობის დიაგრამის შესაბამის ბევრი ფაზიდან ბომბარდირებულ ფენებში ერთადერთ მზარდ ფაზას წარმოადგენს მეტალოთ გამდიდრებული შენაერთი, რომელიც შეესაბამება მდგომარეობის დიაგრამის პირველ ფაზას.

ახალი ფაზის ჩასახვისა და ზრდის ძირითად მექანიზმს კონცენტრაციულ და ტემპერატურულ ინტერვალში, რომელშიც დასხივების გარეშე მისი წარმოქმნა არ შეიძლება, წარმოადგენს რადიაციით ინდუცირებული სეგრეგაცია გახსნილი ჩანერგილი მინარევი ატომებისა და იონების მიერ დრეკად დაჯახებებში გამოყოფილი ენერგია ბევრად აღმატებული ფაზათა წარმოქმნის ენერგიაზე.

ჩანერგილი მინარევი ატომების დეფორმაციული ურთიერთქმედება ფაზათა წარმოქმნის ხელშეწყობი ფაქტორია.

დაბალ ფლუენსებსა და ტემპერატურაზე იონური დასხივების დროს ფაზათა წარმოქმნის განვითარებული მექანიზმი დამაკმაყოფილებლად ხსნის

ექსპერიმენტულად დამზერილ სტრუქტურულ-ფაზურ გარდაქმნებს სხვადასხვა ნაწილაკებით დასხივებულ მასალებში.

კვლევის შედეგები გამოყენებულ იქნება რეაქტორში დასხივებული მეტალებისა და მათი შენაერთების მაკროსკოპიული თვისებების ცვლილებების ინტერპრეტაციისა და მართვადი გაუმჯობესებული ფიზიკურ-მექანიკური თუ სხვა მახასიათებლების მქონე რადიაციით მოდიფიცირებული მასალების მიღებისას.

ირ. გვერდწითელის სახ. სტაბილური
იზოტოპების ინსტიტუტი

მ. ლომონოსოვის სახ. მოსკოვის
უნივერსიტეტის ბირთვული ფიზიკის
სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. Phase Transformation During Irradiation. Ed. by F.U.Nolfi. London, 1983.
2. Зеленский, И.М. Неклюдов, Т.М. Черняева. Радиационные эффекты и набухание металлов, Киев, 1988.
3. Р.Ф. Комаров. Ионная имплантация в металлах. М., 1990.
4. J.M. Poate, G. Foti, D.C. Jacobson. Surface Modification and Alloying. N4, London, 1983.
5. А.Ф. Тулинов, В.С. Куликаускас, НИИЯФ МГУ препринт, 1988, 88-55/76.
6. В.В. Афанасьев, И.Г. Гвердцители, А.И. Гулдамашвили. Кристаллография, 22, 1977, 471.
7. И.Г. Гвердцители, А.И. Гулдамашвили. Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение. 1(20), 1982, 32.
8. И.Г. Гвердцители, А.И. Гулдамашвили, Р.Н. Кутелия, там же 4(51), 1989, 58.
9. В.Ф. Зеленский, И.М. Неклюдов, там же 1(29), 2(30), 1984, 46.
10. Ю.Н. Сокурский, там же, 142.
11. S.Fayell, C.Theheux, N.Moneoffra. Radiation Effects, 83, 1984, 274.

ლ. მიდოდაშვილი, პ.მიდოდაშვილი, ა.ტულუში

პოლარიზებულ ბირთვულ სამიზნეში გამავალი ნეიტრონული კონის პოლარიზაციის ვექტორის რელაქსაცია

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ.ბუიშვილმა 18.03.1996

როგორც ცნობილია, ბირთვული ურთიერთქმედება ნეიტრონებსა და პოლარიზებული სამიზნის ბირთვებს შორის შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს გარკვეული ეფექტური ფსევდომაგნიტური ურთიერთქმედების სახით, რომელიც განპირობებულია სამიზნის ბირთვებით [1].

[1,2] შრომებში ნაჩვენებია, რომ ფსევდომაგნიტური ველის ქმედება ნეიტრონზე იწვევს მისი სპინის პრეცესიას და ამ პრეცესიის სიხშირით შეიძლება ვიმსჯელოთ ბირთვული ურთიერთქმედების კონსტანტებზე. ეს თეორიული კონცეფცია შემდგომში დადასტურებულ იქნა ექსპერიმენტულად [3,4].

აუცილებელია აღინიშნოს, რომ ფსევდომაგნიტური ურთიერთქმედება პრეცესიის გარდა გამოიწვევს ნეიტრონების პოლარიზაციის რელაქსაციას, რისი გათვალისწინებაც, ჩვეულებრივ, ხდებოდა ფენომენოლოგიურად, ნეიტრონული პოლარიზაციის ვექტორის მოძრაობის განტოლებაში რელაქსაციური წევრების დამატებით [2].

წინამდებარე შრომის მიზანს წარმოადგენს პოლარიზებულ ბირთვულ სამიზნეში გამავალი ნეიტრონების პოლარიზაციის რელაქსაციური პროცესის თანმიმდევრული, კვანტურ-სტატისტიკური შესწავლა.

დავუშვათ, მონოენერგეტიკული პოლარიზებული ნეიტრონების კონა გადის ორიენტირებულ ბირთვულ სამიზნეში, რომელიც მოთავსებულია \vec{B}_0 მუდმივ მაგნიტურ ველში. ასეთი სისტემის ჰამილტონიანი შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგი სახით:

$$H = H_0 + H_1,$$

$$\text{სადაც } H_0 = H_I + H_S + H_K + H_d + H_L, \quad H_I = H_{IS} + H_{IL}, \quad H_I = \omega_I \vec{I}, \\ H_S = \omega_S \sum_{\vec{p}, s} \sigma_{ss}^x c_{\vec{p}s}^+ c_{\vec{p}s}, \quad H_K = \sum_{\vec{p}, s} \varepsilon_{\vec{p}} \cdot c_{\vec{p}s}^+ c_{\vec{p}s}, \quad H_{IS} = A \sum_{\vec{p}, \vec{q}, s, T} (\vec{I} \cdot \vec{\sigma})_{sT} \cdot c_{\vec{p}s}^+ \cdot c_{\vec{q}T},$$

$$\omega_I = -\gamma_I B_0, \quad \omega_S = -\gamma_S B_0.$$

აქ H_I და H_S შესაბამისად, ბირთვების და ნეიტრონების ზეემანური ენერგიებია, H_K არის ნეიტრონების კინეტიკური ენერგია, H_d -ბირთვების დიპოლდიპოლური ურთიერთქმედებების სეკულარული (H_I -თან კომუტირებადი) ნაწილი, H_{IL} -ბირთვული სპინების მესერთან ურთიერთქმედების ოპერატორი (H_{IL} და H_L ოპერატორების ცხადი სახე არ დაგვირდება), H_{IS} - ნეიტრონულ-ბირთვული ურთიერთქმედების ოპერატორი, \vec{I} - ბირთვების ჯამური სპინის ოპერატორი, $\sigma^x, \sigma^y, \sigma^z$ - პაულის ოპერატორები, $\varepsilon_{\vec{p}} - \vec{p}$ იმპულსის მქონე თავისუფალი ნეიტრონის

კინეტიკური ენერგიაა, $C_{\bar{p}s}^+$ და $C_{\bar{p}s}$ - გაჩენის და გაქრობის ოპერატორები იმ ნეიტრონებისა, რომელთა იმპულსია \bar{p} , ხოლო სპინის z - პროექციის მნიშვნელობა - s , A ნეიტრონულ-ბირთვული ურთიერთქმედების მულტიპლიკატორია [2], γ და γ_s , შესაბამისად, ბირთვული და ნეიტრონული სპინების ჰირომაგნიტური ფარდობებია.

რელაქსაციური განტოლებები ნეიტრონული პოლარიზაციის ვექტორის მდგენელთათვის შეიძლება მიღებულ იქნეს ზუბარევის არაწონასწორული სტატისტიკური ოპერატორის მეთოდის გამოყენებით [5].

განვიხილოთ H_I , H_S , H_D , H_K და H_L როგორც დამოუკიდებელი თერმოდინამიკური ქვესისტემები შეზღუდული ტემპერატურებით β_I , β_S , β_D და β_L (იგულისხმება, რომ H_K მექანიკური ქვესისტემაა და ამიტომ $\beta_K=0$). მაშინ სპინური ქვესისტემისათვის მაღალტემპერატურულ და შეშფოთების თეორიის პირველ მიახლოებაში, [6,7] - ის ანალოგიურად შეიძლება მიღებულ იქნეს განტოლებები, რომლებიც აღწერენ ზემოაღნიშნული შეზღუდული ტემპერატურების დროში ცვლილებას.

თუ გავითვალისწინებთ, რომ მაღალტემპერატურულ მიახლოებაში ($\omega_I \beta_I \ll 1$, $\omega_S \beta_S \ll 1$) ბირთვების და ნეიტრონების პოლარიზაციის ვექტორთა z -პროექციები განისაზღვრება გამოსახულებებით [8]:

$$p_I^z = -\frac{I+1}{3} \omega_I \beta_I, \quad p_S^z = -\frac{1}{2} \omega_S \beta_S,$$

და ვიგულისხმებთ, რომ ნეიტრონების განაწილების ფუნქციას იმპულსების მიხედვით აქვს სახე $n_{\bar{p}} = C \cdot \exp[-\alpha(\bar{p} - \bar{p}_0)^2]$ (აქ \bar{p}_0 - ნეიტრონის საშუალო იმპულსია კონაში), მივიღებთ:

$$\frac{dp_S^z}{dt} = \frac{p_0 - p_S^z}{T_I},$$

სადაც

$$p_0 = \frac{3}{2(I+1)} p_I^z, \quad \frac{1}{T_I} = \frac{1}{3\pi} A^2 I(I+1) n_I (2m^3 \epsilon_0)^{1/2}. \quad (1)$$

აქ n_I ბირთვების სიმკვრივეა სამიზნეში, ხოლო $\epsilon_0 = \frac{p_0^2}{2m}$ ნეიტრონის საშუალო კინეტიკური ენერგიაა.

ნეიტრონული პოლარიზაციის განივი რელაქსაციის პროცესის განხილვა ხელსაყრელია ω_S სიხშირით მბრუნავ კოორდინატთა სისტემაში. მასში გადასვლა ხდება უნიტარული გარდაქმნით, თუ გამოვიყენებთ ოპერატორს [9]:

$$R = \exp \left(-i \omega_S t \sum_{\bar{p}, s} \sigma_{ss}^z C_{\bar{p}s}^+ C_{\bar{p}s} \right).$$

მბრუნავ კოორდინატთა სისტემაში ეფექტურ ჰამილტონიანს აქვს შემდეგი სახე:

$$H = H_0^R + H_1^R,$$

სადაც $H_0^R = H_I + H_D + H_L + H_K$, $H_1^R = H_{IL} + H_{IS}^R$,

$$H_{IS}^R = A \cdot \sum_{\vec{p}, \vec{q}, s, T} (\vec{I} \cdot \vec{\sigma})_{ST} \exp[-i\omega_s (\sigma_{SS}^Z - \sigma_{TT}^Z) \cdot t] \cdot c_{\vec{p}s}^+ \cdot c_{\vec{q}s}$$

აღნიშნულ კოორდინატთა სისტემაში H_I , H_d , H_k და H_L -ის გარდა არის კიდევ ორი მოძრაობის კვაზინტეგრალი - S^+ და S^- , რომლებიც განისაზღვრება თანაფარდობებით:

$$S^+ = \sum_{\vec{p}, s, T} \sigma_{sT}^+ c_{\vec{p}s}^+ c_{\vec{p}T}, \quad S^- = \sum_{\vec{p}, s, T} \sigma_{sT}^- c_{\vec{p}s}^+ c_{\vec{p}T}.$$

თუ მათ თერმოდინამიკური პარამეტრების სახით მივაწერთ, შესაბამისად, β^+ და β^- (რომლებიც განისაზღვრება S^+ და S^- სიდიდეების საშუალო მნიშვნელობებით) და შემოვიფარგლებით წრფივი მიახლოებით ურთიერთქმედების H_I^R ოპერატორისათვის, ზუბარევის არაწონასწორული სტატისტიკური ოპერატორის მეთოდით p_s^x და p_s^y კომპონენტებისათვის მივიღებთ შემდეგ რელაქსაციურ განტოლებებს:

$$\frac{dp_s^x}{dt} = -\frac{p_s^x}{T_2}, \quad \frac{dp_s^y}{dt} = -\frac{p_s^y}{T_2},$$

სადაც
$$\frac{1}{T_2} = \frac{2}{3\pi} A^2 I(I+1) n_l (2m^3 \epsilon_0)^{1/2}. \quad (2)$$

(1) და (2) თანაფარდობების შედარებიდან ჩანს, რომ $T_I = 2T_2$. ასეთი კავშირი გრძივ და განივ რელაქსაციათა დროებს შორის განპირობებულია იმით, რომ ორივე პროცესი გამოწვეულია ერთი და იმავე ურთიერთქმედებით [10].

[11] შრომიდან, რომელშიც შეისწავლებოდა გამტარობის ელექტრონების კინეტიკური რეზერვუარის გაცხელება ლოკალიზებულ სპინებზე ელექტრონული პარამაგნიტული რეზონანსის პირობებში, ჩანს, რომ გამტარობის ელექტრონთა პოლარიზაციის რელაქსაციის დრო განისაზღვრება თანაფარდობით:

$$\frac{1}{T} = \frac{2S(S+1)}{3\pi^{3/2} \beta_L^{1/2}} J^2 n_S 2^{3/2} m_e^{3/2},$$

სადაც S ლოკალიზებული სპინის სიდიდეა, J - მიმოცვლითი ურთიერთქმედების კონსტანტა, m_e - გამტარობის ელექტრონის ეფექტური მასა, n_S - ლოკალიზებულ ელექტრონთა კონცენტრაცია. ადვილი შესაძინებია, რომ ეს გამოსახულება (1)-გან არსებითად განსხვავდება მხოლოდ იმით, რომ მასში $\epsilon_0^{1/2}$ -ის ნაცვლად ჩაწერილია $\beta_L^{-1/2}$. იმის გათვალისწინებით, რომ [11] ნაშრომში გამტარობის ელექტრონთა კინეტიკური რეზერვუარი განიხილებოდა როგორც თერმოდინამიკური ქვესისტემა სასრული ტემპერატურით, რომელიც შეიძლება გამოსახულ იქნეს საშუალო კინეტიკური ენერგიით, ადვილი დასაანახია, რომ უკანასკნელი გამოსახულება კარგ თანხმობაშია ზემოთ მიღებულ შედეგთან.

(1) გამოსახულებიდან ჩანს, რომ რელაქსაციის დრო T_I , სხვა პარამეტრებთან ერთად, დამოკიდებულია A მუდმივაზე და ე.ი. იმაზე, თუ რომელი ბირთვებისაგან შედგება პოლარიზებული სამიზნე. მაგალითად, წყალბადის სამიზნის შემთხვევაში, თუ ჩავთვლით, რომ $n_l \sim 10^{27} \text{ მ}^{-3}$ და ნეიტრონების მოძრაობის სიჩქარე სამიზნეში $v \sim 10^3 \text{ მ/წმ}$, ხოლო A კონსტანტის დასათვლელად გამოვიყენებთ მონაცემებს [2]

შრომიდან, რელაქსაციის დროის შეფასება იძლევა შედეგს - $T_1 \sim 10^{-8}$ სმ. აღინიშნოს, რომ რელაქსაციის მაღალი სიჩქარე განპირობებულია ფსევდომაგნიტური ურთიერთქმედების ინტენსივობით.

ი.ჭავჭავიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო
უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *В.Г.Барыщевский, М.И.Подгорецкий.* ЖЭТФ, **47**, 3, 1964.
2. *В.Г.Показаньев, Г.В.Скромцкий.* УФН, **129**, 4, 1979
3. *A.Abragam et al.* J. de Phys. Lett., **36**, 2, 1975
4. *A.Abragam et al.* In: XVII Congress, AMPERE, Amsterdam, 1973.
5. *Д.Н.Зубарев.* Неравновесная статистическая термодинамика. М. 1971.
6. *Л.Л.Буишвили.* ФТТ, **9**, 1967.
7. *Л.Л.Буишвили.* ЖЭТФ, **49**, 1968.
8. *М.Гольдман.* Спиновая температура и ЯМР в твердых телах. М. 1972.
9. *И.В.Александров.* Теория магнитной релаксации (релаксация в жидкостях и твердых немагнитических парамагнетиках). М., 1975.
10. *Е.А.Туров, М.П.Петров.* Ядерный магнитный резонанс в ферро- и антиферромагнетиках. М., 1969.
11. *Л.Л.Буишвили, Т.Г.Вардосанидзе, А.И.Угулава.* ФТТ, **17**, 11, 1975.



გ.ძამუკაშვილი, ნ.მეტრეველი, ზ.ქაჩიშვილი

სპექტრის სუბმილიმეტრულ არეში მაღალტემპერატურული მაზერის შექმნის შესაძლებლობის შესახებ

წარმოადგინა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსმა ლ.ბუიშვილმა 13.05.1996

1. [1] შრომაში ნაჩვენებია მყარსხეულოვანი სუბმილიმეტრული მაზერის შექმნის შესაძლებლობა $Ga_{1-x}Al_xAs$ -ის ტიპის ნივთიერების ბაზაზე. მისი მუშაობის პრინციპი ემყარება ცხელი ელექტრონების ქვეზონათაშორის გადასვლას ძლიერ მართობულ ელექტრულ (\vec{E}) და მაგნიტურ (\vec{H}) ველებში. კერძოდ, გამოკვლეულია ქვეზონათა-შორისი დინამიკური გადასვლა, როდესაც ელექტრონები გამტარობის ზონის ძირითად (Γ) ქვეზონაში გაბნევის გარეშე აჩქარდებიან ქვეზონათაშორისი გადასვლისათვის საჭირო $\epsilon_0 = \Delta\epsilon + \hbar\omega^*$ ენერგიამდე (სურ.1ა). აქ $\Delta\epsilon$ -ენერგეტიკული ღრეჩოა Γ ქვეზონასა და გამტარებლობის ზონის x ქვეზონებს შორის, $\hbar\omega^* = 0,8\hbar\omega_0$ მინიმუმთაშორისი გადასვლისათვის საჭირო ფოტონის ენერგიაა, ხოლო $\hbar\omega_0$ პოლარული ოპტიკური ფონონის ენერგია. დინამიკური ქვეზონათაშორისი გადასვლა შეიძლება მოხდეს ძლიერ ელექტრულ ველში, როდესაც ელექტრონების ϵ_0 ენერგიამდე გაცხელების დრო (τ_E) ნაკლებია Γ ქვეზონის შიგნით ფონონებზე გაბნევის τ_{po} დროზე:

$$\tau_E = \frac{eE}{p_0} < \tau_{po} = v_{po}^{-1} \quad (1)$$

$p_0 = \sqrt{2m_F^* \epsilon_0}$, m_F^* -ელექტრონების ეფექტური მასაა Γ -ქვეზონაში. ასეთი სიტუაციის რეალიზაცია შესაძლებელია კრისტალის დაბალი T ტემპერატურისას, როდესაც სრულდება პირობა:

$$k_0 T \ll \hbar \omega^* \quad (2)$$

ასეთ ტემპერატურებზე შესაძლებელია მხოლოდ $\hbar\omega^*$ ენერგიის მქონე ქვეზონათაშორისი ფონონების სპონტანური გამოსხივება.

აღნიშნულ პირობებში Γ ქვეზონაში ჩნდება ორი: A და B ტიპის ელექტრონები, რომელთა მიერ Γ ქვეზონის გაქროლვის დროები სხვადასხვაა $\tau_E^A > \tau_E^B$ (სურ.1).

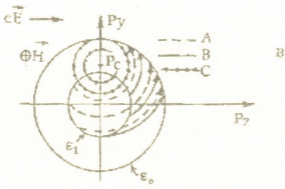
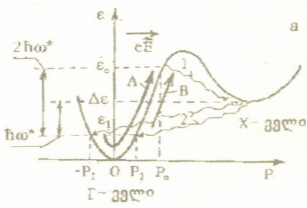
მყარი ხსნარის შემადგენლობის ცვლილებით შესაძლებელია $\Delta\epsilon$ -ს ცვლილება და შესაბამისად შეგვიძლია ნებისმიერად შევცვალოთ პასიური არის მოცულობა (პასიური არეა $\epsilon < \epsilon_0$ არე). ამ გზით ვცვლიდით Γ ქვეზონაში ელექტრონთა გაქროლვის პირობებს და ვღებულობდით დიფერენციალური გამტარობის სიხშირეზე დამოკიდებულების $-\alpha(\omega)$ -ს სასურველ სახეს. აღმოჩნდა, რომ $\Delta\epsilon$, \vec{E} და H პარამეტრების გარკვეული ერთობლიობისას $\alpha(\omega)$ დამოკიდებულებაში ადგილი აქვს რეზონანსს ციკლოტრონული სიხშირის $\omega \approx \omega_c = eH/c_0 m_F^*$ -ს მახლობელ სიხშირეებზე (აქ c_0 სინათლის სიჩქარეა ვაკუუმში, e -ელექტრონის მუხტია). ამავე დროს ჩნდება დინამიკური უარყოფითი დიფერენციალური გამტარობა (დუღბ).

შემდგომში ასეთ ღუღბ-ს მოვიხსენიებთ, როგორც „რეზონანსულ რეზონანსული ღუღბ-ის შესაბამისი სიხშირე მოთავსებულია სპექტრის სუბმილიმეტრულ არეში.

[1] შრომაში კვლევები ჩატარებულია ისეთ ველებში, როდესაც Γ ქვეზონის იმპულსურ სივრცეში ელექტრონების ყველა ფაზური ტრაექტორია გახსნილია. ასეთი ველები აკმაყოფილებენ პირობას:

$$P_C = C_0 m \gamma^* \frac{E}{H} > \frac{P_0 + P_1}{2} \equiv P_c^* \quad (3)$$

იქვე აღნიშნულია, რომ კარგ პარამეტრებიანი ღუღბ-ის მისაღებად (მაგალითად დიდია ღუღბ-ის შესაბამისი სიხშირეც და რეზონანსული პიკის ნახევარსიგანეც) საჭიროა მაგნიტური ველის გაზრდა, მაგრამ იმ ველებში, რომლებიც არ აკმაყოფილებენ (3) პირობას, ჩნდება ჩაკეტილი ფაზური ტრაექტორიები - „C“ ტრაექტორიები (სურ.1b). მათი არსებობა უარყოფითად მოქმედებს ღუღბ-ის ფორმირებაზე. მაგნიტურ „ჩამქვრთან“ დაკავშირებული უარყოფითი ეფექტების სიდიდე განისაზღვრება ზონური სტრუქტურის პარამეტრებით და E და H ველების თანაფარდობით.



სურ.1. ელექტრონთა დინამიკური გაცხელება (a) და მათი განაწილება Γ ქვეზონის იმპულსურ სივრცეში (b) Γ -სუბუბუკი ქვეზონა, x-შიმე ქვეზონა, 1- $\Gamma \rightarrow X$ გადასვლა, 2- $X \rightarrow \Gamma$ გადასვლა, A, B-A და B ელექტრონების დინამიკური გაცხელება, C-ჩაკეტილი ციკლოტრონული ტრაექტორიები.

ამგვარად, გვაქვს $\Delta\epsilon$, E და H პარამეტრების ერთობლიობა, რომელთა შეცვლაც ცვლის ღუღბ-ის სიდიდეს და სიხშირეს მოქმედი უარყოფითი და დადებითი

ფაქტორების ეფექტურობას. ამგვარად საჭირო ხდება ელექტრონთა სისტემის მაღალსიხშირული მახასიათებლების დეტალური კვლევა ΔE , E და H -ის ცვლილებას, რათა დადგინდეს იქნეს იმ პარამეტრების ოპტიმალური მნიშვნელობები, რომლებიც ხელს უწყობენ დიდი ნახევარსიგანის რეზონანსული პიკის მქონე $\text{L}^{\text{U}}\text{L}^{\text{B}}$ -ის წარმოქმნას სპექტრის ღრმად სუბმილიმეტრულ არეში.

სწორედ ამ საკითხების კვლევას ეძღვნება აღნიშნული შრომა. კერძოდ, $2\hbar\omega^* < \epsilon_0 < 17\hbar\omega^*$ ფართო დიაპაზონიდან აღებული ϵ_0 -ის სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის (ანუ ΔE -ის სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის) გამოკვლეულია $\sigma(\omega)$ დამოკიდებულება სიხშირეთა ისეთ არეში, რომელიც მთლიანად მოიცავს სპექტრის სუბმილიმეტრულ არეს.

2. (1) პირობის შესრულების შემთხვევაში A და B ელექტრონები მოძრაობენ დინამიკურად, მაგრამ „ c “ ტრაექტორიაზე მოძრავი ელექტრონებისათვის საჭიროა გათვალისწინებულ იქნეს Γ ქვეზონის შიგნით ფონონებზე გაბნევა v_{p0} მახასიათებელი სიხშირით. ელექტრონების გადასვლა ღია ტრაექტორიებიდან „ c “ ტრაექტორიაზე ხდება მხოლოდ x ქვეზონის გავლით. „ c “ ტრაექტორიებიდან. გასხნულ ტრაექტორიებზე გადასვლა კი ხდება v_{p0} -ის სასრული მნიშვნელობის გამო. ამ ტრაექტორიებს შორის ელექტრონების ურთიერთგადაწაფილების ხარისხი განისაზღვრება ω/v_{p0} პარამეტრით. „ c “ ტრაექტორიებზე დაგროვილი ელექტრონების რაოდენობა მით მეტია, რაც მეტია ω/v_{p0} შეფარდება, ესე იგი რაც დიდია მაგნიტური ველის მნიშვნელობა.

H -ის მნიშვნელობის ცვლილება შეიძლება როგორც უცვლელი P_c -ს შემთხვევაში (როდესაც ელექტრული ველი იცვლება H -ის პროპორციულად), ისე P_c -ს ცვლილებით (როდესაც E უცვლელია). საინტერესოა, რომ H -ის ცვლილება ამ ორ შემთხვევაში სხვადასხვაგვარად მოქმედებს ელექტრონების გადაწაფილებაზე Γ -ქვეზონის შიგნით და შესაბამისად სხვადასხვა ეფექტს იძლევა $\text{L}^{\text{U}}\text{L}^{\text{B}}$ -ის ფორმირებაში.

ჩატარებული განხილვის თვალსაჩინოებისათვის მოვიტანთ დიფერენციალური გამტარობის სიხშირეზე დამოკიდებულების კვლევისას მიღებულ შედეგების მხოლოდ ნაწილს.

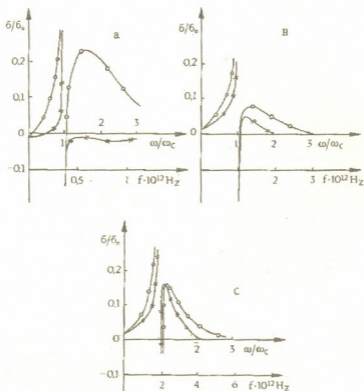
ΔE -ის ყოველი მნიშვნელობისათვის არსებობს P_c -ს მინიმალური მნიშვნელობა $(P_c)_{\text{min}}$, რომლის ქვემოთაც რეზონანსული $\text{L}^{\text{U}}\text{L}^{\text{B}}$ -ის არსებობა პრობლემატური ხდება. $P_c > (P_c)_{\text{min}}$ პირობა ზემოდან საზღვრავს H -ის დასაშვებ მნიშვნელობებს მოცემული E -თვის, ანდა ქვემოდან საზღვრავს E -ს მნიშვნელობებს მოცემული H -თვის. H -ის ზემოდან შეზღუდვით იზღუდება ციკლოტრონული სიხშირე. თუ ω_c ს სუბმილიმეტრულ არეში მოსახვედრად საჭირო მაგნიტური ველის მნიშვნელობაა H_c , მაშინ მოცემული E -თვის H -ის დასაშვები მნიშვნელობები განისაზღვრება უტოლობებით:

$$H_c < H < \frac{C_0 m_r^* E}{(P_c)_{\text{min}}} \quad (4)$$

(1) და (4) პირობები ერთად განსაზღვრავენ E -ს დასაშვებ მნიშვნელობებს მოცემული H -თვის.

$\Delta E \gg \hbar\omega^*$ შემთხვევაში P_c -ს შემცირებით (H -ის გაზრდით) თანდათან მცირდება ძლიერ ელექტრულ ველში B ჩჯუფის ელექტრონების მიერ შექმნილი $\text{L}^{\text{U}}\text{L}^{\text{B}}$ [2,3]. ეს $\text{L}^{\text{U}}\text{L}^{\text{B}}$ მთლიანადაა დაკავშირებული Γ - ქვეზონაში ელექტრონების გაქროლვისათან

(შემდგომში იგი მოიხსენება ტერმინით „გაქროლვითი ღუღბ“). $\Delta E = 16\hbar\omega^*$ -თვის (GaAs) გაქროლვითი ღუღბ საესებით ჭრება როცა $P_c = 0,3P_0$. ასეთი P_c -თვის (როდესაც $E=20$ კვ/სმ, $H=42$ კერსტ) $1700 < \omega < 2000$ გჰც სიხშირულ ინტერვალში ჩნდება რეზონანსული ღუღბ, რომელიც მდებარეობს ღრმად სუბმილიმეტრულ არეში. $P_c > 0,3 P_0$ -თვის რეზონანსული სიხშირე მცირდება. ამასთან უარესდება რეზონანსული ღუღბ-ის გაჩენის პირობები. ეს გაუარესება ძირითადად გამოწვეულია A ზგუფის ელექტრონების გაქროლვითი სიხშირეების დიდი განრთხებით. ეს ელექტრონები იძლევიან დადებით დიფერენციალურ გამტარობას, რომელიც B -ზგუფის მიერ წარმოქმნილ ღუღბ-ის მოდელზე უფრო დიდია. ასეთი ΔE -თვის რეზონანსული ღუღბ-ის რეალიზაციაა E და H ველების ფართო დიაპაზონში ცვლილებისას არარეალურია.



სურ.2. დიფერენციალური გამტარობა Γ ქვეზონაში. $\Delta E = 10\hbar\omega^*$ ($\text{Ga}_{0.84}\text{Al}_{0.16}\text{As}$). a) $P_c = 0,8P_0$, $E = 10$ კვ/სმ, $H = 10,5$ კერსტ, $\omega_c = 2,3 \cdot 10^{12}$ წმ $^{-1}$, $\tau_{p0} = 10^{-12}$ წმ. b) $P_c = 0,3 P_0$, $E = 10$ კვ/სმ, $H = 28$ კერსტ, $\omega_c = 6,1 \cdot 10^{12}$ წმ $^{-1}$, $\tau_{p0} = 10^{-12}$ წმ. c) $P_c = 0,3P_0$, $E = 20$ კვ/სმ, $H = 56$ კერსტ, $\omega_c = 12,2 \cdot 10^{12}$ წმ $^{-1}$, $\tau_{p0} = 10^{-12}$ წმ.

მაგნიტური ველის გავლენა ღუღბ-ზე ერთი და იგივე ΔE -თვის ჩანს 2a და 2b მრუდების შედარებისას. რაც მცირეა ΔE , მით უფრო ეფექტურია მაგნიტური ველის მიერ B -ზგუფის ელექტრონების გაქროლვითი ღუღბ-ის შემცირება. გარდა ამისა, მაგნიტური ველი მით უფრო ძლიერად მოქმედებს გამურ დიფერენციალურ გამტარობაზე, რაც მცირეა $\Delta E < 4\hbar\omega^*$ მნიშვნელობისათვის ელექტრულ



ველში გაქროლვითი ღუღბ არ არის ელექტრონების სხვადასხვა ჯგუფებში გაქროლვითი სიხშირეების დიდი განრთხმის გამო).

ცხადია, რომ ფიქსირებული P_c -თვის H -ის გაზრდა კვლავ აუარესებს რეზონანსული ღუღბ-ის გაჩენის პირობებს. უცვლელი P_c -თვის E და H ველების სიდიდეების ერთდროული ცვლილების გავლენა ჩანს 2b და 2c მრუდების შედარებისას. აღსანიშნავია, რომ აქ მოტანილია $\sigma(\omega)$ დამოკიდებულების ტიპური მრუდები ΔE -ის ერთი მნიშვნელობისათვის. ΔE -ის სხვა მნიშვნელობისათვის $\sigma(\omega)$ დამოკიდებულების ტიპური მრუდები ΔE -ის ერთი მნიშვნელობისათვის. ΔE -ის სხვა მნიშვნელობისათვის. ΔE -ის სხვა მნიშვნელობისათვის $\sigma(\omega)$ -ს შესაბამისი მრუდები მოცემული მრუდებისაგან განსხვავდება მხოლოდ რაოდენობრივად.

H -ის ცვლილებით (4) პირობის ფარგლებში შეიძლება მდორედ შეიცვალოს რეზონანსული ღუღბ-ის სიხშირე და შესაბამისად, შესაძლებელია ადვილად ვცვალოთ გაზომვების სიხშირე. ასეთი შესაძლებლობის რეალიზაცია ბოლო წლებში შექმნილი ციკლოტრონულ რეზონანსზე მომუშავე მაზერებში საკმაოდ პრობლემატური იყო [4]. რაც შეეხება ჩვენ მიერ გამოკვლეული სისტემების სამუშაო ტემპერატურას, აღვნიშნავთ მხოლოდ შემდეგს: ყველა ჩატარებული კვლევა სამართლიანია მხოლოდ (2) პირობის შესრულების ფარგლებში. ამ პირობის შესრულება არ მოითხოვს ისეთ კრიოგენულ ტემპერატურებს, როგორც საჭიროა p-Gc-ის ბაზაზე შექმნილი მაზერების ფუნქციონირებისათვის (თხევადი ჰელიუმის ტემპერატურა) [4]. $Ga_{1-x}Al_xAs$ -ში $\hbar\omega^*/k_0$ სიდიდე იცვლება 336÷440 K ფარგლებში, ამიტომ (2) პირობა კარგად სრულდება თხევადი აზოტის ტემპერატურაზეც (77 K).

ივ. ჯიჯინაშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო
 უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *Г.Э.Дзамукашвили, З.С.Качлишвили, Н.К.Метрели.* Письма в ЖЭТФ, 62, 3, 1995,220.
2. *A.A.Andronov, G.E. Dзамukashvili.* Sol. St. Commun., 55,10,1985,915.
3. *А.А.Андронов, Г.Э. Дзамукашвили.* ФТП,19,10,1985,1810.
4. *А.А.Андронов, Е.П.Додин, В.И. Гавриленко и др.* ЖЭТФ,90,1,1986, 367.

ვ.კაშია, პ.კერვალიშვილი, რ.სალუქვაძე (აკადემიკოსი)

მაღალტემპერატურული თერმოემისიის პერსპექტივები

წარმოდგენილია 13.05.1996

ენერგეტიკის განვითარების თანამედროვე ეტაპზე ელექტრული ენერჯის წარმოების საერთო მოცულობაში სულ უფრო მეტ ადგილს იკავებენ არატრადიციული მეთოდები, მათ შორის სითბოს უშუალოდ ელექტროენერჯიაში გარდაქმნელები. ამ მეთოდებს შორის კოსმოსური, წყალქვეშა და ძნელადმისადგომი ობიექტების ელექტრული ენერჯით მომარაგების საქმეში განსაკუთრებული როლი აკისრია [1] რიჩარდსონის ცნობილ თერმოემისიურ ეფექტზე დაფუძნებულ მეთოდს. ამ ეფექტის გამოყენებით შექმნილი თერმოემისიური გარდაქმნელის თეორიული მარჯი ქმედების კოეფიციენტი სხვა ტიპის გარდაქმნელებთან შედარებით გაცილებით მაღალია. გარდაქმნელის ელექტროდების მაღალტემპერატურულ დიაპაზონში [2] მიიღება დიდი კუთრი სიმკვრივის ელექტრული ენერჯია. იმის გამო, რომ თერმოემისიური რეაქტორ-გარდაქმნელის (თრგ) მაიკროს ტემპერატურა მაღალია, მოწყობილობა გამოდის კომპაქტური და შედარებით ნაკლებ მასიური, რასაც გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ენერგეტიკული დანადგარის კოსმოსში გამოყენების შემთხვევაში [3,4]. თრგ-ში გენერირებული ელექტროენერჯია გამოირჩევა მულტიპლ ელექტრული დენის დიდი სიმკვრივით და დაბალი ძაბვით, მაგრამ დღეს არსებული ინვერტორები მულტიპლ დენს გარდაქმნიან ცვლად დენად [1,4] ნომინალური ეფექტური სიმძლავრის მინიმალური დანაკარგებით.

თერმოემისია არის ერთ-ერთი იმ მცირერიცხოვან სამეცნიერო და ტექნიკურ მიმართულებებს შორის, რომლებშიც ყოფილმა საბჭოთა კავშირმა საგრძნობლად გაუსწრო მსოფლიოს განვითარებულ ქვეყნებს. სწორედ ამან განაპირობა ის, რომ აშშ-მა შეიძინა საბჭოთა კავშირში შექმნილი კოსმოსური დანიშნულების თერმოემისიური ბირთვული ენერგეტიკული დანადგარი (ბედ) „ტოპაზი“, რომლის შექმნაში სხვებთან ერთად შესამჩნევი წილი აქვს შეტანილი სოხუმის აკად. ი.ვეკუას სახელობის ფიზიკა-ტექნიკის ინსტიტუტის არატრადიციული ენერგეტიკის განყოფილებაში შესრულებულ სამუშაოებს. ამ სამუშაოების ორგანიზატორი და ხელმძღვანელი იყო აკადემიკოსი ი.გვერდწითელი. მისი უშუალო მონაწილეობით შეიქმნა აგრეთვე ბირთვული ენერგეტიკული დანადგარი „ენისი“, რომლის ელექტრომაგნეტიკული არხები (ემა) გამოირჩევიან კონსტრუქციული გადაწყვეტის ორიგინალობით და მაღალი ტექნიკური რესურსით. ეს შესაძლებელი გახდა ახალი კონსტრუქციული, მ.შ. კერამიკული მასალების, ვოლფრამის, მოლიბდენის და ნიობიუმის მონოკრისტალების, მათი შენადნობების მიღების სრულიად ახალი ტექნოლოგიების დამუშავების საფუძველზე.

ამჟამად რუსეთ-ამერიკის ერთობლივი ფირმა „ინერტეკი“ ნიუ-მეხიკოს შტატის ქ.ალბუკერკის უნივერსიტეტის ბაზაზე ამუშავებს რამდენიმე ასეული კილოვატი ელექტრული სიმძლავრის რეაქტორ-გარდაქმნელების პროექტებს. სამუშაოებში ქართული მეცნიერებიც მონაწილეობენ. პროტოტიპად აღებულია „ტოპაზი“.

ენერჯის ასეთ ავტონომიურ წყაროებს გადაწყვეტი როლი ეკისრებათ დიდმასშტაბიანი სამოქალაქო და სამხედრო დანიშნულების მეცნიერულ-ტექნიკური პრობლემების გადაწყვეტის საქმეში კოსმოსში და კოსმოსიდან. მაგალითად, გაფრენა მარსზე, დედამიწის მეტეოროლოგიური და აგროსამრეწველო მონიტორინგი, საჰაერო თავდაცვის გლობალური კონტროლისა და მართვის განხორციელება და სხვა.

მუშავდება კომპლექსური პროგრამა თერმოემისიურ გარდამქმნელებში სითბოს წყაროდ მზის ენერჯის გამოყენებისა სპეციალური კონცენტრატორების დახმარებით. სფტი-ში მიღებულია საელექტროდო მასალები, რომლებიც 10 ვტ/სმ² ხვედრით ელექტრულ სიმძლავრეს იძლევიან. ეს საკმაოდ მაღალი მაჩვენებელია და დასახულ მიზანს რეალურს ხდის [5].

დიდი პერსპექტივები აქვს არსებული თბოელექტროსადგურების მოდერნიზაციის და მათ მაღალტემპერატურულ კონტურებში თერმოემისიური ზედნაშენების გამოყენებას თბოსადგურის საერთო ელექტრული სიმძლავრის 12-15 % -ით გაზრდის მიზნით [6,7]. ასეთი სამუშაოები ტარდება სფტი-ში რუსეთის სამეცნიერო ცენტრში „კურჩატოვის ინსტიტუტი“, სამეცნიერო საწარმოო გაერთიანება „ლუჩ“-ში, ამერიკის შეერთებულ შტატებში და ა.შ.

თრგ-ს კოსმოსური ვარიანტის ძირითადი ელემენტებია ბირთვული რეაქტორი და სითბური ენერჯის ერთ – ან მრავალელემენტიანი ცეზიუმპლაზმიანი ელექტრომაგნეტიკური არხები (ემა). მათთვის სითბოს წყაროს წარმოადგენს ბირთვული საწვავი ურანის ნაერთების საფუძველზე შექმნილი სითბოგამომყოფი აბების სახით, მოთავსებული სპეციალურ მეტალის მილებში, რომელთა გარე ზედაპირები ასრულებენ ემა-ს ემიტერის როლს. კოლექტორიდან სითბოს არინება ხორციელდება თხევადმეტალური კონტურის საშუალებით [1], რომლის პერმეტულობა დიდად განსაზღვრავს საერთოდ რეაქტორის უსაფრთხოების დონეს. თრგ-ის ინტეგრალური ელექტრული სიმძლავრე აგრეთვე განისაზღვრება ცალკეული ემას-ს სიმძლავრით და თრგ-ში მათი რიცხვით. ემა საკმაოდ რთული კონსტრუქციის ძვირადღირებული მოწყობილობაა. სხვადასხვა სიმძლავრის არხების სითბომწარმოებელი ანაწყობი შეიცავს ასეულობით გრამ ურანის ნაერთს აბების სახით. რადიაქტიურ ურანთან მუშაობის თავიდან აცილების მიზნით ემა-ს კონსტრუქციული და ელექტრომაგნიტობის შესწავლა ხდება მის ადეკვატურ მაკეტზე – თერმოემისიური გარდამქმნელის (თეგ) მოდულზე. მაკეტი ემა-სგან განსხვავდება იმით, რომ ემიტერის ფართობი 10-ჯერ ნაკლებია და მისი გახურება ხდება სპეციალური კონსტრუქციის ელექტროგამაცხელებლით, რომელიც იმეორებს ემა-ს გულარის ტემპერატურულ და გეომეტრიულ პროფილს.

კონსტრუქციულად თეგ-ი წარმოადგენს ვაკუუმურ დიოდს, რომელიც შედგება ერთმანეთისაგან ელექტრულად იზოლირებული ორი, ბრტყელ-პარალელური ან კოაქსიალური გეომეტრიის ელექტროდის – ემიტერისა და კოლექტორისაგან.

მაღალ ტემპერატურამდე გახურებული ემიტერიდან ამოფრქვეული ელექტრონები იკრიბებიან გაცილებით დაბალი ტემპერატურის მქონე კოლექტორზე და წრედში აღძრავენ მუდმივ ელექტრულ დენს, რომელსაც მნიშვნელოვნად ამცირებს ელექტროდებს შორის ღრეჩოში წარმოქმნილი უარყოფითი მოცულობითი მუხტი [4], რაც ემიტერიდან ამოფრქვეული ელექტრონების არაიზონერგეტიკულობის შედეგია.

არსებობს თეგ-ში ელექტრონების მიმართულ მოძრაობაზე უარყოფითი მოცულობითი მუხტის გავლენის შემცირების რამდენიმე, ერთმანეთისაგან პრინციპულად განსხვავებული მეთოდი, რომელთაგან რეალური პერსპექტივა გააჩნიათ ელექტროდებს შორის მანძილის შემცირებას (ვაკუუმური რეჟიმი), ან ღრეჩოში ადვილად იონიზებადი მეტალის ორთქლის შეყვანას [4]. პირველ შემთხვევაში მუხტის გადატანა ხდება მხოლოდ ელექტრონებით. ამიტომ ვაკუუმური რეჟიმი ეფექტურია ღრეჩოს პრაქტიკულად შესაძლო მინიმალური სიგანის ≤ 10 მკმ შემთხვევაში. ასეთი ღრეჩოების შექმნა და გაბარიტის მთელს სიგრძეზე მისი ერთგვაროვნების შენარჩუნება მაღალი ტემპერატურებისა და გამჭოლი რადიაციის ზემოქმედების პირობებში ძალზე რთული ტექნიკური პრობლემაა და ამიტომ თერმოემისიური გარდამქმნელის ვაკუუმურმა ვარიანტმა ფართო გამოყენება ვერ პოვა [4]. თუმცა ამ ბოლო დროს შეიქმნა მიკროღრეჩოიანი თეგ-ის ორიგინალური კონცეფცია [8], რომელმაც შეიძლება მოახდინოს თერმოემისიის ნაწილობრივი შემობრუნება ვაკუუმური დიოდებისაკენ.

პრაქტიკულად გაცილებით ეფექტური აღმოჩნდა თეგ-ის მუშა მოცულობაში ადვილად იონიზებადი მეტალის - ცეზიუმის ორთქლის შეყვანა და ელექტრონების უარყოფითი მოცულობითი მუხტის კომპენსაცია ცეზიუმის დადებითი იონებით [4,9]. შეიქმნა ცეზიუმპლაზმიანი თეგ-ის თეორია [4], რომლის თანახმად ცალკეული ხელსაწყოს ელექტრულ სიმძლავრეს და ეფექტურობას განსაზღვრავს ელექტროდების მექანიკური და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები. აქედან გამომდინარე, მაღალტემპერატურულ თერმოემისიაში ელექტროდებზე და მუხტის მატარებელი მეტალების (ვოლფრამი, მოლიბდენი, ნიობიუმი) პოლი- და მონოკრისტალების ან მათი შენადნობების გამოყენებას ალტერნატივა არ გააჩნია [4,10].

დღეს პრაქტიკულად ყველა თერმოემისიური ხელსაწყოში ემიტერად გამოიყენება გაზოფაზური დაფენის მეთოდით მიღებული პოლიგრანული ვოლფრამის (110) - უპირატესი ორიენტაციის მონოკრისტალური ზედაპირები [10]. ამიტომ თეგ-ის ეფექტურობა ძირითადად დამოკიდებულია კოლექტორის მასალასა და ემიტერის ტემპერატურაზე, რომლის ზრდით ხელსაწყოს მარგი ქმედების კოეფიციენტი უახლოვდება მაქსიმალურად შესაძლო მნიშვნელობას [11].

ასეთი ტიპის მაღალტემპერატურული თერმოემისიური ცეზიუმპლაზმიანი გარდამქმნელის გათვლა-გაანგარიშებისა და მისი ელექტრული პარამეტრების პროგნოზირებისათვის აუცილებელია ადეკვატური მაკეტების გამოკვლევა ელექტროდების მაღალტემპერატურულ დიაპაზონებში და შესაბამისი ვოლტამპერული მახასიათებლების მოწესრიგებული ცხრილების შექმნა.

ამ მიზნით ჩვენ მიერ ჩატარებულია ექსპერიმენტების სერია პერსპექტიული კოლექტორული მასალებისათვის (პოლიკრისტალური ნიობიუმი, „ქანგბად-შემცველი“ ნიობიუმი, პოლი- და მონოკრისტალური ვოლფრამი და სხვა). ელექტროდების მუდმივი ტემპერატურების და გენერირებული დენის (I) მუდმივი მნიშვნელობებისათვის ($I=10; 15; 20$ ა.სმ⁻²) დადგენილია ელექტროდებს შორის გამოსავალი ძაბვის [4] დამოკიდებულება ხელსაწყოს მუშა მოცულობაში ცეზიუმის ორთქლის წნევაზე (P). მიღებული ვოლტამპერული მახასიათებლების საფუძველზე შექმნილია მოწესრიგებული ცხრილები ელექტროდების მაღალი ტემპერატურებისათვის ($T_e=2000-2200$ და $T_c=1000-1300$ K).

მიღებული ექსპერიმენტული შედეგები და მათი ანალიზი წარმოდგენილი იქნება მომდევნო ნომერში.

ასეთი მონაცემები დღეს პრაქტიკულად არ არსებობს და ამიტომ მათ ამ დარგში მომუშავეთათვის დროისა და სახსრების დიდი დაზოგვა შეუძლიათ. მზად ვართ ყველა დაინტერესებულს მივაწოდოთ ეს მონაცემები.

სოხუმის ი.ვეყუას სახ. ფიზიკა-ტექნიკის
ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *И.Г.Гвердцители, В.Г.Кашия, А.Г.Каландаришвили*. ЖТФ. 55, 2, 1985, 283.
2. *Г.М.Грязнов, Н.Н.Пономарев-Степной, Ю.В.Николаев и др.* Атомная энергия . 66, 6, 1989, 374.
3. *И.Г.Гвердцители, В.Г.Кашия, А.Г.Каландаришвили*. "Письма в ЖТФ", 3, 22, 1977, 1199.
4. *Ф.Г.Бакшт, Г.А.Дюжев, А.М. Марциновский и др.* Термоэмиссионные преобразователи и низкотемпературная плазма. М., 1973.
5. *Р.Г.Салуквадзе, Р.Я.Кучеров, В.К.Цхакая и др.* Экспериментальное исследование электрических характеристик низкотемпературных ТЭП. Препринт СФТИ-2, 1985.
6. *А.В.Визгалов, А.И.Кирюшенко, Г.А.Кушцов и др.* В сб. докл. 1-ой Международной конференции " Ядерная энергетика в космосе". 15-19 мая 1990 г. Обнинск, 1990, 199.
7. *Р.Г.Салуквадзе, Р.Я.Кучеров, В.К.Цхакая и др.* Исследование энергетических характеристик низкотемпературных ТЭП термоэмиссионной надстройки. Препринт СФТИ-3, 1985.
8. *Ю.В.Николаев, А.В.Васильченко, С.А.Еремин и др.* В сб. докл. 2-ой Международной конференции " Ядерная энергетика в космосе. Физика ТЭП". 28 окт. – 2 нояб. 1991 г. Сухуми, 1992, 195.
9. *G.Hatsopoulos, J.Kay* . "J.Appl. Phys", 7, 1958, 1124.
10. *Д.И.Сергеев, А.С.Титков*. Адсорбирующие электроды. М., 1982.
11. *В.И.Бабанин, И.Н.Кольшкин, В.И.Кузнецов и др.* В сб. докл. 2-ой Международной конференции " Ядерная энергетика в космосе. Физика ТЭП". 28 окт. – 2 нояб. 1991 г. Сухуми, 1992, 302.

დარიშხანსა და ჰალოგენატომებს შორის ბმების პოლარობა ($\mu_{AsF} = 2,0D$; $\mu_{AsCl} = 1,65D$; $\mu_{AsBr} = 1,27 D$; $\mu_{AsI} = 0,78D$)

ცხრილი

დარიშხანის (III) ჰალოგენიდების დუდილის ტემპერატურა [4], წარმოქმნის სითბო [4] და შესაბამისი რნბ და ეპ მატრიცების დეტერმინანტების მნიშვნელობები

ნაერთი	AsF ₃	AsCl ₃	AsBr ₃	AsI ₃
დუდილის ტემპერატურა	57,8	130	291	371
წარმოქმნის სითბო ΔH_{298}° კკალ/მოლი	-226,8	-80,2	-46,61	-13,7
$\Delta_{რნბ}$	23814	161262	1411200	4904514
$\Delta_{ეპ}$	-64	-16,6	1,25	12,5

ცხრილში მოცემულია დარიშხანის (III) ჰალოგენიდების დუდილის ტემპერატურა და წარმოქმნის სითბო [4] და შესაბამისი რნბ და ეპ მატრიცების დეტერმინანტთა მნიშვნელობები. როგორც ვხედავთ, $\Delta_{რნბ}$ -ს და $\Delta_{ეპ}$ -ს სიდიდეები დარიშხანის (III) ჰალოგენიდებისათვის იცვლება შესაბამისი ფიზიკურ-ქიმიური სიდიდეების მნიშვნელობათა სიმბატურად. ამგვარად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ აღნიშნული მატრიცების დეტერმინანტთა მნიშვნელობები წარმოადგენენ ამ ნაერთების გარკვეულ ალგებრულ მახასიათებლებს ჩვენი მიდგომის ფარგლებში.

ივ.ჭავჭავაძის სახ. თბილისის სახელმწიფო
უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. გ.გამზიანი, მ.გვერდწითელი. იზომერიის მოვლენა მათემატიკური ქიმიის თვალთახედვით. თბილისი, 1992.
2. მ.გვერდწითელი. ორგანულ ნაერთთა ნომენკლატურის პრინციპები. თბილისი, 1983.
3. Л.Паулинг. Природа химических связей. М., 1947.
4. Краткая химическая энциклопедия. 3, М., 1965.

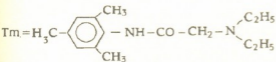
ა. შველაშვილი, მ. ჭურაძე, ლ. მეტრეველი
გარდამავალი ლითონების ტრიმეკაინ შემცველი
შერეულაციდოლიგანდიანი კოორდინაციული ნაერთების
სინთეზი და გამოკვლევა

წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ. ცინცაძემ 25.3.1995

სამუშაო წარმოადგენს მონოგრაფიაში [1] დასმული გლობალური პრობლემის უშუალო გაგრძელებას. კერძოდ, მისი მიზანია კოორდინაციულ ნაერთთა შიდა კოორდინაციულ სფეროში სხვადასხვა აციდოლიგანდის თანაარსებობის კანონზომიერებათა შესწავლა, გარდამავალი ლითონებისა და ადგილობრივი ანესთეზიური საშუალებების შემცველი ნივთიერებების მაგალითზე.

ლიტერატურაში ცნობილია მონაცემები ლითონთა ნაერთებზე ადგილობრივ ანესთეზიურ საშუალებებთან, როგორცაა ანესთეზინი, ნოვოკაინი, დიკაინი, ლიდოკაინი, ტრიმეკაინი. [2-4]. რამდენადაც ჩვენთვის ცნობილია, შერეულაციდოლიგანდიანი კომპლექსნაერთები შესწავლილია მხოლოდ ნოვოკაინის შემთხვევაში [5].

ამვე დროს, ცნობილია, რომ ანესთეზიური ნივთიერებების ბიოლოგიურ ტიპობაზე გავლენას ახდენს, როგორც მასთან დაკავშირებული ლითონის, ისე აციდოლიგანდის ბუნება. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ჩვენ მიერ სინთეზირებულ იქნა გარდამავალ ლითონთა შერეულაციდოლიგანდიანი კომპლექსნაერთები ტრიმეკაინთან (T_m), რათა ისინი შეგვედარებინა უკვე ცნობილი [2] (T_mH)₂ (MX_4) · nH_2O ტიპის ნაერთებთან, სადაც $M=Cu^{2+}$, CO^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Mn^{2+} ; $X=Cl^-$, Br^- , J^- , NCS^- ; $n=0, 1$,



(დიეთილ ამინო - 2, 4, 6 - ტრი-
მეთილაკეტანილიდი).

ნაერთების სინთეზისათვის გამოყენებულ იქნა ლიტერატურაში [2] აღწერილი მეთოდის გარკვეული სახეცვლილებებით.

4 - 8 ნაერთები (ცხრილი), რომელთა შედგენილობა დადგენილია ელემენტარული ანალიზით, წარმოადგენენ წყალსა და სპირტში ხსნად ნივთიერებებს, ლღობის ტემპერატურებით შესაბამისად: $142 \pm 1^\circ C$, $126 \pm 1^\circ C$, $101 \pm 1^\circ C$, $111 \pm 1^\circ C$, $141 \pm 1^\circ C$. ნაერთი 9 წყალში ცუდად ხსნადია, იხსნება აცეტონსა და სპირტში. მისი ლღობის ტემპერატურაა $106 \pm 1^\circ C$.

ლითონისა და ლიგანდის კოორდინაციის წესი გამოკვლეულია ინფრაწითელი სპექტროსკოპიის მეთოდით. ი.წ. სპექტრები გადაღებულია Specord 75 - ზე ($4000 - 400 \text{ სმ}^{-1}$); გამოყენებულია KBr - თან დაწეხილი ტაბლეტები.



ჩვენ მიერ გადაკრისტალების შედეგად მიღებული ჰიდროჰალოგენიდები შეიცავენ კრისტალიზაციურ წყალს, ამიტომ მათ სპექტრებში ჩანს OH-ჯგუფისათვის დამახასიათებელი ხაზები, მაქსიმუმებით 3460 - 3400 cm^{-1} უბანში (ცხრილი). რა თქმა უნდა, ჰიდროჰალოგენიდების სპექტრებში შენარჩუნებულია ხაზები, რომლებიც ახასიათებს მეორეულ ამიდებს.

ცხრილი

ტრიმეკანისა და ზოგიერთი გარდამავალი ლითონის კომპლექსნაერთების ინფრაწითელი სპექტრების სიხშირეთა მაქსიმუმები

№	ხეობი	νOH	νNH	νN'H	ამიდი		
					I	II	III
1	Tm HCl·H ₂ O	3460,3400	(3160,3107) 2973	2633-2827	1680	1530	1273,1240
2	Tm HBr·H ₂ O	3460,3400	3150,2952 3085,2940	2620-2815	1666	1515	1226,1253
3	Tm·HNCS		3180,2986	2760-2836	1668	1420	1270
4	Zn(TmH) ₂ ·Cl ₂ ·Br ₂		3155,3130	2980	1590	1530	1280
5	Cd(TmH) ₂ ·Cl ₂ ·Br ₂		3229,3171	3929	1683	1530	1257
6	Cu(TmH) ₂ ·Cl ₂ ·Br ₂	3460,3400	3229,3171	3010	(1684,1671)	1514	1243
7	Cd(TmH) ₂ ·Cl ₂ ·J ₂		3186,3143	3000	1684	1520	1248
8	Zn(TmH) ₂ ·Cl ₂ ·J ₂		3214,3171	3036	1689	1530	1253
9	Zn(TmH) ₂ ·Cl ₂ (NCS) ₂		3200	2957	1687,1680	(1530,1510)	(1260,1243)

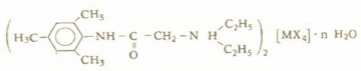
ჰიდროჰალოგენნაერთებში, ფუძე ტრიმეკანისაგან განსხვავებით, იკარგება ხაზი მაქსიმუმით 2798 cm^{-1} - ზე და ჩნდება ახალი ხაზები, რომელთა მაქსიმუმები მდებარეობს 2600 - 3036 cm^{-1} უბანში, რაც ადასტურებს N'H ჯგუფის წარმოქმნას გაუზიარებელი ელემენტარული წყვილის მქონე აზოტის ატომის ნაცვლად. ნაერთების სპექტრებში, რომლებიც შეიცავენ კრისტალიზაციურ წყალს, νNH და I ამიდური ჯგუფის შესაბამისი ხაზები გახლჩილია ორად და ამასთან, პირველი მათგანი გადანაცვლებულია მაღალი სიხშირეებისაკენ. ეს ფაქტი არ შეიძლება ავხსნათ NH ჯგუფის მონაწილეობით კოორდინაციული ბმის წარმოქმნაში, რადგან ამ შემთხვევაში $\nu_{\max} \text{NH}$ - ის წანაცვლება უნდა მომხდარიყო საპირისპირო მიმართულებით [6]. უფრო სარწმუნოა ის, რომ ნაერთში Tm·HCl·H₂O და Tm·HBr·H₂O უნდა არსებობდეს წყალბადური ბმები NH ჯგუფის მონაწილეობით, რომელთა გაქრობა კოორდინაციულ ნაერთებში იწვევს $\nu_{\max} \text{NH}$ - ის მნიშვნელობის გაზრდას.

ცხრილში აღწერილი კომპლექსნაერთების სპექტრებში, შესაბამის ჰიდროჰალოგენიდებთან შედარებით, მკვეთრად იცვლება νN'H სპექტრული ხაზების მდგომარეობა. [4] შრომაში აღინიშნება ისეთივე მიმართულების გადანაცვლება $\nu_{\max} \text{N'H}$ ხაზებისა ლიდოკანის და თუთიის ქლორიდის კომპლექსნაერთში, ლიდოკაინქლორჰიდრატთან შედარებით. ამის მიზეზი შეიძლება იყოს 4 - 9 ნაერთებში წყალბადური ბმების გაქრობა N'H ჯგუფის მონაწილეობით, რომელიც არსებობდა ტრიმეკანის ჰალოგენჰიდრატებში, რადგან $\nu_{\max} \text{N'H}$ - ის წანაცვლება კომპლექსში შემავალი ლითონისა და აციდოლიგანდის ბუნებაზე არ არის დამოკიდებული. გარდა სიხშირეთა მაქსიმუმების გადანაცვლებისა, ნაერთთა სპექტრებში შეიმჩნევა νNH და νN'H ხაზების გადაფარვა, რაც ართულებს სინთეზირებული ნაერთების შესაბამისი ხაზების გარჩევას.

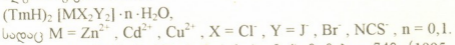


$T_m \cdot HCl \cdot H_2O$, $T_m \cdot HB \cdot H_2O$ და მათი კომპლექსების ინტრაწითელი სპექტრების შესწავლამ აჩვენა, რომ ლითონის ატომისა და ტრიმეკაინის კარბონილის ჯგუფის ენგბადატომს შორის ბმა არ წარმოიქმნება [2]. ამავე ავტორების მიერ $M(T_mH)_2 X_4$

$\cdot nH_2O$ (სადაც $M = CO^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Mn^{2+}, Cd^{2+}, X = Cl^-, Br^-, J^-, NCS^-$ $n = 0, 1$) ნაერთების სპექტრული ანალიზით აგრეთვე მტკიცდება, რომ ბმა ლითონსა და ენგბად ატომს შორის არ წარმოიქმნება, ხოლო ინტრაწითელი სპექტრების 140 - 400 cm^{-1} უბანში გამოკვლევის შედეგად დადგენილია, რომ მოცემული ნაერთები შეიცავენ $[MX_4]^{2-}$ - ტიპის ანიონებს და მათი ფორმულა შეიძლება ასე ჩაიწეროს:



ამ მონაცემებზე დაყრდნობით, ჩავთვალეთ, რომ ჩვენ მიერ მიღებულ ნაერთებსაც ანალოგიური აგებულება აქვს, იმ განსხვავებით, რომ $[MX_4]^{2-}$ - ანიონის ნაცვლად წარმოიქმნება $[MX_2Y_2]^{2-}$ ანიონი. შესაბამისად, კომპლექსნაერთების აღნაგობა შეიძლება ასე გამოისახოს:



3 ნაერთის ი.წ. სპექტრში ჩანს ხაზები მაქსიმუმებით 740, (1995, 2012) უბანში, რაც გამოწვეულია νCS და νCN რხევებით. 9 კომპლექსნაერთში რხევის შესაბამისი ხაზები გადაინაცვლებს უფრო მაღალი სიხშირეებისაკენ (2100 - 2086 cm^{-1}), ხოლო νCS - ის შესაბამისი ხაზები, მაღალი სიხშირეებისაკენ გადანაცვლების გარდა ($\sim 700 cm^{-1}$), გადაიფარება ტრიმეკაინისათვის დამახასიათებელი ხაზებით. νCS და νCN -ის ასეთი გადანაცვლება ადასტურებს νCS -ისა და ლითონს შორის კოორდინაციული ბმის არსებობას [7] აზოტის ატომით.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *А.Е.Швелашвили, М.А.Порай - Кошиц.* Стереохимия координационных соединений некоторых металлов с циклообразующими аминами. Тбилиси, 1979.
2. *Л.А.Метревели.* Автореферат канд. дисс. Тбилиси, 1988, 135 с.
3. *М.А.Азизов, Я.В.Рашкес, Х.Х.Хакимов, А.Л.Кац, А.О.Хамраев, С.И.Ибатов.* Ж. структ. химии. 6, 1967, 1100 - 1102.
4. *K.Dzudziel, A.Lodzinska.* J. Chem. 52, 1978, 1141 - 1148.
5. *Г.В.Цицладзе, Ю.Я.Бережiani, Ц.Ф.Хугашвили.* Коорд. химия. 15, 1989, 1001.
6. *Н.И.Желиговская, И.И.Черняев.* Химия комплексных соединений. М., 1966.
7. *Ю.Н.Кукушкин.* Химия координационных соединений. М., 1985, 175.



ვ.ციციშვილი, ლ.კვანტალიანი, გ.ჩივაძე (აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი), ნ.გოგოძე, დ.ჭიბაშვილი, ა.მაღლაფერიძე, მ.ქანთარია, მ.ალელიშვილი, ნ.მირძველი, გ.სტურუა

Cu-Ni- და *Cr*-შემცველი ფოჯაზიტების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების შესწავლა

წარმოდგენილია 4.03.1996

როგორც ცნობილია, ცეოლითების შემადგენლობა ახდენს გავლენას ადსორბციულ, თერმოგრაფიულ და კატალიზურ თვისებებზე. მითუმეტეს, როდესაც საქმე გვაქვს სხვადასხვა კატიონშემცველ ცეოლითებთან, რომლებიც გამოიყენებიან, როგორც კატალიზატორები და განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან როგორც ქიმიური შემადგენლობით, ისე ადსორბციული, თერმოგრაფიული და კატალიზური თვისებებით [1,2].

ჩვენ მიერ აღრე გამოქვეყნებულ ნაშრომში [3] ნაჩვენებია იყო პირდაპირი სინთეზის გზით მიღებული *Cu*, *Ni* და *Cr* ფორმის ფოჯაზიტების კატალიზური აქტივობა ნახშირბადის ოქსიდის დაჟანგვის რეაქციაში. ნაჩვენებია, რომ ნიკელ და ქრომ ფორმებთან შედარებით მაქსიმალურ აქტივობას იჩენს სპილენძშემცველი ფორმის ცეოლითი, მიუხედავად იმისა, რომ სპილენძისა და ნიკელის შემცველ ფორმებს ერთნაირი აქტივაციის ენერგიები გააჩნიათ (ნ კკალ/მოლი).

ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით კვლევამ და ქიმიური ანალიზის შედეგებმა მოგვცეს საშუალება გამოგვევლინა და დაგვედგინა სხვადასხვა კატიონშემცველი ნიმუშების ფიზიკურ-ქიმიური და კატალიზური თვისებების საერთო კანონზომიერებანი.

შესწავლილ იქნა *Cu*, *Ni* და *Cr* ფორმის ფოჯაზიტების ადსორბციული თვისებები წყლის ორთქლის მიმართ, მაღალ ვაკუუმურ მიკროსასწორის დანადგარზე 20°C ტემპერატურის პირობებში (ნიმუშები ვაკუუმირებულია 350°C-ზე).

ექსპერიმენტულ მონაცემებზე დაყრდნობით *Cu*, *Ni* და *Cr*-შემცველი ნიმუშები ავლენენ ცეოლითებისათვის დამახასიათებელი ფოროვანი სტრუქტურის თვისებებს, შედარებით დაბალი წონასწორული წნევების ($PIPs = 0,40$) უბანში წყლის ორთქლის შთანთქმის უნარს, რომელიც *Cu*, *Ni* და *Cr* ფორმის ფოჯაზიტებში იზრდება შემდეგი თანმიმდევრობით: $NaCrY > NaCuY > NaNiY$.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, თუ სხვა ფორმებთან შედარებით სპილენძშემცველი ფორმა ამჟღავნებს მაღალ კატალიზურ აქტივობას, რაც უთუოდ გამომდინარეობს კატიონის ბუნებიდან, ნიკელშემცველი ფორმა პირიქით, ხასიათდება მაღალი ადსორბციული უნარით, რომელიც მოცემულია ადსორბციის იზოთერმების სახით (სურ.1 და ცხრ.1), ხოლო შედარებით დაბალ ადსორბციულ თვისებებს ავლენენ სპილენძ- და ქრომშემცველი ფორმები.

ცხრილი 1

წელის ორთქლის ადსორბცია სხვადასხვა წონასწორულ წნევებზე
სინთეზირებულ *Cu, Ni* და *Cr* ფორმის *Y*-ტიპის ცეოლითებზე (20°C)

ცეოლითი	p/ps						
	$\frac{a, \text{მოლი}}{g}$ $\frac{V, \text{სმ}^3}{g}$	0,02	0,05	0,20	0,40	0,60	0,80
NaY	a	11,63	13,02	14,80	15,80	16,20	16,40
	V	0,2094	0,2344	0,2664	0,2844	0,2916	0,2952
NaCuY	a	9,70	10,60	12,38	13,70	14,43	15,20
	V	0,1746	0,1908	0,2228	0,2466	0,2597	0,2736
NaNiY	a	11,80	12,75	14,48	15,40	15,80	16,08
	V	0,2124	0,2295	0,2607	0,2772	0,2844	0,2844
NaCrY	a	4,20	5,73	8,80	10,00	10,62	11,02
	V	0,0756	0,1032	0,1584	0,1800	0,1912	0,1984

ქიმიურმა და რენტგენოსტრუქტურულმა ანალიზებმა მოგვცეს დამატებითი ინფორმაცია იმის შესახებ, რომ პირდაპირი სინთეზის გზით მიღებული *Cu, Ni* და *Cr*-შემცველი ფორმების ნიმუშები მიეკუთვნებიან *Y*-ტიპის ცეოლითების კლასს. მიღებული შედეგების საფუძველზე გამოთვლილია აღნიშნული ნიმუშების ელემენტარული უჯრედი და მოცემულია ქიმიური ფორმულა ოქსიდებში (ცხრილი 2, 3). მე-4 ცხრილში მოყვანილია რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის მონაცემები.

ცხრილი 2

ფოთახიტების ქიმიური შემადგენლობა, გამოსახული ფორმულით

ცეოლითი	ოქსიდების მოლური შეფარდება
NaCuY	1,1Na ₂ O 0,54CuO Al ₂ O ₃ 4,3SiO ₂ 7,0H ₂ O
NaNiY	1,2Na ₂ O 0,65NiO Al ₂ O ₃ 4,2SiO ₂ 8,6H ₂ O
NaCrY	1,1Na ₂ O 0,31Cr ₂ O ₃ Al ₂ O ₃ 4,3SiO ₂ 7,3H ₂ O

ცხრილი 3

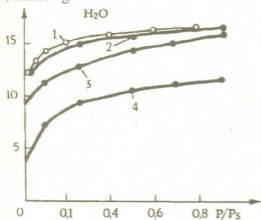
ფოთახიტების ელემენტარული უჯრედის შემადგენლობა

ცეოლითი	იონების შემცველობა							ელემენტარული უჯრედი
	Si	Al	Na	Cu	Ni	Cr	H ₂ O	
NaCuY	131	64	53,2	15,5	-	-	203	Na _{53,2} Cu _{15,5} [(AlO ₂) ₆₄ (SiO ₂) ₁₃₁] 203 H ₂ O
NaNiY	128	62	56,3	-	18,8	-	249	Na _{56,3} Ni _{18,8} [(AlO ₂) ₆₂ (SiO ₂) ₁₂₈] 249 H ₂ O
NaCrY	131,5	64	57,5	-	-	17,5	205	Na _{57,5} Cr _{17,5} [(AlO ₂) ₆₄ (SiO ₂) _{131,5}] 205 H ₂ O

Cu, Ni და Cr ფოჯაზიტების სიბრტყეთა შორის მანძილები (d, Å)
და რეფლექსების ინტენსივობა (Y)

No	Cu- ფოჯაზიტი		Ni-ფოჯაზიტი		Cr-ფოჯაზიტი		ბრეკის მიხედვით NaY	
	⁰	Y	⁰	Y	⁰	Y	⁰	Y
	dÅ		dÅ		dÅ		dÅ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	14,49	98	14,627	100	14,442	24	14,418	100
2	8,45	27	8,78	46	7,138	47	8,784	9
3	7,86	25	7,015	30	5,073	27	7,487	5
4	5,86	52	5,405	78	4,171	50	7,173	2
5	4,88	26	4,575	31	3,246	100	5,695	30
6	4,60	48	4,230	56	3,20	6	5,062	1
7	4,23	25	3,855	27	2,779	10	4,772	13
8	3,98	25	3,678	90	2,698	52	4,387	32
9	3,85	100	3,480	18	2,292	10	3,915	4
10	3,48	78	3,376	20	2,286	22	3,779	32
11	3,28	28	3,132	100	2,277	5	3,580	2
12	3,08	25	2,960	38			3,468	5
13	2,97	31	2,877	70			3,311	16
14	2,94	80	2,780	100			3,227	5
15	2,78	28	2,714	60			3,025	6
16	2,68	12	2,692	60			2,919	10
							2,860	22

a, mmol / g



სურ.1. წყლის ორთქლის ადსორბციის
იზოთერმები (20°C) Cu, Ni, Cr-შემცველ
ფოჯაზიტებზე: 1 - NaY (ეტალონი),
2 - NaNiY, 3 - NaCuY, 4 - NaCrY

ფოჯაზიტის ე.წ. სპექტრს, იგი განსხვავდება აღნიშნული ცეოლითებისაგან შთანთქმის
ზოლის ინტენსივობით (სურ.2).

ჩვენ მიერ სინთეზირებულ
ცეოლითებში მიმდინარე პროცესების
შესწავლის მიზნით გადაღებულ იქნა ე.წ.
სპექტრები, რომელთაც სხვადასხვა
კატალიზური აქტივობა ჰქონდათ.
როგორც სურათიდან ჩანს, NaY, Cu, Ni
და Cr-შემცველი ფორმის ფოჯაზიტების
ინფრაწითელი მეთოდით კვლევისას NaY-
სპექტრში ჩანს ყველა შთანთქმის ზოლი,
რომელიც ახასიათებს აღნიშნული ტიპის
ცეოლითებს: 470, 510, 585, 720, 800,
1030, 1140 cm^{-1} უბანში, Cu და Ni
შემცველი ფოჯაზიტების შემთხვევაშიც
არ აღინიშნება რაიმე მნიშვნელოვანი
ცვლილება სპექტრში და მცირედ
განსხვავდება NaY-ეტალონის სპექტრი-
საგან. ხოლო რაც შეეხება Cr-შემცველი



ნიმუშების თერმული კვლევა ჩატარებულ იქნა უნგრულ დერივატოგრაფზე. ექსპერიმენტის პირობებია: ეტალონი - Al_2O_3 , გალვანომეტრის მგრძობელობა - DTA-DTA-1/5, T_g-200, T-1200, გახურების სიჩქარე - $10^{\circ}C/წთ$ გარემო-ჰაერი.

სამივე ნიმუშის თერმოგრამა ტიპურია ფოფაზიტებისათვის, თერმული ანალიზების შედეგები მოცემულია მე-5 ცხრილში და მე-3 სურათზე.

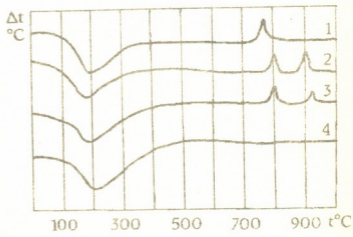
ცხრილი 5

Cu, Ni და Cr-შემცველი ფოფაზიტების თერმული ანალიზის შედეგები

ნიმუში	წყლის დანაკარგი წონ. %	დეჰიდრაციის ტემპერატურული ინტერვალი $^{\circ}C$	დეჰიდრაციის მაქსიმალური სიჩქარის ტემპერატურა $^{\circ}C$	ეგზოთერმული პიკი $^{\circ}C$	შეიშენა
NaY	26,0	60-400	200	793	დ ბრეკი [3]
NaCuY	24,1	50-350	170	800; 900	
NaNiY	25,6	50-360	160	800; 920	
NaCrY	20,0	50-350	200		

ცხრილში შედარების მიზნით შევიტანეთ NaY-ის თერმული მონაცემები. როგორც ცხრილიდან ჩანს, ეს შედეგები ურთიერთთანხვედრაშია.

აღსორბციული ტევადობა ყველა ნიმუშისათვის მაღალია. თუ ვიმსჯელებთ DTA მრუდზე ეგზოპიკის მდებარეობის მიხედვით, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ნიმუშები მაღალი თერმული სტაბილურობით ხასიათდებიან. სპილენძისა და ნიკელის ფორმის ფოფაზიტების DTA მრუდზე უფრო მაღალ ტემპერატურაზე ($900, 920^{\circ}C$) აღირიცხება კიდევ ერთი ეგზოთერმული ეფექტი. შეიძლება ვივარაუდოთ ასეთი მექანიზმი: $800^{\circ}C$ -ზე გახურებისას ამ ნიმუშებში ირღვევა კრისტალური სტრუქტურა, ხდება ამორფიზაცია, რაც შესაბამის მრუდზე პირველი ეგზოპიკის სახით გამოიხატება (როგორც ცხრილიდან ჩანს, იგივე პროცესი ეტალონურ NaY-ში მიმდინარეობს $793^{\circ}C$ -ზე).



სურ.2. Cu, Ni, Cr-შემცველი ფოფაზიტების DTA-ს სპექტრი 1 - NaY(ეტალონური), 2 - NaNiY, 3 - NaCuY, 4 - NaCrY

სურ.3. სინთეტური ცეოლიტების DTA მრუდები: 1 - NaY2 - CuY3 - NiY4 - CrY

ცნობილია, რომ გახურებისას ბევრი ცეოლითი ამორფიზაციის ფაზის გავლით უფრო მაღალ ტემპერატურაზე ახალ ფაზაში გადადის. ეს პროცესიც DTA მრუდზე ეგზოპიკის სახით აისახება. შესაძლოა Cu და Ni ფორმების DTA მრუდზე აღრიცხული დამატებითი ეგზოპიკები სწორედ ამ პროცესებით იყოს განპირობებული. ისიც სავარაუდოა, რომ ეს ფაზური გარდაქმნები დაკავშირებული იყოს სწორედ სპილენძისა და ნიკელის კატიონების ბუნებასთან.

შესწავლილი ნიმუშების თერმულ მრუდებზე (სურ.3) ერთი ენდოთერმული რეაქცია აისახება. მრუდების ერთმანეთთან შედარება გვიჩვენებს, რომ ენდოთერმული რეაქცია დაკავშირებულია ნიმუშების დეჰიდრატაციასთან.

წყალი იკარგება მოკლე ტემპერატურულ ინტერვალში $\sim 50-400^{\circ}C$ ერთ ეტაპად. მხოლოდ Cu და Cr ფორმებში ჩნდება უმნიშვნელო საფეხური $120^{\circ}C$ -ზე, რაც მიუთითებს ამ ორ ცეოლითში ენერგეტიკულად სხვა დონეზე მყოფი წყლის არსებობაზე.

როგორც მოცემული ცხრილიდან ჩანს, დეჰიდრატაციის სიჩქარე მაქსიმუმს $\sim 200^{\circ}C$ -ზე აღწევს. დეჰიდრატაცია მთავრდება $\sim 400^{\circ}C$ -ზე და ამის შემდეგ წონაში კლება პრაქტიკულად არ აღირიცხება, ე.ი. ამ ტემპერატურაზე სრულად მთავრდება დეჰიდრატაციის პროცესი, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს ამ ცეოლითების პრაქტიკული გამოყენების თვალსაზრისით. ამ მხრივ მეტად მნიშვნელოვანია ის ფაქტიც, რომ აღნიშნული ცეოლითები მაღალი ადსორბციული თვისებებით და თერმოსტაბილურობით ხასიათდებიან.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

პ.მელიქიშვილის სახ. ფიზიკური და ორგანული
 ქიმიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *И.Е.Неймарк*. Синтетические минеральные адсорбенты и носители катализаторов. Киев, 1982, 110-125.
2. *Д.Брек*. Цеолитовые молекулярные сита. М., 1976, 248.
3. *Г.О.Чивадзе, В.Г.Цицишвили, А.Н.Маглаперидзе, Н.А.Амиralова, М.В.Алелишвили*. Сообщ. АН Грузии, .144, 2, 1991, 385-388.



გნაბახტიანი, ი.პისარესკი, ლ.ჩაჩხიანი, ი.გიორგაძე

LAP-ის კრისტალების ძირითადი აკუსტიკური ოპტიკური თვისებები

წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ.ცინცაძემ 26.03.1996

როგორც ცნობილია, L-არგინინ ფოსფატ მონოჰიდრატის ($C_6H_{15}O_2N_4 \cdot H_2PO_4 \cdot H_2O$)-LAP კრისტალებს ახასიათებთ საკმაოდ მაღალი ოპტიკური მედეგობა და მეორე პარამონიკის გენერაციის კარგი ეფექტურობა ლაზერის გამოსხივებისთვის ხილულ და ახლო ინფრაწითელ დიაპაზონში [1]. ამ თვისებებით LAP ლიდერია თითქმის ყველა L-არგინინულ მარილებს შორის [2].

ჩვენ მიერ გამოკვლეულ იქნა LAP-ის კრისტალების დიელექტრიკული, დრეკადი და პიეზოელექტრული თვისებები [3]. ამ კრისტალებს ახასიათებთ საკმაოდ კარგი პიეზოელექტრული და აკუსტიკური მახასიათებლები, უფრო მისაღები, ვიდრე მსგავს L-არგინინ ჰიდრობრომიდ მონოჰიდრატის (LAB) და L-არგინინ ჰიდროქლორიდ მონოჰიდრატის (LACH) კრისტალებს [4].

ამის გამო გარკვეულ ინტერესს წარმოადგენს LAP-ის კრისტალების აკუსტიკურ-ოპტიკური თვისებების კვლევა. ჩვენი ნაშრომის მიზანია განვსაზღვროთ LAP-ის პირველადი ძირითადი აკუსტიკურ-ოპტიკური მახასიათებლები და ამ კრისტალების ტექნიკაში გამოყენების შესაძლებლობა აღნიშნული თვალსაზრისით.

LAP-ის კრისტალები სიმეტრიის მიხედვით მიეკუთვნებიან მონოკლონურ სინგონიას. სივრცობრივი ჯგუფია $P2_1$. მესრის პარამეტრებია $a=10,898 \pm 0,003$; $b=7,910 \pm 0,002$; $c=7,339 \pm 0,002$ Å; $\beta=97,97 \pm 0,03$ [5]. მათ გააჩნიათ გახლეჩის სობრტყე (100) [6].

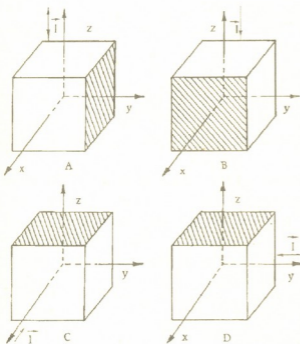
ჩვენ შემთხვევაში ექსპერიმენტებისათვის საჭირო კრისტალები სინთეზირდებოდა წყალხსნარებიდან, რომლებიც შეიცავდა L-არგინინს და ორთოფოსფორმჟავას 1:1 მოლური თანაფარდობით. საერთოდ, LAP ხასიათდება წყალში საკმაოდ დაბალი ხსნადობით [6]. მას გახურებისას არ აქვს ფაზური გადასვლა დეჰიდრატაციის ტემპერატურამდე $t = 140^\circ C$ [7]. LAP-ის კრისტალიზაციის ძირითად პრობლემას წარმოადგენს წყალხსნარებში მიკროორგანიზმების წარმოშობა და შემდგომი გამრავლება, რაც აფერხებს მონოკრისტალის გაზრდას, მკვეთრად აუარესებს მის ხარისხოვნებას. ამ გავლენის თავიდან ასაცილებლად ჩვენ ვიყენებდით ხსნარების სპეციალურ ფილტრაციას მემბრანული ფილტრების საშუალებით, რის შედეგად დროის დიდი მონაკვეთის განმავლობაში ხსნარებში არ დაიშვირებოდა მიკროორგანიზმების წარმოშობა და გამრავლება. ხსნარების გაყვითლებიდან თავის დასაღწევად მონოკრისტალის ზრდა მიმდინარეობდა ჩაბნელებულ კრისტალიზატორში დაბალ ტემპერატურულ ინტერვალში $45-25^\circ C$ ტემპერატურის დაწვევის მეთოდის საშუალებით. ასეთ პირობებში გაზრდილი იქნა 4 სმ-მდე ზომების ხარისხოვანი მონოკრისტალები. გაზრდილი მონოკრისტალების ხარისხოვნება

ფასდებოდა მათი სხივგამტარობით. ჩვენ შემთხვევაში 5 მმ-ის სისქის კრისტალებს 95%-იანი შთანთქმა ჰქონდათ $\lambda=230$ ნმ ტალღის სიგრძეზე.

ექსპერიმენტებისათვის გაზრდილი მონოკრისტალებიდან მზადდებოდა ~1,5 სმ ზომის კუბიკური ელემენტები. მათი ორიენტირება ხორციელდებოდა ჩვენ მიერ შემოტანილი კრისტალოფიზიკურ ღერძთა სისტემის საშუალებით. "Y" კრისტალოფიზიკურ ღერძად არჩეულ იქნა "b" კრისტალოგრაფიული ღერძი, რომელიც თანხვედრა მეორე რიგის სიმეტრიის ღერძს. "z" კრისტალოფიზიკურ ღერძად მიღებულ იქნა "c" კრისტალოგრაფიული ღერძი, ხოლო "X" კრისტალოფიზიკური ღერძი მართობია O_{yz} სიბრტყის და ადგენს "a" კრისტალოგრაფიულ ღერძთან 80° -იან კუთხეს. ღერძთა ასეთი სისტემის მიღების შემთხვევაში კრისტალოოპტიკური "α" და "γ" ღერძები მდებარეობენ O_{xz} სიბრტყეში და ადგენენ 35° -იან კუთხეებს შესაბამისად "x" და "z" ღერძებთან [1].

კრისტალოფიზიკური ღერძები საშუალებას იძლევიან შედარებით მარტივად, კრისტალის ბუნებრივი დაწახნაგების საშუალებით განხორციელდეს ელემენტთა ორიენტირება. საბოლოო, ზუსტი ორიენტირება ხორციელდებოდა კუთხეების საშუალებით [8]. გახლეჩის სიბრტყის არსებობის გამო ელემენტთა პოლირება ხორციელდებოდა ეთილენგლიკოლზე დიდი სიფრთხილით.

ფოტოდრეკადი კონსტანტების გაზომვა $P_{ij} \left(\Delta \frac{1}{n_i^2} \right) = P_{ij} e_j$, სადაც $i, j = 1, \dots, 6$,



n_i - გარდატეხის მაჩვენებელია, e_j - დეფორმაცია ხდებოდა დიქსონისა და კონენის მეთოდის საშუალებით [9]. ეტალონურ ნიმუშად გამოყენებულ იქნა კვარცი. ფოტოდრეკადი კონსტანტების მნიშვნელობები ფასდებოდა ფორმულიდან

$$\frac{J_3 J_4}{J_1 J_2} = \frac{P_s^2 n_s^6}{P_q^2 n_q^6} \frac{\rho_s V_s^3}{\rho_q V_q^3} \quad (1)$$

სადაც J_1 - გასული ბგერის მიერ გაბნეული სინათლის ინტენსივობაა, J_2 - ელემენტში გასული და წახნაგიდან არეკლილი ბგერის მიერ განპირობებული სხივის ინტენსივობა, J_3 და J_4 - ელემენტში გასული და

თავისუფალი წახნაგიდან არეკლილ ბგერათა მიერ დეგრადირებულ სხივთა ინტენსივობებია. P_q, n_q, ρ_q და V_q - კვარცის (ეტალონის) ფოტოდრეკადი მუდმივა, გარდატეხის მაჩვენებელი, სიმკვრივე და ბგერის სიჩქარე. P_s, n_s, ρ_s და V_s ანალოგიური მაჩვენებლებია საკვლევი ელემენტისათვის. ელემენტთა ორიენტაციები ნაჩვენებია სურ.1-ზე.

განსაზღვრულ იქნა იზოტროპული პროცესის შესაბამისობა - ექვსი ფოტოდრეკადი მუდმივად მნიშვნელობა. ექვსპერიმენტებში გამოყენებული ბგერის სიხშირე იყო ~30 მგპც, რომლის დროს ბგერის კუთხეები დაახლოებით 2-ის ტოლია. სხივის წყაროდ გამოყენებულ იქნა He-Ne ლაზერი ($\lambda=532$ ნმ). სელმეიერის განტოლებას და გარდატეხის მაჩვენებელთა მნიშვნელობებს ვიღებდით [1] ნაშრომიდან. აკუსტიკურ ტალღათა სიჩქარეები გაზომილ იქნა ჩვენ მიერ [3].

P_{22} კონსტანტის გაზომვისათვის (სურ.1 ა) ელემენტში "z" ღერძის გასწვრივ ვრცელდებოდა "y" პოლარიზაციის სხივი და "y" ღერძის გასწვრივ - გრძივი აკუსტიკური ტალღა, რომლის სიჩქარეა $V_{yy}=4,56 \cdot 10^3$ მ/წმ. იმის გათვალისწინებით,

რომ კრისტალის სიმკვრივეა $\rho=1,53 \cdot 10^3$ კგ/მ³, განსაზღვრა $P_{22}=0,0269$ ნ/მ².

P_{11} კონსტანტის მნიშვნელობა დადგინდეს იქნა "x" პოლარიზებული სინათლის "z" ღერძის გასწვრივ და გრძივი აკუსტიკური ტალღის "x" ღერძის მიმართულებით გავრცელებისას ($V_{xx}=3,421 \cdot 10^3$ მ/წმ) (სურ. 1 ბ). ასე მივიღეთ $P_{11}=0,0043$ ნ/მ².

ანალოგიურად იქნა ნაპოვნი $P_{23}=0,0219$ ნ/მ² და $P_{21}=0,036$ ნ/მ² (სურ. 1 გ).

კრისტალის ოპტიკური ორღერძობის გამო გარკვეული სირთულეები წარმოიშვა P_{13} და P_{33} კონსტანტების განსაზღვრისას. აქ ჭერ ნაპოვნი იქნა P_{13} და P_{33} -ის მნიშვნელობები. ამ შემთხვევაში (სურ. 1 დ) "y" ღერძის გასწვრივ ვრცელდებოდა შესაბამისად პოლარიზაციის მქონე ელექტრომაგნიტური ტალღა, ხოლო ბგერითი ტალღა კი "z" ღერძის გასწვრივ. P_{13} და P_{33} განსაზღვრება ფორმულებიდან

$$P_{13} = P'_{13} \cos^2 w + P'_{33} \sin^2 w \tag{2}$$

$$P_{33} = P'_{13} \sin^2 w + P'_{33} \cos^2 w,$$

სადაც $W=35^\circ$ კუთხეა კრისტალოოპტიკურ "α" და კრისტალოფიზიკურ "x" ღერძს შორის.

P_{11} -ის მიღებულ მნიშვნელობათა საფუძველზე გამოთვლილ იქნა აკუსტიკუროპტიკური ხარისხოვნების მნიშვნელობები შემდეგი ფორმულით:

$$M = \frac{n^6 P^2}{\rho V^3} \tag{3}$$

სადაც n - გარდატეხის მაჩვენებელია, P - სიმკვრივე, V - ბგერის სიჩქარე. ყველა ძირითადი მიღებული მონაცემი თავმოყრილია ცხრილ 1-ში. აქ ყურადღებას იქცევს M_{11} -ის შედარებით დაბალი მნიშვნელობა, რაც გამოწვეულია LAP-ის აგებულებით. მისი წყობა "x" ღერძის გასწვრივ ფენოვანია. ერთმანეთს ენაცვლებიან L-არგინინის იონების და H_2PO_4 - H_2O -ის ფენები, რომელთა შორის კავშირი წყალბადური ბმებით ხორციელდება. სწორედ ამის გამო LAP-ს აქვს (100) გახლეჩვის სიბრტყე.

როგორც ცხრილი 1-დან ჩანს, LAP-ს არა აქვს აკუსტიკურ-ოპტიკური ხარისხოვნების საკმაოდ მაღალი მაჩვენებლები, მაგრამ თუ მხედველობაში მივიღებთ ამ კრისტალის გამჭვირვალობას ახლო ულტრაიისფერ დიაპაზონში და მის მაღალ ოპტიკურ მედეგობას, შეიძლება დავასკვნათ, რომ იგი წარმოადგენს საკმაო ინტერესს პრაქტიკული გამოყენებისათვის. ამიტომაც LAP-ის კრისტალების აკუსტიკურ-ოპტიკური თვისებების კვლევას არა მარტო მეცნიერული დანიშნულება აქვს.

ცხრილი 1

LAP-ის კრისტალის ძირითადი აკუსტიკურ-ობტიკური მახასიათებლები

ლაზერის გამოსხივება			აკუსტიკური ტალღა			
ტალღის სიგრძე λ	გარდატეხის მაჩვენებელი	პოლარიზაცია	პოლარიზაცია	ტიპი	სიჩქარე $V \times 10^3$ მ/წმ	აკუსტიკურ-ობტიკური ხარისხი $M \times 10^{-15}$ წმ ³ /კგ
532	1,5736	x	x	QL*	3,421	$M_{11} = 0,453$
	1,5736	x	z	QL	4,470	$M_{13} = 14,692$
	1,5725	y	x	QL	3,421	$M_{21} = 32,012$
	1,5725	y	y	QL	4,563	$M_{22} = 7,550$
	1,5725	z	z	QL	4,470	$M_{23} = 5,285$
	1,5773	z	z	QL	4,470	$M_{33} = 9,075$

*) QL - კვაზისრფივი

ლიტერატურა

1. D.Eimerl, S.Velsko, L.Davis, F.Wang, G.Loiacono, G.Kennedy. IEEE J. of Quant., Elec., **25**, 2, 1989, 179-190.
2. S.B.Monako, L.E.Davis, S.P.Velsko, F.T.Wang, D.Eimerl, A.Zalkin. J. of Crystal Growth., **85**, 2, 1987, 252-255.
3. И.М.Силвестрова, Г.Н.Набахтиани, В.Б.Козин, В.А.Кузнецов, Ю.В.Писаревский. кристаллография, **37**, 6, 1992, 1535-1541.
4. S.Hausull, J.Chrosh, F.Gnanam, E.Fiorentine, K.Recker, F.Wall-Rafen. Cryst., Res., Technol., **25**, 6, 1990, 617-623.
5. W.Saenger, K.G.Wagner. Acta Cryst., **28**, 7, 1972. 2237-2244.
6. G.Dhanaraj, T.Sripathi, H.L.Bhat. J. of Crystal Growth. **113**, 3/4, 1991, 456-464.
7. B.A.Fuch, C.K.Syn, S.P.Velsko. Appl. Optics., **28**, 20, 1989, 4465-4472.
8. K.Aoki, K.Nagano, I.Lituka. Acta Cryst., **28**, 11, 1971, 11-21.
9. R.W.Dixon, M.G.Cohen. Appl. Phys., Letters, **8**, 8, 1966, 205-206.

მ.თოფჩიშვილი

საქართველოს ქვედაიურულ-აალენური ნალექების ზონური დანაწილება ამონიტების მიხედვით

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ე.გამყრელიძემ 14.05.1996

საქართველოს ქვედაიურულ-აალენური ნალექების ზონური დანაწილების საკითხს პირველად ქ.ნუცუბიძე შეეხო [1]. ამ მკვლევარის მიერ გამოყოფილი ზონები ფაქტიურად ფაუნთან შრეებს წარმოადგენენ და არა ბიოსტრატოგრაფიულ ზონებს.

1965 წლიდან, ამონიტური ფაუნის მონოგრაფიული შესწავლის საფუძველზე, ავტორი აწარმოებს საქართველოს ქვედაიურული და აალენური ნალექების დეტალურ სტრატოგრაფიულ დანაწილებას. ახლად მოპოვებულმა პალეონტოლოგიურმა მასალამ საშუალება მოგვცა მნიშვნელოვნად შეგვესო ამ ნალექების ზონური დანაწილების სქემა.

საქართველოს ქვედაიურულ-აალენურ ნალექებში დადგენილი უძველესი ზონაა სინემურულის ქვედა ზონა *A.bucklandi* (იხ.ტაბულა). იგი ლოქის შვერილზე ლოქიას წყების ქარსიანი ქვიშაქვების ფუძეში მდიდარი ამონიტური კომპლექსით ხასიათდება: *Vermiceras spiratissimum* (Quenst.), *V.francisci* Fuc., *V.cf.solarioides* (Cos.), *V.scylla* (Reyn.), *V.ultraspiratum* Fuc., *Metophioceras cordieri* (Can.), *Arnioceras kridioides* (Hyatt) და სხვ. [2]. მისი არსებობა *Vermiceras scylla* (Reyn.), *V.spiratissimum* (Quenst) და *V.spiratissimum latesella* Erb.-ის საფუძველზე სვანეთის წყების ქვედა შრეებშიც არის დადგენილი.

ლოქის შვერილზე *A.bucklandi*-ს ზონის შემცველი ნალექების ზემოთ, ისევ წვრილმარცვლოვან ქარსიან ქვიშაქვებში, შეგვხვდა *Arnioceras ceratitoides* (Quenst.), *A.harpoideis* Erb. და *A.italicum* Fuc., რომელთა მიხედვით აქ გამოიყოფა სინემურულის მეორე სტანდარტული ზონა *A.ceratitoides*. სვანეთში იგი აგებულია სვანეთის წყების ქვედა ნაწილით (ქვიშაქვები თიხაფიქლების შრეებით), სადაც ნაპოვნია *Arnioceras geometricoides* Erb., *A.cf.miserabile* (Quenst.), *A.speciosum* Fuc.[3]. ქვედა სინემურულის ზედა ზონასთან *C.turneri* შეპირისპირებულია ლოქიას წყების ქარსიანი ქვიშაქვების *M.birchi*-ის შრეები. ამ წყებაში ნანახი *Oxynoticeras cf. doris* (Reyn.) პასუხობს ზედა სინემურულის *O.oxynotum*-ის ზონას.

განსაკუთრებით მრავალრიცხოვანი ამონიტებით ხასიათდება სინემურულის სულ ზედა ზონა-*E.raricostatum*. ამონიტების უმეტესობა თავმოყრილია აფხაზეთში, ჩედიმის წყების კირქვებში და მერგვლებში. ისინი წარმოდგენილია *Paltechioceras boehmi* (Hug), *P.elicitum* Buck., *P.nobile* (Truem. et Will.), *P.favrei* (Hug), *P.aureolum* (Buck. et Simp.), *P.dignatum* Truem. et Will., *P.rothpletzi* (Böse), *P.studeri* (Hug), *P.bavaricum* (Böse), *P.recticostatum* (Truem. et Will.), *Epideroceras lorioli* (Hug), *E.steinmanni* (Hug.), *Leptechioceras meigeni* (Hug), *L.nodotianum* (d'Orb.), სახე-ინდექსი *Echioceras raricostatum* (Ziet.). *E.raricostatum*-ის ზონა გაცილებით ღარიბი ამონიტური კომპლექსის საფუძველზე დადგენილია ლოქის შვერილზე.

ს ი ნ ქ შ უ ლ ა ი	ზ	<i>Echioceras raricostatum</i>	<i>Echioceras raricostatum</i>	<i>Echioceras raricostatum</i> (Ziet.), <i>Epideroceras steinmanni</i> (Hug), <i>Paltechioceras boehmi</i> (Hug), <i>P. elicatum</i> Buck., <i>P. studeri</i> (Hug) და სხვ.
	ქ	<i>Oxynoticeras oxynotum</i>		<i>Oxynoticeras cf. doris</i> (Rein.)
	შ	<i>Asteroceras obtusum</i>		
	უ	<i>Caenisites turneri</i>	<i>Microderoceras cf. birchi</i>	<i>Microderoceras cf. birchi</i> (Sow.)
	ლ	<i>Arnioceras semicostatum</i>	<i>Arnioceras semicostatum</i>	<i>Arnioceras geometricoides</i> Erb., <i>A. cf. miserobile</i> (Quenst.), <i>A. speciosum</i> Fuc., <i>A. harpoides</i> Erb., <i>A. ceratitoides</i> (Quenst.) და სხვ.
	ა	<i>Arietites bucklandi</i>	<i>Arietites bucklandi</i>	<i>Arietites bisulcatus</i> (Brug.), <i>Epammonites cf. laticulcata</i> (Quenst.), <i>Vermiceras spiratissimum</i> (Quenst.), <i>V. francisci</i> Fuc., <i>V. ultraspiratum</i> Fuc. და სხვ.
ჰეტანგური				

ლოქჩაის წყების ქარსიან ქვიშაქვებში აღმოჩენილია [2] *Gleviceras cf. sulcatum* (Pia), *Echioceras raricostatum* (Ziet.), *Paltechioceras dignatum* Truem. et Will., *P. rothpletzi* (Böse), *P. elicatum* Buck., *Epideroceras steinmanni* (Hug) და *E. lorioli* (Hug).

აფხაზეთში გვიანინემურული ამონიტები ზევით იცვლება სხვა კომპლექსით, რომელიც საფუძვლად დაედო პროვინციულ ზონას (ლონას) *T. masseanum*-ს. იგი აგებულია ახიპოს წყების ტერიგენულ-კარბონატულ ნალექებში ნაპოვნი ამონიტებით *Uptonia angustata* (Quenst.), *Platypleuroceras masseanum* (d'Orb.), *Platypleuroceras variscoi* Par. აღნიშნულ ზონას ძირულის შვერილზე შეესაბამება ყვირილის წყების კარბონატული ნალექების ქვედა ნაწილი, რომელშიც ნაპოვნია *Tropidoceras stahli* (Opp.), *Polymorphites* sp., *Acanthopleuroceras* sp.

მომდევნო ზონის *P. davoci*-ს არსებობა საქართველოში დადგენილია ერთი ამონიტით *Androginoceras cf. latecostatum* (Sow.). მისი ადგილსამყოფელია აფხაზეთის ტერიგენულ-კარბონატული ნალექები (ახიპოს წყება).

მრავალი ამონიტის ნაშთი ნაპოვნია პლინსბახური სართულის ზედა ნაწილში. განსაკუთრებით ხშირად აქ გვხვდება *Amaltheus margaritatus* Montf. აფხაზეთში კუტიკულის ვულკანოგენურ-ტერიგენულ ნალექებში, ეს ამონიტი *Amaltheus subnodosus* (Y. et B.), *A. laevigatus* (How.), *A. subnodosus howarthi* Steph. და *A. stokesi* (Sow.)-თან ერთადაა განვითარებული. ეს უკანასკნელი ფორმა ზედა პლინსბახურის ქვედა ზონის *A. stokesi*-ის სახე-ინდექსია. იგი სხვა შემთხვევებშიც (ლათას და მუაშის წყებები) ზედა ზონის ამონიტებთან გვხვდება. აქედან გამომდინარე, ამ დონეზე საქართველოში გამოიყოფა მხოლოდ ლონა *A. subnodosus*, რომელიც თავის მოცულობით ორ სტანდარტულ ზონას *A. stokesi*-ისა და *A. margaritatus*-ს შეესაბამება. პროვინციული ზონა *A. subnodosus* საკმაოდ კარგად დგინდება ძირულის შვერილის წითელ კირქვებში, რომლებიც შეიცავენ *A. subnodosus howarthi* Steph., *Fuciniceras isseli* (Euc.), *F. boscense* (Reyn.) და *Arietoceras bertrandi* (Kill.).

პლინსბახური სართულის ზონური სტანდარტის უკანასკნელი წევრი-ზონა *P. spinatum* გამოიყოფა მხოლოდ ძირულის შვერილზე, სადაც შროშის წყების წითელ კირქვებში აღინიშნება [4] *Pleuroceras spinatum* (Brug.) და *P. coronatum* (Quenst.).

ქვედატოარსულ ნალექებში *Harpoceras falcifer* (Sow.), *H. mulgravium* (Y. et B.) და *Hildaites cf. serpentinus* (Rein.) ცალკეული მონაპოვრების მიხედვით გამოიყოფა

H.falcifer-H.serpentinus-ის შრეები. ქვედა ტოარსულის ზედა ნაწილი და ზედა ტოარსულის ფუძე განიხილება, როგორც პროვინციული ზონა (ლონა) *P.subarmatum*, რომელიც მოცულობით პასუხობს ორ მეზობელ სტანდარტულ ზონას *H.bifrons* და *H.wariabilis*. იგი სარწმუნოდ დადგენილია ძირულის შვერილის წითელ კირქვებში, სადაც მდ.ყვირილაზე განლაგებულია მისი სტრატოტიპი. აქ ზონის შემადგენლობაში მონაწილეობენ *Catacoeloceras raquinianum* (d'Orb.), *Peronoceras subarmatum* (Y.et B.), *Hildoceras bifrons* (Brug.), *Phymatoceras cf. tirolense* (Hauer), *P.comense evoluta* (Brug.), *Praehaploceras zwieselei* Monest. ლოქის შვერილზე ამ ზონას შეესაბამება ჯანდარის წყების არგილიტები სახელმძღვანელო ამონიტებით: *Peronoceras fibulatum* (Sow.), *Hildoceras lateplicata* Noutz., *Phymatoceras cf. narbonense* Buck. თუშეთში მისი არსებობა *Collina gemma* Bon., *Hildoceras bifrons* (Brug.), *Orthildaites orthus* Buck. და *Haugia cf.variabilis* (d'Orb.) საფუძველზე არის დასაბუთებული.

ზევით განლაგებული ზონა - *G.thouarsense* დამახასიათებელი მრავალრიცხოვანი და მრავალფეროვანი ამონიტური კომპლექსების საფუძველზე თითქმის მთელ შესწავლილ ტერიტორიაზე გაიდევნება. თუშეთში მასთან დაკავშირებულია შემდეგი ზონალური სახეები: *Grammoceras thouarsense* (d'Orb.), *G. striatulum* (Sow.), *G. penestriatulum* Buck., *G. cf. quadratum* (Haug), *G. subquadratum* Buck., *Pseudogrammoceras fallaciosum* (Bayle) და *P. cotteswoldiae* Buck. სვანეთის თიხაფიქლებისა და ქვიშაქვების დასტაში, რომელიც ყაზბეგის წყებასთან არის გაიგივებული, აღნიშნულ ზოგ ამონიტთან ერთად ზონას წარმოადგენენ: *Pseudogrammoceras saemanni* (Dum.), *P.subregale* Pin., *P. cf. muelleri* (Denck.). ძირულის შვერილზე ფართოდ გავრცელებულ წითელ კირქვებში ნაპოვნი *Polyplectus cf.discoides* (Ziet.), *Grammoceras thouarsense* (d'Orb.), *G.quadratum* (Haug), *Pseudogrammoceras bingmanni* (Dum.), *P. saemanni* (Dum.), საშუალებას გვაძლევს ვივარაუდოთ, რომ მათი შემცველი შრეები აგებენ *G. thouarsense*-ის ზონას.

ტოარსული სართულის დამაგვირგვინებელი ზონა *D.levesquei* ყველაზე სარწმუნოდ გამოიყოფა კახეთში, ალმათის წყების არგილიტებისა და ქვიშაქვების ფუძეში. მას აქ ასაბუთებენ *Dumortieria bleicheri* Ben., *D. gundershofensis* (Haug), *D. moorei* (Lyc.), *D.subundulata* (Bran.), *D.tabulata* Buck., *D. cf. costula* (Rein.), *D.exigua* Buck., *D.striatulocostata* (Quenst.), *D.sparsicostata* (Haug.) და *Pleydellia*-ს გვარის რამდენიმე წარმომადგენელი. ეს სტრატეგრაფიული დონე საკმაოდ კარგადაა დადგენილი ხევსურეთსა და სვანეთში ყაზბეგის წყების თიხა-ფიქლებსა და ქვიშაქვებში. წყებაში აღინიშნება: *Dumortieria brancoi* Ben., *D.radiosa* (Seeb.), *D.pseudoradiosa* (Bran.), *D.suevica* (Haug), *D.exigua* Buck., *D. bleicheri* Ben., *D.mactra* (Dum.) და *Pleydellia aalensis* (Ziet.). ზემოთ აღნიშნული ამონიტების ზოგიერთი წარმომადგენელი გვხვდება აგრეთვე სორის, შროშის და ჯანდარის წყებებში.

ზონა *D.levesquei*-ს მოჰყვება *L.opalinumi*-ს ზონა, რომლითაც იწყება აალენური სართული. შედარებით მდიდარი ამონიტური კომპლექსით ის ხასიათდება კახეთში ალმათის წყების ნალექებში. აქ ნაპოვნი *Leioceras opalinum* (Rein.), *L. comptum* (Rein.), *L.götzendorfensis* (Dorn.), *Costileioceras costosum* (Quenst.), *C.subcostosum* (Buck.) და *Hammatoceras cf. subinsigne* (Opp.) ჰქმნის აალენურის ქვედა *L.opalinum*-ის ზონას.

კახეთში, ალმათის წყებაში, მაგრამ უკვე მის ზედა ჰორიზონტებში, გამოიყოფა აგრეთვე ზედა აალენურის სტანდარტული ზონა *L. murchisonae*. მის არსებობაზე მიგვითითებს კირილში განლაგებული ფაუნა, რომელიც წარმოდგენილია *Costileioceras costosum* (Horn), *Ludwigia bradfordensis* (Buck.) და *L. obtusiformis buckmani* Gec.

აალენური სართულის სულ ზედა ზონის *Graphoceras concavum*-ის არსებობა საქართველოში დასტურდება ერთადერთი ამონიტით *Brasilia sublineata* Buck., რომელიც კახეთში ალმათის წყების სახურავშია ნაპოვნი.

ამგვარად, ზემოთ მოყვანილი მასალა გვიჩვენებს, რომ საქართველოს ქვედაიურულ და აალენურ ნალექებში განამარხებული ამონიტები მრავალფეროვანი შემადგენლობისაა. სახეების უმეტესი ნაწილი სინემურულ, ზედაპლინსბახურ, ტოარსულ, ქვედააალენურ ნალექებთანაა დაკავშირებული და არქისტრატო-გრაფიული გვარებით და სახეებითაა წარმოდგენილი. მათ შორის გვხვდება სახე-ინდექსებიც, რომლებიც საერთო სტრატოგრაფიული სკალის სტანდარტული ზონების გამოყოფის საშუალებას იძლევა. იმ შემთხვევაში თუ ინდექს-ამონიტის სტრატოგრაფიული დიაპაზონი საქართველოში განსხვავდება დასავლეთ ევროპისაგან, დგინდება პროვინციული ზონა - ლონა. სახელმძღვანელო სახეებით გამოყოფილი თითოეული ზონა ორგანული სამყაროს ევოლუციური განვითარების გარკვეულ ეტაპს პასუხობს.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის
 ალ.ჭანელიძის სახ. გეოლოგიური ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *К.Ш.Нущубидзе*. Доклады Сов. геологов I Международному коллоквиуму по юрской системе. Тбилиси, 1962, 241-256.
2. *М.В.Топчишвили*. Сообщ. АН ГССР, 136, 2, 1989, 369-372.
3. *М.В.Топчишвили*. Сообщ. АН ГССР, 126, 1, 1987, 113-116.
4. *К.Ш.Нущубидзе*. Нижнеюрская фауна Кавказа. Тбилиси, 1966, 212.



შ.ბურჭულაძე, ი.ფანცხავა, ს.ფანცხავა

საქართველოში მშენებარე საინჟინრო ნაგებობების ბეტონების ყინვამედგობა

წარმოადგინა აკადემიკოსმა თ.ლოლაძემ 30.05.1996

საქართველოს ტერიტორიაზე საინჟინრო ნაგებობების კონსტრუქციების ბეტონის პროექტირებისას ვსარგებლობთ არსებული, ყოფილი საბჭოთა კავშირის ნორმებით, რომლებიც ძირითადად შედგენილია მკაცრი და სუსხიანი გარემო პირობებისათვის და კლიმატის სხვა თავისებურებები ნაკლებადაა გათვალისწინებული. ასე მაგალითად, ბეტონის ყინვამედგობის მარკის დადგენისას გამოჩენილია ნოტიო ქვეკლასის [1] და მზის რადიაციის მაღალი ინტენსივობის გარემო, რომელიც ხელს უწყობს დაუსაგი ბეტონის მრავალჯობის დატენიანება-გაშრობას და თან ერთვის გაყინვა-გაღობის ციკლებს. აქ საჭიროა აღვნიშნოთ, რომ ხშირად ზედაპირული ბზარები და რღვევა გაყინვითი ბეტონის გაყინვა-გაღობის ციკლების გარეშე შეინიშნება. გაპიზნული, მრავალრიცხოვანი კვლევების [2,3] შედეგად დადგენილია, რომ ეს ბზარები გაუმჟღავნებელი კაპილარული შეკლების ძაბვებითაა გამოწვეული, რომლებიც ბეტონის მონაცვლეობით დატენიანება-გაშრობის პირობებში წარმოიქმნება. დატენიანება-გაშრობისას წარმოქმნილი შეკლება-გაჭირჩვევის დეფორმაციების შედეგად ბეტონში ციკლური შიგა ძაბვები ვითარდება [4,5]. ამასთან, გარემოს ტენიანობის ცვალებადობისას, ე.ი. ცვლადი დატენიანება-გაშრობის დროს (ან პირიქით) ადგილი აქვს ბეტონის დეფორმაციების ინტენსიფიკაციას, რაც აიხსნება ზედაპირულად აქტიური წყლის ადსორბციული მოქმედებით (რეზინდერის ეფექტი) და, მეორე მხრივ, ბეტონის ტანში ტენისმიერი გრადიენტით გამოწვეული შიგა ძაბვებით [6].

ამგვარი შეკლება-გაჭირჩვევის მონაცვლეობითი ზემოქმედება მკვლევარების აზრით [1,5,6] იგივე დადლილობის სინდრომს იწვევს ბეტონის სტრუქტურაში, როგორც მცირე სიდიდის დინამიკური დატვირთვები. შიგა ძაბვებით გამოწვეული მიკრობზარები [5] გარემოდან წყლის შეწოვის დამატებით არედ იქცევა. შემდგომში, გაყინვა-გაღობისას, გაყინული წყლის გაფართოებით გამოწვეული შიგა გამჭიმავი ძაბვები ადვილად არღვევს წინა ზემოქმედებიდან დაზიანებული ბეტონის სტრუქტურას [7].

თუ რამდენად აქტუალურია ბეტონის ოპტიმალური თვისებების დადგენა დატენიანება-გაშრობის და შემდგომში გაყინვა-გაღობის ციკლების აგრესიული ზემოქმედებისაგან დასაცავად, კარგად ჩანს ქვემოთ მოყვანილი საქართველოს კლიმატის განკერძოებული აღწერიდან. საქართველოში ძირითადად ორი კლიმატური კლასია გამოკვეთილი. დასავლეთ საქართველო ნესტიანი სუბტროპიკული კლიმატით გამოირჩევა, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში სუბტროპიკული, კონტინენტალურში გარდამავალი კლიმატია. ჰაერის წლიური საშუალო ტემპერატურა საქართველოს ტერიტორიაზე +15-დან -6,1°-მდეა და არ ზღვავდება საშენი მასალების გაყინვის საშიშროებაზე.



ვინაიდან ბეტონის ყინვამდგეობის მარკის დადგენისას ხელმძღვანელობენ არა წლიური საშუალო (ან მინიმალური), არამედ წელიწადში ყველაზე ცივი ხუთდღიურის ტემპერატურით [8], საქირაა გავეცნოთ ყინვიანი დღეების სურათს საქართველოს ტერიტორიაზე, რომელიც ამომწურავადაა მოცემული ადგილობრივი კლიმატისადმი მიძღვნილ შრომაში [9]. დასმული საკითხის გამო ჩვენ განსაკუთრებით გამოვყოფთ ნოტიო ჰავის და დაბალი საანგარიშო ტემპერატურების მქონე რეგიონებს, რომლებსაც მიეკუთვნება:

- საქართველოს სამხრეთ მთიანეთის დასავლეთი ნაწილი (ბახმარო, ხულო, ქედა...), ზამთრის საანგარიშო ტემპერატურით -5° -დან -15° -მდე;
- დასავლეთ კავკასიონის პერიფერიული (პსხუ, აჟარა, გაგრის ქედი...) და ცენტრალური ნაწილი (ხაიში, მესტია, ონი, შოვი...), ზამთრის საანგარიშო ტემპერატურით -10° -დან -15° -მდე და ნაკლები;
- აღმოსავლეთ კავკასიონის მაღალმთიანეთი (მღეთა, როკა, გუდაური...), ზამთრის საანგარიშო ტემპერატურით -15° და ნაკლები;
- კოლხეთის დაბლობი (გალი, სამტრედია, ქუთაისი, ჯვარი...) და შავი ზღვის სანაპირო (გაგრა, ბათუმი, ფოთი, ანაკლია...) უმნიშვნელო ზამთრის საანგარიშო ტემპერატურებით -1° -დან -5° -მდე (თუმცა 0° -ზე დაბალი ტემპერატურის ხანგრძლივობა ამ რეგიონებშიც საკმაოდაა დაფიქსირებული).

მნიშვნელოვანი სიდიდის საანგარიშო უარყოფითი ტემპერატურებია, აგრეთვე, ზომიერად ნოტიო ქვეკლასის მქონე კლიმატურ რეგიონებში: აღმოსავლეთ კავკასიონის შუამთიანეთში (ფასანაური, ჯავა...); საქართველოს სამხრეთ მთიანეთის სამხრეთ ნაწილში (ახალციხე, ახალქალაქი, ასპინძა, წალკა...), აგრეთვე მესხეთისა და თრიალეთის ქედების სამხრეთ ფერდობზე (აბასთუმანი, ბაკურიანი, მანგლისი, დმანისი, ბორჯომი...) ზამთრის საანგარიშო ტემპერატურებით -10° -დან -20° -მდე. ამგვარად, საქართველოს დასახლებულ ტერიტორიაზე საკმაოდაა დაბალი საანგარიშო ტემპერატურების მქონე რეგიონები და მათ შორის ნოტიო ქვეკლასისა, მზის რადიაციის მაღალი ინტენსივობის პირობებში.

ბეტონის ყინვამდგეობის მარკა ნორმების თანახმად უარყოფითი ტემპერატურის სიდიდის გარდა, ტემპერატურის 0° -ზე გადასვლის სიხშირეზეა დამოკიდებული (რაც განსაკუთრებით საყურადღებოა უმნიშვნელო უარყოფითი ტემპერატურების მქონე რეგიონებისათვის, სადაც მზის რადიაციის მაღალი ინტენსივობის გამო სიხშირე ყინვიანი დღეების სიახლოვეს იქნება).

ვისარგებლეთ რა ყინვიანი დღეების ხანგრძლივობის მონაცემებით [9,11], დავინახეთ, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე ტემპერატურის 0° -ზე გადასვლის სიხშირე 100-120-ის ფარგლებშია. ამიტომ, საქართველოს პირობებისათვის უგულვებელყავით ნორმებში [8] მოყვანილი ციკლების დიდი სიხშირეები და დავუმატეთ კლიმატის ქვეკლასის მაჩვენებლები (მშრალი, ტენიანი [1]), რომლებიც უფრო ზუსტად ასახავენ ჩვენი კლიმატის თავისებურებებს.

ამგვარად, ბეტონის ყინვამდგეობის მარკის დადგენისას კლიმატის კლასისა (ზომიერი, მკაცრი, სუსხიანი [8]) და გარემო ტემპერატურის 0° -ზე გადასვლის სიხშირის გარდა, ჩვენ გავითვალისწინეთ სხვა ატმოსფერული მოვლენებიც. აღნიშნული გარემოებისა და ჩატარებული კვლევების [2,4,7] შედეგად მივიღეთ დასკვნამდე, რომ გაყინვა-გაღაღობის და დატენიანება-გაშრობის მონაცვლეობით რეჟიმში მომუშავე ბეტონის ყინვამდგეობის მარკის გაზრდა ერთი საფეხურით (F 25) ნორმებთან შედარებით, საგრძნობლად ზრდის კონსტრუქციის ხანმდგეობას.

ამასთან, მიზანშეწონილად მივიჩნით გამოგვეყენებინა [12]-ში რეკომენდებული და საქართველოს კლიმატთან უფრო დაახლოებული შუალედური მარკები - F 125 და სხვ.

ქვემოთ შემოთავაზებულია ჩვენს მიერ შემუშავებული ცხრილი, რომელშიც მოყვანილია საქართველოში მშენებარე I კლასის საინჟინრო (მათ შორის პიდროტექნიკური) ნაგებობების ბეტონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციების ყინვამედგობის მარკები მტკნარი წყლის ზემოქმედების პირობებში:

ცხრილი

კლიმატის კლასი	ზამთრის საანგარიშო ტემპერატურა	კლიმატის ქვეკლასი	საექსპლუატაციო რეჟიმი					
			წყალთან უშუალო შეხების (კაპილარული შეწოვის) ზონა			წყალზედა (მიწისზედა) ზონა ჰაერის ტენიანობის პირობებში		
			გაყინვა-გაღობის ციკლების სიხშირე					
		50-მდე		50+75		75+100		
ზომიერი	0 + -10°	მშრალი ტენიანი	F 50 F 75	F 100 F 125	F 150 F 175	F 50 F 75	F 75 F 100 F 125	
მკაცრი	-10+ -20°	მშრალი ტენიანი	F 100 F 125	F 150 F 175	F 200 F 225	F 75 F 100	F 100 F 125 F 150	

შენიშვნები: 1. ცხრილის მონაცემები არ ვრცელდება ზღვის საინჟინრო ნაგებობებზე. 2. ცალკეულ შემთხვევებში, ექსპლუატაციური რეჟიმიდან გამომდინარე, როცა ციკლების რაოდენობა 100-ზე მეტია (შეფხვნილებები და სხვ.) სპეციალური ნორმების გამოყენებული. 3. ზომიერად ტენიანი ქვეკლასის პირობებში "მშრალი" ქვეკლასის მონაცემები გამოიყენება. 4. ცხრილს უნდა ერთვოდეს საქართველოს კლიმატური რუკა.

როგორც ვხედავთ, მშრალი ქვეკლასის მქონე რეგიონებისათვის ცხრილში მოყვანილი ბეტონის ყინვამედგობის მარკები არსებული ნორმების [8] ფარგლებშია დაცული F 50-დან F 150-მდე ზომიერ კლიმატში, და F 100-დან F 200-მდე მკაცრი კლიმატისათვის, ტემპერატურის 0°-ზე გადასვლის 100 სიხშირისას. ბეტონის ყინვამედგობის მარკები საინჟინრო ნაგებობების კონსტრუქციების ორი ძირითადი საექსპლუატაციო პირობებისთვისაა შემუშავებული გაქლენითი (დატენიანებული) ბეტონისა და ჰაერის ტენიანობის პირობებში. წყლით გარემოცული ბეტონისა და კაპილარული შეწოვით დატენიანებული ბეტონის გაქლენთვის ხარისხი სხვადასხვაა, მაგრამ მნიშვნელოვნად მეტია, ვიდრე ჰაერის ტენიანობის პირობებში. ამის გათვალისწინებით საინჟინრო ნაგებობების წყალზედა კონსტრუქციების ბეტონის ყინვამედგობის მარკა უფრო დაბალია, მაგრამ არა ნაკლები, რაც 2.03.02.-84-შია რეკომენდებული. საქართველოს პირობებისათვის ეს საკითხი დამატებით კვლევას მოითხოვს.

ამ ცხრილის ნორმებში გათვალისწინება გაზრდის საინჟინრო ნაგებობების კონსტრუქციების ხანმედგობას და ტექნიკურ-ეკონომიკურ ეფექტს.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
კ. ზაფარიძის სახ. სამშენებლო მექანიკისა და
სვისმომედგობის ინსტიტუტი



ლიტერატურა

1. *С.И.Алексеев, Ф.М.Иванов* и др. Долговечность железобетона в агрессивных средах. М., 1990, 316.
2. *З.Н.Цилосани, Б.Ф.Кешелава, С.А.Панцхава* и др. Сб. докладов I Международной конференции по механике. Прага, 1987.
3. *А.Е.Шейкин*. Структура и свойства цементных бетонов. М., 1979, 344.
4. *З.Н.Цилосани, К.К.Кварцхава, И.Н.Панцхава*. Характер развивающихся в бетоне усилий при различных температурно-влажностных воздействиях среды. Сб. Сообщений АН ГССР, 1, октябрь, 1983.
5. *Л.О.Орентлихер, В.М.Косарев* и др. Сб. труд. МИСИ им. Куйбышева, 141, М., 1977, 314.
6. *С.В.Александровский*. Расчет бетонных и железобетонных конструкций на изменение температуры и влажности. М., 1973.
7. *Ш.В.Бурчуладзе, К.К.Кварцхава, И.Н.Панцхава*. Известия ВНИИГ им. Веденеева, 204, Л., 1988.
8. СНиП 2.06.08-87. Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений. М., 1988.
9. Климат и климатические ресурсы Грузии. Труды ЗаКНИГМИ, 44(50), Л., 1971, 384.
10. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика. М., 1983.
11. Сборник климатических и географических данных для строительного проектирования по Грузинской ССР. Тбилиси, Госстрой Грузии, "Грузгипросельстрой", 1980, 49.
12. *ა.ყუბანიშვილი, გ.ვერბეცკი* და სხვ. ჰიდროტექნიკური ნაგებობების ბეტონისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციების დაპროექტების ნორმების ძირითადი დებულებები. თბილისი, 1993.

№624:042.7

სამშენებლო მეცნიერება

ვ.ლოლაძე

ენერჯის დისიპაციის „უარყოფითი“ ჰისტერეზისის ეფექტი მოდიფიცირებულ მსუბუქ და მძიმე ბეტონში ციკლური დატვირთვისას

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ა.ძიძიგურმა 27.05.1996

შესწავლილია გოგირდის ნაღობით გაქლენთილი კირიანი შემვსებით მძიმე ბეტონის, ფოროვანი ვულკანური წიღის შემვსებით მსუბუქი ბეტონის და მათი შემადგენელი დულაბის ნაწილების (მატრიცების) დემპფერული თვისებები მცირე ციკლური დატვირთვისას ასიმეტრიის კოეფიციენტით $\rho = 0$ (ცენტრალური კუმშვა).

ერთდროულად, შედარებისათვის, ზემოთ მოყვანილი ბეტონების, მათი მატრიცებისა და დამატებით მსუბუქი ბეტონისაგან, რომელშიც აზელვისას შეყვანილი იყო ლატექსშემცველი კომპლექსური ქიმიური დანამატი (ლკქდ) [1]-ის მიხედვით, დამზადებულია და გამოცდილი გოგირდით გაუქლენთავი ნიმუშები.

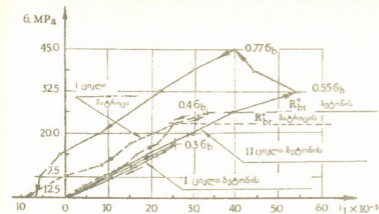
ბეტონების და მათი მატრიცების ნიმუშები, გოგირდით უკეთ გაქლენთის მიზნით, მაღალი ფოროვნების მზადდებოდა, რაც მიღწეული იყო წვრილი შემავსებლის წვეტილი გრანულაციით – ისინი არ შეიცავდნენ 1,25-2,5 მმ დიამეტრის მქონე ქვიშის ფრაქციას. ბეტონში მსხვილი შემავსებლის მარცვლის მაქსიმალური სიდიდე შეადგენდა 10 მმ, ქვიშისა კი 5 მმ.

ნიმუშები მზადდებოდა პრიზმის ფორმის, ზომებით $4 \times 4 \times 16$ სმ, გამყარების რეჟიმით – დაორთქვლა 80°C , ხოლო ლკქდ-იანი მსუბუქი ბეტონისათვის – შეორთქვლა ავტოკლავში 1 ატ. წნევაზე მეტი წნევით.

გამოცდები წარმოებდა ჰიდრაულიკურ წნეხზე [2]-ის შესაბამისად. გამოცდისას, 10 მმ ზანის მქონე ტენზორეზისტორებით, რომლებიც დაწებებული იყო ნიმუშის მოპირდაპირე გვერდებზე, იზომებოდა ბეტონის სიგრძივი ϵ_1 და განივი ϵ_2 დეფორმაციები. დეფორმაციის გაზომვა ხდებოდა ნიმუშის საფეხურებით დატვირთვისა და განტვირთვის დროს 1, 10, 25, 50, 100, 150 და მე-200 ციკლებზე.

გოგირდით გაქლენთილი ბეტონის პრიზმების ცალკეულ სერიებზე იზომებოდა დამოკლების გასწვრივი საშუალო ფარდობითი დეფორმაციები – ϵ_{1s} , რაც გამოწვეული იყო გოგირდით გაქლენთის წინ ბეტონის ხელოვნური გაშრობით 105°C , ხოლო გოგირდით გაქლენთის შემდეგ გოგირდის გაცივებითა და გამყარებით გამოწვეული მოცულობაში კლებით. მძიმე შემვსებზე გოგირდით გაქლენთილი ბეტონის ნიმუშებისათვის დამოკლების საშუალო დეფორმაცია შეადგენდა $\epsilon_{1s}^h = 12,12 \times 10^{-5}$, მსუბუქი ბეტონისათვის – $\epsilon_{1s}^l = 9,7 \times 10^{-5}$. ამ დეფორმაციებს, პრიზმის განივ კვეთაში, გოგირდით გაუქლენთავი ბეტონისათვის მძიმე შემვსებზე შეესაბამება დაძაბულობა $\sigma = 4,3 \text{ MPa}$, ხოლო მსუბუქ შემვსებზე – $\sigma = 2,2 \text{ MPa}$.

ციკლური დატვირთვის დროს, გოგირდით გაუქლენთავი მძიმე ბეტონის და მისი მატრიცის ნიმუშები ავლენენ ჩვეულებრივ „პირდაპირ“, „დადებით“ ჰისტერეზისის ყულფს, გოგირდით გაქლენთილი ნიმუშები კი „შებრუნებულ“, „უარყოფით“



სურ. $\epsilon_l \times 10^{-5}$ -საშუალო ფარდობითი სიგრძივი დეფორმაციების დამოკიდებულება σ MPa - დაძაბულობაზე გოგირდით გაქვნილი მძიმე ბეტონის ნიმუშებში (პრისზემში) ციკლური მომჭიბავი დატვირთვისას

ჰისტერეზისის ყულფს. ამასთანავე შედგენდება, რომ „უარყოფითი“ ჰისტერეზისის ეფექტი დამოკიდებულია ნიმუშში დაძაბულობის დონის — σ (რაც გამოწვეულია მოქმედი ციკლური დატვირთვით) ბეტონის რღვევის ძაბვასთან σ_b შეფარდების სიდიდეზე, მიკროზარეზების გაჩენის საწყის დონეზე R_{bt}^0 და ნიმუშის მასალის სიხისტის მოდულზე E . რაც უფრო დაბალია R_{bt}^0

და მაღალია σ/σ_b და E , ციკლური დატვირთვის მით უფრო შედარებით დაბალ

მაქსიმუმებზე ადგილი აქვს „უარყოფით“ ჰისტერეზისს. სურათზე მოცემული ϵ და σ დამოკიდებულება გოგირდით გაქვნილი მძიმე ბეტონის ნიმუშებისათვის გვიჩვენებს, რომ დატვირთვის პირველ ციკლზე, როცა ციკლური დატვირთვის მაქსიმუმი $\sigma_{max,c} = 0,3\sigma_b$, შეიმჩნევა ჩვეულებრივი „დადებითი“ ჰისტერეზისის ყულფი, მეორე ციკლზე კი, როცა $\sigma_{max,c} = 0,77\sigma_b$, უკვე $0,55$ σ_b ძაბვის შემდეგ იწყება ჰისტერეზისის ყულფის მკვეთრი მობრუნება საწინააღმდეგო მიმართულებით „უარყოფითზე“. ნიმუშის რღვევას ადგილი ჰქონდა მე-5 ციკლზე. მოცემული ნიმუშის „ტყუპისკალის“ გამოცდამ $\sigma_{max,c} = 0,61\sigma_b$ დროს გვიჩვენა, რომ მე-200 ციკლის შემდეგ სიმტკიცე იყო $1,085R_b$, ექსპერიმენტებმა აჩვენა აგრეთვე, რომ გოგირდით გაქვნილი მატრიცის ნიმუშებში „უარყოფითი“ ჰისტერეზისი

ვლინდება σ/σ_b თანაფარდობის შედარებით დაბალი მნიშვნელობებისათვის, ვიდრე გოგირდით გაქვნილი ბეტონის ნიმუშებში. ეს დამახასიათებელია როგორც მძიმე, ასევე მსუბუქი ბეტონებისათვის. გოგირდით გაქვნილი მატრიცის ნიმუშებში „უარყოფითი“ ჰისტერეზისი დაიკვირვება მე-200 ციკლამდე.

მსუბუქი ბეტონის ნიმუშების გამოცდისას „უარყოფითი“ ჰისტერეზისი გამოვლინდა გოგირდით გაქვნილი მატრიცის ნიმუშებშიც (რაც არსებითად წარმოადგენს წვრილმარცვლოვან მსუბუქ ბეტონს). გაუქვნიდა მატრიცაში $\sigma_{max,c} = 0,6\sigma_b$ დროს „უარყოფითი“ ჰისტერეზისის ყულფმა თავი იჩინა ჯერ 25 ციკლის შემდეგ, მერე გადავიდა ჩვეულებრივ „დადებითში“ და კვლავ გამოჩნდა 150 ციკლზე, ხოლო მე-200 ციკლზე ისევ ადგილი ჰქონდა „დადებით“ ჰისტერეზისს, ე.ი. ადგილი აქვს პერიოდულობას სტრუქტურაში რღვევების დაგროვების შესაბამისად. მსუბუქი ბეტონის გოგირდით გაქვნილი მატრიცა ამჟღავნებს „უარყოფით“ ჰისტერეზისის დატვირთვის უკვე პირველ ციკლზე $\sigma_{max,c} = 0,375\sigma_b$ დროს. გოგირდით გაქვნილი მსუბუქ ბეტონში კი „უარყოფითი“ ჰისტერეზისი შედგენდება 50 ციკლის შემდეგ $\sigma_{max,c} = 0,45\sigma_b$ დროს. ლკქდ-იან მსუბუქ ბეტონშიც ვლინდება „უარყოფითი“ ჰისტერეზისი 50 ციკლის შემდეგ $\sigma_{max,c} = 0,7\sigma_b$ დროს.



გამოცდის შემდეგ, დაშლილი ბეტონის სტრუქტურის გამოკვლევამ აჩვენა, რომ თითქმის ყველა ნიმუში სრულად იყო გაქვნილი გოგირდით. მხოლოდ ზოგიერთი ნიმუშის ცენტრალურ ნაწილში შეიმჩნეოდა სუსტად გაქვნილი ან გაუქვნი თავი ბეტონის ბირთვი.

თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ მსუბუქი ბეტონის ნარევის აზელვისას ფოროვანი შემცვენი ამქვანებს „თვითგაკუთმირების“ თვისებას [3,4] და ამასთანავე მსუბუქ ბეტონს გამყარებისას ახასიათებს შედარებით დიდი შეკლების დეფორმაცია, მაშინ ცხადია, რომ მსხვილ-და წვრილმარცვლოვანი მსუბუქი ბეტონის „ჩონჩხი“ გარკვეულწერად მოქიშულია გოგირდის ნაღობით გაქვნილი ბეტონის სტრუქტურის მსგავსად. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ბეტონის ნარევიში შეყვანილი ლატექსშემცველი დანამატი ქედავს პატარა და საშუალო ფორებს ბეტონში, ამწყვრევს მათში აირად ფაზას და ამასთანავე, ბეტონის გამყარების პროცესში ლატექსის ემულსიის შეხმობისას ლატექსი კლებულობს მოცულობაში, შეიძლება დავუშვათ, რომ ლკქდ-იან მსუბუქ ბეტონში „ჩონჩხი“ შემცველისაგან მოქიშულია შედარებით უფრო მეტად, ვიდრე ბეტონში დანამატის გარეშე.

ზემოთქმულიდან და ჩატარებული ექსპერიმენტებიდან გამომდინარეობს, რომ ბეტონზე ციკლური დატვირთვისას „უარყოფითი“ ჰისტერეზისის გამოვლენა წარმოადგენს მასალის იმ ნაწილის სტრუქტურული კავშირების რღვევის შედეგს, რომელიც კუმშავს ან აკავებს ბეტონში შეკუმშულ შემცველს ან შეკუმშულ ზონას „ბირთვის“ სახით. ამ დროს გამონთავისუფლებული შინაგანი ენერგია ცდილობს აღადგინოს პირველყოფილი, შეკუმშვამდე ნიმუშის ზომები.

„უარყოფითი“ ჰისტერეზისის ზემოთ აღნიშნული უფრო ნადრევი გამოვლენა გოგირდით გაქვნილ ბეტონის მატრიცებში გაქვნილ ბეტონთან შედარებით აიხსნება მატრიცების ნაკლები ბზარმდევობით, ნაკლები სიბლანტით და მათში მიკრობზარების შედარებით ნადრევი გაჩენით. ეს იმით დასტურდება, რომ გოგირდით გაქვნილი მატრიცისა და ბეტონის დაძაბულობის ინტენსივობის

კრიტიკული კოეფიციენტების შეფარდება $\frac{K_{Ic} \text{ მატრიცა}}{K_{Ic} \text{ ბეტონი}}$ მძიმე ბეტონისათვის

შეადგინა 0,553, მსუბუქი ბეტონისათვის კი 0,599.

თუმცა გოგირდით ბეტონის გაქვნთა, ლკქდ-ს დამატება ზრდის ბეტონის გამძლეობას, აუმჯობესებს მისი სიმტკიცის მაჩვენებლებს, მაგრამ ფაქტორთა გარკვეული „არახელსაყრელი“ შერწყმისას ჰისტერეზისის „უარყოფით“ ეფექტს თან სდევს თვითრხვეების ან ზემოთ განხილული მასალისაგან დამზადებულ მერხვე სისტემაში პარამეტრული რეზონანსის წარმოშობა. მართლაც, დისიპაციის ნაცვლად მერხვეი სისტემის ენერგიით „შეკება“ რხევით გამოწვეული შინაგანი კავშირების (რომლებიც აკავებენ მოქიშულ შემცველს ან მოქიშულ ბირთვს ბეტონში) რღვევის შედეგად გამონთავისუფლებული ენერგიის ხარჯზე, გაზრდის რხევის ამპლიტუდას.

ზემოაღწერილი ექსპერიმენტების შედეგების განზოგადებისას ცხადი ხდება, რომ ჰისტერეზისის „უარყოფითი“ ან „შებრუნებული“ ყულფის გამოვლენის მიზეზს დაძაბულობაზე დამოკიდებული შინაგანი სტრუქტურის ცვალებადობა წარმოადგენს. ასეთივე შედეგია მოსალოდნელი მერხვე ან განმეორებად-ცვლადი დატვირთვის მქონე მყარ სხეულებში, რომლებიც წარმოადგენენ დრეკადი ჩანართების მომქიმავეი მატრიცის ან ერთგვაროვანი მასალისაგან შემდგარ კომპოზიტს, რომლის გარე ფენები, მთელი რიგი მიზეზების გამო მოქიმავენ შიდა ფენებს. მატრიცის სტრუქტურის ან მომქიმავეი გარე ფენების დარღვევისას დრეკად

ჩანართებს ან შიდა ფენებისაგან შემდგარ ბირთვის გააჩნია საკმარისი ენერჯია სხეულის ზომების შესაცვლელად.

ცხადია, რომ განსაზღვრულ პირობებში, ზემოთქმულის ანალოგიურად, „უარყოფითი“ ჰისტერეზისის ეფექტი მოსალოდნელია დამძაბავ ცემენტისანი ბეტონის ნიმუშებში, როდესაც ციკლური დატვირთვისას ადგილი აქვს მატრიცის შემვსებთან გადაბმის აშლილობას ან შემვსების რღვევას. „უარყოფით“ ჰისტერეზისის შეიძლება ადგილი ჰქონდეს სხეულებშიც, რომლებშიც გარე ფენები მათში არსებული შიდა დამაბულობის მოქმედების შედეგად მიისწრაფიან გაზარდონ ნიმუშის ზომები და ციკლური დატვირთვის ზემოქმედებით მიმდინარეობს მათი შემკავებელი შიდა ფენების, შიდა ბირთვის რღვევა ან გარე და შიდა ფენებს შორის კავშირების აშლა.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *В.В.Лоладзе, А.Б.Чиковани.* Сб.научн.тр. ГрузНИИСтром: Исследование горных пород Грузии для производства легких пористых заполнителей и изделий на их основе, Тбилиси, 1987.
2. *М.Ю.Лещинский.* Испытание бетона. Справочное пособие. М., 1980.
3. *М.З.Симонов.* Бетон и железобетон на пористых заполнителях. М., 1955.
4. *И.Г.Иванов-Дятлов* и др. Применение керамзитобетона в дорожномостовом строительстве. М., 1963.

ლ.ჭაფარიძე, თ.გოჩიტაშვილი, ვ.გამყრელიძე

მაღალკონცენტრირებული წყალნახშირის სუსპენზიის წარმოება

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ა.ძიძიგურმა 18.01.1995

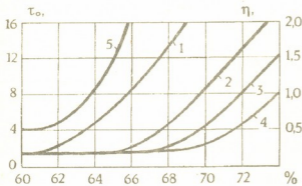
წყალნახშირის სუსპენზიის თვისებებს მყარი ნედლეულის, მატარებელი სითხის და მასტაბილიზებელი რეაგენტების თვისებები განსაზღვრავს. სუსპენზიის თვისებების სამართავად ტექნოლოგიურად ყველაზე მოხერხებულია ნახშირის ნაწილაკების რაციონალური კონცენტრაციის, სისხოს და ფრაქციული შემადგენლობის რეგულირება.

ცნობილია, რომ სუსპენზიის სივრცობრივი კოაგულაციური სტრუქტურის ჩამოყალიბება იწყება მაღალდისპერსული ნაწილაკების სისხოს შემცირებისას კრიტიკულ ზომაზე მეტად, როცა მათი ურთიერთქმედების ძალების ტოლქმედი თანაზომადი ხდება გრავიტაციის ძალისა, ხოლო სისტემის დაყვანილი ფაზათაშორისი ზედაპირი მნიშვნელოვნად იზრდება. სითხის ძალიან თხელი შრეებით განმხოლოებული ნაწილაკების სივრცობრივი კოაგულაციური სტრუქტურის თვითჩამოყალიბებას ხელს უწყობს, აგრეთვე, სისტემის სწრაფვა შეამციროს ფაზათა გამყოფი ზედაპირის პროპორციული ჭარბი ფაზათაშორისი ენერგია.

ბადისებრი კოაგულაციური სტრუქტურის ჩამოყალიბება იწყვეს სიბლანტის ანომალურობას და ძვრის ზღვრული ძაბვების გამოვლენას, რაც უზრუნველყოფს სისტემის სედიმენტაციურ მდგრადობას სტატიკურ პირობებში. ძვრის დეფორმაციის აღძვრისას იწყება სტრუქტურის დაშლა აგრეგატებად, ხოლო მაღალი ძვრის სიჩქარეების დროს ცალკეულ ნაწილებად, რის შედეგადაც ნაწილობრივ (ან მთლიანად) ირღვევა სისტემის სედიმენტაციური მდგრადობა.

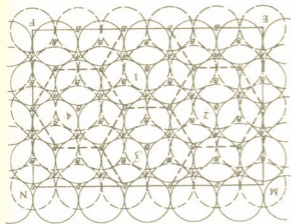
სუსპენზიის სედიმენტაციური მდგრადობის ზრდას ხელს უწყობს მყარი ფაზის კონცენტრაციის ზრდა, რაც თავის მხრივ ძვრის ზღვრული ძაბვების τ_0 და სიბლანტის η ზრდასაც განაპირობებს. ძვრის ზღვრული ძაბვების და სიბლანტის დამოკიდებულება მყარი ფაზის კონცენტრაციისაგან ზოგადად შეიძლება 1 სურათზე ნაჩვენები გრაფიკით აისახოს.

სუსპენზიის რეოლოგიური ქმედება საერთოდ ორი ზღვრული კონცენტრაციით ხასიათდება. მინიმალური S_{min} კონცენტრაციის



სურ.1. ძვრის ზღვრული ძაბვების და სიბლანტის დამოკიდებულება მყარი მასალის მასური კონცენტრაციისაგან 1,2,3,4 $\eta=f(s)$ შესაბამისად ერთ-ორ, სამ და ოთხმოცდად სტრუქტურისათვის. 5- $\tau_0=f(s)$

დროს იწყება სტრუქტურის ჩამოყალიბება და სისტემა იძენს სედიმენტაციურ მდგრადობას. $S < S_{\text{მე}}^*$ კონცენტრაციის დროს τ_0 -ის და η -ს სიდიდეები მინიმალურია და რაოდენობრივად კონკრეტულ პირობებში გამოყენებული ნახშირის თვისებებით არის განსაზღვრული. ზღვრული $S \geq S_{\text{მე}}^*$ კონცენტრაციის არეში კი სისტემის რეოლოგიური მახასიათებლები მკვეთრად უარესდება კონცენტრაციის უმნიშვნელო ცვლილების დროსაც, ნედლეულის თვისებებისგან დამოუკიდებლად.



სურ. 2. სფერული ნაწილაკების ჰექსაგონალური სტრუქტურა.

რღელად, ნაწილაკების ისეთი ფრაქციული შემადგენლობა შეირჩევა, რომელიც მათი ჩალაგების მაქსიმალურ თეორიულ სიმკვრივეს უზრუნველყოფს. მაგალითად, ცნობილია, რომ მონოდისპერსული, იზომეტრული (სფერული) ნაწილაკების ჰექსაგონალური სტრუქტურით ჩალაგების დროს თეორიულად სისტემის 74% მოცულობის შევსება მიიღწევა. ჩალაგების უფრო მაღალი სიმკვრივის მისაღებად აუცილებელია ბი-, ტრი- ან ზოგადად პოლიმოდალური ფრაქციული შემადგენლობის სუსპენზიის წარმოება, როდესაც მსხვილი ნაწილაკებით ფორმირებული ჰექსაგონალური სტრუქტურის სხვადასხვა ფორმის და მოცულობის სიცარიელებები უფრო მცირე ზომის ნაწილაკებით შეივსება. R რადიუსის მსხვილი ნაწილაკების ორ შრეს შორის A და B ტიპის სიცარიელებების განლაგების ვარიანტი ტრიმოდალური სისტემის მაქსიმალური თეორიული ჩალაგების სიმკვრივის მისაღწევად ნაჩვენებია მე-2 სურათზე. სტრუქტურის სივრცული ანალიზით ადვილად მტკიცდება, რომ მისი აგების და წარმოქმნილ სიცარიელებებში R_A და $R_B (R_A > R_B)$ ტიპის ნაწილაკების განთავსების სურათზე ნაჩვენები მოდელი უზრუნველყოფს სისტემის მინიმალურ პოტენციალურ ენერგიას და ყველაზე უფრო მჭიდრო ჩალაგებას. მარტივი გეომეტრიული ანალიზით დგინდება სფერული ნაწილაკების ჩალაგების მაქსიმალური თეორიული სიმკვრივის შესაბამის ფრაქციათა ნაწილაკების ზომები და რაოდენობის ფარდობითი მნიშვნელობები:

$$R/R_A = 1/(\sqrt{2} - 1); R/R_B = \sqrt{2}/(\sqrt{3} - \sqrt{2}).$$

ბიმოდალური R და R_A რადიუსის ნაწილაკებით შედგენილი სტრუქტურისათვის $n_A = 1,25n_R$; ბიმოდალური R და R_B რადიუსის ნაწილაკებით შედგენილი სტრუქტურისათვის $n_B = 3,5n_R$; ტრიმოდალური R, R_A და R_B ნაწილაკებით შედგენილი სტრუქტურისათვის $n_B = 2,25n_R$. აქ n_R , n_A და n_B შესაბამისად R, R_A და R_B ნაწილაკთა

სუსპენზიის ბალასტი (უწყვადი მასა) ფორმირდება მასში წყლისა და ნედლეული ნახშირის ნაცრის მასური შემცველობების შეჯამებით. ამიტომ დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა ენიჭება სუსპენზიის ზღვრული კონცენტრაციის ამაღლებას, რეოლოგიური პარამეტრების დასაშვებ ფარგლებში შენარჩუნების პირობებში, რაც საბოლოოდ ნახშირის საწყისი ნაცრიანობის ფართო დიაპაზონში ვარირების საშუალებას იძლევა.

სუსპენზიის კონცენტრაციის ზღვრული მნიშვნელობის გასაზ-

რაოდენობებია რაღაც უსასრულო მოცულობაში. მოყვანილი რაოდენობრივი ფარდობები პრაქტიკულად ცალსახად განსაზღვრავენ ფრაქციათა მასების ფარდობებს სუსპენზიაში.

ჩალაგების თეორიული სიმკვრივის განსაზღვრისათვის განვიხილოთ მე-2 სურათზე კვეთში ნაჩვენები MNEF პარალელეპიპედი, რომლის სიმაღლედ აღებულია მანძილი ძირითადი ბირთვების ცენტრებს შორის $h = 2\sqrt{2R}/\sqrt{3}$, მისი სიგრძე $EF=10R$, ხოლო სიგანე $ME = 4\sqrt{3R}$. პარალელეპიპედის მოცულობა ტოლია $V=113,14R^3$, ხოლო MNEF პარალელეპიპედში ტრიმოდალური სტრუქტურის R, R_A და R_B რადიუსის მქონე ნაწილაკების მიერ დაკავებული ჯამური მოცულობა:

$$\Sigma V = 4\pi(20R^3 + 20R_A^3 + 40R_B^3)$$

შესაბამისად ნაწილაკების ჩალაგების მაქსიმალური თეორიული სიმკვრივე შეადგენს

$$V_3(\%) = 100 \Sigma V / V = 80,95\%$$

ტრიმოდალური სტრუქტურის ნაწილაკების ჩალაგების სიმკვრივის ნაზრდი მონომოდალურ სტრუქტურასთან შედარებით $\Delta V_3 \approx 7\%$ -ია. შესაბამისად R და R_A ნაწილაკებით შედგენილი ბიმოდალური სტრუქტურისას $\Delta V_2 = 5\%$, ხოლო R და R_B ნაწილაკებით შედგენილი სტრუქტურის დროს $\Delta V_2 = 3\%$.

ოთხმოდალური სტრუქტურის დროს მაქსიმალური ჩალაგების სიმკვრივე ($V_4 = 83\%$ და $\Delta V_4 = 9\%$) მიიღწევა უმცირესი ნაწილაკების მაქსიმალური რადიუსის $r=0,155R$ მნიშვნელობების დროს ($R/r=6,45$).

კვლევის დროს გამოყენებული ნახშირისათვის ჩალაგების თეორიული სიმკვრივის პრაქტიკული რეალიზაციის ალბათობა პირველი სურათის მიხედვით ტოლია $0,838(0,62/0,74)$, რაც ძირითადად დაკავშირებულია რეალური ნაწილაკების ანიზომეტრული ფორმის გავლენასა და სისტემის სრულყოფილი ჰომოგენიზაციის შეუძლებლობასთან. მაშინ მონომოდალური სტრუქტურის პოლიმოდალურით შეცვლის შემთხვევაში შეიძლება მიღწეული იქნეს სედიმენტაციურად მდგრადი, სასურველი რეოლოგიური პარამეტრების მქონე სუსპენზიის მაქსიმალური კონცენტრაციის შემდეგი მნიშვნელობები: $S_{ავ} = 0,66, 0,68$ და $0,69$ შესაბამისად მყარი ფაზის ორ-, სამ- და ოთხმოდალური ფრაქციული შემადგენლობების დროს (სურ.1), რაც საბოლოოდ ნედლეულის დემინერალიზაციის ძვირადღირებული პროცესის ხარისხისადმი მოთხოვნების ადეკვატური შერბილების საშუალებას იძლევა.

ნახშირის ფრაქციული შემადგენლობის შერჩევის დროს გათვალისწინებული უნდა იქნეს, აგრეთვე, დაქუცმაცების პროცესის საკმაოდ მაღალი ენერგოტევადობაც, თუმცა იგი უმნიშვნელოდ იზრდება წვრილი ფრაქციების მიერ დაკავებული ფარდობითი მოცულობების სიმცირის გამო (გამოყენებული 0-250 მკმ სისხოს ნაწილაკებისაგან შედგენილი ნახშირის ფრაქციისათვის დაახლოებით 10%-ით).

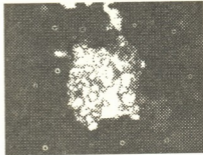
პოლიფაზური სისტემის სედიმენტაციური მდგრადობის და რეოლოგიური პარამეტრების მართვა მყარი ფაზის რაციონალური კონცენტრაციის და ფრაქციული შემადგენლობების შერჩევით, სუსპენზიის ტრანსპორტირების, აკუმულაციის და გამოყენების ეფექტურობის ზრდის ერთ-ერთი ყველაზე მარტივი და იაფი მეთოდია.

ი.ქართველიშვილი, ვ.ღარიბაშვილი

ნიკელ-ქრომის შენადნობის ფუძიანი კომპოზიციური ფხვნილების მიღების პროცესების კვლევა

წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ.გველესიანმა 17.05.1996

თანამედროვე ძრავების და აგრეგატების ბევრ დეტალს მუშაობა უხდება მაღალი ტემპერატურებისა და დაბლების, აგრესიული არეებისა და ხახუნის პირობებში. მათი მუშაობის გახანგრძლივების ეფექტური საშუალებაა ზედაპირის დაფარვა დამცავი დანაფარებით, რომელთა მასალებად სულ უფრო ხშირად ხმარობენ კომპოზიციურ ფხვნილებს. ნიკელ-ქრომის შენადნობის ლითონური ფუძის მქონე, ქრომისა და ტიტანის კარბიდით გამტკიცებული კომპოზიციური ფხვნილები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მხურვალმედვეგი და ცვეთაგამძლე დანაფარების მისაღებად. უნდა აღინიშნოს, რომ აქამდე არსებული მეთოდები არ იძლეოდა ასეთი ფხვნილების დამზადების შესაძლებლობას [1].



სურ.1. ფხვნილთა ნაწილაკების მიკროსტრუქტურები

ა) NiCr+50% Cr₃C₂ X 625

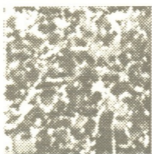
ბ) NiCr+50% TiC X 600

წარმოდგენილი სამუშაოს მიზანს შეადგენს აღნიშნული კომპოზიციური ფხვნილების მიღების პროცესებისა და მათი აღნაგობის შესწავლა. ფხვნილები ჩვენ მიერ მიიღებოდა ნიკელისა და ქრომის ქლორიდების ერთობლივი მაგნიუმთერმული აღდგენით. აღსადგენი კაზში შეიცავდა 50 მიკრონზე ნაკლები დისპერსულობის ქრომის ან ტიტანის კარბიდების ნაწილაკებს იმ ანგარიშით, რომ კომპოზიციაში კარბიდული ჩანართების შემცველობა ყოფილიყო 20 ან 50%. ქლორიდების შემცველობა კაზში იანგარიშებოდა ნიკელ-ქრომის შენადნობში 80% Ni და 20% Cr-ის მისაღებად.

აღდგენითი პროცესების თერმული ანალიზი, აღდგენის რეაქციები და მიღებული პროდუქტების შემდგომი დამუშავება ხდებოდა [2] სამუშაოში აღწერილი მეთოდით. რეაქციის საწყისი ტემპერატურა ემთხვეოდა მაგნიუმის დნობის ტემპერატურას (640-650°C). 20% კარბიდების შემცველობის კომპოზიციების მიღებისას წარმოიქმნებოდა დიდი რაოდენობით გამდნარი ნაწილაკები, რაც გამოწვეული იყო ლოკალური გადახურებებით რეაქციის ძლიერი ეგზოთერმულობის



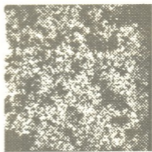
გამო. გადნობის თავიდან ასაცილებლად კაზმში ვუმატებდით ნატრიუმის ქლორიდს შეფარდებით 1:1 ნიკელისა და ქრომის ქლორიდების ნარევის რაოდენობასთან. ამ შემთხვევაში რეაქციის საწყისი ტემპერატურა მცირდებოდა 470°C -მდე. ეს ტემპერატურა ემთხვევა, მარილთა სამმაგი ევტექტიკის $\text{NiCr}_2\text{-CrCl}_3\text{-NaCl}$ დნობის ტემპერატურას [3]. გარდა ამისა, რეაქციის პროცესში გამოყოფილი სითბო უკვე იხარჯებოდა უფრო დიდი მასის გასახურებლად, რაც საგრძნობლად ამცირებდა მისაღები კომპოზიციური ფხვნილის გადნობის შესაძლებლობას.



ა



ბ



გ

სურ.2. $\text{NiCr}+20\%\text{Cr}_3\text{C}_2$ ფხვნილის ნაწილაკის გამოსახულება შთანთქმულ ელექტრონებში (ა) და მახასიათებელ რენტგენულ სხივებში (ბ)-Cr, (გ)-Ni.

50% კარბიდების შემცველობის ფხვნილების მიღებისას აღარ იყო საჭირო ნატრიუმის ქლორიდის დამატება, ვინაიდან გამოყოფილი სითბო ხმარდებოდა ბევრად უფრო დიდი მასის გათბობას (კარბიდები არ მონაწილეობენ აღდგენის რეაქციაში და ასრულებენ ბალასტის როლს).

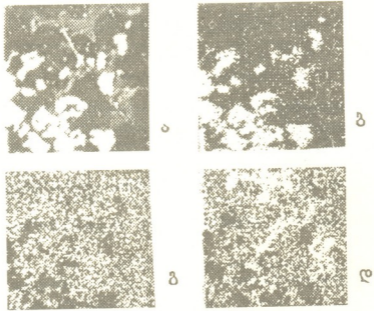
მიღებული პროდუქტების ქიმიური შედგენილობა შეესაბამება ნაანგარიშებს, ფხვნილები ხასიათდება რუხი ფერით და ლითონური ბზინვარებით.

კომპოზიციური ფხვნილების სტრუქტურა და ფაზური შედგენილობა შეისწავლბოდა ოპტიკური მიკროსკოპის “ნეოფოტ-21” და “კამეკას” ფირმის მიკრორენტგენოსპექტრული ანალიზატორის MS-46-ის საშუალებით. კვლევის შედეგები (სურ. 1-3) გვიჩვენებს, რომ კომპოზიციური ფხვნილების ნაწილაკები წარმოადგენენ ლითონურ ფუძეს მასში ჩართული ცალკეული კარბიდებით. ნიკელისა და ქრომის განაწილება ლითონურ ფუძეში თანაბარია. კარბიდული ნაწილაკები, როგორც მექანიკური ჩანართები, საკმაოდ თანაბრადაა განაწილებული ლითონურ ფუძეში. არ შეიმჩნევა ელემენტების გადაწილება კარბიდებსა და ნიკელ-ქრომის მყარ ხსნარს შორის.

კომპოზიციური ფხვნილების ნაწილაკების ზედაპირის მორფოლოგია შეისწავლბოდა რასტრული ელექტრონული მიკროსკოპის “სტერეოსკან 2 ა“-ს

საშუალებით. შედეგები მოყვანილია მე-4 სურათზე. ნაწილაკების აღნაგობა ღრუბლოვანია, მათ აქვთ ძლიერ განტოტვილი ზედაპირი.

აღდგენის რეაქციების თერმული ანალიზისა და მიღებული ფხვილების სტრუქტურის, მორფოლოგიის და ფაზური შედგენილობის კვლევის შედეგები საშუალებას გვაძლევს წარმოვდგინოთ ვიქონიოთ კომპოზიციური ფხვილების სტრუქტურის წარმოქმნის მექანიზმის შესახებ.



სურ.3. NiCr+20%TiC ფხვილის ნაწილაკის გამოსახულება შთანთქმულ ელექტრონებში (ა) და მახასიათებელ რენტგენულ სხივებში (ბ) - Ti, (გ) - Ni, (დ) - Cr.

მაგნიუმის ურთიერთქმედება ქლორიდებთან იწყება და მიმდინარეობს იმ შემთხვევაში, თუ რეაქციის ერთ-ერთი კომპონენტი იმყოფება თხევად მდგომარეობაში. ნატრიუმის ქლორიდის გამოყენების გარეშე ნიკელისა და ქრომის ქლორიდები ურთიერთქმედებენ თხევად მაგნიუმთან. კაზმში NaCl დამატებისას რეაქცია მიმდინარეობს მარილთა საშვადე ნალღობის $NiCl_2-CrCl_3-NaCl$ მონაწილეობით. სუფთა საწყისი მასალების გამოყენებისა და მათი კარგი შერევისას ორივე შემთხვევაში წარმოიქმნება ქრომის მყარი ხსნარი ნიკელში შედგენილობის მაღალი ჰომოგენურობით. ნიკელ-ქრომის შენადნობის ფხვილის ნაწილაკების წარმოქმნა შესაბამისი ლითონების ქლორიდების მაგნიუმთერმული აღდგენისას, შეიძლება განხილულ იქნეს, როგორც კრისტალიზაციის პროცესი. იგი უნდა ექვემდებარებოდეს თხევადი ხსნარის კრისტალიზაციის კანონზომიერებებს, მიუხედავად მისი მიმდინარეობისა თხევადი ხსნარის გამყარების ტემპერატურაზე $600-850^{\circ}C$ -ით დაბლა. ამიტომ კრისტალების ჩასახვა და ზრდა ანალოგიურია ძლიერ გადაცივებული ნალღობის არაწონასწორული კრისტალიზაციისა, იმ განსხვავებით, რომ დენდრიტულ ლიკვაციას ადგილი არა აქვს [4]. ამით აიხსნება ფხვილების შედგენილობის მაღალი ჰომოგენურობა.



სურ.4. ფხვნილთა ნაწილაკების ზედაპირის ფოტოგრაფიები
 ა) NiCr+50%Cr₃C₂ X 2000
 ბ) NiCr+50% NiC X 5000

კარბიდების ფხვნილთა ნაწილაკები ქმნიან კრისტალების ფორმირების დამატებით პირობებს. ისინი ასრულებენ კრისტალიზაციის მზა ცენტრების როლს, რომელთა ზედაპირებზე ჩაისახება და იზრდება ნიკელ-ქრომის შენადნობის კრისტალები. შექმნილი ტემპერატურული პირობები განაპირობებს კრისტალების ზრდის დენდრიტულ ხასიათს და მათ ძლიერ განტოტვილ მორფოლოგიას. თავიანთი განვითარებისას რამდენიმე (ან ბევრი) კრისტალი ერთმანეთში შეიზრდება და წარმოქმნის კომპოზიციური ფხვნილის ნაწილას ფოროვანი, ღრუბლოვანი აღნაგობით.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 ფ.თაყაიძის სახ. მეტალურგიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *W.Kunda*. New Developments in the Preparation of Composite Powders. High Temperatures - High Pressures. **3**, 5, 1971., 593-612.
2. *Yu.M.Kartvelishvili*. Study of Technological and Physico-mechanical Properties of Chromium Diboride Powder and Compositional Materials on its Base. Tenth International Simposium on Boron. Albuquergue, New Mexico, USA, 152, 1990.
3. Диаграммы плавкости солевых систем. Справочник. М., Металлургия, 1977.
4. *И.И.Новиков, В.С.Золотаревский*. Дендритная ликвация в сплавах., 1966, с. 157.

თუ მიღებულ განტოლებაში $q(x)$ ნაცვლად შევიტანთ შეზის ცნობილ გამოსახულებას, მივიღებთ:

$$q_0 + rx = hc\sqrt{hi} \quad (3)$$

$C = \frac{1}{n} h^{1/6}$ შემთხვევაში, გამოსახულება მყარი ხარჯისათვის მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$p = \frac{A\sqrt{g}}{a\alpha W} n^{0.3} i^{27/20} (q_0 + rx)^{1.3}, \quad (4)$$

სადაც g - სიმძიმის ძალის აჩქარებაა; a - ნაწილაკის ფარდობითი სიმკვრივე წყალში; W - ჰიდრავლიკური სიმსხო; n - სიმჭისის კოეფიციენტი; i - ფსკერის ქანობი; q_0 - ხარჯი საწყის კვეთში; r - ნალექების ინტენსივობა.

$$A = 0.2; \quad \alpha = 0.4$$

გაწრფივების შედეგად განვსაზღვრავთ

$$i^{27/20} \approx -i_0^{27/20} \frac{\partial z}{\partial x} \quad (5)$$

მე-(5) გამოსახულების ჩასმით (4)-ში მივიღებთ:

$$p(x, t) = -\frac{A}{a\alpha W} n^{0.3} i_0^{7/20} (q_0 + rx) \frac{\partial z}{\partial x}, \quad (6)$$

მე-(6) გამოსახულების ჩასმით კალაპოტის დეფორმაციის დიფერენციალურ განტოლებაში, ვღებულობთ:

$$\frac{\partial z}{\partial t} = -D(q_0 + rx)^{1.3} \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} - 1.3Dr(q_0 + rx)^{0.3} \frac{\partial z}{\partial x} = 0, \quad (7)$$

სადაც

$$D = \frac{A\sqrt{gn}^{0.3} i_0^{0.35}}{a\alpha W}$$

მ.ველიკანოვისაგან განსხვავებით მე-(7) განტოლებაში დამატებით შესულია წვერი

$$1.3Dz(q_0 + rx)^{0.3} \frac{\partial z}{\partial x}$$

რომელიც ითვალისწინებს ატმოსფეროში ნალექების ინტენსივობას ნაკადის არასტაციონარული რეჟიმის ფორმირებისას.

ამრიგად, ფერდობების წყლისმიერი ეროზიის პროგნოზირების მათემატიკური მოდელი გვაძლევს პარაბოლური ტიპის ცვლადკოეფიციენტებიან დიფერენციალურ განტოლებას, რომლის ამოხსნაც ანალიზურად არ ხერხდება. ამის გამო ვიყენებთ ერთ-ერთ რიცხვით მეთოდს, კერძოდ, არაცხად სასრულ-სხვაობიან სქემას:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial z}{\partial t} &\approx \frac{z_i^{K+1} - z_i^K}{r}; & \frac{\partial z}{\partial x} &\approx \frac{z_{i+1}^{K+1} - z_{i-1}^{K+1}}{2\Delta} \\ \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} &\approx \frac{z_{i+1}^{K+1} - 2z_i^{K+1} - z_{i-1}^{K+1}}{\Delta^2} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$



მარტივი ალგებრული გარდაქმნების შედეგად მიღებული განტოლებების გადაწყვეტა ხორციელდება ეგმ-ზე, წრფივი ფაქტორიზაციის მეთოდის გამოყენებით.

საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *М.А.Великанов*. Русловой процесс. М., 1958, 395.



თ.ურუშაძე (აკად. წევრ-კორესპონდენტი), კ.კილაძე

ცენტრალური კავკასიონის მაღალმთიანეთის ნიადაგების შედარებითი დახასიათება

წარმოდგენილია 11.04.1996

მიუხედავად იმისა, რომ მაღალმთიანეთის ნიადაგებზე დაგროვილია საკმაოდ დიდი მასალა (1,2,3,5,6,7), ბევრი საკითხი ჯერ კიდევ სადავოა და დაუდგენელი.

სტატიაში მოცემულია ცენტრალური კავკასიონის მაღალმთიანეთის ძირითადი ნიადაგების მათ შორის მთა-მდელოს კორდიანი, მთა-მდელოს ჰუმუს-ილუვიური, მთა-მდელოს მეორადი, მთა-ტყე-მდელოს გატორფებული, მთა-ტყე-მდელოს ტიპური და მთა-მდელო-სტეპის ნიადაგების შედარებითი დახასიათება.

გამოკვლევებით დადგინდა, რომ მიუხედავად იმისა, რომ შესწავლილი ნიადაგები განსხვავებულ ტიპებს მიეკუთვნება, მათ ბევრი რამ აქვთ საერთო. განხილული ნიადაგები ხასიათდება თიხნარი (მსუბუქი, საშუალო ან მძიმე) მექანიკური შედგენილობით; მათში ყველაზე დიდი რაოდენობით წარმოდგენილია წვრილი ქვიშის (0,25 - 0,05 მმ) და მსხვილი მტკრის (0,05 - 0,01 მმ) ფრაქციები. მსხვილი ქვიშის (1 - 0,25 მმ) ფრაქციის შემცველობა პროფილების მიხედვით დიდ ფარგლებში მერყეობს, რაც ამ ნიადაგების დელუვიურ ბუნებაზე მიუთითებს. ძირითადი ოქსიდები (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) მეტ-ნაკლებად თანაბრადაა განაწილებული. ამ ნიადაგებში რკინის ძირითადი ფორმები (მათ შორის არასილიკატური - ჩექსონით, ამორფული - თამით) არათანაბრადაა განაწილებული, რაც კიდევ ერთხელ ადასტურებს მათ დელუვიურ ბუნებას. ეს ნიადაგები ხასიათდება შთანთქმული კატიონების დაგროვებით ზედა ჰორიზონტებში, ჰუმუსის და აზოტის მაღალი შემცველობით, მკავე რეაქციით (გარდა მთა-მდელო-სტეპის ნიადაგისა, რომელიც ტუტე რეაქციით გამოირჩევა და მთა-ტყე-მდელოს ტიპური ნიადაგისა - ნეიტრალური რეაქციით).

ამასთან ერთად, შესწავლილი ნიადაგები საკმაოდ განსხვავდებიან ერთმანეთისგან.

მთა-მდელოს კორდიანი ნიადაგები ხასიათდება შემდეგი პროფილით: $A_3-A_1-AB(B)-BC$. ისინი მიეკუთვნება მსუბუქ თიხნარებს. ფიზიკური თიხის შემცველობა სიღრმით მცირდება; დიდი რაოდენობითაა წარმოდგენილი წვრილი ქვიშის და მსხვილი მტკრის ფრაქციები. ნიადაგების მსუბუქი მექანიკური შედგენილობა ადასტურებს, რომ აქ ინტენსიურად მიმდინარეობს ფიზიკური გამოფიტვა, ამორფული და არასილიკატური რკინის შემცველობა სიღრმით კლებულობს, რაც შეიძლება აიხსნას მათი კავშირით ორგანულ ნივთიერებასთან [4]. ნიადაგები გამოირჩევა მაღალი (11,69%) და ღრმა (პორ. BC-ში ჰუმუსის რაოდენობა შეადგენს 2,98%) ჰუმუსირებით; მკავე ან სუსტად მკავე რეაქციით, შთანთქმის დაბალი ტევადობით და შთანთქმულ კატიონებში გაცვლითი წყალბადის და ალუმინის საკმაოდ მაღალი შემცველობით.

მალაშვილის ნიადაგების ზოგადი მონაცემები

№	ნიადაგი	პირამონტი სიღრმე სმ	pH	ქუეფი %	< 0,001	< 0,01	მთავარი კატიონები					SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
							Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H ⁺	Al ⁺⁺⁺	ქაში			
1	შთა-მდელოს კორიანი	A ₁ -0-8	5,6	11,69	3,6	26,4	3,37	0,67	2,5	1,3	7,84	62,68	18,99	5,93
		A ₂ -8-25	5,4	7,31	5,6	25,5	2,25	0,22	1,3	2,4	6,17	60,84	19,56	6,18
		AB(B)-25-40	5,7	3,08	4,3	16,8	0,9	0,67	1,2	2,3	5,07	61,38	19,20	5,88
		BC-40-70	6,5	2,98	2,1	15,3	0,9	0,22	2,2	2,3	5,62	61,49	19,03	5,66
4	შთა-მდელოს ქუეფის ილექტრა	A ₁ -0-9	4,7	19,49	11,4	33,6	3,38	0,68	2,0	8,7	14,76	67,65	16,74	5,34
		A ₂ -9-22	5,1	12,45	14,2	44,0	1,57	0,45	5,7	6,8	14,52	65,39	18,49	6,09
		B ₁ -22-35	4,6	8,12	17,4	48,9	0,9	0,45	2,0	7,6	10,95	65,02	18,79	5,77
		B ₂ -35-55	4,5	5,82	17,8	46,3	0,45	0,23	1,8	4,7	7,18	-	-	-
		BA-55-65	4,8	4,79	17,9	49,2	0,9	22,7	2,3	5,7	31,6	63,36	20,16	6,18
C-65-90	4,5	1,23	12,9	52,9	2,48	0,68	4,3	12,1	19,56	63,98	18,85	6,10		
6	შთა-ტყე მდელოს გარე- რეცხული	A ₁ -3-14	4,0	26,96	11,5	34,1	4,05	2,72	1,5	15,3	23,57	-	-	-
		AB-14-18	4,3	24,16	9,0	25,4	1,35	0,45	5,5	21,0	28,3	62,92	19,87	7,2
		B ₁ -14-35	4,2	9,16	9,1	35,0	0,67	0,45	1,8	20,7	23,62	64,41	19,50	6,5
		B ₂ -35-60	4,5	5,51	8,0	28,2	0,67	0,9	3,7	9,3	14,57	63,98	20,58	5,82
		C-60-90	4,1	2,49	18,1	58,4	1,12	1,58	1,0	22,0	25,7	63,45	20,34	7,68
8	შთა-მდელოს მკორიანი	A ₁ -0-10	5,6	12,12	3,7	23,6	7,5	3,52	2,0	"-"	13,02	64,96	17,63	6,67
		BC-10-40	6,0	9,71	3,8	24,2	8,5	5,29	2,8	2,7	19,29	62,48	17,60	6,16
		CD-40-60	5,8	3,54	4,1	26,6	7,0	2,77	1,0	1,5	12,27	63,43	17,44	6,59
11	შთა-ტყე მდელოს ტიპური	A-0-17	6,9	16,33	5,1	28,6	9,25	2,52	"-"	"-"	11,77	61,92	16,95	8,41
		B ₁ -17-35	7,0	14,96	5,6	28,4	12,5	1,51	"-"	"-"	14,01	62,04	16,92	7,68
		B ₂ -35-70	7,0	11,74	4,9	36,3	13,2	5,29	"-"	"-"	18,89	61,44	17,53	7,80
		BC-70-90	7,1	3,98	3,6	18,8	5,0	3,78	"-"	"-"	8,76	63,36	18,37	8,36
12	შთა-მდელოს სტეპის	A-0-15	7,8	5,85	2,3	14,8	7,25	7,3	"-"	"-"	14,55	67,09	17,22	7,35
		BC-15-40	8,0	3,02	2,0	18,7	6,0	0,25	"-"	"-"	6,25	63,54	18,53	7,63
		CD-40-70	8,0	0,38	2,1	19,9	6,25	1,75	"-"	"-"	8,0	66,09	17,59	7,21

მთა-მდელოს ჰუმუს-ილუვიური ნიადაგები გამოირჩევიან შემდეგი პროფილით: $A_0-A_1-B_1-B_2-BA-C$. მსგავსად მთა-მდელოს კორდიანი ნიადაგებისა, ესენიც ხასიათდება კორდიანი ჰორიზონტით. ეს ნიადაგები მიეკუთვნება საშუალო და მძიმე თიხნარებს; სიღრმით ფიზიკური თიხის შემცველობა იზრდება. აქაც ყველაზე დიდი რაოდენობითაა წარმოდგენილი წვრილი ქვიშის და მსხვილი მტვრის ფრაქციები, ამასთან, ამ ფრაქციების შემცველობა სიღრმით მატულობს, ძირითად ოქსიდებს აქვს ელუვიურ - ილუვიური გადანაწილება. კაჟმიწის რაოდენობა სიღრმით კლებულობს, ხოლო ერთნახევარი ჟანგულობის - პირიქით, იზრდება. რკინის ძირითადი ფორმები პროფილის მიხედვით ინტენსიური გადანაწილებით ხასიათდება. ეს ნიადაგები ხასიათდება ჰუმუსის ძალიან მაღალი შემცველობით (19,49%). მართალია, ჰუმუსის შემცველობა საკმაოდ მკვეთრად ეცემა, მაგრამ მიუხედავად ამისა ყველაზე ქვედა პორ. C-ში მისი რაოდენობა მაინც აღწევს 1,23%. ნიადაგები ხასიათდება მჟავე რეაქციით, შთანთქმის საშუალო ტევადობით.

ცხრილი 2

ნიადაგში რკინის სხვადასხვა ფორმის შემცველობა
(ჰაერ- მშრალ ნიადაგზე)

№	ჰორიზონტი სიღრმე სმ-ით	Fe ₂ O ₃ მთლიანი	სილიკატური		არასილიკატური		ამორფული		სუსტად დაკრისტალ.	
			%	%	%	%	%	%	%	%
			მთლიანი	მთლიანი	მთლიანი	მთლიანი	მთლიანი	მთლიანი	მთლიანი	მთლიანი
1	A ₀ -0-8	4,76	3,50	73,5	1,26	26,5	0,37	7,77	0,89	18,70
	A ₁ -8-25	5,36	4,59	85,6	0,77	14,4	0,27	5,04	0,50	9,33
	AB(B)-25-40	5,46	5,05	92,5	0,41	7,5	0,11	2,01	0,30	5,49
	BC-40-70	5,31	4,88	91,9	0,43	8,1	0,11	2,07	0,32	6,03
4	A ₀ -0-9	3,69	2,70	73,2	0,99	26,8	0,18	4,88	0,81	21,95
	A ₁ -9-22	4,82	4,17	86,5	0,65	13,5	0,13	2,70	0,52	10,79
	BI-22-35	4,82	3,74	77,6	1,08	22,4	0,21	4,36	0,87	18,05
	BA-55-65	5,46	4,48	82,1	0,98	17,9	0,21	3,85	0,77	14,10
	C-65-90	5,77	4,95	85,8	0,82	14,2	0,16	2,77	0,66	11,43
6	AB-14-18	5,45	4,45	81,7	1,00	18,3	0,24	4,40	0,76	13,94
	B ₁ -18-35	5,35	4,20	78,5	1,15	21,5	0,31	5,79	0,84	15,70
	B ₂ -35-60	4,94	3,47	70,2	1,47	29,8	0,34	6,88	1,13	22,87
	C-60-90	7,07	6,11	86,4	0,96	13,6	0,19	2,69	0,77	10,89
8	A ₀ -0-10	5,92	5,32	89,8	0,60	10,2	0,12	2,03	0,48	8,11
	BC-10-40	5,77	5,07	87,8	0,70	12,2	0,11	1,91	0,59	10,23
	CD-40-60	6,17	5,44	88,2	0,73	11,8	0,14	2,27	0,59	9,56
11	A-0-17	6,35	5,36	84,4	0,99	15,6	0,26	4,09	0,73	11,49
	B ₁ -17-35	5,78	4,80	83,1	0,98	16,9	0,26	4,50	0,72	12,46
	B ₂ -35-70	6,34	5,14	81,1	1,20	18,9	0,31	4,89	0,89	14,04
	BC-70-90	7,75	6,60	85,2	1,15	14,8	0,31	4,00	0,84	10,84
12	A-0-15	7,07	6,53	92,4	0,54	7,6	0,13	1,84	0,41	5,79
	BC-15-40	7,14	5,38	75,4	1,76	24,6	0,28	3,92	1,48	20,73
	CD-40-70	6,87	5,77	83,9	1,10	16,01	0,19	2,77	0,91	13,24

მთა-ტყე-მდელოს გატორფებული ნიადაგები (A₀-A₀-AB-B₁-B₂-C) ვითარდებიან დეკანების ქვეშ. ნიადაგები მიეკუთვნება საშუალო თიხნარებს. ეს

ნიადაგები გამოირჩევა ლექის ფრაქციის და ფიზიკური თიხის არათანაბარი განაწილებით და არასილიკატური რკინის დაგროვებით, ჰუმუსის ყველაზე მაღალი შემცველობით (26,36%) და ღრმა ჰუმუსირებით (ჰორ. C-ში 2,49%), შთანთქმის საშუალო ტევადობით, გაცვლითი ალუმინის გადიდებული შემცველობით, და ყველაზე მჟავე რეაქციით (pH=4,0-4,5).

მთა-მდელოს მეორადი ნიადაგები პროფილით A_2 -BC-CD ფორმირდებიან მეორადი სუბალპური მდელოების ქვეშ. ისინი მიეკუთვნებიან მსუბუქ თიხნარებს. ამ ნიადაგებში ფიზიკური თიხის შემცველობა სიღრმით უმნიშვნელოდ იზრდება. ამორფული და არასილიკატური რკინა თითქმის თანაბრადაა განაწილებული პროფილის მიხედვით, სიღრმით მატების ტენდენციით. ნიადაგები ხასიათდება ჰუმუსის მაღალი შემცველობით (ჰორ. A_2 -ში 12,12%) და ღრმა ჰუმუსირებით (ჰორ. CD-ში 3,54%), სუსტად მჟავე რეაქციით, შთანთქმის მაღალი ტევადობით.

მთა-ტყე-მდელოს ტიპური ნიადაგები (A-B₁-B₂-BC) ვითარდებიან სუბალპური მაღალბალახეულობის ქვეშ. ეს ნიადაგები მიეკუთვნება საშუალო და მსუბუქ თიხნარებს. ამორფული და არასილიკატური რკინის შემცველობა სიღრმით მატულობს. ნიადაგები ხასიათდება ჰუმუსის საკმაო მაღალი შემცველობით (16,33%) და ღრმა ჰუმუსირებით (ჰორ. BC-ში 3,98%), შთანთქმის დაბალი ტევადობით, მაძღრობით, ნეიტრალური რეაქციით.

მთა-მდელო-სტეპის ნიადაგები პროფილით A-BC-CD გამოიყოფა მთის ქსეროფიტების (ასტრაგალების) ქვეშ. ეს ნიადაგები გამოირჩევა ჰუმუსის დაბალი შემცველობით, ფუძეების მაძღრობით, ტუტე რეაქციით.

საქართველოს აგარული უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. ნ. იაშვილი. სვანეთის ნიადაგები. თბილისი, 1987.
2. *Т.Ф. Урушадзе*. Почвы горных лесов Грузии. Тбилиси, 1987.
3. *С.А. Захаров*. К характеристике высокогорных почв Кавказа. М. 1914.
4. *Т.Ф. Урушадзе*. Горные почвы СССР. М., 1984.
5. *მ. ტალახაძე, კ. მინდელი*. საქართველოს მაღალმთიანეთის ნიადაგები. თბილისი, 1980.
6. *В.М. Фридланд*. Почвы высокогорий Кавказа. Ан СССР., 1966.
7. *Ш.К. Шубладзе*. Автореф. канд. дисс., Тбилиси, 1987.



კ.კილაძე

მაღალმთიანეთის ნიადაგებისა და მცენარეების კლასიფიკაციის შეჯერების შესახებ

წარმოადგინა წევრ-კორესპონდენტმა თ. ურუშაძემ 25 04 1996

ნიადაგებსა და მცენარეულობას შორის კავშირების დადგენის მცდელობას ბევრი მკვლევარის ნაშრომში ვხვდებით.

მ. სახოკია [1] ტყის რუხი ნიადაგების სიღრმეს და მცირე ხირხატიანობას უკავშირებს ბალახოვან-საფრიალი არყნარების არსებობას. მაღალმთიანეთში იგივე მკვლევარი სხვადასხვა სახის ნიადაგებს სხვადასხვა მცენარეულობის ქვეშ გამოყოფს. ა.ა. კოლაკოვსკი [2] აღნიშნავდა დეკიანების განსაკუთრებულ როლს, როგორც ნაშალების დამამარებლის და ამავე დროს ნიადაგწარმოქმნელის. ს. ზონი (1950) აღნიშნავს, რომ რუხი მთა-ტყის ნიადაგები გამოირჩევა დიდი მრავალფეროვნებით სისქის, ხირხატიანობის ხარისხისა და გაეწერების მიხედვით, რაც მჭიდროდ არის დაკავშირებული ტყის მკვდარ საფარსა და ზღვის დონიდან სიმაღლესთან. ვ.დ. გაჩევი [3] მცენარეული საფარის მრავალფეროვნებას ხსნის არა გეომორფოლოგიით ან მიკროკლიმატით, არამედ მთის ფერდობის მრავალფეროვანი კომპლექსური ნიადაგურ-გრუნტის პირობებით.

მიუხედავად იმისა, რომ სხვადასხვა მკვლევარის მიერ მოყვანილია მრავალი მაგალითი ნიადაგებსა და მცენარეებს შორის კავშირის შესახებ, ეს საკითხი მაინც კიდევ კვლევისა და ღრმა შესწავლას მოითხოვს, რადგან ჯერ კიდევ არ არის დადგენილი თუ რა კავშირები არსებობს ნიადაგურ და მცენარეულ ტაქსონებს შორის კლასიფიკაციის სხვადასხვა საფეხურებზე.

ცნობილია, რომ ნიადაგების დახასიათების დროს, მათი კლასიფიკაციისათვის იყენებენ შემდეგ ტაქსონომიურ ერთეულებს: ნიადაგის ტიპს, ქვეტიპს, გვარს, სახეობას, სახესხვაობას და თანრიგს. ხევის რეგიონში (ყაზბეგის რაიონი) კვლევის შედეგად გამოყოფილ იქნა მაღალმთიანეთის ნიადაგების 3 ტიპი და 6 ქვეტიპი, რომლებიც ფორმირდებიან სხვადასხვა მცენარეული დაჯგუფების ქვეშ. ჩატარებულმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა კავშირი სხვადასხვა ნიადაგებსა და მცენარეულობებს შორის. მთა-მდელოს კორდიანი ნიადაგები განვითარებულია მაღალმთის კობრეზიანი მდელოს, ქრელწივანიანი მდელოსა და ქრელი-შვრიელას მდელოების ქვეშ. მთა-მდელოს ჰუმუს-ილუვიური ნიადაგები ვითარდებიან ძივნიანი მდელოების ქვეშ. მთა-მდელოს მეორადი ნიადაგები განვითარებული არიან სუბალპური მდელოების ქვეშ. მთა-ტყე-მდელოს გატორფებული ნიადაგები ვითარდებიან დეკიანების ქვეშ. მთა-ტყე-მდელოს ტიპური ნიადაგები კი სუბალპური მაღალბალახეულობის ქვეშ არიან განვითარებული. მთა-მდელო-სტეპის ტიპური ნიადაგები ვითარდებიან ასტრაგალებისა და მთის სტეპური დაჯგუფებების ქვეშ. დადგენილი კანონზომიერებანი აისახა სათანადო სქემაში [4]

სქემა. 1

მაღალმთიანეთის ნიადაგებისა და მცენარეულობის საკვალიფიკაციო ერთეულების ურთიერთკავშირი

ნიადაგები	მცენარეები		
	თანასაზოგადობა	ქვეტიპები	ტიპი
I-1. მთა-მდელოს კორდიანი	II.-1. ჭრელი შვრიელას II.-2. ჭრელწივიანიანი III.-3. მაღალმთის კობრეზიანი	მდელოები	ბალახოვანი მცენარეულობა
I. 2. მთა-მდელოს ჭუმუს-ალუვიური	I.-4. დიგიანი		
I.-3. მთა-მდელოს მეორადი	I.-5. სუბალპური I.-6. სტეპური დაჭლუფების		
II.-1. მთა-ტყე-მდელოს ტიპური	I.-1.(ა) ჰერაკლიუმები ანთრისკუსით	მაღალბალახეულობა	
II.-2. მთა-ტყე-მდელოს გატორფებული	II.-1. დეკიანი	ბუჩქნარი	მერქნიანი მცენარეულობა
III.-1. მთა-მდელო-სტეპის ტიპური	III.-1. ასტრაგალები	ეკლიან-ასტრაგალიანი	ორეოქსეროფიტები

ნიადაგი შეიძლება განვითარდეს ერთი ან რამდენიმე სხვადასხვა სახის მცენარეული თანასაზოგადობის ქვეშ. მაგ. მთა-მდელოს კორდიანი ნიადაგები ვითარდებიან ჭრელ-შვრიელას, მაღალმთის კობრეზიანი და ჭრელ-წივიანიანი მდელოების ქვეშ. ყველა ეს თანასაზოგადობა მცენარეულობის ერთ ქვეტიპს მიეკუთვნება -მდელოებს (ბალახოვანი მცენარეულობის ტიპი). დადგენილ იქნა ის ფაქტი, როცა ნიადაგის ერთი ტაქსონომიური ერთეული (მთა-მდელო-სტეპის ნიადაგი) განვითარებულია მცენარეების არა მხოლოდ სხვადასხვა ქვეტიპების, არამედ სხვადასხვა ტიპების ქვეშაც (ბალახოვანი მცენარეების ტიპი და ორეოქსეროფიტების ტიპი). ის ფაქტი, რომ ერთი სახის მცენარეული თანასაზოგადობის ქვეშ რამდენიმე სახის ნიადაგი ყოფილიყო განვითარებული, ჩვენს მიერ დაფიქსირებული არ იქნა. ყოველივე ზემოთ ნათქვამი ამტკიცებს იმ ფაქტს, რომ ნიადაგწარმოქმნის პროცესში მცენარეებს ერთ-ერთი მთავარი ადგილი უკავიათ და არა ერთადერთი.

ნიადაგური საფარის მრავალფეროვნებით გამოირჩევა ბალახოვანი მცენარეულობის ტიპი. მათ ქვეშ ვითარდებიან მაღალმთიანეთის ყველა ტიპის ნიადაგები. ეს განზოგადება ნიადაგების მხოლოდ ტიპის დონეზე იჩენს თავს და აღარ მოქმედებს ქვეტიპების დონეზე.

ნიადაგებისა და მცენარეულობის ტაქსონებს შორის არსებობს თვალნათლივ გამოხატული კავშირი. ეს გამოიხატება იმაში, რომ ძირითადად მდელოების ქვეშ ვითარდებიან მთა-მდელოს ნიადაგები, მერქნიანი მცენარეების ქვეშ მთა-ტყე-მდელოს ნიადაგები, ორიოქსეროფიტების ქვეშ კი მთა-მდელო-სტეპის ნიადაგები. მაგრამ ამის გარდა გვაქვს აქედან მცირე გადახვევებიც, რის გამოც ზემოთ ნათქვამი არ შეიძლება ჩაითვალოს გარდაუვალ ბუნებრივ კანონზომიერებად. ეს გადახვევები უმეტესწილად გამოწვეულია მცენარეული საფარით. მაგ. მთის სტეპური დაჭლუფება

მიეკუთვნება მდელოების საკლასიფიკაციო ქვეტიპს, მაგრამ მათ ქვეშ მთა-მდელოს ნიადაგების მაგივრად მთა-მდელო-სტეპის ნიადაგები ვითარდებიან. აქედან გამომდინარე, მცენარეულ თანასაზოგადოებას შეუძლია ნიადაგწარმოქმნის პროცესი თავისი მიმართულებით წარმართოს.

ამრიგად, მცენარეულ და ნიადაგურ საფარს შორის არსებობს რეალური და ამასთან ერთად საკმაოდ რთული ურთიერთკავშირი, რაც ასახვას პოულობს მათი გავრცელების მიხედვით ერთმანეთთან შედარებისა და დაკავშირების სქემაში.

ლიტერატურა

1. მ. საბოკია. ხევის სათიბ-საძოვრების აგრობოტანიკური მიმოხილვა და გაუმჯობესების ღონისძიებანი (ყაზბეგის რაიონი). თბილისი, 1983.
2. *А.А.Колаковский*. Труды Тбилисского ботанического института, Т.VII, 1939.
3. *В.Д. Гаджиев*. "Субальпийская растительность Большого Кавказа" Баку, 1962.
4. *Тумаджанов*. Опыт дробного геоботанического районирования Северного склона Большого Кавказа. Тбилиси, 1963.

რ.სოლომონია, ზ.მჭედლიშვილი, ნ.დალაქიშვილი, დ.მიქელაძე

Aquilegia Vulgaris-ის წყლიანი ექსტრაქტის ანტიკონვულსანტური ეფექტი კრუშინსკი-მოლოდკინას ხაზის ვირთაგვებში

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ.მოსიძემ 12.02.1996

დღეისათვის ეპილეფსიით დაავადებულთა დაახლოებით 25%-ის განკურნვა არსებული ფარმაცოლოგიური საშუალებებით არ ხერხდება [1,2]. მიუხედავად იმისა, რომ ბოლო წლების მანძილზე აღმოჩენილ იქნა მთელი რიგი ანტიეპილეფსიური საშუალებები, ახალი პრეპარატების ძიება არ წყდება და მათზე დიდი მოთხოვნილებაა. ანტიეპილეფსიური ფარმაცოლოგიური საშუალებები შეიძლება დაიყოს სამ ჯგუფად მათი ზემოქმედების ობიექტების მიხედვით.: 1. ნატრიუმის არხების ინაქტივატორები (დიფენილჰიდანტონი, კარბამაზეპინი, ნატრიუმის ვალპროატი), 2. კალციუმის არხების ბლოკატორები (ეთოსუქციმიდი, ტრიმეთა-დიონი) და 3. γ-ამინოჰერბომაჟავას (გაემ)-ერეული ნეიროტრანსმისიის გამააქტიურებელი ნივთიერებები (ბენზოდიამაზეპინები, ბარბიტურატები, ანესთეზიური სტეროიდები) [3].

ბაიასებრთა ოჯახის რამდენიმე სახეობა ფართოდ გამოიყენება ჩინურ და ტიბეტურ მედიცინაში როგორც ანტიეპილეფსიური და საძილე საშუალებები [4]. არსებული მონაცემები მიუთითებენ, რომ *Aquilegia*-ს გვარის რამდენიმე სახეობიდან მიღებული ექსტრაქტები (*A. Vulgaris*, *A. Viridiflora*) იწვევენ პენტინენტეტრაზოლიუმით გამოწვეული კრუნჩხვების მნიშვნელოვან შესუსტებას, მაგრამ არ ამჟღავნებენ მსგავს ეფექტს სტრიქნინით გამოწვეული კრუნჩხვების მიმართ [5].

წინამდებარე ნაშრომში ჩვენ შევეცადეთ დაგვედგინა, შეიცავს თუ არა *A. Vulgaris*-ის წყლიანი ექსტრაქტი გაემა რეცეპტორებზე ზემოქმედების რაიმე უნარის მქონე ნივთიერებას ან ნივთიერებათა ჯგუფს. ამას გარდა, ჩვენ გამოვიკვლიეთ ამ მცენარიდან მიღებული ექსტრაქტის ანტიკონვულსანტური ეფექტი კრუშინსკი-მოლოდკინას (KM) ხაზის ვირთაგვებში. KM ხაზის ვირთაგვებს ახასიათებთ გენერალიზებული ტონურ-კლონური კრუნჩხვები აუდიოგენური სტიმულაციის შემდეგ და ფართოდ არიან გამოყენებული ეპილეფსიის ნეირობიოლოგიური ასპექტების კვლევის პროცესში.

ექსტრაქტის მისაღებად მცენარის წინასწარ გამომშრალ მიწისზედა ნაწილებს ვამატებდით მდუღარე, ბიდისტილირებულ წყალს პროპორციით 100 მლ წყალი 2,5 გ მცენარეზე. 16 საათის შემდეგ ნაყენი იფილტრებოდა ცელულოზის ფილტრში და ინახებოდა -20°C ტემპერატურაზე ცდის დღემდე. ექსპერიმენტში გამოყენებული იყო ორივე სქესის 200-250 გ წონის KM ხაზის ვირთაგვები. ცხოველები იმყოფებოდნენ დღე-ღამის ბუნებრივ ციკლში, საკვები და წყალი ეძლეოდათ რაიმე შეზღუდვების გარეშე. კრუნჩხვების გამოწვევა ხდებოდა აუდიოგენური

სტიმულაციით აკუსტიკურ კამერაში, რომელიც აღჭურვილი იყო სტანდარტული ელექტროზარით. ტესტირების პროცედურა და კრუნჩხვითი აქტივობის შეფასება ხდებოდა ჩვენ წინა ნაშრომში აღწერილი მეთოდის მიხედვით [6]. ნეღლი ექსტრაქტის ცალკეულ ფრაქციებად დაყოფის მიზნით გამოყენებული იყო B10-GEL P-10 გელ ფილტრაციული ქრომატოგრაფია. ვირთაგვას თავის ტვინიდან ნეღლი სინაფსური მემბრანების ფრაქციის მიღება და გაემა და ბენზოდიაზეპინურ რეცეპტორებთან ლიგანდების დაკავშირების შესწავლა ხდებოდა ჩვენ წინა ნაშრომში აღწერილი მეთოდის მიხედვით [6]. დაკავშირების ექსპერიმენტებში რადიოაქტიურ ლიგანდებად გამოყენებული იყო $[^3\text{H}]$ მუსციმოლი ($17\text{Ci}/\text{mmol}$, NEN, აშშ) და $[^3\text{H}]$ ფლუნიტრაზეპამი ($52\text{Ci}/\text{mmol}$, Amersham, დიდი ბრიტანეთი).

წინასწარი ცდებით დადგინდა იქნა, რომ პრეპარატის დაბალი დოზები (~ 100 მგ მშრალი წონა/ლიტრი, საბოლოო კონცენტრაციით საინკუბაციო ხსნარში) იწვევდნენ მემბრანებთან ბმული $[^3\text{H}]$ მუსციმოლის სრულ გამოძევებას. ექსტრაქტის იგივე კონცენტრაცია იწვევდა ბენზოდიაზეპინური რეცეპტორების აგონისტის - $[^3\text{H}]$ ფლუნიტრაზეპამის რეცეპტორებთან დაკავშირების 2,5-3-ჯერ გაზრდას. ექსტრაქტის დაყოფა ფრაქციებად ხდებოდა B10-GEL P-10 გელზე გელ ფილტრაციის ქრომატოგრაფიის მეთოდით. არც ერთ მიღებულ ფრაქციას არ გააჩნია ლექტინური აქტივობა, რაც დადასტურებული იყო ერთროციტების აგლუტინაციის ტესტით. იმ ფრაქციებს, რომლებიც შეიცავდნენ 20000-5000 დალტონი მოლეკულური წონის მქონე ნივთიერებებს, გააჩნდათ მკვეთრად გამოხატული ჰემოლიტიკური აქტივობა და არ ახდენდნენ რაიმე საგრძნობ გავლენას გაემა რეცეპტორებთან თრითირებული მუსციმოლის დაკავშირებაზე. ხოლო ის ფრაქციები, რომლებიც შეიცავდნენ დაბალი მოლეკულური წონის მქონე ნაერთებს (5000-2000 დალტონი), ამქლავებდნენ ისეთ ეფექტს $[^3\text{H}]$ მუსციმოლის და $[^3\text{H}]$ ფლუნიტრაზეპამის დაკავშირებაზე, როგორც ნეღლი პრეპარატი. პრეპარატის კონცენტრაცია ამ შემთხვევაში შეადგენდა 30 მგ/ლ.

ჩვენ შევეცადეთ შეგვესწავლა ამ პრეპარატის ინტრაპერიტონიალური შეყვანის გავლენა KM ხაზის ვირთაგვებში აუდიოგენური სტიმულაციით გამოწვეულ კრუნჩხვებზე. ცდების პირველ სერიაში გამოყენებული იყო KM ვირთაგვების 5 ჯგუფი. ყოველ ჯგუფში იყო 7 ცხოველი. ინტრაპერიტონიალური ინექციების დაწყებამდე ხდებოდა ცხოველების ტესტირება აკუსტიკურ კამერაში კრუნჩხვითი აქტივობის შეფასების მიზნით. ყოველი ცხოველისთვის ხდებოდა კრუნჩხვის გამოწვევისთვის საჭირო დროის ზღურბლის და კრუნჩხვის ხანგრძლივობის განსაზღვრა. ყველა ცხოველი იღებდა დღეში ერთ ინექციას ყოველდღე ერთი თვის მანძილზე. I ჯგუფის ცხოველები იღებდნენ ნეღლი ექსტრაქტის ინექციას დოზით 12,5 მგ/კგ, II ჯგუფს ეძლეოდა მაღალმოლეკულურ ნაერთთა ფრაქცია 7 მგ/კგ დოზით, ხოლო III ჯგუფს - დაბალმოლეკულურ ნაერთთა ფრაქცია დოზით 4 მგ/კგ. ცხოველების IV ჯგუფს ეძლეოდა კლონაზეპამი დოზით 0,2 მგ/კგ და V საკონტროლო ჯგუფის ცხოველებს უკეთდებოდათ ფიზიოლოგიური ხსნარის ინექციები. ბოლო ინექციიდან მეორე დღეს ხდებოდა ცხოველების ტესტირება აკუსტიკურ კამერაში და კრუნჩხვითი აქტივობის განსაზღვრა.

ჩატარებული ცდების შედეგად დადგინდა იქნა, რომ კლონაზეპამი, მაღალმოლეკულურ ნაერთთა ფრაქცია და ფიზიოლოგიური ხსნარი პრაქტიკულად არ იწვევენ დროის ზღურბლის რაიმე ცვლილებას. ამ შედეგის საპირისპიროდ, როგორც მთლიანი ექსტრაქტის, ასევე დაბალმოლეკულურ ნაერთთა ფრაქციის

ინექციებმა გამოიწვიეს კონვულსიის ინიციაციისთვის საჭირო დროის ზღურბლის მკვეთრი გაზრდა 3,5-დან 9 წამამდე. I, III და IV ჯგუფებში ადგილი ჰქონდა კრუნჩხვის აბსოლუტური ხანგრძლივობის სარწმუნო შემცირებას. კერძოდ, I და IV ჯგუფებში ეს პარამეტრი შემცირდა სამჯერ, ხოლო III ჯგუფში - ორჯერ იმასთან შედარებით, რაც იყო ინექციების დაწყებამდე. ეს ცვლილება შენარჩუნებული იყო ინექციის ბოლო დღიდან სამი კვირის შემდეგაც. აღსანიშნავია, რომ ინექციების შეწყვეტიდან სამი კვირის შემდეგ I და III ჯგუფებში დროის ზღურბლი შემცირდა და დაუბრუნდა თავის საწყის სიდიდეს. ჩვენ მიერ არ იყო შემჩნეული ეპილეფსიურ ცხოველებში "სირბილის ფაზის" ხანგრძლივობის რაიმე ცვლილება. ასევე არ ჰქონდა ადგილი კონვულსიის რომელიმე ცალკეული ფაზის გაზრდას ან შემცირებას.

ცდების მეორე სერიაში გამოყენებული იყო 18 KM ხაზის ვირთაგვა, რომლებიც დაყოფილი იყო სამ ჯგუფად და თითოეულ ჯგუფში იყო 6 ცხოველი. მათ გაუკეთდათ დაბალმოლეკულურ ნაერთთა ფრაქციის, მთლიანი ექსტრაქტის და ფიზიოლოგიური ხსნარის ერთჯერადი ინექცია, შესაბამისად. ინექციიდან 30 წუთის შემდეგ მოხდა ცხოველების ტესტირება აკუსტიკურ კამერაში კრუნჩხვითი აქტივობის დასადგენად ისევე, როგორც ცდების წინა სერიაში. მთლიანმა ექსტრაქტმა და დაბალმოლეკულურ ნაერთთა ფრაქციამ გამოიწვიეს კრუნჩხვის აბსოლუტური ხანგრძლივობის დაახლოებით ორჯერ შემცირება. დროის ზღურბლის სარწმუნო ცვლილებას ადგილი არ ჰქონდა. რამდენიმე შემთხვევაში აღინიშნა კონვულსიის ტონური ფაზის ამოვარდნა. საკონტროლო ცხოველებში არც ერთი შესწავლილი პარამეტრის ცვლილებას ადგილი არ ჰქონია.

მიღებული შედეგები მიუთითებენ, რომ *A. Vulgaris*-ის წყლიანი ექსტრაქტი შეიცავს გამაა და ბენზოლიაზებიან რეცეპტორებზე განსაზღვრული მოქმედების უნარის მქონე ნივთიერებას ან ნივთიერებათა ჯგუფს. უნდა ვიფიქროთ, რომ მათ აქვთ დაბალი მოლეკულური წონა. იმის შესაძლებლობა, რომ მცენარის ექსტრაქტი შეიცავს საკუთრივ გაემს, რომელსაც შეუძლია განაპირობოს ზემოთ აღწერილი მოვლენები, გამორიცხულია, ვინაიდან ამ მოვლენებს ადგილი ჰქონდა ინტრაპერიტონიალური ინექციების შემდეგ. მათი შემდგომი შესწავლისათვის საჭიროა დამატებითი ექსპერიმენტების ჩატარება. დაბალმოლეკულური წონის ფრაქცია, ისევე როგორც მთლიანი ექსტრაქტი იწვევს ეპილეფსიური კრუნჩხვის მნიშვნელოვან შემსუბუქებას KM ხაზის ვირთაგვებში. კერძოდ, დაბალმოლეკულური წონის ფრაქცია იწვევს კრუნჩხვის ხანგრძლივობის სარწმუნო შემცირებას. არ არის გამორიცხული, რომ ამ ფრაქციამ იმოქმედოს კრუნჩხვითი აქტივობის სხვა პარამეტრებზეც თუ ინექციის დოზა და/ან ინექციების სიხშირე გაიზარდება. ეს საკითხიც საჭიროებს დამატებით გამოკვლევას. უნდა ვივარაუდოთ, რომ აქტიური სუბსტანციის შემდგომი გასუფთავება გაზრდის პრეპარატის სპეციფიკურ აქტივობას. აღსანიშნავია, რომ ჩვენ მიერ გამოყენებული პრეპარატის დოზები მნიშვნელოვნად არ განსხვავდება კლინიკაში აპრობირებული ანტიეპილეფსიური ფარმაცოლოგიური საშუალებების დოზებისაგან. არ არის გამორიცხული, რომ დაბალმოლეკულური წონის ფრაქციას გააჩნდეს ზემოქმედების უნარი გაემს-ერგული ნეიროტრანსმიტერული სისტემის გარდა სხვა ნეიროტრანსმიტერულ სისტემებზეც, მაგრამ ჩვენ ვფიქრობთ, რომ ამ პრეპარატის

ანტიკონვულსანტური ეფექტი ძირითადად განპირობებული უნდა იყოს გაემა-
ერგულ რეცეპტორებზე ზემოქმედებით.

ი.ბერიტაშვილის სახ. ფიზიოლოგიის
ინსტიტუტი

ლიტერატურა

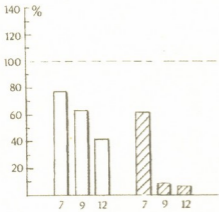
1. *D.Schmidt, D.L.Morelli*. In: *Interactable Epilepsy: Experimental and Clinical Aspects.*, New York, 1986.
2. *W.Loscher, D.Schmidt*. *Epilepsy Res.*, 2, 1989.145-181,
3. *R.L.McDonald, B.S.Meldrum*. in: "Antiepileptic Drugs". Eds.R. Levy, R.Mattson, B.S.Meldrum. J.K.Penry and F.E.Dreyfuss. New York, 1989.59-63,
4. *A.N.Schreter*. *Medicinal Herbs of Far East. USSR.* Alma-Ata, 1976.
5. *T.M.Banshchikowa*. in: "Aspects of Experimental and Clinical Medicine", USSR, Chita, 1963.
6. *Z.Mchedlishvili, R.Solomonია, D.Mikeladze*. *Bull. Georg. Acad. Sci.*, 153., 1996,91-94.

მ.ებრაღიძე, რ.კოტარია, გ.დავითაია

პროსტაგლანდინების გავლენის შესწავლა რენტგენის სხივებით
დასხივებულ სიმსივნური უჯრედების მიკროსოპულ
მემბრანებში ლიპიდების ზეჟანგურ ჟანგვაზე

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ნ.ნ.უტუბიძემ 27.05.1996

ექსპერიმენტული გამოკვლევებით დადგენილია, რომ კანცეროგენული ფაქტორების გავლენით უჯრედის ტრასფორმაციის პროცესს თან ახლავს პროსტაგლანდინების (PG) ბიოსინთეზის გაძლიერება [1]. აღმოჩენილია აგრეთვე, რომ PG-ბის ბიოსინთეზის ზოგიერთი შუალედური პროდუქტი იჩენს კანცეროგენულ აქტივობას. კერძოდ ნაჩვენებია, რომ მალონის დიალდეჰიდი (მდა), რომელიც წარმოადგენს ლიპიდების ზეჟანგური ჟანგვის პროდუქტს, ავლენს როგორც სიმსივნის ინიციატორის უნარს, ასევე კანცეროგენულ აქტივობას [2]. თავის მხრივ, ორგანიზმში დამჟანგველი სისტემები ასრულებენ როგორც დამცველობით, ასევე პათოლოგიურ როლს, ახორციელებენ რა ინერტული შენაერთების კანცეროგენულ წარმოებულეებში მეტაბოლურ აქტივაციას [3].



დიაგრამა. მდა-ს რაოდენობაზე რენტგენის სხივების გავლენა ერლიხის ასციტური კარცინომის (ეაკ) და სიმსივნემატარებელი ღვიძლის (სღ) მიკროსოპულ მემბრანებში სიმსივნის გადანერგვიდან მე-7 დღეს. ა-NADPH-დამოკიდებული ფერმენტული გზა; ბ-ასკორბატდამოკიდებული არაფერმენტული გზა; აბსცისთა ღერძის გასწვრივ-დრო წუთებში, ორდინატთა ღერძის გასწვრივ-მდა-ს კონც. (ნმ 1 მგ ცილაზე)

სხვადასხვა ავტორების გამოკვლევები მიუთითებენ მდა-ს რაოდენობის მკვეთრ ზრდას უჯრედის მემბრანული ლიპიდების სხივური დაზიანებისას [4,5]. მეორე მხრივ, ავთვისებიანი სიმსივნის წარმოშობის და განვითარების დროს ირდევვა მემბრანის ლიპიდების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები, რაც შეიძლება მნიშვნელოვან როლს თამაშობდეს ამ პროცესის განვითარებაში [6]. ამასთან დაკავშირებით წინამდებარე ნაშრომის მიზანს შეადგენდა PG-ბის გავლენის შესწავლა რენტგენის სხივებით დასხივებულ, როგორც სიმსივნემატარებელი ღვიძლის, ასევე ერლიხის ასციტური კარცინომის უჯრედების მიკროსოპულ მემბრანებში ლიპიდების ზეჟანგურ ჟანგვაზე.

კვლევის ობიექტად ვიყენებდით უჯრო თეთრი თავგების მამრებს წონით 18-20 გ. ცხოველებს ვასხივებ-

დით რენტგენის PVM-17 აპარატით, ლოკალურად მუცლის არეში დოზით 2 გრეი (დოზის სიმძლავრეა 0,5 გრეი) წთ; ძაბვა 200 კვ; დენის ძალა 10 მა; ფილტრები Cu 0,55 მმ Al 1,0 მმ). ცხოველების დეკაპიტაციას ვახდენდით დასხივებიდან 24 სთ-ის შემდეგ. მემბრანების მიკროსოპულ ფრაქციებს გამოვყოფდით დიფერენციალური

ცენტრიფუგირების გზით [7], ხოლო ცილას ვსაზღვრავდით ლოურის მეთოდით [8]. ბუნებრივი ანტიოქსიდანტი α -ტოკოფეროლი შეგვყავდა ინტრაპერიტონიალურად დეკაბიტაციამდე 2 დღით ადრე 8 მგ/კგ. კონც. 10^{-4} M PGE₂ და PGF_{2 α} ორგანიზმში შეგვყავდა აგრეთვე ინტრაპერიტონიალურად დასხივებამდე 5 წთ-ით ადრე 0,1 მლ 10 მგ წონაზე კონც. 10^{-9} M. ლიპიდთა ზეჟანგური ჟანგის შესასწავლად ვიყენებდით თიობარბიტურის მჟავას საშუალებით მდა-ს განსაზღვრის სტანდარტულ მეთოდს [9]. ერლიხის ასციტურ კარცენომიდან მიკროსომულ მემბრანებს გამოვყოფდით სიმსივნის გადანერგვიდან მე-7, მე-9 და მე-12 დღეს. მიღებულ შედეგებს ვაშუშავებდით სტილდენტის პარამეტრული სტატისტიკის მეთოდით [10]. ჩვენს ექსპერიმენტებში მიკროსომული მემბრანების ლიპიდების ზეჟანგური ჟანგის პროცესის შესწავლისას აღმოჩნდა, რომ ერლიხის ასციტური კარცენომის გადანერგვიდან მე-7 დღეს ადგილი აქვს სიმსივნემატარებელი ღვიძლის მიკროსომებში მდა-ს რაოდენობის ზრდას ინტაქტურ მიკროსომებთან შედარებით (დიაგრამა 1). როგორც დიაგრამიდან ჩანს ყველა საკვლევ სინჯში ზეჟანგური ჟანგვა ინტენსიურად მიმდინარეობს პირველი 30 წთ-ის განმავლობაში, როგორც NADPH-დამოკიდებული ფერმენტული გზით, ასევე ასკორბატ-დამოკიდებული არაფერმენტული გზით.

ცხრილი 1.

რენტგენის სხივებით დასხივებული ერლიხის ასციტური კარცენომის (ეაკ) და სიმსივნემატარებელი ღვიძლის (სღ) უჯრედების მიკროსომულ მემბრანებში მდა-ს რაოდენობაზე PG-ბის და α -ტოკოფეროლის გავლენა სიმსივნის გადანერგვიდან მე-7, მე-9 და მე-12 დღეს ($M \pm m$, $n=12$; მდა გაზომილია ნმ-1 მგ ცილაზე)

№	სუბსტრატი	სიმსივნის გადანერგვის დღეები			³ HPG-ბის გავლენა სიმსივნის გადანერგვიდან მე-7 დღეს	
		7	9	12	E ₂	F _{2d}
1	ინტაქტური ღვიძლი	29,7±4,4	37,8±6,2	57,2±8,2	24,2±5,1	23,4±3,4
2	სღ	90,3±3,8	120,3±5,7	150,6±6,1	87,1±7,7	86,6±6,7
3	ეაკ	9,1±0,9	15,8±3,1	21,7±5,7	7,2±0,8	8,3±1,7
4	სღ+ α - ტოკოფეროლი	65,4±3,2	107,9±4,9	147,5±4,3	-	-
5	ეაკ+ α - ტოკოფეროლი	6,4±0,8	11,5±2,1	20,8±2,1	-	-
6	სღ+2 გრეი	110,3±6,7	132,3±7,8	160,8±5,3	99,8±4,3	90,2±6,8
7	ეაკ+2 გრეი	20,9±5,1	32,8±9,1	39,1±6,7	15,1±2,7	13,4±3,4

სიმსივნის გადანერგვიდან მე-9 და მე-12 დღეს ძლიერდება პეროქსიდაციის პროცესი როგორც სიმსივნემატარებელი ღვიძლის მიკროსომებში, ასევე თვით სიმსივნური უჯრედების მიკროსომებში (ცხრილი). ბუნებრივი ანტიოქსიდანტის α -ტოკოფეროლის შეყვანა ექსპერიმენტამდე 2 დღით ადრე იწვევს პეროქსიდაციის პროცესის შემცირებას და კონტროლთან მიახლოებას, როგორც სიმსივნემატარებელ ღვიძლში, ასევე სიმსივნის მიკროსომებში სიმსივნის გადანერგვიდან მე-7-დღეს. როგორც ცხრილიდან ჩანს, α -ტოკოფეროლის ეფექტი ნაკლებადაა გამოხატული სიმსივნის გადანერგვიდან მე-12 დღეს, ვინაიდან სუბლეტალურ პერიოდში მიმდინარეობს შექცევადი პროცესები, დარღვეულია ენერგეტიკული ცვლა: დათრგუნულია კონზიმ Q ბოსინთეზი და ცვლა, გათიშულია ჟანგითი

ფოსფორილირების პროცესი, შემცირებულია ადენიანი ნუკლეოტიდების და კრეატინფოსფატის შემცველობა [III]. ჩვენ შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ α ტოკოფეროლი იწვევს მიკროსომების მემბრანების ანტიდამჟანგველი აქტივობის გაზრდას და პეროქსიდაციის პროცესის დათრგუნვას, რითაც ხელს უწყობს ქსოვილების ენგეტეკული მეტაბოლიზმის გაუმჯობესებას.

ჩვენს ცდებში შესწავლილი იყო აგრეთვე რენტგენის სხივების გავლენა მიკროსკოპული მემბრანების პეროქსიდაციის პროცესზე PGE_2 და $PGF_{2\alpha}$ თანაობისას. ნაჩვენები იქნა, რომ რენტგენის სხივების ზემოქმედება იწვევს ზეჟანგური ჟანგვის გაძლიერებას, როგორც სიმსივნემატარებელ ღვიძლში, ასევე სიმსივნის მიკროსომებში (დიაგრამა). ეს ეფექტი განსაკუთრებით გამოხატულია პეროქსიდაციის არაფერმენტულ გზაში, PGE_2 შეყვანა დასხივებამდე 5 წთ-ით ადრე იწვევს მდა-ს რაოდენობის შემცირებას, როგორც სიმსივნემატარებელ ღვიძლში, ასევე სიმსივნურუჯრედებში. ანალოგიური შედეგია მიღებული დასხივებამდე $PGF_{2\alpha}$ -ს შეყვანის დროს (ცხრილი). ჩვენი შედეგები ეთანხმება ლიტერატურულ მონაცემებს, რომლის თანახმადაც $PGF_{2\alpha}$ -ს ანალოგი ესტროფანი, რომელიც ორგანიზმში შეგვყავდა 5 წთ-ით ადრე, თავებში იწვევდა 30-40 % სიცოცხლისუნარიანობის გაზრდას [12].

ყოველივე ზემოთქმულის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ სიმსივნურ უჯრედებზე მაიონიზებელი რადიაციის გავლენით ხდება მიკროსკოპული მემბრანების სტრუქტურული და ფუნქციური ცვლილებების უფრო გაღრმავება, რაზეც მტყვევლებს ლიპიდების ზეჟანგური ჟანგვის გაძლიერება, ხოლო PGE_2 და $PGF_{2\alpha}$ მიერ პეროქსიდაციის პროცესის დასტაბილება შეიძლება ჩაითვალოს უჯრედების რადიაციული დაზიანებების მიმართ ადრეულ ადაპტაციურ რეაქციად:

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *L. Levine*. Prostaglandins and Cancer. N.Y. 1982.
2. *K.V. Honn*. Prostaglandins and Cancer. N.Y. 1982.
3. *Y. Kapitulik, P. Wislovski*. Cancer Res. 38, 1978.
4. *С.Т. Рыскулова, Т.В. Цветкова, Т.А. Балахчи*. Радиобиология, 25, вып. 1, 1985.
5. *Е.Н. Гончаренко, Ю.Б. Кудряшов*. Гипотеза эндогенного фона радиорезистентности. М. 1980.
6. *Е.П. Сидорик*. Автореферат докт. дисс. Киев. 1969.
7. *А.И. Арчаков*. Микросомальное окисление. М., 1975.
8. *N.Y. Lowry*. Rosebrough. Biol. Chem. 193, 1951.
9. *И.Д. Стальная, Т.Г. Гаришвили*. Современные методы в биохимии. 1977.
10. *И.Л. Удольская*. Введение в биометрию, Алма-Ата, 1976.
11. *О.Н. Воскресенский, И.А. Жуков*. Вопросы мед. химии. 1, 1982. 14-27.
12. *Ю.Н. Чернов, М.В. Васин*. Радиобиология. 28. вып. 4, 1988, 530-531.¹

რ. აბლაკაცი, თ. ბოლოთაშვილი, გ. ალექსიძე, ნ. ალექსიძე (აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი)

ვირთაგვას თავის ტვინის იზოლირებული უჯრედული ბირთვების ფოსფატის ბუფერსა და ტრიტონ X-100-ის ხსნარში ხსნადი ლექტინდამაკავშირებელი ცილები

წარმოდგენილია 29.02.1996

აღრე ჩატარებული გამოკვლევებით ნაჩვენებია, რომ ინტაქტური უჯრედის ბირთვების გარეთა მემბრანაზე არის კონკანავალინ A -ს (Con A) დამაკავშირებელი ცილები. ასეთივე თვისებები აღმოაჩნდა ვირთაგვას თავის ტვინის ტრიტონ X-100-ით ექსტრაჰირებულ ბირთვის ცილებსაც [1]. აღნიშნული სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს ლექტინდამაკავშირებელი ცილების იდენტიფიკაცია ტერმინალური ნახშირწყლების ფართო ზონდირებით, ნახშირწყლებისადმი განსხვავებული სპეციფიკურობის მქონე მცენარეული ლექტინებით.

საკვლევ ობიექტს წარმოადგენდა ორივე სქესის თეთრი ვირთაგვა (100 - 120 გ). სუმარულ უჯრედულ ბირთვებს ვილებდით შოვოს მეთოდით [2]. ბირთვების სისუფთავეს ვაკონტროლებდით მიკროსკოპით. ბირთვების სუსპენზიას ვაცენტრიფუგირებდით. ნალექს ვუმატებდით 0,9 % NaCl-ზე დამზადებული ფოსფატის ბუფერს (ფბ-1) (20 mM - ფოსფატის ბუფერი, pH 5.0, 0.9 % NaCl, 5 mM ფენილმეთილსულფონილფტორიდი) შეფარდებით 1:3, ვაჰომოგენიზირებდით და ვაცენტრიფუგირებდით 16000 გ/20 წთ. სუპერნატანტი - ბირთვების ფბ-1-ში ხსნადი ცილების ფრაქციას ვინახავდით -20°C -ზე. ნალექს (უხეში მემბრანული ფრაქცია) ვრეცხავდით ფბ-1-ში (pH 5.0) მასში ხსნადი ცილების სრულ მოცილებამდე. შემდეგ ნალექს ვუმატებდით 0,1 % ტრიტონ X-100-ის (ფბ-2) ხსნარს (40 mM K - ფოსფატის ბუფერი (pH 7.4), ვაჰომოგენიზირებდით და ვდგამდით საექსტრაქციოდ ±4°C 30 წთ. ცენტრიფუგირების შემდეგ 16000 გ/20 წთ. სუპერნატანტს (ტრიტონ X - 100 ექსტრაჰირებული ცილები) ვინახავდით გაყინულ მდგომარეობაში. ცილას ვსაზღვრავდით ლოურის და სხვ. მიხედვით [3].

აგლუტინაციას ვსწავლობდით ბოცერის ტრიფსინიზირებულ ერითროციტებზე ლექტინების მიკროტიტრაციის მეთოდით U - მსგავსი ფოსოების მქონე პლანშეტებზე [4]. ლექტინურ აქტივობას ვსაზღვრავდით ცილის იმ მინიმალური რაოდენობის მიხედვით, რომელიც იწვევდა ბოცერის ტრიფსინიზირებული ერითროციტების მკვეთრად გამოხატულ აგლუტინაციას. ცილების ფრაქციების ლექტინდამაკავშირებელ აქტივობას ვსაზღვრავდით ცილის იმ მინიმალური კონცენტრაციის, რომელიც იწვევდა ბოცერის ტრიფსინიზირებული ერითროციტების აგლუტინაციის შეკავებას. ლექტინებს ლექტინდამაკავშირებელ ცილებთან ერთად ვანიკუბირებდით წინასწარ 30 წთ-ის განმავლობაში და შემდეგ მიღებულ შედეგს გამოვხატავდით შეფარდებით ლექტინი/ ლექტინდამაკავშირებელი ცილა (ლ/ლდც) [1]. აგლუტინაციას ვაწარმოებდით 40 mM K-ფოსფატის ბუფერი



(pH7.4)+0,9 % NaCl (ფბ-3) . ექსპერიმენტებში ვიყენებდით „დიაგნოსტიკუმ ლვოვის“ მიერ დამზადებულ მცენარეული წარმოშობის ლექტინებს.

პირველ რიგში ჩვენ შევისწავლეთ ვირთაგვას თავის ტვინის უჯრედული ბირთვების ფოსფატის ბუფერში ხსნადი და ტრიტონ X - 100-ით ექსტრაჰირებული ცილების ლექტინური აქტივობა. აღმოჩნდა, რომ არც ფბ-ში ხსნად და არც ტრიტონ X - 100-ით ექსტრაჰირებულ ცილებს ცდების ჩვენს პირობებში არ გააჩნიათ ლექტინური აქტივობა. ამან ჩვენ მოგვცა საშუალება შეგვესწავლა აღნიშნული ცილების ლექტინდამაკავშირებელი აქტივობა.

ვაშადავებდით ორჯერ განზავებული საკვლევი ცილების თანმიმდევრულ სერიებს მოცულობით 0,05 მლ. თითოეულ ფოსოში ვუმატებდით 0,05 მლ ლექტინს ტიტრით 1:8. ოთახის ტემპერატურაზე 15-20 წთ პრეინკუბაციის შემდეგ ნარევეს ვუმატებდით 0,05 ბოცერის ტრიფსინიზირებულ ერთთროციტებს (2 %) და 2 სთ-ის განმავლობაში ვაკვირდებოდით აგლუტინაციას. ფოსოებში, სადაც არ აღინიშნება ერთთროციტების აგლუტინაცია - ლექტინი დაუკავშირდა ლექტინდამაკავშირებელ ცილას და ერთთროციტების აგლუტინაცია არ გამოძვლავნდა. აგლუტინაციის გამოვლენა მიუთითებს ამ ფოსოში ლექტინის სიკარბეზე.

ცდებში ვიყენებდით ფუკოზოსპეციფიკურ (LAL), გალაქტოზოსპეციფიკურ [(PNA, RCA, SBA, SNA) , მანოზო-(გლუკოზო-) სპეციფიკურ (ConA,PSL, STA,WGA) მცენარეულ ლექტინებს.

ცხრილი 1

ვირთაგვას თავის ტვინის იზოლირებული უჯრედული ბირთვების ფოსფატის ბუფერში ხსნადი და ტრიტონ X - 100-ით ექსტრაჰირებული ცილოვანი ფრაქციების გავლენა მცენარეული ლექტინებით გამოწვეულ ჰემაგლუტინაციაზე

	ლექტინების წყარო	ლექტინები	ნახშირწყლოვანი სპეციფიკურობა	ლექტინი/ლდც	
				ფბ-ში ხსნადი ცილები	ტრიტონX-100-ით ექტრაჰირებული ცილები
1.	<i>Phaseolus vulgaris</i>	PVA	—	$32 \cdot 10^{-2}$	$73 \cdot 10^{-3}$
2.	<i>Laburnum anagiroides</i>	LAL	ფუკოზოსპეციფიკური α L Fuc	—	—
3.	<i>Arachis hypogaeae</i>	PNA	გალაქტოზოსპეციფიკური β D Gal	$56 \cdot 10^{-3}$	$27 \cdot 10^{-3}$
4.	<i>Ricinus communis</i>	RCA	α D Gal, D GalNAc	$72 \cdot 10^{-4}$	$36 \cdot 10^{-4}$
5.	<i>Glicine max</i>	SBA	α D GalNAc	$26 \cdot 10^{-3}$	$86 \cdot 10^{-4}$
6.	<i>Sambucus nigra</i>	SNA	D Lac, D Gal	$9 \cdot 10^{-2}$	$27 \cdot 10^{-3}$
7.	<i>Canavalia ensiformis</i>	Con A	მანოზო-(გლუკოზო-)სპეციფიკური α D Man > α D Glc > D GlcNAc	$20 \cdot 10^{-3}$	$39 \cdot 10^{-3}$
8.	<i>Pisum sativum</i>	PSL	α D Man > α D Glc > D GlcNAc	$30 \cdot 10^{-3}$	$39 \cdot 10^{-4}$
9.	<i>Solanum tuberosum</i>	STA	(D GlcNAc)n, n = 2, 3, 4	$37 \cdot 10^{-3}$	$55 \cdot 10^{-3}$
10.	<i>Triticum vulgaris</i>	WGA	(D GlcNAc)n, n = 1, 2, 3; NANA	—	$9 \cdot 10^{-4}$

შეფარდების ლ/ლდც (ცხრილი 1) რაოდენობრივი მაჩვენებლის მიხედვით როგორც ფბ-ში ხსნადი, ასევე ტრიტონ X - 100-ის ექტრაჰირებული ცილები ამჟღავნებენ თვისობას ცალკეული ლექტინების მიმართ და იწვევენ მათი ჰემაგლუტინური აქტივობის შეკავებას. თვისობის დიდი უნარით გამოირჩევა ჩვეულებრივი ლობიოს ლექტინი PVA , რომელიც გალაგერის კლასიფიკაციის მიხედვით წარმოადგენს გლიკოპროტეინების ზოგად ინდიკატორს და ამჟღავნებს

სპეციფიკურობას მრავალი ნახშირწყლის მიმართ [5]. ამ ცდებიდან გამომდინარე, დადგინდა ვირთავგას თავის ტვინის უჯრედული ბირთვების ფბ-თა და ტრიტონ X - 100-ით ექსტრაპირებული ცილების ფრაქციებში ლექტინდამაკავშირებელი გლიკოკონიუგატების არსებობა. უნდა აღინიშნოს, რომ ეს გლიკოკონიუგატები არ ამჟღავნებენ თვისობას ფუკოზოსპეციფიკური ლექტინის LAL-ის მიმართ. ლექტინ STA -გან განსხვავებით, გლუკოზოსპეციფიკური ლექტინი WGA არ ამჟღავნებს თვისობას ფბ-ში ხსნადი ცილების მიმართ. ამავე დროს დადგინდა, რომ WGA-ის აქტივობის საუკეთესო ინჰიბიტორია N -აცეტილ D- გლუკოზამინის ტრიმერი, მაშინ, როცა კარტოფილის ლექტინის STA ამჟღავნებს დიდ თვისობას ამ ნახშირწყლის ტეტრაშაქტის მიმართ [6]. ლექტინის ლექტინდამაკავშირებელ ცილასთან შეფარდების რაოდენობრივი მაჩვენებლების მნიშვნელობებიდან გამომდინარე, ფბ-ში ხსნადი ლექტინდამაკავშირებელ ცილებთან თვისობის მიხედვით ლექტინები ლაგდება შემდეგი თანმიმდევრობით: PVA > SNA > PNA > STA > PSL > SBA > Con A > RCA. აღნიშნული თანმიმდევრობა ირღვევა ტრიტონ X - 100-ის ექსტრაპირებული ლექტინდამაკავშირებელი ცილების მიმართ, თუმცა მაღალი თვისობის მქონე კანდიდატების რიცხვი თითქმის უცვლელი რჩება: PVA > Con A > SNA = PNA > SBA > PSL > RCA > WSA > STA. საერთოდ ფბ-ში ხსნადი ცილების ლექტინური აქტივობის შეკავების უნარი ტრიტონ X - 100-ით ექსტრაპირებულ ცილებთან შედარებით მთელი ერთი რიგით მცირეა.

ვირთავგას თავის ტვინის უჯრედული ბირთვების ფბ-ში ხსნადი და ტრიტონ X - 100-ით ექსტრაპირებული ცილების ფრაქციონირება და მათი ლექტინდამაკავშირებელი აქტივობის განსაზღვრა წარმოადგენს კვლევის შემდგომ საგანს.

ფ.კავახიშვილის სახელობის თბილისის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *P.G.Ахалкаци, Н.Г.Алексидзе, Т.В.Болоташвили.* Сообщения АН Грузии, **153**, 1, 1996, 109-112.
2. *I.Shauveau, Y.Moule, Ch.Rouiller.* Exptl. Cell Res, **11**, 1956, 317-321.
3. *O.H.Lowry et al.*, J.Biol.Chem, **193**, 1961, 265-275.
4. *М.Д.Луцик, Е.Н.Панасюк, А.Д.Луцик.* Лектины, Львов, 1981.
5. *J.T.Callager.* Bioscience Reports, **4**, 1964, 621-632.
6. *М.Д.Луцик,* Укр.биохим. журн. **56**, 4, 1984, 432-436.



ი.ქიტიაშვილი, რ.გოგლიძე, გ.გიგოლაშვილი

ლურჯ-მწვანე წყალმცენარე *Spirulina Platensis* და მისი გავლენა ქათმის წიწილის ზრდა-განვითარებაზე

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა დ.ჯობაძემ 21.03.1996

მსოფლიოს მრავალ ლაბორატორიაში დიდი ხნის მანძილზე მიმდინარეობს წყალმცენარეების კულტივირება ხელოვნურ პირობებში. უჯრედების „ზედაპირისა“ და „მოცულობის“ დიდი თანაფარდობის გამო მათი პრაქტიკული გამოყენება უფრო დიდია, ვიდრე კულტივირებული მცენარეებისა [1]. ამჟამად წყალმცენარეები ითვლება საკვები ცილის, ბიოქიმიური პრეპარატებისა და ენერჯის ახალ წყაროდ.

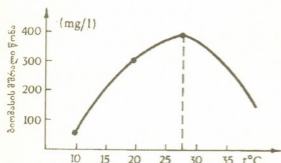
გარკვეულ ინტერესს იწვევს ლურჯ-მწვანე წყალმცენარე *Spirulina platensis*. იგი მიეკუთვნება პროკარიოტული წყალმცენარეების ჯგუფს და ფართოდაა გავრცელებული. სპირულინა მასიურად ვითარდება ცენტრალური აფრიკის ტბებში, კერძოდ კი, ჩადის ტბაში, ხოლო მის ხელოვნურ კულტივირებას ახდენენ მრავალ ქვეყანაში როგორც ლაბორატორიულ პირობებში, ისე ღია წყალსატევებში. სპირულინას მიმართ ასეთი დიდი ინტერესი მდგომარეობს შემდეგში: უპირველეს ყოვლისა, ის ძლიერ სუსტად კონტამინირებს მიკროწყალმცენარეების სხვა სახეებთან, ადვილად ექვემდებარება კულტივირებას ღია მოწყობილობებში და მოკლე დროში იძლევა მნიშვნელოვან ბიომასას [2], მეორე, სპირულინას ბიოქიმიური მახასიათებლები შეტად საინტერესოა, იგი შეიცავს 65-68% ცილებს, 18-20% ნახშირწყლებს, 5-6% ლიპიდებს, A,B,C ჯგუფის ვიტამინებს. მისი ცილები ამინომჟავური შემადგენლობით ბიოლოგიურად სრულფასოვანია. მათში შედის შეუცვლელი ამინომჟავების დიდი რაოდენობა, რომელთა რიცხვი არ ჩამოუვარდება კაზეინს [3]. უჯრედები მოკლებულია ცელულოზის გარსს. ამიტომ მისი ბიომასა ადვილად გადაამუშავდება ცხოველების მიერ. ყოველივე ამის გამო სპირულინას ფხვნილი წარმატებით გამოიყენება ცხოველებისა და ადამიანების დამატებით საკვებად [4,5].

დადგენილია, რომ სპირულინას ხმარება საკვებში ხელს უწყობს სხვა ნივთიერებათა ათვისებას ორგანიზმში, ზრდის ერითროციტებისა და ჰემოგლობინის რაოდენობას სისხლში, სპირულინას სუსპენზიის მცირე რაოდენობით დამატება შინაური ფრინველის საკვებში აჩქარებს ზრდასა და ცოცხალი მასის მატებას, ასტიმულირებს კვერცხისმდებლობას, აუმჯობესებს პროდუქციის თვისებებს [6]. სპირულინას აქვს ეკოლოგიური მნიშვნელობაც, კერძოდ, ზოგიერთ ქვეყანაში იგი გამოიყენება ჩამდინარე დაბინძურებული წყლების გასაწმენდად. გარდა ამისა, როგორც ირკვევა, სპირულინას გამოზრდა და წარმოება უაღრესად მომგებიანია. მისი კულტივირებისათვის საჭიროა სინათლე, ჰაერი და შედარებით იაფი მინერალური მარილები.

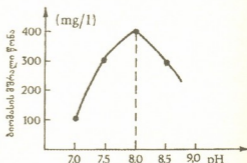
ჩვენ მიერ ჩატარებული შრომის მიზანი იყო სპირულინასათვის შეგვერჩია ისეთი პირობები, რომლებიც მის აქტიურ ზრდას განაპირობებდნენ, გარდა ამისა,

შეგვესწავლა სპირულინას ბიომასის გავლენა ქათმის წიწილების ზრდა-განვითარებაზე.

Spirulina platensis პასპორტიზირებული შტამი შექმნილი გვქონდა მოსკოვის კ.ა.ტიმირიაზევის სახელობის მცენარეთა ფიზიოლოგიის ინსტიტუტსა და სანკტ-პეტერბურგის ნ.ი.ვავილოვის სახელობის მემცენარეობის ინსტიტუტში. ჩვენს ლაბორატორიაში სპირულინას ვზრდით 2-ლიტრიან ჭურჭლებში ნახშირორჟანგით გამდიდრებული ჰაერის მუდმივი მიწოდებისას მინერალური საკვები მარილებით მდიდარ ზარუქას არეზე [7]. ზრდის ტემპერატურული ოპტიმუმი შეადგენდა 25-28 °C (სურ.1). დრო, რომლის განმავლობაშიც ვღებულობდით უჯრედების მაქსიმალურ რიცხვს, იყო 8-10 დღე. საკვები არის ოპტიმალური pH იყო 8,0 (სურ.2). კულტურის გადაბერების, ბაქტერიული თუ სოკოვანი დაავადებების თავიდან აცილების მიზნით ვიცავდით სტერილობას და ვახდენდით კულტურის განახლებას საკვები მარილების დამატებითა და ძველი კულტურის ამოღების გზით.



სურ.1. სპირულინას ბიომასის მშრალი წონის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე. ტემპერატურული ოპტიმუმი არის 25-28°C



სურ.2. სპირულინას ბიომასის მშრალი წონის დამოკიდებულება საკვები არის pH-ზე. pH ოპტიმუმი არის 8,0.

ამის გარდა, ვსწავლობდით სპირულინას გავლენას ქათმის წიწილების ზრდა-განვითარებაზე, ექსპერიმენტებს ვატარებდით თამარისის მეფრინველეობის ფაბრიკაში, სადაც საცდელი ქათმების ძირითად რაციონზე ვამატებდით სპირულინას მშრალ ფხვნილს 1 მგ რაოდენობით დღე-ღამეში ერთ ფრთაზე. სპირულინას ფხვნილის მისაღებად მის ბიომასას კულტურალურ სითხეს ვაცილებდით ცენტრიფუგებით, ვრეცხავდით და ვაშრობდით [8]. ქათმების სპირულინათი კვებისას ვსწავლობდით ზრდა-განვითარებას ერთი თვის განმავლობაში. სულ აღებული გვქონდა ქათმის წიწილების 100 ცალი საკონტროლო და 100 ცალი საცდელი ჯგუფები. საკონტროლო ჯგუფის თითო წიწილის საშუალო წონა იყო 106 გ. ერთი თვის განმავლობაში გადარჩა 73 ცალი ქათამი (73%). საცდელი ქათმებიდან თითო ფრთის საშუალო წონა იყო 118 გ, ე.ი. წონაში ნამატი იყო 11,3% (პროცენტუალად 118 გ არის 111,3%). ამ შემთხვევაში გადარჩენადობა იყო 89%, ე.ი. საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით შენარჩუნდა 16%-ით მეტი წიწილი (ცხრილი).

ამრიგად, ლურჯ-მწვანე წყალმცენარე *Spirulina platensis* ზრდა-განვითარების ოპტიმალური ტემპერატურა არის 25-28°C, საკვები არის pH=8,0, დრო, რომლის განმავლობაშიც ხდებოდა კულტურის მაქსიმალური ზრდა-8-10 დღე. გარდა ამისა, ჩვენ მიერ ჩატარებული ნახევრადსაწარმოო გამოკვლევების შედეგად მიღებული მონაცემებით შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ შინაური ფრინველების საკვებ რაციონზე

სპირულინას დამატება არის მათი პროდუქტიულობის ზრდის ერთ-ერთი ეფექტური საშუალება.

ცხრილი

სპირულინათი კვების გავლენა ქათმის წიწილების ზრდა-განვითარებაზე

ჯგუფი	რაოდენობა		გადარჩე- ნადობა	ერთი ცალი წიწილის საშ. წონა		წიწილების საერთო მასა	
	ცდის დასაწყისი 9.02.93	ცდის ბოლო 11.03.93	%	გ	%	გ	%
საკონ- ტროლო	100	73	73	106	100	7738	100
საცდელი	100	89	89	118	111,3	10502	135

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
მცენარეთა ბიოქიმიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *Т.А.Бабаев* и др. Узб. био. жур. 4, 1979, 8-9.
2. *А.Т.Тулаганов, М.А.Кучкарова*. Узбек. био. жур. 5, 1976, 70-71.
3. *Э.З.Зарипов*. Узбек. био. жур. 6, 1975, 59.
4. *A. Richmond*. Hydrobiologia. 151-152, 1987. 117-121.
5. *L.Switzer*. Spirulina: The Whole Food Revolution. Toronto-New York, 1982.
6. *A.Casson*. Биотехнология: свершения и надежды. М., 1987.
7. *C.Zarouk*. Thesis Ph. D. Univ. of Paris. 1966.
8. *Т.А.Бабаев* и др. Узбек. био. жур., 6, 1981, 3-4.



მ.წერეთელი, მ.ბარამიძე, ა.წერეთელი

ოპტიმალური საკვები არის შერჩევა ექსტრაქტრამოფილური ბაქტერიის thermoanaerobacter sp. 2905 - ის B- გალაქტოზიდაზისათვის

წარმოდგინა აკადემიკოსმა გ. კვეციტაძემ 27. 05. 1996

ჰიდროლიზურ ფერმენტებს შორის მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია ფერმენტ B-გალაქტოზიდაზას (B-D-გალაქტოზიდ-გალაქტო-ჰიდროლაზა *K. Φ.* 3. 2. 1. 23)

ამ ფერმენტისადმი ყურადღება განპირობებულია იმით, რომ B-გალაქტოზიდაზის საწარმოო პრეპარატები გამოიყენება როგორც საკვები პროდუქტების დასამუშავებლად, მათი ცხოველური ორგანიზმის მიერ ადვილად ათვისების მიზნით, ასევე ბიოქიმიური კვლევებისათვის.

ფერმენტი B-გალაქტოზიდაზა აღმოჩენილია როგორც მცენარეებში, ისე ცხოველებში. განსაკუთრებით აქტიურად ასინთეზირებს ამ ფერმენტს სხვადასხვა მიკროორგანიზმები. საკმაოდ კარგად არის შესწავლილი ბაქტერიების *Escherichia*, *Bacillus*, *Aeromonas*, *Aerobacter* [1] მიერ წარმოქმნილი B-გალაქტოზიდაზა.

B-გალაქტოზიდაზის პროდუცენტ საფუვრებს შორის ყველაზე ხშირი გამოყენება აქვს *Saccharomyces* და *Candida* [2] ჯგუფის წარმომადგენლებს. აგრეთვე კარგად არის შესწავლილი B-გალაქტოზიდაზის სინთეზის უნარის მქონე მიკროსკოპული სოკოები, კერძოდ *Aspergillus*, *Alternaria* და *Neurospora*, [3] გვარის წარმომადგენლები. ბოლო დროს პრაქტიკული გამოყენების თვალსაზრისით დიდ ინტერესს იწვევს ექსტრაქტრამოფილური ბაქტერიული კულტურები, რომელთა ზრდის ოპტიმალური ტემპერატურა 70 - 80° - ის ფარგლებშია.

ჩვენი კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა ექსტრაქტრამოფილური ბაქტერია *Thermoanaerobacter* sp. 2905.

შტამის კულტივირებას ვახდენდით ჩვენს მიერ წინასწარ შერჩეულ პფენინგის მინერალურ არეზე. 0,2% ლაქტოზის, 0,05% საფუვრის ექსტრაქტის 0,15% NaHCO_3 , 1 მლ/ლ მიკროელემენტების ხსნარის, 1 მლ/ლ ვიტამინების 0,08% $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ და 0,0001% რეზაზურინის დამატებით. სტერილიზაციის შემდეგ pH მიგვყავდა 7,0 დონემდე. კულტურის ჩათესვას ვაწარმოებდით კულტურის უჯრედების 3% სუსპენზიით. ინკუბაციის შემდეგ კულტივირებას ვახდენდით მკაცრ ანაერობულ პირობებში 100% CO_2 -ით დახურულ 50 მლ მოცულობის ფლაკონებში 30 მლ არის რაოდენობით. კულტივირების ტემპერატურა იყო 72°C. მკაცრი ანაერობული პირობების დასაცავად ჩვენს მიერ გამოყენებულ იქნა ჩვენივე შექმნილი ხელსაწყო. კულტურალურ სითხეში და შესაყვანი უჯრედების ექსტრაქტში ცილას ვზომავდით Lowry et al მეთოდით, [5] ხოლო B-გალაქტოზიდაზურ აქტივობას კულტურალურ სითხეში და შესაყვანი უჯრედების ექსტრაქტში ვსაზღვრავდით Kuby და Lardy-ის მეთოდით [6]. B-გალაქტოზიდაზური აქტივობის ერთეულად მიღებულია ფერმენტის ის რაოდენობა,



ხელშეორედ დასხივების გავლენა Chaetomium thermophile კონდიების გამძლეობასა და მუტაციების სიხშირეზე

დასხივების დოზა გ/მ ²	გამძლეობა %	მორფოლოგიური მუტაციების სიხშირე %	აქტიური ვარიანტების სიხშირე %		
			ფქ მიხედვით	Na-კმც მიხედვით	ბ-გლუკოზიდაზური
20	87	16,1	0	2,9	0,4
98	84,7	22,0	1,2	5,5	0
196	81,3	18,4	0	2,8	0
288	0	0	0	0	0

სუპერმუტაგენის - ეთილენიმინის მუტაგენური ეფექტურობის გათვალისწინებით იგი გამოიყენებოდა უფრო აქტიური მუტანტური შტამის მისაღებად. 98გ/მ² დოზით მიღებული შტამის დამუშავებას ვახდენდით ეთილენიმინის 1%-იანი ხსნარით 1,2,3,4,5 საათის განმავლობაში. 1 საათის ეთილენიმინით დამუშავებამ მოგვცა 106 კოლონია, მათგან 70 მორფოლოგიურად შეცვლილი, კოლონიებისაგან 10-ს გაეზარდა აქტივობა ფილტრის ქაღალდის მიხედვით. ყველა დანარჩენ მორფოლოგიურად შეცვლილსა და შეუცვლელ კულტურებს აქტივობა ან შეუმცირდა ან დარჩა უცვლელი. უნდა აღინიშნოს, რომ შემდგომ თაობებში გაზრდილი აქტივობები არ იქნა შენარჩუნებული. ყველა სხვა კოლონია, რომლებიც დავამუშავეთ ეთილენიმინის 1%-იანი ხსნარით 2,3,4,5 საათის განმავლობაში, დაიღუპა.

შტამის დამუშავებისას ეთილენიმინის 0,5%-იანი ხსნარით 1,2,3,4,5 საათის განმავლობაში მივიღეთ 191 მორფოლოგიურად შეცვლილი და 42 მორფოლოგიურად შეუცვლელი კოლონია. ყველა კულტურის ცელულაზური აქტივობების შესწავლის შედეგად შევარჩიეთ 5 შტამი, რომლებსაც ვამოწმებდით შემდეგ თაობებში. აღმოჩნდა, რომ ყველა კულტურამ 1-ის გარდა დაკარგა გაზრდილი აქტივობა. აღნიშნული შტამი Chaetomium thermophile T-1 ინარჩუნებს საწყის აქტივობას 1990 წლიდან დღემდე. ეს შტამი მიღებულია საფეხურებრივი სელექციით ულტრაიისფერი სხივებისა და ეთილენიმინის გამოყენებით (ცხრ. 2).

ეთილენიმინის 0,5%-იანი ხსნარის გავლენა Chaetomium thermophile კონდიების გამძლეობასა და მუტაციების სიხშირეზე

ექსპოზიციის დრო სთ	მორფოლოგიური მუტაციების სიხშირე %	აქტიური ვარიანტების სიხშირე %		
		ფქ მიხედვით	Na-კმც მიხედვით	ბ-გლუკოზიდაზური
1	76,2	29,2	71,3	1,8
2	100	100	45,0	0
3	100	9,0	0	0
4	91,4	6,25	0	0
5	100	0	100	0

შტამი დეპონირებულია საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მცენარეთა ბიოქიმიის ინსტიტუტის მიკროორგანიზმების კოლექციაში.

როგორც სპეციალური გამოკვლევებით დადგინდა, მუტანტური შტამი *Ch. thermophile* T-1 არ არის არც ტოქსიკური და არც პათოგენური, რაც შესაძლებლობას გვაძლევს გამოვიყენოთ ის ცელულაზების პროდუცენტად.

ცხრილი 3

Chaetomium thermophile-ს საწყისი და მუტანტური შტამების აქტივობები

შტამი	აქტივობა, ერთ/მლ			
	ფქ-ს მიხედვით	ვისკოზიმეტრული	Na-კმც-ს მიხედვით	β-გლუკოზიდაზური
<i>Chaetomium thermophile</i> (საწყისი)	0,08	1,5	1,7	0,08
<i>Chaetomium thermophile</i> (უი-მუტანტი)	0,12	3,0	3,8	0,05
<i>Chaetomium thermophile</i> (უი-მუტანტი+ეთილენიმინი)	0,6	15,0	12,5	კვალი

როგორც ცხრილი 3-დან ჩანს, ულტრაიისფერი დასხივებით მიღებულ მუტანტურ შტამს ცელულაზური აქტივობები გაზრდილი აქვს ფილტრის ქაღალდის მიხედვით 50%-ით, Na-კმც-ს მიხედვით 120%-ით, ვისკოზიმეტრული აქტივობა - 100%-ით, ხოლო β-გლუკოზიდაზური აქტივობა შემორჩენილია კვალის სახით. საწყის შტამთან შედარებით საფეხურებრივი სელექციით მიღებული მუტანტური შტამის აქტივობა ფილტრის ქაღალდის მიხედვით გაზრდილია 650%-ით, Na-კმც-ს მიხედვით 635%-ით, ვისკოზიმეტრული აქტივობა - 900%-ით, ხოლო β-გლუკოზიდაზური აქტივობა შემორჩენილია კვალის სახით.

ამგვარად, სელექციის შედეგად მიღებულია არაპათოგენური და არატოქსიკური მუტანტური შტამი *Chaetomium thermophile* T-1, რომელსაც აქვს მაღალი ვისკოზიმეტრული აქტივობა, ხოლო β-გლუკოზიდაზური აქტივობა შემორჩენილია კვალის სახით.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 ს.ლურშიშიძის სახ. მცენარეთა ბიოქიმიის
 ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *С.Н.Алиханян*. Селекция промышленных микроорганизмов. М., 1968, 391.
2. *Г.И.Квеситадзе, Л.Л.Квачадзе* и др. Штамм *Aspergillus terreus* AT-490 продуцент целлюлаз. Авт.свидетельства N1252336, 1986, Би 31.
3. *Д.А.Милева*. Генетика и селекция, 9, 2, 1976, 136-142.
4. *K.D.Hagget, W.Y.Chi, N.W.Dunn*. Appl. Microbiol. and Biotechnol. 6, 2, 1978, 189-191.
5. *E.T.Reese, R.C.Siu, H.S.Levinson*. Biotechnol -59, 4, 1950, 485-497.



მ.წერეთელი, მ.ბარამიძე, ა.წერეთელი

ოპტიმალური საკვები არის შერჩევა ექსტრაქტრამოფილური ბაქტერიის thermoanaerobacter sp. 2905 - ის B- გალაქტოზიდაზისათვის

წარმოდგინა აკადემიკოსმა გ. კვეციტაძემ 27. 05. 1996

ჰიდროლიზურ ფერმენტებს შორის მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია ფერმენტ B-გალაქტოზიდაზას (B-D-გალაქტოზიდ-გალაქტო-ჰიდროლაზა *K. Φ.* 3. 2. 1. 23)

ამ ფერმენტისადმი ყურადღება განპირობებულია იმით, რომ B-გალაქტოზიდაზის საწარმოო პრეპარატები გამოიყენება როგორც საკვები პროდუქტების დასამუშავებლად, მათი ცხოველური ორგანიზმის მიერ ადვილად ათვისების მიზნით, ასევე ბიოქიმიური კვლევებისათვის.

ფერმენტი B-გალაქტოზიდაზა აღმოჩენილია როგორც მცენარეებში, ისე ცხოველებში. განსაკუთრებით აქტიურად ასინთეზირებს ამ ფერმენტს სხვადასხვა მიკროორგანიზმები. საკმაოდ კარგად არის შესწავლილი ბაქტერიების *Escherichia*, *Bacillus*, *Aeromonas*, *Aerobacter* [1] მიერ წარმოქმნილი B-გალაქტოზიდაზა.

B-გალაქტოზიდაზის პროდუცენტ საფუვრებს შორის ყველაზე ხშირი გამოიყენება აქვს *Saccharomyces* და *Candida* [2] ჯგუფის წარმომადგენლებს. აგრეთვე კარგად არის შესწავლილი B-გალაქტოზიდაზის სინთეზის უნარის მქონე მიკროსკოპული სოკოები, კერძოდ *Aspergillus*, *Alternaria* და *Neurospora*, [3] გვარის წარმომადგენლები. ბოლო დროს პრაქტიკული გამოყენების თვალსაზრისით დიდ ინტერესს იწვევს ექსტრაქტრამოფილური ბაქტერიული კულტურები, რომელთა ზრდის ოპტიმალური ტემპერატურა 70 - 80° - ის ფარგლებშია.

ჩვენი კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა ექსტრაქტრამოფილური ბაქტერია *Thermoanaerobacter* sp. 2905.

შტამის კულტივირებას ვახდენდით ჩვენს მიერ წინასწარ შერჩეულ პფენინგის მინერალურ არეზე. 0,2% ლაქტოზის, 0,05% საფუვრის ექსტრაქტის 0,15% NaHCO_3 , 1 მლ/ლ მიკროელემენტების ხსნარის, 1 მლ/ლ ვიტამინების 0,08% $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ და 0,0001% რეზაზურინის დამატებით. სტერილიზაციის შემდეგ pH მიგვყავდა 7,0 დონემდე. კულტურის ჩათესვას ვაწარმოებდით კულტურის უჯრედების 3% სუსპენზიით. ინკუბაციის შემდეგ კულტივირებას ვახდენდით მკაცრ ანაერობულ პირობებში 100% CO_2 -ით დახურულ 50 მლ მოცულობის ფლაკონებში 30 მლ არის რაოდენობით. კულტივირების ტემპერატურა იყო 72°C. მკაცრი ანაერობული პირობების დასაცავად ჩვენს მიერ გამოყენებულ იქნა ჩვენივე შექმნილი ხელსაწყო. კულტურალურ სითხეში და შესაყვანი უჯრედების ექსტრაქტში ცილას ვზომავდით Lowry et al მეთოდით, [5] ხოლო B-გალაქტოზიდაზურ აქტივობას კულტურალურ სითხეში და შესაყვანი უჯრედების ექსტრაქტში ვსაზღვრავდით Kuby და Lardy-ის მეთოდით [6]. B-გალაქტოზიდაზური აქტივობის ერთეულად მიღებულია ფერმენტის ის რაოდენობა,

რომელიც 1 წთ განმავლობაში 70° ტემპერატურაზე აჰიდროლიზებს 1 მკმოლ ორთონიტროფენილ-*B-D*-გალაქტოპირანოზიდს pH 7,0 დროს.

საკვები არის შემადგენლობის და ცალკეული კომპონენტების ოპტიმალური შეფარდების დადგენით ცალკეულ შემთხვევაში შესაძლებელია ჰიდროლიზური ფერმენტების აქტივობის მნიშვნელოვნად გაზრდა.

საკვები არის კომპონენტებს შორის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს კომპონენტს, რომელიც გავლენას ახდენს არა მარტო მიკროორგანიზმების ზრდაზე, არამედ ფერმენტის წარმოქმნაზე, წარმოადგენს ნახშირბადის წყარო. ნახშირბადის ოპტიმალური წყაროს შერჩევის მიზნით კულტურა 2905-ის *B*-გალაქტოზიდაზის ბიოსინთეზისათვის შესწავლილ იქნა: ლაქტოზა, გლუკოზა, ქსილოზა, გალაქტოზა და ქსილანი 0,2 ნახშირბადის რაოდენობით, როგორც 1 ცხრილის მიხედვით ჩანს, ყველაზე მაღალი აქტივობა შეინიშნებოდა იმ საკვებ არეზე, სადაც ნახშირბადის წყაროდ გამოყენებული იყო ქსილანი. გარდა ამისა, ასევე ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი იყო ცილის მიხედვითაც, თუმცა უჯრედების ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი შეინიშნებოდა გლუკოზის გამოყენების დროს.

ცხრილი 1

	ნახშირბადის წყარო	B-გალაქტოზიდაზური აქტივობა ერთმლ		ცილა მგ/მლ		უჯრედების რაოდენობა 1 მლ
		უჯრედში	სუპერნა- ტანტში	უჯრედში	სუპერნა- ტანტში	
1	ლაქტოზა	3,85	0,55	0,16	0,082	300 000
2	გლუკოზა	0,70	0,21	0,08	0,022	640 000
3	გალაქტოზა	1,0	0,65	0,16	0,023	250 000
4	ქსილოზა	0,8	0,8	0,18	0,023	320 000
5	ქსილანი	10,0	0,6	0,18	0,15	450 000
6	არაბინოზა	0,7	0,2	0,14	0,021	210 000

ჩვენი სამუშაოს შემდეგ ეტაპზე B-გალაქტოზიდაზური აქტივობა გაიზარდა 50% საკვებ არეში ნახშირბადის წყაროდ ქსილანის გამოყენების შედეგად.

როგორც ცნობილია, საკვები არის მნიშვნელოვან კომპონენტს წარმოადგენს აზოტი. აზოტის წყაროს გავლენის დასადგენად *B*-გალაქტოზიდაზის ბიოსინთეზზე, შტამ 2905-ს ვზრდიდით ზემოთ აღნიშნულ არეზე, სადაც ნახშირბადის წყაროს წარმოადგენს ქსილანი. აზოტის მინერალური წყაროს სახით გამოყენებულ იქნა შემდეგი მარილები: 0,1% კონცენტრაციის კალიუმის ნიტრეტი (KNO₃), ამონიუმის სულფატი (NH₄)₂SO₄, ერთ- და ორჩანაცვლებული ამონიუმის ფოსფატი NH₄H₂PO₄(NH₄)₂HPO₄ და ამონიუმის ქლორიდი NH₄Cl.

როგორც 2 ცხრილიდან ჩანს, ყველაზე მაღალი აქტივობა აღინიშნა, როდესაც აზოტის წყაროდ გამოყენებულ იქნა ერთჩანაცვლებული ამონიუმის ფოსფატი NH₄H₂PO₄. აუცილებელია აღინიშნოს, რომ სხვადასხვა წყაროს გამოყენებისას იცვლებოდა კულტურალური სითხის pH. B-გალაქტოზიდაზის ყველაზე მაღალი მაჩვენებლები აღინიშნებოდა pH 6,5 დროს. აუცილებელია აღინიშნოს, რომ როგორც უჯრედში, ასევე კულტურალურ სითხეში აღინიშნებოდა ინვერტაზული აქტივობა.



აზოტის წყარო	B-გალაქტოზიდაზური აქტივობა ერთმლ		უჯრედების რაოდენობა	pH
	უჯრედში	სუპერნატანტში	1 მლ	
1 KNO ₃	7,0	0,05	200 000	7,05
2 (NH ₄) ₂ SO ₄	8,0	0,08	250 000	7,02
3 (NH ₄) ₂ HPO ₄	11,0	0,15	400 000	6,8
4 NH ₄ H ₂ PO ₄	13,0	0,19	500 000	6,5
5 NH ₄ Cl	9,5	0,14	430 000	6,7

ფერმენტული პრეპარატის მისაღებად ჩატარებულ იქნა B-გალაქტოზიდაზის ექსტრაქცია შტამ 2905-ის უჯრედებიდან გამოხდილი წყლით. ამის შემდეგ ექსტრაქტს ვლექავდით ორგანული გამხსნელებით, კერძოდ, აცეტონისა და ეთილის სპირტის სხვადასხვა მოცულობით. ეთანოლით დალექვისას, ისევე როგორც აცეტონით, მიღებულ იქნა ანალოგიური სურათი. სპირტის სხვადასხვა მოცულობით დალექვისას მიიღება ერთი და იგივე შედეგი, თუმცა გაწმენდის ხარისხი ამ შემთხვევაში 2-2,5 - ჯერ უფრო მაღალია, მაგრამ აქტივობის გამოსავალი ისეთივეა, როგორც მიღებულ იქნა აცეტონით დალექვისას. ამიტომ შემდგომში ფერმენტის დალექვას ვაწარმოებდით 1 მოცულობა ეთანოლით. ამ სახით მიღებული პრეპარატის აქტივობა შეადგენდა 213 ერთ. - მთელ მოცულობაზე

ყოველივე აქედან გამომდინარე, ჩატარებული სამუშაოს შედეგად დადგინდა იქნა, რომ ექსტრათერმოფილური კულტურა *Thermoanaerobacter sp.* 2905 - ის B-გალაქტოზიდაზური აქტივობა უფრო მაღალია, როდესაც ნახშირბადის წყაროს საკვებ არეში წარმოადგენს ქსილანი, ხოლო აზოტის წყაროს - ერთნაირსავე მდგომარეობის ამონიუმის ფოსფატი. ფერმენტის მაქსიმალური დაგროვება შერჩეულ არეში წარმოებს შტამის კულტივირების მესამე დღეს, ხოლო ჩასათესი კულტურის ობტიმალური ასაკია 3 დღე. კულტურა 2905-ის β-გალაქტოზიდაზური პრეპარატის მისაღებად უკეთესი აღმოჩნდა 1 მოცულობა ეთანოლით გამოლექვა, რის შედეგადაც β-გალაქტოზიდაზა გაიწმინდა 5-ჯერ, ფერმენტის ხვედრითი აქტივობა 45 ერთეულიმგ ცილაზე.

საქართველოს მეცნ. აკადემია
ს. ლურშიძის სახ. მეცნარეთა ბიოქიმიის
ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. R.P.Erickson, E. Steers, J. Bacteriol., 102.1, 1970., 70 - 81.
2. A.C.Тихомирова, И.Я. Захарова, Т.Т. Буглова. Ферменты трансформирующие галактозу. Киев. 1988, 220.
3. W.Bednarski, J. Kovalevska. Acta Aliment. Pol., 12, 1, 1986, 55 - 62.
4. N.Pfennig, Zbi. Bacteriol. Parasitenkunde, Infektionskrankh und Hyg. Abt. 1. Orig. Suppl., 1965, 1976 - 1978.
5. O.H.Lowry, N.J. Rosebrough, A.L. Farr, R.J. Randall. J. Biol. Chem., 193., 1951. 265 - 275.
6. S.A. Kuby, H. A. Lardy. J. Amer. Chem. Soc., 75. 1, 1953, 890 - 896.

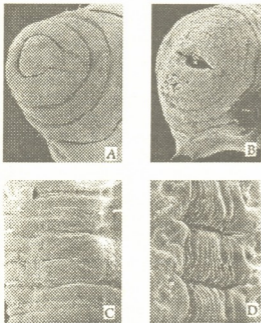
ე.ყვავაძე

ჭიაყელას *Eisenia Lagodechiensis* Michaelsen, 1910 (Oligochaeta: Lumbricidae) ხელახალი აღწერა და არეალი

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ი.ელიავამ 20.05.1996

დღეისათვის კავკასიაში რეგისტრირებულია ჭიაყელების 11 სახეობა, რომელიც განეკუთვნება *Eisenia*-ს გვარს: *E.andrei* Bouche, 1972, *E.breviclitelata* Kvavadze, 1985, *E.colchidica* Perel, 1967, *E.foetida* (Savigny, 1826), *E.balatonica* (Pop, 1943), *E.kafaniensis* Kvavadze, 1985, *E.iverica* (Kvavadze, 1973), *E.lagodechiensis* Michaelsen, 1910, *E.nordenskioldi* (Eisen, 1879), *E.rosea* rosea (Savigny, 1826), *E.rosea bimastoides* (Cognetti, 1901), *E.transcaucasica* Perel 1967. ჩამოთვლილი ჭიაყელებიდან 5 სახეობა (*E.breviclitelata*, *E.iverica*, *E.kafaniensis*, *E.lagodechiensis*, *E.transcaucasica*) კავკასიის ენდემია.

ჭიაყელა *E.lagodechiensis* აღწერილია მიხაელსონის მიერ [1] ლაგოდეხის მიდამოებიდან როგორც *E.nordenskioldi* var.*lagodechiensis* შემდგომში იგი მოპოვებული იყო დაღესტანში [2,3]. 1973 წელს *E.nordenskioldi* var.*lagodechiensis* აყვანილ იქნა სახეობის რანგში [4] და მალე ლაგოდეხის რაიონის გარდა საქართველოსა და აზერბაიჯანის რამდენიმე წერტილში იქნა რეგისტრირებული [5]. ქვემოთ მოცემულია *E.lagodechiensis* ხელახალი აღწერა იმ მონაცემებზე დაყრდნობით, რომელიც მიღებულია მისი რასტრული ელექტრონული მიკროსკოპით შესწავლის შედეგად.



ნახ.1. *E.lagodechiensis* (აზერბაიჯანი, ბაშლაისკი): A - თავის ლაპოტი x 100, B-anus x 100, C - მამრობითი სსაქესო ხვრელები x 100, D - სსაქესო ჯაგრები aa სარტყელზე x 100.

Eisenia lagodechiensis Michaelsen, 1910. სქესმწიფე ჭიაყელების სიგრძეა 70-185 მმ, ხოლო სიგანე სარტყლის მიდამოში 4-8 მმ. სეგმენტთა რიცხვია 90-185. პიგმენტაცია მოწითალო-ყავისფერია, 9-11 სეგმენტების გვერდები

დეპიგმენტირებულია. თავის ლაპოტი (1/2) ეპილოზური და ღიაა (ნახ. 1, A). ზურგის პირველი ფორა 4/5 სეგმენტშორის დარბეა მოთავსებული. ჯაგრები ძალიან დაახლოებული და დაწყვილებულია (ნახ. 2, A, B). 15 სეგმენტზე aa:ab:bc:cd:dd=30:8:40: 6:110, ხოლო სარტყლის შემდეგ



aa:ab:bc:cd:dd=30:7:35:5:100. სეგმენტების 16,17,23-38 ab ჯაგრები და 9-11 სეგმენტების cd ჯაგრები სასქესოა და განლაგებულია პაპილებზე. მათი დისტალური ნაწილი სამწახნაგოვანია (ნახ. 1,D; 2,B,D).

მამრობითი სასქესო ხვრელები კარგად განვითარებული ჭირკვლოვანი მინდვრებით 15 სეგმენტზეა განლაგებული. ჭირკვლოვანი მინდვრები მეზობელ სეგმენტებზე არ გადადიან (ნახ. 1,c). მანძილი b ჯაგრებიდან მამრობით სასქესო ხვრელებამდე 1,20-1,25 მმ-ია, ხოლო მამრობითი სასქესო ხვრელებიდან b ჯაგრებამდე - 0,80-0,85 მმ. მდედრობითი სასქესო ხვრელები მოთავსებულია 14 სეგმენტზე b ჯაგრების ზემოთ. მანძილი b ჯაგრებიდან ამ ხვრელებამდე 0,15-0,18 მმ-ია.



ნახ.2. *E.lagodechiensis* (აზერბაიჯანი, ბაშლაისკი):
A-სარტყელი x 50, B-ლოკომოტორული ჯაგრები 4cd x 2500, C-სასქესო ჯაგარი 24b x100, D-ლოკომოტორული ჯაგარი 38b x2500

სარტყელი 25-34 ან 25-35, იშვიათად 26-34 სეგმენტებზეა. სასქესო მუთაქები 27-1/3 33 ან 28-32 სეგმენტებზეა მოთავსებული (ნახ. 2,A). ოთხი წყვილი სასქესო ბუშტუკებისა განლაგებულია 9-12 სეგმენტებში. თესლმომღებები (0,85-1,35 x 0,85-1,10 მმ) 9,10 სეგმენტებშია და მათი სადინრები ზურგის მხარეს შუა მედიალურ ხაზთან ახლოს იხსნება. მანძილი თესლმომღებების ხვრელებიდან ზურგის ფორებამდე 0,40-0,50 მმ-ია. სეგმენტშორისი ტიხრები 5/6-7/8 და 13/14-14/15 შესქელებულია. სათესლეები და თესლმომღებების ძაბრები 10-11 სეგმენტებშია მოთავსებული. კიროვანი ჭირკვლები 1/2 11-13 სეგმენტებშია. დისკოსებური სპერმატოფორები 22-25 სეგმენტებზეა განლაგებული. სიგრძივი კუნთები ბუმბულისებურია. ტიფლოზოლი მთავრდება 100-141 სეგმენტებში. უკანა ნაწლავი მოიცავს 5-22 სეგმენტს.

E.lagodechiensis პარკი

მოყვითალო-ყავისფერია. მისი სიგრძეა 6,00-6,75 მმ, სიგანე კი - 3,60-4,25 მმ. პარკის წინა ბოლოს სიგრძეა 0,75-1,00 მმ, ხოლო უკანასი (დაკბილულის) 1,55-1,75 მმ.

ეკოლოგიური თავისებურებანი *E.lagodechiensis* ნიადაგის ტიპიური სახეობაა. იკვებება ნეშომპალითა და ლობობადი მცენარეებით. ხშირად თავს იყრის მსხვილი ძუძუძუფორების ნაკელის ქვეშ. აღნიშნული სახეობით დასახლებულია ყველა ეკოსისტემა დაწყებული ჭალის ტყეებით (კუმბა-ხაჩმასის დაბლობი) და სუბალპური და ალპური მდელოებით (ლაგოდეხის და ზაქათალას ნაკრძალი) დამთავრებული.

არეალი *E.lagodechiensis* მთავარი კავკასიონის ენდემია. არსებული ლიტერატურული მონაცემები და საკუთარი გამოკვლევები მიუთითებენ იმაზე, რომ *E.lagodechiensis* არეალი მოიცავს მთავარი კავკასიონის ჩრდილო ფერდობებს (თუშეთი, დაღესტანი), სამხრეთ ფერდობებზე გვხვდება შემახიდან კახეთის ქედამდე. არეალის დასავლეთი საზღვარი გადის მდ.ბაწარაზე. სავარაუდოა, რომ ჩრდილო-დასავლეთი საზღვარი გადიოდეს მდ.ანდის ყოისუზე, ხოლო ჩრდილოეთი - სამურის ქედზე. არეალის აღმოსავლეთი საზღვარია კასპიის ზღვის სანაპირო, სამხრეთი - რცხილნარ-წიფლნარი ტყეების სარტყელი შემახის მიდამოებიდან კახეთის ქედამდე (ნახ.3).



ნახ.3. *E.lagodechiensis*-ის არეალი.

აპრილი, 1987; ქ.კუტკაშენის მიდამოები, რცხილნარ-წიფლნარი (H=750 მ.), 12 სქესმწიფე ეგზ., აპრილი, 1987; ვართაშენის მიდამოები (ვართაშენის რაიონი), რცხილნარ-წიფლნარი, 18 სქესმწიფე ეგზ., მაისი 1987.

საქართველო: მდ.დურუჯის ხეობა (ყვარელი), რცხილნარ-წიფლნარი, 6 სქესმწიფე ეგზ., მაისი, 1987; მდ.ტოლოშანის ხეობა (ახმეტის რაიონი), 3 სქესმწიფე ეგზ., მაისი, 1987; ბაწარას ნაკრძალი, მდ.ბაწარას მარჯვენა ნაპირი, რცხილნარ-წიფლნარი, 5 სქესმწიფე ეგზ., ივლისი, 1990 (ე.ყვავაძის მასალა).

და ბოლოს, უნდა აღინიშნოს, რომ *E.lagodechiensis* მცირერიცხოვანი და იშვიათი სახეობაა. მისი დასახლების სიმჭიდროვე საქართველოს, აზერბაიჯანსა და დაღესტანში შეადგენს 1-3 ეგზ/მ². იგი შეტანილია საქართველოს წითელ წიგნში. დაცულია ბაწარას, ლაგოდეხის და ზაქათალას ნაკრძალში.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 ზოოლოგიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *W.Michaelsen*. Ann.Muz.Acad.Sci.Saint-Petersbourg, 15, 1910, 1-74.
2. *И.И.Малевич*. Проблемы почвенной зоологии. М., 1966, 83-84.
3. *С.Ю.Ибрагимов, Х.Джанаев*. Проблемы почвенной зоологии. М., 1972, 61.
4. *Э.Ш.Квавадзе*. Зоол. ж. 57,7, 1973, 1077-1080.
5. *Э.Ш.Квавадзе*. Дождевые червы (Lumbricidae) Кавказа. Тбилиси, 3-235.



შპს 591.5.895.56. 576.132.595.14.34

პარაზიტოლოგია და ჰელმინთოლოგია

ბ.ყურაშვილი (საქ. მეცნ. აკად. წევრ-კორესპონდენტი), ა.კვესიტაძე, ნ.რამაზაშვილი

პარაზიტული ქიებით ინვაზირებულ და ნიადაგში ბინადარ ცხოველთა გამოკვლევა მიკროელემენტების შემცველობაზე

წარმოდგენილია 1.04.1996

მიკროელემენტების ერთ-ერთი დამახასიათებელი თავისებურებაა ის, რომ ისინი ორგანიზმში ფუნქციონირებენ მცირე რაოდენობით კატალიზატორების სახით და სიჭარბეს უცვლიან ქიმიურ რეაქციებს, ცვლიან ჟანგვა-აღდგენით პროცესებს და მონაწილეობენ ჰორმონების, ვიტამინებისა და ფერმენტების სისტემის რეაქციებში [1-3].

ამრიგად, მიკროელემენტები, ისე როგორც ვიტამინები და სხვა ორგანიზმებისათვის აუცილებელი პროდუქტები, გადამწყვეტ როლს ასრულებენ ნივთიერებათა ცვლაში და მათი უკმარისობა ან სიჭარბე ცხოველებსა და ადამიანში არღვევს ნივთიერებათა ცვლას და იწვევს სხვადასხვა სახის პათოლოგიურ გადახრებს.

მიკროელემენტების წყაროა ნიადაგი, დიდია ურთიერთკავშირი სისტემაში „ნიადაგი - მცენარე - ცხოველი“. ამ სისტემას ადამიანი უკავშირდება საკვები პროდუქტების საშუალებით.

ხშირია შემთხვევები, როდესაც ადგილი აქვს გარემოს გაბინძურებას შხამქიმიკატებით და მიკროელემენტებით. ზემოაღნიშნული სისტემის გზით მიკროელემენტების სიჭარბე ან უკმარისობა ცხოველებსა და ადამიანში არღვევს ნივთიერებათა ცვლას, რის შედეგადაც ვითარდება სხვადასხვა სახის დაავადება [3].

იყო პერიოდი, როდესაც მკვლევარებს მიკროელემენტების შემცველობის განსაზღვრის ზუსტი მეთოდები არ გააჩნდათ. პირველი მეთოდით შეიძლებოდა ლაპარაკი ამა თუ იმ ელემენტის „კვალზე“, შემდეგ კი შემუშავებულ იქნა ემისიური სპექტრალური ანალიზის მეთოდი ცხოველის ორგანოებსა და ქსოვილებში მიკროელემენტების შემცველობასა და რაოდენობაზე. შედეგებს გამოხატავენ მილიგრამ პროცენტში ნაცარზე.

შემდგომში ეს მეთოდი უფრო დაიხვეწა და დღეს ფართოდ იყენებენ არა ემისიური სპექტრალური ანალიზის მეთოდს, არამედ უფრო მგრძობიარე ნეიტრონული აქტივაციის მეთოდს [4].

მრავალი ავტორის მონაცემი ნათელყოფს, რომ მიკროელემენტების ცირკულაცია პარაზიტებით ინვაზირებულ და მისგან თავისუფალ ორგანიზმებში ნაირგვარია.

ამ მიმართულებით გამოკვლევები ჩატარებულია საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ზოოლოგიის ინსტიტუტის თანამშრომელთა მიერ [3,5,6]. შესწავლილია ტრიქინელოზით ინვაზირებულ ცხოველთა ქსოვილებსა და ორგანოებში მიკროელემენტების შემცველობა, ექინოკოკით დაავადებულ და მისგან თავისუფალ ცხოველებში 7 მიკროელემენტის შემცველობაზე გამოკვლეულია სისხლი და

ექინოკოკის ბუშტის სითხე. მანგანუმი და თუთია აღმოჩნდნენ ის ძირითადი მიკროელემენტები, რომლებიც აქტიურად მონაწილეობენ ქანგვა-აღდგენით რეაქციებში, პირველი ტრიქინელოზის, ხოლო მეორე ექინოკოკოზის დროს. ეს ფაქტი გვაფიქრებინებს, რომ შესაძლოა ამ ორი ელემენტის რაოდენობის ცვლილება გამოვიყენოთ დაავადებების დიაგნოსტიკაში [6].

აქამდე ჩვენ მსჯელობა გვქონდა პარაზიტული ქიებით ინვაზირებული ცხოველების მიერ ამა თუ იმ მიკროელემენტის გამოყოფაზე, რაც შედეგია პარაზიტის გავლენისა, რადგან იგი ერთადერთი მასტიმულირებელი ძალაა, კატალიზატორია, რომელიც აიძულებს მასპინძელს გამოიყოს რომელიმე მიკროელემენტი შესაბამისი დაავადებისა შესაფერისი რაოდენობით.

ჩვენ მიერ საკვლევად აღებული ორგანიზმები გაერთიანებული იყო სამ ტიპში: მრგვალი, ბრტყელი და რგოლიანი ქიები. პირველ ორს აერთიანებს მათი პარაზიტული ბუნება. რაც შეეხება რგოლიან ქიებს, ისინი ცელომიანი ორგანიზმებია. მიკროელემენტებს სამივე ტიპის წარმომადგენლები სხვადასხვა რაოდენობით გამოყოფენ. პირველ ორ შემთხვევაში ამა თუ იმ მიკროელემენტის გამოყოფა შედეგია პარაზიტის გავლენისა მასპინძლის ორგანიზმზე. მესამე შემთხვევაში კი იმავე როლს ეკოლოგიური ფაქტორი ასრულებს (კერძოდ, თუ რამდენადაა გაბინძურებული გარემო). იგი გავლენას ახდენს ნიადაგში ბინადარი ცხოველების მიერ მიკროელემენტების დაგროვების ხარისხზე. ნიადაგში ბინადარ ცხოველებში მიკროელემენტების შემცველობაზე (დაგროვებაზე) უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ეკოლოგიურ ფაქტორებს. ცნობილია, რომ მიკროელემენტების წყაროს წარმოადგენს ნიადაგი. იგი მიკროელემენტებს სხვადასხვა რაოდენობით შეიცავს. მაგალითად, შავმიწა ნიადაგი მდიდარია ბორის და სპილენძის მოძრავი ფორმებით, კორდიან-ეწერი ნიადაგები კი, პირიქით, ღარიბია. მანგანუმი ნაკლებია შავმიწა, ხოლო თუთია ყომაზურ და წაბლა ნიადაგებში. ნიადაგებში მიკროელემენტების მეტნაკლებობა იწვევს მათ სიჭარბეს ან დეფიციტს მცენარეულ და ცხოველურ ორგანიზმებში. ამ დროს ვლინდება მიკროელემენტების დაგროვების ხარისხი, სუსტდება ან აქტიურდება ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების სინთეზი, გამოიშუშავდება ახალი ადაპტაციები და წარმოიქმნება დარღვევები, რომელიც იწვევს ცხოველის და ადამიანის ენდემურ დაავადებებს.

აღმოსავლეთ საქართველოში, კახეთის რაიონებში, სეტყვის ღრუბლების სპეციალური ჭურვებით გაფანტვის გამო (ჭურვები შეიცავენ PbI_2 -ს), მოხდა წყლების, მცენარეების და ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურება. ეს კი იწვევს ადამიანთა და ცხოველთა მოწამვლას, რაც გამოიხატება გულ-სისხლძარღვთა, საჭმლის მომწელებელ და სხვა სისტემების დაზიანებაში.

ნიადაგი რომ ტყვიის იონებითაა დაბინძურებული, კარგად ჩანს იქიდან, რომ კახეთის რაიონებიდან აღებული ქიაცელები დაახლოებით 3-ჯერ მეტ ტყვიის იონებს შეიცავენ, ვიდრე თბილისის შემოგარენიდან შეგროვილი ქიაცელები (ცხრ. 1)

ცხრილი 1

მიკროელემენტ ტყვიის (Pb) შემცველობა სხვადასხვა სახეობის ქიაცელებში (მკგ%)

სახეობა	თბილისი	ლაგოდეხი
<i>Eisenia rosea</i>	40	120
<i>Dendrobaena veneta</i>	70	130
<i>Allobophora chlorotica</i>	60	125



თეთრიწყაროს და ლაგოდეხის რაიონებიდან შეგროვილი ჭიაყელების მასალა დამუშავდა შემდეგი წესით: მუდმივ წონამდე გამომშრალი ნიმუში (105°C) მოთავსებულ იქნა 5 მლ-იან კელდალის კოლბაში, დაემატა 1,5 მლ კონცენტრირებული აზოტმჟავა (HNO₃) და 6 მლ კონცენტრირებული მარილმჟავა (HCl). ერთი საათის შემდეგ კოლბები გაცხელებულ იქნა ელექტროქურაზე ფრთხილად, ისე, რომ არ მომხდარიყო ნარევის დანახშირება. სინჯები განაცრებულ იქნა მთლიან გაუფერულებამდე. მათ გაცივების შემდეგ დაემატა რამდენიმე წვეთი წყალი. მიღებული მასა გაიფილტრა უნაცრო ფილტრში. საზომ კოლბაში მოხდა მიკროელემენტების რაოდენობის განსაზღვრა. ჭიაყელები მიკროელემენტებს შეიცავდნენ შემდეგი რაოდენობით (ცხრ. 2):

ცხრილი 2

მიკროელემენტების შემცველობა სხვადასხვა სახეობის ჭიაყელებში (მკგ%)

სახეობა	მიკროელემენტები		
	Cu	Zn	Pb
<i>Allobophora chlorotica</i>	105	95	45
<i>Dendrobaena veneta</i>	125	98	45
<i>Eisenia rosea</i>	205	115	60

იმისათვის, რომ ნათელი გამხდარიყო ჭიაყელების სხეულში მიკროელემენტების დაგროვების ხარისხი, ჩატარდა ცდების სერია. სამივე აღნიშნული სახეობის ჭიაყელები მოთავსებულ იქნა სხვადასხვა კონცენტრაციის სპილენძის (Cu), თუთიის (Zn) და ტყვიის (Pb) ხსნარებსა (2000, 1500, 500 მკგ %) და სუფთა წყალში.

სპილენძის იონების შემცველ ხსნარში ჭიაყელების მოძრაობა თავიდან იზრდებოდა. ერთი საათის შემდეგ *Allobophora chlorotica*-ს სახეობის ჭიაყელები წყვეტდნენ მოძრაობას, *Dendrobaena veneta* აგრძელებს ინტენსიურ მოძრაობას 5-6 საათს, *Eisenia rosea* კი მოძრაობს 12 საათის განმავლობაში.

თუთიის ხსნარში ყველა სახეობის ჭიაყელა აგრძელებს მოძრაობას 2 დღე-ღამის განმავლობაში. ამასთან ერთად, ხსნარის კონცენტრაციის მომატებასთან ერთად მოძრაობის ინტენსივობა მცირდებოდა. ანალოგიურად რეაგირებენ ტყვიის იონების შემცველ ხსნარში მოთავსებული ჭიაყელები.

Eisenia rosea-ს (მისი კუნთოვანი პარკი უფრო კარგად არის განვითარებული, ვიდრე *Dendrobaena veneta*-სი და საგრძნობლად კარგად, ვიდრე *Allobophora chlorotica*-სი) მოძრაობის უნარი უფრო მაღალია დანარჩენი ორი სახეობის ჭიაყელებთან შედარებით. ეს შეიძლება აიხსნას სხვადასხვა სახეობის ჭიაყელების კუნთოვანი პარკის აგებულების თავისებურებით.

საინტერესოა ის ფაქტიც, რომ თუთიის შთანთქმა დამოკიდებულია ჭიაყელას ზომაზე. *Eisenia rosea*-ს სახეობის 4 სმ სიგრძის ჭიაყელა 250 მკგ% თუთიას შთანთქავდა 2000 მკგ% კონცენტრაციის ხსნარში, 9 სმ-იანი კი - 800 მკგ%-ს.

ჩატარდა ასეთი ცდა: ჭიაყელები, რომლებმაც შთანთქმეს მიკროელემენტები, მოთავსებულ იქნენ სუფთა წყალში (5, 15, 20 წთ-ის განმავლობაში). აღირიცხა წყალში გადასული მიკროელემენტების რაოდენობა. ექსპერიმენტული მონაცემების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ტყვია სამივე სახეობას დაახლოებით ერთნაირი რაოდენობით გამოეყოფოდა (95 მლგ%), 15 წუთის განმავლობაში გამოყოფილი

მიკროელემენტების რაოდენობა დროის გახანგრძლივების შემთხვევაში (20, 30 წთ და ა.შ.) უცვლელი რჩებოდა (ცხრ. 3).

ცხრილი 3

ქიაყელების მიერ სუფთა წყალში გამოყოფილი მიკროელემენტების რაოდენობა, დამოკიდებული დროზე (გამოხატულია მლგ% -ში)

სახეობა	მიკროელემენტები	დრო		
		5 წუთი	15 წუთი	20 წუთი
<i>Eisenia rosea</i>	Zn	40	60	60
	Cu	20	50	50
	Pb	95	95	95
<i>Dendrobaena veneta</i>	Zn	45	70	70
	Cu	30	60	60
	Pb	95	95	95
<i>Allobophora chlorotica</i>	Zn	45	55	55
	Cu	30	45	45
	Pb	95	92	92

ამრიგად, მიკროელემენტები გადამწყვეტ როლს ასრულებენ ნივთიერებათა ცვლაში, ფუნქციონირებენ ორგანიზმში მცირე რაოდენობით, კატალიზატორების სახით, სიჩქარეს უცვლიან ქიმიურ რეაქციებს, ცვლიან ჟანგვა-აღდგენით რეაქციებს და მონაწილეობენ ჰორმონების, ვიტამინებისა და ფერმენტების სისტემის რეაქტივობაში. მათი უკმარისობა ან სიჭარბე არღვევს ნივთიერებათა ცვლას და იწვევს სხვადასხვა სახის პათოლოგიურ გადახრებს.

მანგანუმი და თუთია აღმოჩნდნენ ძირითადი მიკროელემენტები, აქტიურად მონაწილენი ჟანგვა-აღდგენით რეაქტივობაში, პირველი ტრიკინელოზის, ხოლო მეორე ექინოკოკოზის დროს.

ამა თუ იმ მიკროელემენტის სიჭარბე პარაზიტული ქიებით ინვაზირებულ ცხოველებში პარაზიტის გავლენის შედეგია.

რაც შეეხება ნიადაგში ბინადარ ცხოველებს, აქ მათ მიერ მიკროელემენტების გამოყოფა დამოკიდებულია ეკოლოგიურ ფაქტორზე, თუ რამდენადაა გაბნძურებული გარემო (ნიადაგი, წყალი, ჰაერი) მიკროელემენტებით. სწორედ ეს აძლევს სტიმულს ნიადაგში ბინადარ ცხოველებს (ჩვენ შემთხვევაში ქიაყელებს) გამოყოფნა შესაბამისი მიკროელემენტები ჰარბი რაოდენობით.

ჩატარებულმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ სხვადასხვა სახეობის ქიაყელები მიკროელემენტებს სხვადასხვა რაოდენობით შეიცავენ. მიკროელემენტების რაოდენობა და სპილენძის იონების შემცველ ხსნარში ქიაყელების მოძრაობის ხარისხი დამოკიდებულია ცხოველის კან-კუნთოვანი პარკის აგებულებაზე.

თუთიის იონების შთანთქმის ხარისხი ერთნაირი კონცენტრაციის ხსნარებიდან დამოკიდებულია ქიაყელას სიგრძეზე (რაც უფრო გრძელია ქიაყელა, მით უფრო მეტ თუთიას ითვისებს).

წყალში მოთავსების შემთხვევაში ქიაყელები სხვადასხვანაირად კარგავენ მათ ორგანიზმში დაგროვილ მიკროელემენტებს (ტყვიას თითქმის ერთნაირი რაოდენობით), რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს მიკროელემენტების ნიადაგში მიგრაციისას.



აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ სუფთა წყალში ჭიყვლები მოთავსებისას, 15 წუთის განმავლობაში ცხოველთა მიერ გამოყოფილი მიკროელემენტების რაოდენობა, დროის გახანგრძლივების შემთხვევაში უცვლელი რჩებოდა, ე.ი. 15 წუთით აღმოჩნდა მიკროელემენტების გამოყოფის მაქსიმალური დრო.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის
ზოოლოგიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *З.Андервуд*. Тр. симпозиума по микроэлементам. М., 1962.
2. *А.О.Войнар*. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. М., 1953.
3. *ბ.ყურაშვილი, თ.როდონია, გ.მაცაბერიძე, კ.გურჩიანი, ი.სავატევეა, ლ.ჭაფარიძე, ლ.პეტრიაშვილი*. პარაზიტოლოგიური კრებული II, თბილისი, 1971.
4. *B.E.Kurashvili, G.V.Matsaberidze*. Content of Some Microelements in Animals Infested with Trichinellosis. Folia Parasitologica (Praha), 19, 1972.
5. *Б.Е.Курашвили*. Материалы пленума научного совета по проблеме "Биологические основы освоения, реконструкции и охраны животного мира", Тбилиси, 1979.
6. *ბ.ყურაშვილი, ა.კვეციტაძე, ნ.რამიშვილი, ი.ხატიაშვილი*. წყალსატევებისა და ნიადაგის გაბინძურების მდგომარეობა და მასთან ბრძოლის ღონისძიებანი. თბილისი, 1991.

თ.თოდრია, ნ.ფაფიაშვილი, ე.ხარაძე

სისხლმზადი მიკროგარემოს ასაკის გავლენა ადრეული და გვიანი კლონოგენური სისხლმზადი წინამორბედების პროლიფერაციასა და დიფერენცირებაზე

წარმოადგინა აკადემიის წევრ - კორესპონდენტმა გ.თუმანიშვილმა 2.07.1996

დადგენილია, რომ სისხლის ღერო უჯრედების (სლუ) განყოფილება პეტეროგენულია და *in vivo* სისტემაში განისაზღვრება ორი სუბპოპულაცია ან კოლონიის წარმოქმნელი ერთეული (კწე), -ადრეული (კწე-8) და გვიანი (კწე-11), რომლებიც დასხივებულ თავგების ელენთაზე დასაბამს აძლევენ კოლონიებს სისხლმზადი უჯრედების გარკვეული რაოდენობის შეყვანიდან მე-8 და მე-11 დღეს [1,2]. უნდა აღინიშნოს, რომ ორივე სუბპოპულაციის დიფერენცირების მიმართულება ერთნაირია. ისინი წარმოქმნიან ერთრო, -გრანულო-, მგაკარიოციტულ შერეულსა და არადიფერენცირებულ კოლონიებს, რომელთა რაოდენობრივი თანაფარდობა განსხვავებულია, კერძოდ, 8-დღიან კოლონიებს შორის დომინირებენ ერთრო-(80%) და გრანულოციტული (12%) კოლონიები, ხოლო მე-11 დღეს ერთროიდული და შერეული ტიპის კოლონიების რაოდენობა თითქმის თანაბარია და უდრის დაახლოებით 40-45% [1].

სისხლის ღერო უჯრედების დიფერენცირება მომწიფებულ ელემენტებამდე ხდება კომიტირებული (მულტი-ოლიგო- და უნიპოტენტური) უჯრედების (წინამორბედების) დონეზე ჰემოპოეტინების ზემოქმედებით. ზრდის მარეგულირებელ ფაქტორებს გამოყოფენ, როგორც სისხლმზადი მიკროგარემოს, ანუ სტრომის, ისე სხვადასხვა ქსოვილის უჯრედები. ორგანიზმის დაბერებას თან სდევს ზრდის ფაქტორების ბალანსის დარღვევა, რომლის ერთ-ერთი მიზეზი შეიძლება იყოს სტრომის უჯრედების თვისებების ასაკობრივი ცვლილებები. გამოკვლევის მიზანს სწორედ ეს უკანასკნელი წარმოადგენდა.

ახალგაზრდა (2 თვის) თავგების თირმკლის კაფსულის ქვეშ იმპლანტირებულ იქნა ახალგაზრდა (2 თვის-1 ჯგუფი) და ბებერი (2 წლის-მე-2 ჯგუფი) თავგების ძვლის ტვინი. ოპერაციის შედეგად განვითარებულ სისხლმზად ექტოპურ კერაში სტრომის უჯრედები მიეკუთვნებიან დონორს, ხოლო თვით სისხლის უჯრედები - რეციპიენტის მოციკრკულირე სლუ-ს შთამომავლობას [3]. სტრომის ფუნქციაზე ვმსჯელობდით არაპირდაპირი გზით დასხივებული თავგების ელენთაში ექტოპური კერის წარმოქმნელი სლუ-ს მიერ სხვადასხვა მორფოლოგიური კოლონიების განვითარების უნარით [4].

ახალგაზრდა თავგების მოციკრკულირე სლუ რაოდენობრივი რეგულაცია-პროლიფერაცია და დიფერენცირება კლონოგენურ წინამორბედამდე (კწე-8 და კწე-11 დღიანები) საკუთრივ სლუ-ს თვისებაა და არ არის დამოკიდებული სტრომის ასაკზე. ორივე ჯგუფის ექტოპური კერებიდან ადრეული და გვიანი წინამორბედები წარმოქმნიან საშუალოდ თანაბარი რაოდენობით მიკროსკოპულ სისხლმზად

კოლონიებს (ცხრილი). ამასთანავე, ორივე სუბპოპულაციის კომიტირებული (მულტი-, და უნიპოტენტური) შთამომავლობა დასხვიებული თავგების ელენთაში იძლევა ზემოთ აღნიშნულ ზუთივე ტიპის კოლონიებს.

აღსანიშნავია, რომ თუ კონტროლში (სტრომისა და სლუ-ს "ასაკი" უდრიდა 2 თვის) კწე-8 და კწე -11-დღიანი წინამორბედების მიერ მიღებული მორფოლოგიური კოლონიების ტიპების თანაფარდობა შეესაბამება ლიტერატურულ მონაცემს [1], საცდელ ჯგუფში ეს კანონზომიერება დარღვეულია.

მე-2 ჯგუფის სისხლმზადი ექტოპური კერების (სტრომის წყარო-2 წლის თავვი, ხოლო სლუ-ს - 2 თვის) წარმომქმნელი უჯრედების კოპერაცია ბებერი თავგების სტრომასთან გამოხატება კომიტირებული წინამორბედების უფრო აქტიური პროლიფერაციით კონტროლთან შედარებით. ამასთანავე, არსებითი განსხვავება დამახასიათებელია ადრეული უჯრედ-წინამორბედებისთვის. მაგალითად, კწე-8-დღიანის დიფერენცირება გრანულო- და მეგაკარიოციტული რიგის მიმართულებით შესაბამისად 1.9 და 3.7-ჯერ სჭარბობს კონტროლს. საინტერესოა, რომ 8-დღიან კოლონიებს შორის აღირიცხება შერეული ტიპის კოლონიების სტატისტიკურად სარწმუნო მატება (თითქმის 5-ჯერ) 1 ჯგუფის ამავე ტიპის კოლონიებთან შედარებით (ცხრილი).

შემდეგი საში დღე-ღამის განმავლობაში პროლიფერაციას განიცდიან უპირატესად კწე-11-დღიანები და კონტროლთან შედარებით მათი პროლიფერაციის და მომწიფების ტემპი რამდენადმე დაქვეითებულია. მიუხედავად იმისა, რომ მე-8 და მე-11 დღემდე ერთიროდელი კოლონიების რიცხვი კლებულობს (53%), მათი რაოდენობა კონტროლთან შედარებით (46%) მაინც მაღალია, რაც ასაბუთებს ერთროციტების მომწიფების ხარისხის შენელებას [1]. ამავე დროს, კწე-11-დღიანებისთვის დამახასიათებელი შერეული ტიპის კოლონიების რაოდენობის მატების მიუხედავად (21%), ის ვერ აღწევს საკონტროლო მნიშვნელობას (34%). აქედან გამომდინარეობს, რომ გვიანი სუბპოპულაციის შერეული ტიპის წინამორბედის პროლიფერაციული აქტივობა ნორმასთან შედარებით დაქვეითებულია. ადრეული და გვიანი სუბპოპულაციის ტემპში ბებერი თავგების ძვლის ტვინის სისხლის ღერო უჯრედებისთვის დადგენილია ანალოგიური სხვაობა. [5]

მიღებული მონაცემებიდან გამომდინარეობს, რომ დიფერენცირების მიმართულების არჩევა თვით სლუ-ისთვისება და არ არის განპირობებული გარე ფაქტორების ზემოქმედებით. მაგრამ კლონის ზომა, ან გარკვეული რიგის სისხლის მომწიფებული უჯრედების რაოდენობა დამოკიდებულია ორგანიზმის სხვადასხვა სისტემის [6], და კერძოდ, სისხლმზადი მიკროგარემოს ფიზიოლოგიურ სტატუსზე. სავარაუდოა, რომ დაბერებასთან ერთად სტრომის უჯრედები უფრო აქტიურად ასინთეზირებენ რიგ არასპეციფიკურ ფაქტორებს, რაც განაპირობებს სლუ-დან კომიტირებულ წინამორბედებამდე (შერეული კოლონიების ტიპის საწყისი უჯრედები) ტრანზიტული გზის შემცირებას და ხაზობრივ-სპეციფიკურ, მაგალითად, მეგაკარიოციტოპოეზის ჰემოპოეტინებს. გამოიციხული არ არის, რომ ზემოთ აღნიშნული ფაქტორების კონცენტრაცია მატულობს ინჰიბიტორების კონცენტრაციის და სპექტრის მატებით განპირობებული დანარჩენი ჰემოპოეტინების ასაკდამოკიდებული დაქვეითებით.

სისხლის ღერო უჭრედების ორი სუბპოპულაციის დიფერენცირების შედეგად მიღებული კოლონიების
ქრისტოლოგიური ტიპები (M±m)

ძვლის ტვინის დონორე ბის ასაკი (სტრომის უჭრედე- ბის წყარო)	ქწე სუბ- კლასი	ელენ- თების რაოდე- ნობა	მიკროს- კოპული კოლონი- ების რაოდე- ნობა	კოლონიების ტიპები									
				ერიტროი- დული		გრანულო- ციტული		მეგაკარიო- ციტული		შერეული		არადიფერენცირებული	
				რიცხვი- თი მნიშვნ.	%	რიცხვი- თი მნიშვნ.	%	რიცხვი- თი მნიშვნ.	%	რიცხვი- თი მნიშვნ.	%	რიცხვითი მნიშვნ.	%
ახალგა- ზრდა (2 თვე)	ქწე - 8	7	8,3 ± 0,6	6,4 ± 0,3	78	1,0 ± 0,2	12	0,3 ± 0,3	3	0,3 ± 0,3	3	0,3 ± 0,3	3
	ქწე - 11	7	7,1 ± 0,9	3,3 ± 0,6 < 0,001	46	1,0 ± 0,5	14	2,4 ± 0,4 < 0,01	6	2,4 ± 0,4	34	0 ± 0	0
ბებერი (24- 26თვე)	ქწე - 8	10	11,6 ± 0,8	7,2 ± 0,5	62	1,9 ± 0,3	16	1,4 ± 0,3	9	1,4 ± 0,3	12	0 ± 0	0
	ქწე - 11	7	9,1 ± 0,9	4,9 ± 0,5 < 0,01	53	1,6 ± 0,4	17	1,9 ± 0,5	8	1,9 ± 0,5	21	0,1 ± 0,1 ±	1

ლიტერატურა

1. *M.C.Magli, N.N.Iscove, N.Odartchenko. Nature, 295, 1982, 527-529.*
2. *L.V.Priestley, N.S.Wolf. Exp. Hemat. 13, 1985, 733-735.*
3. *A.J.Fridenshtein, K.V.Petrakova, A.Kuralesova et al. Transplant., 6, 1968, 230-247.*
4. *J.E.Till, E.A.McCulloch. Rad, Res 14, 1961, 213-222.*
5. *M.E.Pietrzik, N.S.Wolf, Y.V.Priestly. Mech.Age. Dev .34, 1986, 1-12.*
6. *О.А.Гуревич, И.Л.Чертков. Пробл. гематол., 2 1982, 31-34.*



№66 616.092

მსპპარიმენტული მელიციონა

ნ.ოკუჩავა, ვ.ბახუტაშვილი (საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის წევრ - კორესპონდენტი),
 ბ.კორსანტია

ინტერფერონის სისტემა ფილტვის დესტრუქციული
 ტუბერკულოზით დაავადებულებში

წარმოდგენილია 13.05.1996

სერიოზული იმუნოპათოლოგიური პროცესები, რომლებიც ვითარდება ორგანიზმში ინფექციური დაავადებების, კერძოდ ტუბერკულოზის დროს, კარგად არის ცნობილი [1-5,8,10]. ასეთ შემთხვევებში ერთ-ერთი მიზეზი არასაკმარისად ეფექტური ეთიოტროპული ქიმიოთერაპიისა არის მეორადი იმუნოდეფიციტის განვითარება. მნიშვნელოვანია ინტერფერონის სისტემის როლი ამ პროცესებში [6,9,11-13]. როგორც ვ. სოლოვიოვი და ტ.ბექტემიროვი (1981) თვლიან, ინტერფერონოგენეზი ნებისმიერი იმუნოლოგიური რეაქციის საფუძველია. მაგრამ ლიტერატურაში ჯერ კიდევ ცოტაა პუბლიკაციები ამ მნიშვნელოვანი სისტემის როლის შესახებ ტუბერკულოზით დაავადებულთა იმუნური რეაქციების რეგულაციაში.

ჩვენს მიერ შესწავლილი იყო ფილტვის დესტრუქციული ტუბერკულოზის სხვადასხვა ფორმით დაავადებული 264 ავადმყოფი. იმუნოლოგიური გამოკვლევები მოიცავდა ენდოგენური α -და γ -ინტერფერონული აქტივობის განსაზღვრას *in vitro* ლეიკოციტების ინტერფერონული რეაქციის საშუალებით [7].

ცხრილი 1

ინტერფერონის სისტემის მაჩვენებლები ფილტვის დესტრუქციული
 ტუბერკულოზით დაავადებულებში (ერთ/მლ)

ტუბერკულოზის კლინიკური ფორმა	რიცხვი	შემოსვლა		გაწერა	
		α -ლირ ერთ/მლ	γ -ლირ ერთ/მლ	α -ლირ ერთ/მლ	γ -ლირ ერთ/მლ
ფიბროზულ- კავერნოზული	30	4,8 ± 0,4*	3,3 ± 0,2*	6,1 ± 0,2*	2,6 ± 0,1*
დისემინირებული	60	11,6 ± 0,7*	8,1 ± 0,5*	24,7 ± 2,3	16,7 ± 1,5
ინფილტრაციული	90	16,3 ± 0,9	12,5 ± 0,5	30,3 ± 2,6	22,3 ± 2,4
კეროვანი	83	23,4 ± 2,1	15,2 ± 0,6	34,7 ± 2,8	26,4 ± 2,4
საკონტროლო ჯგუფი (ჯანმრთელი პირები)	50	41,6	30,2		

(* კონტროლთან შედარებით განსხვავება სტატისტიკურად საწმენოა ($p < 0.05 - 0.001$))

ფილტვის დესტრუქციული ტუბერკულოზით დაავადებულთა შესწავლის შედეგად მიღებული მონაცემების ანალიზმა გამოავლინა სისხლის ლეიკოციტების ინტერფერონის სინთეზირების უნარის სერიოზული დათრგუნვა, რაც კორელირებდა ფილტვის ტუბერკულოზის კლინიკურ ფორმასთან [ცხრილი 1]. ასე მაგალითად, ფილტვის ფიბროზულ-კავერნოზული ტუბერკულოზის დროს α -ინტერფერონის აქტივობა თითქმის 10-ჯერ იყო დაქვეითებული კონტროლთან

შედარებით $4,8 \pm 0,4$ ერთ/მლ, $p < 0,001$. მნიშვნელოვნად უფრო მაღალი მაჩვენებლები აღინიშნა ფილტვის კროვანი ტუბერკულოზის დროს $23,4 \pm 2,1$ ერთ/მლ.

აგრეთვე დადგენილი იყო, რომ ერთნაირი კლინიკური ფორმების დროს, მაგრამ ტუბერკულოზური პროცესის სხვადასხვა მიმდინარეობისას ინტერფერონის სისტემის მაჩვენებლებზე გავლენას ახდენდა ინტოქსიკაციის სიღრმე. ფილტვის შემოფარგლული პროდუქციული ტიპის ინფილტრაციული ტუბერკულოზით, დაავადებულებს, როდესაც ინტოქსიკაციის სიმპტომები საშუალოდ ან უმნიშვნელოდ იყო გამოხატული, აღინიშნა მაქსიმალური (მოცემული ფორმისათვის) α - ინტერფერონული მაჩვენებლები, $30,3 \pm 2,6$ ერთ/მლ და, პირიქით, ფილტვის ინფილტრაციული ტუბერკულოზის ექსუდაციური ფორმის დროს, როდესაც ინტოქსიკაციის სიმპტომები განსაკუთრებით იყო გამოხატული, აღინიშნა α - ინტერფერონული, აქტივობის მნიშვნელოვნად მეტი დაქვეითება $16,3 \pm 0,9$ ერთ/მლ. რიგ შემთხვევებში ლეიკოციტური ინტერფერონი საერთოდ არ იყო რეგისტრირებული.

ანალოგიური მონაცემები იყო მიღებული γ - ინტერფერონის მაჩვენებლების ანალიზის დროს. γ - ინტერფერონის განსაკუთრებით დაბალი მაჩვენებლები დაუდგინდა პროგრესირებადი ფიბროზულ - კავერნოზული ტუბერკულოზით დაავადებულებს - $3,3 \pm 0,2$ ერთ/მლ კონტროლთან შედარებით - $30,2 \pm 1,7$ ერთ/მლ. ინტერფერონის სისტემა შესწავლილი იყო დინამიკაში: დაავადებულთა შემოსვლისას, მკურნალობის ორი თვის შემდეგ და გაწერისას.

ინტერფერონის მაჩვენებლების ინტენსიური მომატება დაკვირვების უკვე ადრეულ ეტაპზე აღინიშნა პროცესის კეთილსაიმედო მიმდინარეობის დროს. არაეფექტური მკურნალობის შემთხვევაში α - და γ - ინტერფერონული აქტივობის მაჩვენებლები რჩებოდნენ იგივე დაბალ დონეზე. ჩვენმა დაკვირვებებმა საშუალება მოგვცა გამოგვევლინა კორელაცია მკურნალობის შედეგებსა და ინტერფერონის მაჩვენებლებს შორის.

ამგვარად, α - და γ - ინტერფერონული რეაქციები წარმოადგენენ კარგ დამხმარე ტესტებს დაავადების შესაძლო გამოსავალის პროგნოზირებისათვის. ინტერფერონის სისტემის აქტივობის დათრგუნვა მიუთითებს ანტიტუბერკულოზურ მკურნალობასთან ერთად იმუნომოდულატორების, მათ შორის, ინტერფერონის პრეპარატების გამოყენების მიზანშეწონილობაზე.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
სამედიცინო ბიოტექნოლოგიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *Г.В. Волосевич, А.С. Соловьева.* Пробл. туб., 7, 1977, 25.
2. *В.И.Покровский, М.М. Авербах, В.И. Литвинов, И.В. Рубцов.* Приобретенный иммунитет и инфекционный процесс. М., 1979.
3. *А.Б. Инсанов.* Иммунохимиотерапия хронического туберкулёза лёгких. Баку, 1990.
4. *Г.А.Вахидова, В.В. Еремеев, А.М. Убайдулаев.* Пробл. туб. 5, 1991, 69.
5. *Г.В.Селедцова, В.А. Козлов.* Пробл. туб., 5, 1991, 54.

6. *В.Д.Соловьев, Т.А. Бектемиров.* Вестн. АМН СССР, 2, 1979, 19.
7. *В.Д.Соловьев, Т.А. Бектемиров.* Интерфероны в теории и практике медицины. М.,1981.
8. *M.Ando, K.Shima, H.Tokuomi, Kekkeki,* 50, 1975, 153.
9. *M.Boiron, M.Marty.* Therapeutique, 53, 1977, 185.
10. *ACruchand.* Schweiz. med. W-schz., 107, 118, 1977, 721.
11. *R.Muller, F.Deinhardt, G.Frosher.* et al. Interferon.1982.
12. *G.Wietzerbin, S.Stephanob, R.Falcoff, E.Falcoff.* Tex. Rept. Biol. Med., 35, 1977, 205.
13. *G.S.Younger.* Tex. Rept. Biol. Med., 35, 1977, 17.



შპს 616.36-089:615.849.19;615.849.03:616.36-089

ქსპერიმენტული მედიცინა

ვ. მიქაბერიძე, ვ. გონჯილაშვილი, ა. მიქაბერიძე

ლაზერული შედუღების ექსპერიმენტული შესწავლა ღვიძლის ქირურგიაში

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ნ. ტატიშვილმა 26.06.1996

უკანასკნელი წლების ექსპერიმენტულ შრომებში სულ უფრო მეტი ყურადღება ეთმობა ლაზერით ბიოლოგიური ქსოვილების შეერთების შესაძლებლობის შესწავლას [1,2]. ლაზერულ "შედუღებას" მთელი რიგი უპირატესობები გააჩნია: ნაკერი ხასიათდება მაღალი ბიოლოგიური პერმეტიზითა და რეპარაციული პროცესების კარგი მიმდინარეობით. ამასთან, მცირდება სისხლის დანაკარგი და ოპერაციის ხანგრძლივობა. მნიშვნელოვანი მიღწევებია ღვიძლის ლაზერულ ქირურგიაშიც [3,4,5], თუმცა ამ ორგანოზე ოპერირებისას საიმედო ბილიოსტაზისა და ჰემოსტაზის პრობლემა ხშირ შემთხვევაში დღესაც გადაუჭრელი რჩება, განსაკუთრებით ღვიძლის ატიპური რეზექციებისას. სხვადასხვა ჰემოსტატური ნაკერების დადება იწვევს ნაკერის არეში სისხლის მიმოქცევის მოშლასა და ნეკროზს. ნაკერების ჩაჭრა და ცუდი ბილიოსტაზი ხშირად ხდება ნაღვლოვანი პერიტონიტების მიზეზი. ამგვარად, სავსებით გამართლებულია ღვიძლის დაზურვის ახალი, უფრო საიმედო მეთოდების ძიება.

ბოცვრებზე ექსპერიმენტებში ვსწავლობდით ლაზერული "შედუღების" შესაძლებლობებს ღვიძლის ქსოვილზე. ლაპაროტომია კეთდებოდა სტერილურ პირობებში, ჰექსენალის ზოგადი ზერეღე გაუტკივარების ქვეშ, სუნთქვის შენარჩუნებით. უწყვეტ რეჟიმში მომუშავე YAG:Nd ლაზერის გამოსხივება (ტალის სიგრძე 1,06 მკმ) საოპერაციო არეს გადაეცემოდა 0,6 მმ დიამეტრის კვარცის დრეკადი ოპტიკური ბოჭკოს საშუალებით. დანადგარი უზრუნველყოფდა გამოსხივებული სიმძლავრის უწყვეტ



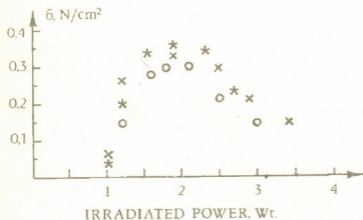
სურ.1. ბოცვრის ღვიძლის ფრაგმენტი.
ა) შესადუღებელი ქსოვილის კვეთა.
ბ) შედუღებული ქრილობა.

ცვლილებას 30 ვტ-მდე. ბოჭკოს გამოსავალზე სხივის სიმძლავრეს ვზომავდით დასხივებამდე და დასხივების შემდეგ. ღვიძლის წინა კიდებზე მიყენებულ ნაკვეთ ქრილობებს (სურ.1) ვადუღებდით უკონტაქტო და კონტაქტური ტექნიკის გამოყენებით (როდესაც კვარცის

სხივგამტარის დისტალური ბოლო უშუალოდ ეხება შესადუღებელ ქსოვილებს). კვეთა სამკუთხედის ფორმისაა 15-20 მმ სიმალით და ~10-14 მმ ფუძით. ოპერირების პროცესში დროებითი ჰემოსტაზი მიიღწეოდა ქრილობის კიდების გასწვრივ თითების კომპრესიით. "შედუღება" წარმოებდა სხივგამტარის გამოსავალი ბოლოს მოძრაობით ფუძის პარალელურად (ერთი კიდიდან მეორისაკენ და პირიქით, საშუალო სიჩქარე $\bar{v} = 884 \text{წმX}$) ქრილობის წვეროსკენ თანდათანობით გადაადგილებით (მიღვევადი სინუსოიდალური რხევების მსგავსი ტრაექტორიით). ამის შემდეგ, ღვიძლის ზედაპირზე, ქრილობის გასწვრივ ლაზერის სხივის გადატარებით ვაწარმოებდით ზედაპირულ შედუღებას. "შედუღება" ეფექტური იყო იმ შემთხვევაში, თუ ქრილობის შესადუღებელი ზედაპირები სისხლით იყო დაფარული.

ექსპერიმენტის მიზანი იყო დაგვედგინა ლაზერის მუშაობის ის ოპტიმალური პარამეტრები, რომლებიც უზრუნველყოფდნენ "შედუღებითი" ნაკერის ყველაზე მაღალ სიმტკიცეს. შედუღების პროცესში არასრული ჰემოსტაზის შემთხვევაში უმჯობესი იყო კონტაქტური მეთოდით ოპერირება, როდესაც საოპერაციო არის სისხლით დაფარვის მიუხედავად შესაძლებელი იყო გამოსხივების წყაროს უშუალო კონტაქტი შესადუღებელ ქსოვილებთან.

შედუღებული ნაკერის სიმტკიცეს ვსაზღვრავდით დინამომეტრული მეთოდით. ქრილობის პერპენდიკულარულად მექანიკური F ძალის მოდებით, შედუღებული ნაწილების დაცილების მცდელობისას, იზომებოდა დატვირთვა იმ მომენტში, როდესაც ადგილი ჰქონდა ნაკერის რღვევას. ამ დროს ვსაზღვრავდით ზღვრულ ძაბვას $\sigma = F/S$, რომელსაც უძლებდა ნაკერი. აქ S - ღვიძლის ქრილობის კვეთის ფართობია. (ნაკერის რღვევა წარმოებს ამ კვეთის გასწვრივ).



სურ. 2 შედუღებითი ნაკერის ზღვრული ძაბვის დამოკიდებულება ლაზერის გამოსხივების სიმძლავრეზე.
o, x და * -შესაბამისად სამ სხვადასხვა სერიაში მიღებული მონაცემებია.

ბოცვრებზე მწვავე ექსპერიმენტებში ვსწავლობდით "შედუღებული" ქრილობის ზღვრული ძაბვის (σ) სიდიდის ლაზერული დასხივების სიმძლავრეზე დამოკიდებულებას. აპრობირებული იყო 1-დან 10 ვატამდე სიმძლავრეებზე "შედუღება". ყველა შემთხვევაში მიიღწეოდა საიმედო ჰემოსტაზი. 6 ვატზე და უფრო მაღალ სიმძლავრეებზე ოპერირება არაეფექტური იყო ღვიძლის ქსოვილის ფართო დაზიანების გამო. ქსოვილების ერთსა და იმავე სიმძლავრეებზე შედუღებისას σ -ს მნიშვნე-

ლობებს შორის სხვაობა არ აღემატებოდა $0,05 \text{ N/cm}^2$ -ს.

მეორე სურათზე წარმოდგენილია შედუღებითი ნაკერის ზღვრული ძაბვის (σ) დამოკიდებულება ლაზერის სხივის სიმძლავრეზე. მოყვანილია ერთნაირ პირობებში კურდღლებზე ექსპერიმენტების სამ სხვადასხვა სერიაში შესრულებული გაზომვების



მონაცემები. სურათიდან ჩანს, რომ $\bar{v}=8$ მმ/წმ საშუალო სიჩქარით ოპერირებისას σ -ს მაქსიმალური მნიშვნელობები მიიღება 1,5-2,5 ვტ სიმძლავრეებით დასხივებისას.

მიღებული შედეგებით აღმოჩნდა, რომ ნაკერის სიმტკიცე განპირობებულია ქრილობის სიბრტყეების ერთმანეთთან შედუღებით (ღვიძლის მოცულობაში) და კვეთის წიბოების ზედაპირული შედუღებით. ჩვენი მონაცემებით σ -ს სიდიდის 60-70%-ს განაპირობებს ღვიძლის მოცულობითი შედუღება. მოცულობაში შედუღების ოპტიმალური ენერგია კი განისაზღვრება 0,25-0,3 ჯოულით.

სიმძლავრის მომატებისას σ -ს შემცირება (სურ.2) იმით უნდა იყოს გამოწვეული, რომ $\bar{v}=8$ მმ/წმ სიჩქარით 3 ვტ-ზე მაღალი სიმძლავრეებით ოპერირებისას ქსოვილზე დასხივებული ენერგია აღემატება შესაძლებლად საჭირო ოპტიმალურ ენერგიას. ასეთი სიმძლავრეებით ოპერირებისას საჭიროა საშუალო სიჩქარის გაზრდა, წინააღმდეგ შემთხვევაში ზღვრული ძაბვა ძირითადად კვეთის წიბოების ზედაპირული შედუღებით განისაზღვრება.

რაც შეეხება კვეთის წიბოების ზედაპირულ შედუღებას, ვიზუალური დაკვირვების ქვეშ შესაძლებელი იყო ექსპოზიციის ისეთი რეჟიმის შერჩევა, რომ სხვადასხვა სიმძლავრეებზე "შედუღების" მიუხედავად მიგველო ერთნაირი ნაკერი ფუფხის ფერისა და რელიეფის მიხედვით. მე-3 სურათზე ნაჩვენებია ღვიძლის ქსოვილის მაკროსკოპული სურათი შესაბამისად ა) 1,5 ვტ, ბ) 2,5 ვტ, გ) 4,0 ვტ და დ) 6,0 ვტ სიმძლავრის ლაზერის სხივით დასხივებისას. სხვადასხვა სიმძლავრეებზე ოპერირებისას ექსპოზიციის შერჩევით შესაძლებელია ღვიძლის ქსოვილზე დასხივების არეში ერთნაირი ნაკერის მიღება.

სურ.3. ღვიძლის ქსოვილის სურათი სხვადასხვა სიმძლავრეებით დასხივებისას
ა) დასხივების სიმძლავრე 1,5 ვტ. ბ) დასხივების სიმძლავრე 2,5 ვტ. გ) დასხივების სიმძლავრე 4,0 ვტ. დ) დასხივების სიმძლავრე 6,0 ვტ.

ამგვარად, ჩვენმა ექსპერიმენტმა დაგვანახა, რომ შესაძლებელია YAG:Nd ლაზერით, კონტაქტური და უკონტაქტო ტექნიკის გამოყენებით, ღვიძლის ნაკვეთი ქრილობების საიმედო "შედუღება" სრული ჰემოსტაზისა და საიმედო ბიოლოგიური

პერმეტიზმის მიღწევით, აღსანიშნავია, რომ YAG:Nd ლაზერების დანერგვით სრულიად ახალი პერსპექტივები ისახება პარენქიმული ორგანოების, და კერძოდ ღვიძლის ქირურგიაში.

საქ. მეცნიერებათა აკადემია ალ.
ჯანელიძის სახელობის გეოლოგიური
ინსტიტუტი.

თბილისის სამედიცინო უნივერსიტეტის პირველი
საბაზო კლინიკა

ლიტერატურა

1. K.K. Jain. Lancet. 2,6, 1984, 816-817.
2. J.S. Sauer, J.R. Hinshaw, K.P. Guire. Laser. Surg. Med. 9,1, 1989, 70-73.
3. S.N. Joffe, K.A. Brackett, M.Y. Sankar and N. Daikuzono. Surgery, Gynecology Obstetrics. 163,5, 1986, 437-442.
4. А.А. Мовчун, А.Г. Абдуллаев, А.А. Филоленко. Хирургия, 7, 1991, 151-157.
5. В.Н. Кошелев, Ю.В. Чалик, Н.Я. Давыдов. Вестник Хирургии им. И.И. Грекова, 146, 2, 1991, 59-61.

ც.ქლენტი

კომპენსატორულად ჰიპერპლაზური ვირთაგვას თირკმლის
მორფოლოგიური და მორფომეტრიული თავისებურებანი
ცალმხრივი ნეფრექტომიის შემდეგ

წარმოადგინა აკად. ნ.ჭავჭავაძის შვილმა 13.05.1996

შესწავლილია ანალგეზური პრემედიკაციის, ნარკოზის, ცალმხრივი ნეფრექტომიით გამოწვეული სტრესისა, შოკის და პოსტოპერაციული ენდოტოქსიკოზის ზემოქმედება ვირთაგვების დარჩენილი თირკმლის ქსოვილზე. დაკვირვების ქვეშ იმყოფებოდა ვისტარის ხაზის ვირთაგვების სხვადასხვა ჯგუფები: ნეფრექტომირებული (1 თირკმლის ამოცლით); ცხოველები, რომლებსაც ნეფრექტომიის შემდეგ ეძლეოდათ აქტინომიცინი-დ; ცხოველები, რომლებიც იღებდნენ მხოლოდ ნეიროლეპტიკსა და საანესტეზიო ნივთიერებას და უკეთდებოდა ცრუ ოპერაცია მუცლის ღრუს გახსნით; - საკონტროლო ცხოველები.

მასალა მორფოლოგიური კვლევისათვის დამუშავებულია კლასიკური მეთოდების მიხედვით; ციტოლოგიური და ჰისტოლოგიური პრეპარატები ნანახია შუქგამტარ მიკროსკოპში; გაზომვები ნაწარმოებია კომპიუტერულ მორფომეტრზე; ულტრასტრუქტურა შესწავლილია ელექტრონულ მიკროსკოპზე.

დარჩენილი თირკმლის წონაში მატება 100-200 მგ-ით რეგისტრირებულია ცალმხრივი ნეფრექტომიიდან 24 საათის შემდეგ და მომავალშიც, თირკმლის წონა მატულობდა ექსპონენტურად და ექსპერიმენტის დასასრულს შეადგენდა 1600-1800 მგ. ერთეულ შემთხვევებში - 2500 მგ. იმავე ასაკის საკონტროლო და ცრუ ოპერაცია გადატანილ ვირთაგვებში თირკმლის წონა აღწევდა მხოლოდ 900-1000 მგ, აქტინომიცინი-დ შეყვანის ფონზე დარჩენილი თირკმლის წონა არ აღემატებოდა 1100 მგ.

პათოლოგიური პროცესი ყველა შემთხვევაში იყო უფრო გამოხატული პროქსიმალური მილაკების გამომდენ ნეფროციტებში და იწყებოდა დაზიანებით და დისტროფიით. ციტოპლაზმა ჰიპოქრომულად და ეოზინოფილურად იღებებოდა, იყო გამოცარიელებული მეტაბოლიტებისაგან და ორგანელებისაგან, შეშუპებული და "ჩონჩხისებური". დაკვირვების ნაადრევ ვადებში ნეფროციტების ჯაგრისებური არშია და ლატერალური კონტაქტები შენარჩუნებული იყო. შემდეგში ისინი იკარგებოდნენ და იწყებოდა აპიკალური ციტოლიზისი. შექცევადი და შეუქცევადი დაზიანების ჩამოყალიბებას მოსდევდა ნეკროზი და შემორჩენილი ნეფროციტების და მათი ორგანელების რეგენერაცია, ჰიპერპლაზია და ჰიპერტროფია [1-3]. ზოგ უჯრედში რეგენერაციული პროცესი გადადიოდა ჰიპერგენატორულში, რაც იწვევდა ნეფროციტების ტრანსფორმირებას მარცვლოვან და მჭრქალმინისებრ ნეფროციტებში. შუქგამტარ მიკროსკოპში მარცვლოვანი ციტოპლაზმის მქონე ნეფროციტები ფორმით ემსგავსებოდნენ ჰეპატოციტებს, იმავე მასალის ელექტრონული მიკროსკოპირებისას ტლანქი მარცვლოვანების შესაბამისი იყვნენ

ჰიპერტროფირებული და ჰიპერპლაზირებული მიტოქონდრიები. ამ ენერჯის მწარმოებელი ორგანოების რაოდენობრივი მატება ჰიპოქსიური სტატუსისადმი ადაპტაციისა და ნეფროციტების მიერ ენერჯის მწარმოებელი მორფოფუნქციური ფენოტიპის შექმნის გამოხატულებაა. შუქგამტარ მიკროსკოპში ნანახი მქრქალმინისებრი ციტოპლაზმის მქონე ნეფროციტებს აქვთ ულტრასტრუქტურული ანალოგები - ნეფროციტები, გაფართოებული და ჰიპერპლაზური გლუვი ენდოპლაზმური ბადის არხებით, რაც აქტიური დეტოქსიკაციის პროცესის გამოხატულებაა. მქრქალმინისებრა შეხედულებისაა, აგრეთვე, ნორმალური ნეფროციტების ბაზალური ნაწილებიც. საკონტროლო და ცრუ ოპერაციაგადატანილ ვირთაგვებში თირკმლის ბიოპტატის ანათლებში და ანაბექტებში ნეფროციტების ამგვარი ფენოტიპები არ იქნა ნანახი.

ოპერაციიდან ერთი თვის შემდეგ კლებულობდა ტოქსიკოზი და ჰიპოქსია, გადარჩენილი ნეფროციტები განირჩეოდნენ სხვადასხვა ზომებით და ფორმებით. ნანახი იქნა კუბური, პრიზმული, პოლიგონური, წაწვეტილ-პირამიდული, სამკუთხედი, მომრგვალო ნეფროციტები; მკაფიოდ განირჩეოდნენ სხვადასხვა ახლად შექმნილი მორფოფუნქციური ფენოტიპების ნეფროციტები: დაზიანებული, დისტროფიული, მარეგენერირებული, მიაბსორბირებული, მასეკრეტირებული, ენერჯის და დეტოქსიკაციის მწარმოებელი. მათი შეფარდება განსაზღვრავდა ნეფროპათიის პათოგენეზს და პროგნოზს. ფენოტიპის ცვლილებები არ წარმოადგენდა მდგრადობის გარანტიას და დაზიანება და დისტროფია ნეფროციტებში ისევ იჩენდა თავს დაკვირვების ბოლოს, ისევ ჩნდებოდნენ "ჩონჩხის" მსგავსი, გამოცარიელებული ნეფროციტები, ჰიპერტროფირებული ან ატროფირებული, ნაზი ან უხეში მარცვლებით ციტოპლაზმაში. მათი პოლიმორფული და პოლიქრომული ბირთვები [3, 4] იმყოფებოდნენ ფუნქციური აქტივობის სხვადასხვა მდგომარეობაში (ეუქრომატინიზირებიდან ჰეტეროქრომატინიზირებამდე) ან გაცვეთის და ნეკროზის მდგომარეობაში (პიკნოზი, რექსისი, ლიზისი). მიკროციტკულატორულ კალაპოტში აღინიშნებოდა სისხლის შეგულება, სტრომაში შეშუპება და სისხლჩაქცევები. პერივასკულურად და პერიგლომერულურად ჩნდებოდნენ ანთებადუქრედოვანი ინფილტრატები და მაკროფაგები. მე-12 თვისათვის მატულობდა ნეკრობიოზული ნეფროციტების რაოდენობა. ცხოველების დაცემა აღინიშნებოდა ნეფრექტომიიდან 15-18 თვის შემდეგ. ტერმინალურ სტატუსს და ექსპერიმენტის დასასრულს განსაზღვრავდნენ მილაკოვანი და გორგლოვანი ეპითელური უჯრედების და მათი ორგანოების შეუქცევადი დაზიანებები. საკმაოდ პოლიმორფული მიტოქონდრიები შეიცავდნენ სხვადასხვა ხარისხით შენარჩუნებულ კრისტებსა და მატრიქსს. გლუვი ენდოპლაზმური ბადე ზოგ უჯრედში ლიზირებული იყო, ხოლო ზოგში პირიქით, ჰიპერპლაზური და სავსე დისპერსიული ცილის ფიჭვებით. გოლჯის აპარატი ძირითადად გამოცარიელებული იყო, ხორკლიანი ენდოპლაზმური ბადე დეგრანულირებული რიბოსომების მოცილების გამო. რიბოსომები, გადასული ციტოზოლში, მატებდნენ მას გრანულირებას. ბირთვის ცენტრში აღინიშნებოდა სიციარიელები, ქრომატინი კი ბელტებად იყო შეჯგუფული ბირთვის მემბრანასთან. ასეთ დესტრუქტურირებულ უჯრედშიადა მასის ფონზე ზოგიერთ ნეფროციტებში ელექტრონულ სიმკვრივეს და ჩვეულ ფორმას ინარჩუნებდნენ პეროქსისომები და ლიპოფუსციინის გრანულები. გამოითქვა ჰიპოთეზა იმის შესახებ, რომ ლიპოფუსციინი წარმოადგენს გაცვეთილი პეროქსისომის ფორმას ან იმ პეროქსისომის ფორმას, რომელმაც გამოჰყო შიგთავსი: ოქსიდანტები და ფერმენტები. ნანახია სფერული,



ელიფსური ფორმის პეროქსისომები, კრისტალოიდური გულით ან უიმისოდ, ჰომოგენიური მატრიქსით, ან ჩანართებით, მორჩებით და, აგრეთვე, ჰიბრიდული. აღწერილია შუაზე გადაჭრილი პეროქსისომის შიდა შენება: მემბრანის ქვეშ ცირკულარულად განლაგებული იყო ელექტრონულად მკვრივი, მარცვლოვანი მასები სტრუქტურირებულნი ფოლიკულებად, რომელთა შუაგულში გამჭვირვალე ნივთიერებანი მოსჩანდნენ. სავარაუდოდ ფოლიკულები წარმოადგენენ მემბრანასთან შეერთებულ ფერმენტების კომპლექსებს და მათ სუბსტრატს. პეროქსისომის ცენტრალურ ნაწილს იკავებდა სხვადასხვა სიმკვრივის მქონე მოზაიკური მატრიქსი.

პეროქსისომები ითვლებიან მიტოქონდრიანდელ ორგანოებად. ისინი მონაწილეობენ ქანგვით მეტაბოლურ პროცესებში, გლუკოგენეზში, ბაქტერიული კედლის და ამინომჟავების დაშლაში, პურინების ცვლაში, აწარმოებენ ნაჭერი და უჭერი ცხიმოვანი მჟავების, სტეროიდული ჰორმონების, ქოლესტერინის, ლიპიდების აბსორბციას, ტრანსპორტირებას, სინთეზს, დაგროვებას და გადამუშავებას; მონაწილეობენ ნაღვლის მჟავების ცვლაში. პეროქსისომებში მიმდინარე მეტაბოლიზმის თავისებურებაა ის, რომ ყველა პროცესში წარმოიქმნება შუალედი პროდუქტები - თავისუფალი რადიკალები: სუპეროქსიდული და სინგლეტური ქანგბადი, წყალბადის, ქანგბადის და ჰიდროქსილის იონები და სხვ. სპონტანურად ან ფერმენტ სუპეროქსიდ-დისმუტაზის დახმარებით იქმნება წყალბადის ზეჟანგი (H_2O_2); ამ ტოქსიკური შენაერთის ინაქტივაცია ქანგბადისა და წყლის წარმოქმნით ხორციელდება ფერმენტებით - კატალაზით და პეროქსიდაზით. ფერმენტი მიელოპეროქსიდაზა H_2O_2 -დან და ჰალოგენებიდან წარმოქმნის ჰიპოქლორულ მჟავას. ამგვარად, პეროქსისომები შეიცავენ და აწოდებენ ჰიპოქსიის პირობებში ქანგბადს უჯრედს პეროქსისომები, ისევე როგორც ლიზოსომები, წარმოიქმნებიან მარცვლოვანი ენდოპლაზმური ბადის დაკვირვით იმ ადგილიდან, სადაც მათი შემადგენელი ფერმენტების სინთეზი მიმდინარეობს, ან ნებისმიერი ადგილიდან, როცა იქ დაგროვდება შესაბამისი ფერმენტები; ან ხდება ცარიელი პირველადი პეროქსისომის გამოყოფა და მისი შემდგომი ინფილტრირება ფერმენტებით [1]; ფერმენტული შემადგენლობა შესაძლებელია, აგრეთვე, შეივსოს ფერმენტმემცველი ბუშტუკებით, რომლებიც გოლჯის აპარატიდან არის სეკრეტირებული. ფერმენტული და სუბსტრატული შემადგენლობა პეროქსისომებისა და ლიზოსომებისაგან განსხვავებულია.

ლიზოფუსცინი ითვლება „დაბერების“ და „გაცვეთის“ პიგმენტად და მისი გაჩენა უჯრედების „თავისუფალ-რადიკალური დაზიანების ნიშანია“ [6]. მიიჩნევენ, აგრეთვე, რომ „ლიზოფუსცინი“ არის დროშოქმული ორგანოების დაშლილი მემბრანების ლიპიდების ნარჩენების აუტოფაგური ვაკუოლები, რომლებიც განიცდიან აუტოოქსიდაციას სხვადასხვა ლიპოპეროქსიდების და ალდეჰიდების ფორმით [7].

ასტრუკოვის და ვსეროვის მიხედვით ჰიპოქსიის პირობებში, გლიკოლიზის გაძლიერების და მიტოქონდრიებში ქანგვა-აღდგენითი პროცესების დაქვეითების შედეგად წარმოიქმნება ახალგაზრდა ლიზოფუსცინი (პროპიგმენტ გრანულა), რომელსაც გააჩნია ქანგვა-აღდგენითი ფერმენტების, მეტალოფლავოპროტეინების, ციტოქრომების და რიბოსომების ფერმენტების აქტივობა, გოლჯის აპარატთან კონტაქტში ლიზოფუსცინი ღებულობს გვიანი, ანუ მწიფე ლიზოფუსციინის მსხვილ მჟავაგამძლე გრანულების სახეს. ლიზოსომებთან შერწყმის შემდეგ ავლენს ლიზოსომულ ჰიდროლიზების აქტივობას. ლიზოფუსციინს შესწევს აუტოოქსიდაციის



და პეროქსიდაციის უნარი და იგი ჰიპოქსისის პირობებში უჯრედებს აწოდებს ენგებადს [3].

პიგმენტის მიერ ამგვარი რთული პროგრამის შესრულება შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ჰიპოთეზურად დავუშვებთ, რომ ლიპოფუსცინი არის მაღალსპეციალიზებული ორგანელა - პეროქსისომის ინვოლუციური ფორმა, რომელსაც შენარჩუნებული აქვს მათი ცილოვან-ცხიმოვანი შემადგენლობის ნაწილი და ზოგიერთი ფუნქციის შესრულების უნარი. ლიპოფუსცინი, ისევე როგორც პეროქსისომა, მონაწილეობს ჰეტერო- და აუტოფაგოციტოზში. ლიპოსომებთან შეერთება ასახავს აუტოლიზის დაწყებას, რომლის დროს გამომუშავებული და უვარგისი უჯრედშიდა ორგანელა - პეროქსისომა და ლიპოფუსცინის გრანულა თვით ხდებიან აუტოფაგოციტოზის ობიექტები. პეროქსისომებმა შეიძლება, აგრეთვე, განიცადონ ცხიმოვანი გადაგვარება და იქცნენ ცხიმშემცველ მემბრანირებულ ვაკუოლად [4].

მეორე ჰიპოთეზა ეხება იმას, რომ პეროქსისომა უნდა ჩაითვალოს იმ ორგანელად, რომელშიც იქმნება, ინახება და სამიზნე უჯრედზე იფრქვევა მაღალტოქსიკური ოქსიდანტები, წყალბადის ზეჟანგი და ჰიპოქლორის მკვახა. ეს ნივთიერებები ითვლება ფაგოციტური რიგის უჯრედების (ლეიკოციტები, მონოციტები, მაკროფაგები) და კილერული ლიმფოციტების (T-კილერები, ნატურალური კილერები) დამაზიანებელ ფაქტორებად და მოქმედებენ სხვა ცნობილ დამაზიანებელ ფაქტორებთან ერთად. ეს ხდება არაფაგოციტური ლიზისის დროს ამ უჯრედების დეგრანულაციის აქტში.

ინფორმირების თანამედროვე დონის გათვალისწინებით და ცნობილ ბიოქიმიურ-ფერმენტულ ანალიზზე დაყრდნობით ხაზი უნდა გაესვას იმ გარემოებას, რომ ფაგოციტების ციტოპლაზმაში ენდო-პინო-ციტოზით შთანთქმულ ენდო-ეგზო-გენურ მასალას, ანუ ფაგოსომას უერთდება როგორც ლიპოსომები, ისევე პეროქსისომები და ახორციელებენ ფაგოციტარულ ლიზისს. ამ ორგანელების თანაბარი მნიშვნელობის აღსანიშნავად მიზანშეწონილია ტერმინი „ფაგოსომა“ ანუ „ფაგოლიზოსომა“ შევცვალოთ ტერმინით „ფაგოლიზოპეროქსისომა“.

საადღეისოდ არის აღწერილი ე.წ. პეროქსისომიპათიები - პეროქსისომების პათოლოგიური პროცესები, რომლებიც საფუძვლად უდევს ზოგ დაავადებას [4,8-11] და ამ ორგანელების დამოუკიდებელ მნიშვნელობაზე მეტყველებენ.

მორფომეტრიული პარამეტრები შეესაბამებოდნენ გარკვეულ მორფოფუნქციურ ფენოტიპიურ ტრანსფორმაციებს, იყო გამოხატული ტენდენცია პარამეტრების ექსპონენტური ზრდისადმი, მაგრამ გადახრები აღმოჩნდა ძლიერ ინდივიდუალური და გაუთვალისწინებელი.

ვირთავების იმ ჯგუფებში, რომლებსაც განუვითარდა ანალგეზური ნეფროპათია, განპირობებული ნეიროლექტიკის და ანესტეტიკის ჰიპოქსიკური და ტოქსიკური ზემოქმედებით, იყო გამოხატული სუსტი საწყისი დაზიანება და შემდგომში გამოვლენილი ცვლილებებით ლაგდებოდა ასაკობრივი პათოგენეზის სქემაში.

ციტოსტატიკი-აქცინომიციინის შეყვანის ფონზე უჯრედოვანი და უჯრედშიდა რეგულაციის პროცესი იყო დამუხრუჭებული და ყველა დაზიანება სუსტად იყო რეპარირებული, სქარბობდა დისტროფია, ანთება, სკლეროზირება.

ციტოლოგიურმა კვლევამ იმავე მასალის ნაცხებ-ანაბეჭდებში გამოავლინა ანალოგიური ცვლილებები, მაგრამ ციტოლოგიური დეტალები მოსჩანდა უფრო უკეთ, ვიდრე ჰისტოლოგიურ ანათლებში [5]. თავისი ინფორმატიულობით ციტოდიანგოსტიკა იკავებს საშუალო ადგილს ჰისტოლოგიურ და



ულტრასტრუქტურულ დიაგნოსტიკებს შორის. ობიექტურობისა და საიმედოობის ასამაღლებლად დიაგნოსტიკა უნდა ხორციელდებოდეს ამ სამ დონეზე და ფართოდ უნდა იყოს დანერგილი კლინიკურ პრაქტიკაში.

კერისთავის სახელობის ქირურგიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *Д.С.Саркисов*. Очерки истории общей патологии, М., 1988.
2. *В.В.Серов*. Общая патология человека. Руководство для врачей, II издание, М., 1990.
3. *А.И.Струков, В.В.Серов*. Патологическая анатомия (учебник). М., 1985.
4. *Б.Албертс, Д.Грей, Дж.Льюис, М.Рефф, К.Робертс, Дж.Уотсон*. Молекулярная биология клетки, М., 1986.
5. *Ц.Я.Жгенти*. Известия АН ГССР, серия биологическая, 15, 3, 1989, 156-161.
6. *S.L.Robbins, R.S.Cotran, V.Kumar*. Pathologic Basis of Disease, IV ed., 1989.
7. *N.Woolf*. Cell Tissue and Disease. The Basis of Pathology, II ed., 1986.
8. *H.David*. Das Konzept der Organellopatien - Bestandteil einer modernen Zellulärpathologie Zentral bl Allg. Pathol, Patholog. Anat. 15-32, 136.
9. *P.Gedigk, B.Totovic*. Lysosomes and Lipopigments in "Cellular pathobiology of Human Disease". 1983, 205-221.
10. *U.N.Riede, B.Fringes, G.W.Moore*. Peroxisomes in Cellular Injury and Disease, Ibid. 139-174.
11. *B.F.Trump, I.K.Berezevsky, P.C.Phelps, R.T.Jones*. An Overview of Role of Membranes in Human Disease, Ibid. 1-48.



შპს 616.092

მასპირებინებული მედიცინა

ზ. სვანიძე, უ. ზვიადაძე, ნ. ჭაბუკიანი, ლ. სვანიძე

ადამიანის ორგანიზმზე კადმიუმის ტოქსიკური ზემოქმედებისა და ბიოლოგიურ ობიექტებში მისი განსაზღვრის ორიგინალური მეთოდის შესახებ

წარმოადგინა წევრ-კორესპონდენტმა ვ. ბახტაშვილმა 14.3.1996

სამეცნიერო ექსპერიმენტთა მონაცემების საფუძველზე დადგენილია, რომ კადმიუმი, ტყვიისა და ვერცხლისწყლის ანალოგიურად, წარმოადგენს გარემოს ერთ-ერთ ყველაზე სახიფათო გამაქუჭყიანებელს [1], რის გამოც მისი შემცველობა სასმელ-სამეურნეო და კულტურულ-საყოფაცხოვრებო მოხმარების წყლებში მკაცრად ნორმირებულია დაბალი კონცენტრაციების დონეზე-1 მკგ/ლ [2].

ადამიანისა და ცხოველის ორგანიზმზე ზემოქმედებით კადმიუმი მიეკუთვნება კუმულაციური მოქმედების ძალზე ძლიერ მომწამვლელ ნივთიერებათა რიცხვს. აქტიურებს რა ფერმენტებს, იგი არღვევს ორგანიზმში ნივთიერებათა ცვლის ნორმალურ პროცესს, იწვევს თირკმლის, ღვიძლის, კუჭნაწლავის ტრაქტის, ძვლებისა და სხვა მძიმე დაავადებებს [3]. კადმიუმი ძალზე ტოქსიკურია აგრეთვე წყლის ნიკროორგანიზმებისათვის, ის ამუხრუქებს თვითგაწმენდის პროცესებს წყალსაცავებში და მკვეთრად აქვეითებს ჩამდინარე წყლების ბიოლოგიური გაწმენდის ეფექტს.

მდინარი რაიონების ფარგლებში გავრცელებულ მიწისქვეშა და ზედაპირულ წყლებში კადმიუმის მომატებული შემცველობა შეიძლება გახდეს ისეთი სერიოზული დაავადების მიზეზი, როგორცაა „იტაი-იტაი“. ეს დაავადება აღმოჩენილი და აღწერილია იაპონელი მკვლევარების მიერ [3] და მდგომარეობს ძვლების სიმყიფის მკვეთრ ზრდაში კალციუმის კადმიუმით ჩანაცვლების ხარჯზე.

ბუნებრივ წყლებში კადმიუმის მოხვედრა ძირითადად დაკავშირებულია ქანების გამოფიტვის პროცესებთან, მათ შორის, სამრეწველო რაიონებში ატმოსფერული ნალექების ზემოქმედებასთან, აგრეთვე ჩამდინარე წყლების დაბინძურებასთან, განსაკუთრებით ისეთი საწარმოების სიახლოვეში, რომლებიც ტექნოლოგიურ ციკლში იყენებენ გალვანიზაციის პროცესს, ან რომლებშიც ამზადებენ ვერცხლ-კადმიუმიან აკუმულატორებს, პესტიციდებს, ლაქებს, საღებავებს და სხვ. კადმიუმიანი შენადნობების დამამზადებელ მეტალურგიულ საწარმოთა საქმიანობის შედეგად ატმოსფეროში ყოველწლიურად ხვდება 1 მლნ-მდე კგ. კადმიუმი. საწარმოთა ჩამდინარე წყლებში აღრიცხულია კადმიუმის კონცენტრაციის დიდი ცვალებადობა 0-დან 420 მგ/ლ-მდე [4,5]. მდინარეული ჩამონადენი ოკეანეში ყოველწლიურად ხვდება $8,1 \cdot 10^3$ ტ კადმიუმი [6]. შესაბამისად მაღალია კადმიუმის კონცენტრაციის კოეფიციენტი ზღვის ორგანიზმებში, კერძოდ, მოლუსკებში, ეს კი, თავის მხრივ ქმნის ადამიანის ორგანიზმში კადმიუმის მოხვედრის რეალურ საშიშროებას. ლიტერატურაში აღწერილია შემთხვევები კადმიუმით ინტოქსიკაციისა, რომლებიც გამოწვეული იყო დაზიანებული თევზის ან წყლის

გამოყენებით. აღნიშნულ მოვლენას ხელს უწყობს ის ფაქტიც, რომ ნახევარდაშლის საკმაოდ ხანგრძლივი (10-30 წთ) პერიოდი აქვს [3].

ადამიანის ორგანიზმში მოხვედრილი კადმიუმი, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, იწვევს შეუქცევად დაავადებებს და საერთოდ მკვეთრად უარყოფით გავლენას ახდენს, ჯანმრთელობაზე.

მრავალმა გამოკვლევამ ცხადყო, რომ ფეხმძიმობის პერიოდში აღნიშნული ელემენტის დაგროვება ორგანიზმში იწვევს სხვადასხვა ანომალიებს, მაგალითად ნაყოფის რეზორბციას, ეგზენცეფალიას, ტურჩების გახლეჩვას, ნეკნების შეზრდას, თავის ტვინის გაწყალებას, თითების განუვითარებლობას. იწვევს აგრეთვე პიელონეფრიტს, ჩონჩხის დეფორმაციას, თირკმლის ფუნქციის დაქვეითებას [3].

რიგმა ეპიდემიოლოგიურმა გამოკვლევამ გამოავლინა კავშირი კადმიუმის ზემოქმედებასა და კიბოთი დაავადების შემთხვევებს შორის. კერძოდ, დადგინდა იქნა, რომ კიბოთი გამოწვეული სიკვდილიანობა გაცილებით უფრო ხშირია კადმიუმთან შენადნობების დამამზადებელი ქარხნების მუშებს შორის [7].

აღნიშნულიდან გამომდინარე, მიზნად დავისაბეთ შეგვემუშავებინა რაციონალური მეთოდი კადმიუმის კონცენტრაციის ზუსტი განსაზღვრისა ისეთ რთულ ბიოლოგიურ სისტემებში, როგორცაა ადამიანის სისხლი და შარდი. ამოცანის გადასწყვეტად შევარჩიეთ წინასწარი კონცენტრირების სორბციული მეთოდი, ხელატწარმოქმნელი ბოჰკოვანი სორბენტის полиорг VII M -ის გამოყენებით [8]. კადმიუმის აბსოლუტური კონცენტრაციების განსაზღვრას ვახდენთ ატომურ-აბსორბციული სპექტროფოტომეტრის საშუალებით.

ანალიზის მსვლელობა: სორბენტის მომზადება: 250 გ სორბენტს შესაძლო მინარევებისაგან გასუფთავების მიზნით ვამუშავეთ 1მ HCl-ის გამოხდილ ან ძალზე სუფთა მარკის ხსნარით 20 წუთის განმავლობაში, შემდეგ სორბენტს ვრეცხავთ 3-4-ჯერ ბიდისტილატით და ვათავსებთ 0,1მ-NaOH-ის ხსნარში 30 წუთის განმავლობაში. შემდეგ სორბენტს კვლავ გავრეცხავთ ბიდისტილატით $\text{PH}-8$ მნიშვნელობამდე. სორბენტს ვიყენებთ ბოჰკოს სახით.

სინჯის მომზადება: ვიღებთ 2 მლ სისხლს ვენიდან უზმოდ. შედეგების თავიდან აცილების მიზნით ვამატებთ 0,2 მლ 5 %-იან ნატრიუმის ციტრატს, ვამატებთ ბიდისტილატს და ვავსებთ 50 მილილიტრამდე. დაგვყავს $\text{pH} \sim 7$ მნიშვნელობამდე.

სორბცია: წინასწარ მომზადებულ სინჯს ვამატებთ 250 გ სორბენტს და მაგნიტური სარეველათი ვურევთ 30 წუთის განმავლობაში ოთახის ტემპერატურაზე. შემდეგ სორბენტს ამოვიღებთ მინის წკირით, გავრეცხავთ ბიდისტილატით 3-4 - ჯერ და გავწურავთ მინის წკირითვე.

დესორბცია: ელემენტით დატვირთულ სორბენტს ვამატებთ 1მ 5 მლ HNO_3 -ს და ვტოვებთ 20 წუთის განმავლობაში, შემდეგ კი სორბენტს ამოვიღებთ.

განსაზღვრა: ელიუატში კადმიუმს ვსაზღვრავთ ატომურ-აბსორბციული მეთოდით [9], რომლის ოპტიმალური პირობები მოცემულია 1-ლ ცხრილში.

უქმი ცდა: ვინაიდან გამოყენებული რეაქტივებისა და სორბენტის სისუფთავის წაყენებული აქვს გაზრდილი მოთხოვნები, ამიტომ ტარდება უქმი ცდა. გასუფთავებულ 25 მგ სორბენტს ვამატებთ 50 მლ ბიდისტილატს, რომელშიც დამატებულია 0,2 მლ ლიმონმჟავა ნატრიუმი. ცდის მსვლელობა მიდის ისე, როგორც მეთოდშია მითითებული.

კადმიუმის აბსორბციული განსაზღვრის ოპტიმალური პირობები

პარამეტრები	კადმიუმი
ტალღის სიგრძე, ნმ	228,8
ალი	აცეტილენ-ჰაერი
მოდრაეი ლენტის სიჩქარე, მმ/წთ	240

ანალიზური სიგნალი რეგისტრირებულია КСП-4 მარკის თვითმწერზე.

სინჯის მომზადება შარდში: ვილებით 100 მლ შარდს და HCl -ის ან NaOH -ის საშუალებით დაგვყავს pH ~ 7 მნიშვნელობამდე.

სორბცია: წინასწარ მომზადებულ სინჯს ვამატებთ 50 მგ სორბენტს. ცდის შემდგომი მსვლელობა ისეთივეა, როგორც სისხლის შემთხვევაში.

დამუშავებული მეთოდის სისწორე შემოწმებულია დამატების მეთოდით [10].

აღწერილი მეთოდი გამოიყენეთ ჭანმრთელი და დაავადებული ბავშვების სისხლსა და შარდში კადმიუმის განსაზღვრისათვის. ანალიზის რიცხობრივი მონაცემები მოცემულია 2 ცხრილში.

ცხრილი 2

კადმიუმის შემცველობა სისხლსა და შარდში n = 5

სინჯის ტიპი	კადმიუმის შემცველობა, მკგ/მლ	Sr
სისხლი	-	
სისხლი	-	
სისხლი	0,004	0,05
სისხლი	-	
სისხლი	0,009	0,02
სისხლი	0,01	0,06
სისხლი	0,02	0,08
სისხლი	0,006	0,025
სისხლი	-	
სისხლი	0,009	0,02
შარდი	-	
შარდი	-	
შარდი	-	
შარდი	-	
შარდი	-	
შარდი	-	
შარდი	-	
შარდი	-	
შარდი	-	
შარდი	-	
შარდი	-	
შარდი	-	

აღნიშნული მაჩვენებლების შეფასება სამედიცინო თვალსაზრისით არ შეადგენს ჩვენს კომპეტენციას, მაგრამ ზოგადად საყურადღებოა ის გარემოება, რომ კადმიუმი არ აღმოჩნდა შარდის არც ერთ ნიმუშში, მაშინ როდესაც სისხლში ის გვხვდება

უმეტეს შემთხვევაში. ამასთან დადგინდა, რომ კადმიუმის შედარებით მაღალი კონცენტრაციები გვაქვს პიელონეფრიტით დაავადებული ბავშვების სისხლში, რაც თვალნათლივ ადასტურებს ამ ელემენტის კუმულაციურ მიდრეკილებას და მის მავნე, ტოქსიკურ გავლენას ადამიანის ორგანიზმზე.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *R.E.Munn*. Global Environmental Monitoring System SCOPE Toronto 3, 1973, 21-31.
2. В.К.Н. Предельно допустимые концентрации (П Д К) и ориентиро-вочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. М.1963, 61.
3. Г.В.Мур, С.Рамамурты. Тяжелые металлы в природных водах. М.1987.
4. *Р.Р.Брукс*. Загрязнение микроэлементами. Химия окружающей среды. М.1983.
5. *Я.М.Груцко*. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах. Л.,1979.
6. *В.В. Гордеев*. Речной сток в океан и черты его геохимии. М.1983.
7. *T.L. Kjellstrom, Eribeng, and B.Rahnster*. 1979. Environmental Health Perspectives. 28.1979,199-204.
8. *Г.В. Мясоедова, Н.И.Щербинина, З.С.Сванидзе*. Ж.Анал. хим. 41.,3,1986,472.
9. *И.Х.Хавезов, Д.Цалев*, Атомно-абсорбционный анализ. Л.1983.
10. *Н.Н. Басаргин, З.С.Сванидзе; Ю.Г.Розовский*. Зав. лаб. 59,2,1993, 8-9.

მ.ბუცხრიკიძე

ფიქსირებული მახვილის ადგილის განსაზღვრელი
მორფოლოგიური ფაქტორები

წარმოადგინა აკადემიკოსმა თ.გამყრელიძემ 8.04.1996

სიტყვათმახვილის გავრცელებისა და მოქმედების არეალი მთელი სიტყვაა და მისი კულმინაციური ბუნებიდან გამომდინარე, მთავარი მახვილის არსებობა სიტყვის ერთ მარცვალზე გულისხმობს მის არარსებობას დანარჩენ მარცვლებზე [1]. განასხვავებენ ფიქსირებულ და თავისუფალ მახვილს. ტრადიციული განსაზღვრების თანახმად, ფიქსირებულია მახვილი¹, თუ მისი ადგილი სიტყვაში შემოსაზღვრულია ერთი გარკვეული მარცვლით [2,3], მაგ., პოლონურში ფიქსირებული მახვილი თითქმის ყოველთვის ბოლოდან მეორე მარცვალზეა², ფრანგულში, თურქულში, სპარსულში - ბოლო მარცვალზე. თავისუფალმახვილიან ენაში მახვილი შეიძლება სიტყვის სხვადასხვა მარცვალზე მოდიოდეს, შესაბამისად მახვილის ადგილის ცვლილებისა, იცვლება სიტყვის სემანტიკური მნიშვნელობა, ან გრამატიკული. რუსულში ორი სიტყვა *мука* „ტანჯვა“ და *мука* „ფქვილი“ ერთმანეთისაგან განსხვავდება მხოლოდ მახვილის ადგილით. პირველ სიტყვაში მახვილი სიტყვის პირველ მარცვალზეა, მეორეში - მეორეზე [4]. ამგვარ ენებს ლექსიკური მახვილის მქონე ენებსაც უწოდებენ³.

ფიქსირებულ მახვილს აქვს დემარკაციული ფუნქცია [5]. ეს იმას ნიშნავს, რომ მახვილი მიანიშნებს სიტყვის საზღვარზე. მიგვაჩნია, რომ ფიქსირებული მახვილის, როგორც სიტყვის სასაზღვრო ნიშნის ფუნქცია ყველაზე მნიშვნელოვანი ფაქტორია მისი კავშირისა სიტყვის სხვა სასაზღვრო ნიშნებთან და ეს დემარკაციული ფუნქცია განაპირობებს მახვილის ადგილის განსაზღვრას სიტყვაში.

სიტყვის დელიმიტაცია გამონათქვამში მიიღწევა სხვადასხვა ლინგვისტურ დონეებზე (ფონოლოგიურზე, მორფოლოგიურზე, სინტაქსურზე) არსებული სიტყვის სასაზღვრო ნიშნებით [6]. შეიძლება არსებობდეს გარკვეული კორელაცია ან თუნდაც მოიძებნოს იერარქია იმ ლინგვისტურ ერთეულებს შორის, რომლებსაც აქვთ ერთნაირი ფუნქციური დატვირთვა, ამ შემთხვევაში არის სასაზღვრო ნიშნები. უნდა აღინიშნოს, რომ აქ საჭიროა სიფრთხილე, რადგანაც კონკრეტულ ენაში მეტი

¹ ფიქსირებული მახვილის სხვაგვარი განსაზღვრა აქვს ჰუსტის (1995). ენა, სადაც მახვილის ადგილის განსაზღვრა გარკვეულ წესს ექვემდებარება, ანდა მარცვლის სიმძიმე ასრულებს მნიშვნელოვან როლს, იწოდება ფიქსირებულმახვილიან ენად. ჰუსტის თანახმად თავისუფალი მახვილი არ არსებობს არცერთ რეალურ ენაში.

² პოლონურში, ჩვეულებრივ, მახვილი ფიქსირებულია ბოლოდან მეორე მარცვალზე, მაგრამ ამასთანავე არსებობს სიტყვები, რომლებშიც მახვილი მოდის ბოლოდან შესამე მარცვალზე (მაგ. *universitet „უნივერსიტეტი“*) ან ბოლოზე (მაგ. *rezim „რეჟიმი“*).

³ ლექსიკური მნიშვნელობა განსაკუთრებულ როლს ასრულებს არა მარტო ლექსიკური მახვილის მქონე ენებში (თავისუფალმახვილიან ენებში), არამედ, როგორც გამოკვლევა აჩვენებს, იგი მნიშვნელოვანი ფაქტორია ფიქსირებული მახვილის ადგილის განსაზღვრისათვის.



პრივილეგია შეიძლება ჰქონდეს სეგმენტურ სასაზღვრო ნიშნებს, სხვაში კი - სუპრასეგმენტურს⁴ [7]. კავშირი სიტყვის სეგმენტურ და სუპრასეგმენტურ ნიშნებს შორის გამოვიკვლიეთ ფიქსირებულმახვილიან ენებში. გამოვლინდა კავშირი ფიქსირებული მახვილის ადგილსა და აუსლაუტში დაყრუებას შორის [8], ფიქსირებული მახვილის ადგილსა და სიტყვაში თანხმოვანთ კომპლექსების განაწილებას შორის. საზოგადოდ, მახვილის ადგილის განსაზღვრისას მეტი ყურადღება ეთმობოდა მარცვლის ცნებას. მარცვლის სიმძიმე, მარცვლის დახურულობა და ა.შ. არის ის ცნებები, რომლებიც განაპირობებენ მახვილის ადგილის წინასწარმეტყველებას სიტყვაში [9-11;1]. მოდელი მორფოლოგია-ფონოლოგიის სახელით [12,13] გვთავაზობს მორფოლოგიურ ფაქტორთა სისტემას, რათა განვასხვაოთ მახვილის ადგილი სიტყვაში. როგორც გამოკვლევამ აჩვენა, სიტყვაში მახვილის ადგილი უკავშირდება: 1. სიტყვათა კლასს, 2. სხვადასხვა სახის აფიქსებს (გასათვალისწინებელია განსხვავება ფლექსიურ და დერივაციულ აფიქსებს შორის) და 3. სიტყვის კომპოზიციას (რთული შედგენილობისაა სიტყვა თუ მარტივი). ლ.ჰაიმანი აღნიშნავს, რომ მახვილის ადგილის განმსაზღვრელი ყველაზე თვალსაჩინო გრამატიკული ფაქტორი არის სიტყვის საზღვარი. იგი შენიშნავს, რომ სიტყვის საზღვარი სხვადასხვაგვარია სხვადასხვა ენაში, მაგრამ აღარ მიდის შორს, რომ ახსნას რატომ იცვლება იგი და შესაბამისად, რატომ იცვლება მახვილის ადგილიც. რატომ არის მახვილი თურქულში, ფრანგულში სიტყვის ბოლო მარცვალზე, ხოლო ფინურში - პირველზე? შევეცდებით პასუხი გავცეთ დასმულ კითხვას, მაგრამ მანამდე მიზანშეწონილად მიგვაჩნია, ზოგადად, სიტყვის მორფოლოგიური სტრუქტურისა და მახვილის (იგ. ტიპი⁶ და ადგილი) კავშირზე საუბარი.

შეგახსენებთ ორ ასპექტს, რომლებიც საფუძვლად დაედო ე.სეპირის ენათა მორფოლოგიურ კლასიფიკაციას: 1. სინთეზირების ხარისხი და 2. ფუზიის ხარისხი. პირველი გულისხმობს სიტყვაში მორფემათა რაოდენობას. ამ ნიშნით ენები იყოფიან: ანალიზურ, სინთეზურ და პოლისინთეზურ ენებად. მეორე გულისხმობს სიტყვაში მორფემათა შეერთების ტექნიკას. ამ ნიშნით ენები იყოფიან: იზოლირებულ, აგლუტინაციურ, სიმბოლურ და ფუზიურ ენებად [14]. ეს კლასიფიკაცია არ არის მკაცრი, რადგანაც არ არსებობს წმინდა ფუზიური ან სიმბოლური ენა. მიუხედავად ამისა, სეპირის ორი ასპექტი მიგვაჩნია კარგ საორიენტაციო პუნქტად.

შესწავლილ იქნა კავშირი მახვილის ტიპსა და სიტყვაში მორფემათა შეერთების ტექნიკას შორის [15,16]. როგორც გამოკვლევამ აჩვენა, არსებობს კავშირი ფიქსირებულ მახვილსა და აგლუტინაციის შორის და თავისუფლად მახვილსა და ფუზიის შორის. ამ მიმართებების შესამოწმებლად გამოვიყენეთ გრინბერგისა და ქაუგილის მიერ გამოთვლილი აგლუტინაციის ინდექსი 10 ენისათვის. აგლუტინაციის ინდექსი განისაზღვრება როგორც გარკვეული მოცულობის ტექსტში დადასტურებული აგლუტინაციური კონსტრუქციების შეფარდება სიტყვებში მორფემების შესაყართა რაოდენობასთან. გრინბერგისა და ქაუგილის მიერ შესწავლილი იყო შემდეგი ენები: სანსკრიტი - 0.09, ძვ. ბერძნული - 0.10, ანგლო-

⁴ როგორც მაკაევის (1965) მიერ ძველი ხელნაწერების გამოკვლევამ აჩვენა, მეტი სეგმენტური სიტყვის სასაზღვრო ნიშანი გულისხმობს ნაკლებ სუპრასეგმენტურ სასაზღვრო ნიშანს და პირიქით.
⁵ თანხმოვანთკომპლექსში იგულისხმება არა სონორის შემცველი თანხმოვანთთანწყერა. წაკითხულია მოხსენებლად ახალგაზრდა მეცნიერ-თანამშრომელთა კონფერენციაზე საქ. მეცნ. აკად. აღმოსავლეთ-მცოდნეობის ინსტიტუტში.
⁶ მახვილის ტიპში ვგულისხმობთ თავისუფალ ან ფიქსირებულ მახვილს.



საქსონური - 0.11, გოთური - 0.19, საეკლ. სლავური - 0.20, ძვ.სპარსული - 0.20, თან. ინგლისური - 0.30, თან. სპარსული - 0.40, იაკუტური - 0.51, სუაჰილი - 0.52 [17, 18]. აღმოჩნდა, რომ მაღალი აგლუტინაციის ინდექსის მქონე ენებში არის ფიქსირებული მახვილი (თან. სპარსული, იაკუტური, სუაჰილი), დაბალი აგლუტინაციის მაჩვენებლის მქონე ენებში - თავისუფალი მახვილი⁷. აგლუტინაციური ტექნიკა გულისხმობს მორფმათა ფონეტიკური დამოუკიდებლობის შენარჩუნებას, ამიტომაც აგლუტინაციურ ენებში ფიქსირებული მახვილის არსებობა ბუნებრივად მიგვაჩნია. ფიქსირებული მახვილი თავისუფალი მახვილისგან განსხვავებით ნაკლებ ფონეტიკურ ცვლილებებს იწვევს, ამიტომაც ეს უკანასკნელი უკავშირდება ფუზიურ ტექნიკას.

რადგანაც არ ვთვლით თავს კომპეტენტურად, ამ კორელაციის მართებულობაზე აღარ გავაგრძელებთ საუბარს და პირდაპირ გადავალთ ჩვენი სტატიის ძირითად საკითხზე, რომელიც დაკავშირებულია სეპირის მეორე ასპექტთან, სინთეზირების ხარისხთან. ენები სიტყვის მორფოლოგიური სტრუქტურის მიხედვით შეიძლება დაიყოს: 1. ენებად, სადაც სიტყვა წარმოდგენილია ფუძე+აფიქსის სახით და 2. ენებად, სადაც სიტყვა მატერიალურად ემთხვევა ლექსიკურ მორფემას (ფუძეს). ენებისათვის, რომლებშიც არის ფიქსირებული მახვილი ამ განსხვავებას (იგულისხმება ორი ტიპის სიტყვის მორფოლოგიური სტრუქტურა) შეიძლება დიდი მნიშვნელობა ჰქონდეს ფიქსირებული მახვილის ადგილის განსაზღვრისათვის. რადგანაც ფიქსირებული მახვილი სიტყვის ერთი და იმავე მარცვალზე მოდის, ის უნდა იყოს ლექსიკურ მორფემაზე, ანუ სიტყვის ყველაზე ინფორმაციულად დატვირთულ ნაწილზე. ამგვარად, ენებს, რომლებსაც ახასიათებთ სიტყვის ფუძე+აფიქსი სტრუქტურა, ფიქსირებული მახვილი არ ექნებათ სიტყვის ბოლო მარცვალზე. ფიქსირებული მახვილი ამგვარ ენებში იქნება სიტყვის პირველ (ქართული, ჩეხური, ვინური და ა.შ.), სიტყვის ბოლოდან მეორე (პოლონური) მარცვალზე, ან მახვილის ადგილი შემოსაზღვრული იქნება სიტყვის ბოლოდან მეორე და მესამე მარცვლებით (სანსკრიტი ძვ. სპარსული⁸) ფიქსირებულმახვილიან ენაში, სადაც სიტყვა მატერიალურად ემთხვევა ფუძეს, ფიქსირებული მახვილი იქნება სიტყვის ბოლო მარცვალზე, ე.ი. ფუძეზე. როგორც ცნობილია სიტყვის ბოლო ყველაზე მეტად ექვემდებარება ფონეტიკურ ცვლილებებს. მახვილი ამ შემთხვევაში ასრულებს სიტყვის სასაზღვრო ნიშნის ფუნქციას, ხელს უშლის სიტყვის აბსოლუტურ ბოლოში ფონეტიკურ ცვლილებებს და ამით უზრუნველყოფს სემანტიკური ორაზროვნების, ანდა უარეს შემთხვევაში, ბუნდოვანების აცილებას.

შემოთავაზებული მიმართულებები: 1. ფუძე+აფიქსისა და სიტყვის არა ბოლო მარცვალზე ფიქსირებულ მახვილს შორის და 2. ფუძესა და სიტყვის ბოლო მარცვალზე ფიქსირებულ მახვილს შორის, შევამოწმეთ 44 ენის 11 ენობრივი ჯგუფის მასალაზე. ენები დაყოფილია ორ ჯგუფად: 1. ენებად, სადაც სიტყვის სტრუქტურაა ფუძე+აფიქსი და ფიქსირებული მახვილი არ არის სიტყვის ბოლო მარცვალზე, 2. ენებად, სადაც სიტყვა ემთხვევა ფუძეს და ფიქსირებული მახვილი არის სიტყვის ბოლო მარცვალზე.

⁷ შემდგომში სანსკრიტი მოყვანილია ფიქსირებულმახვილიანი ენის ნიმუშად მახვილი არასოდეს არ სცილდება ფუძის საზღვრებს (არ მოდის ბოლო მარცვალზე).

⁸ სიტყვა არის მნიშვნელობის მქონე თავისუფალი ენობრივი ერთეული [22].

⁹ აფიქსებში იგულისხმება სახელობითი ბრუნვის ნიშანი, სქესის მაჩვენებელი და ა.შ.

¹⁰ ძველ ინდოევროპულ ენებში მახვილის ადგილი შემოსაზღვრულია ბოლოდან მეორე და მესამე მარცვლებით, იმის მიხედვით გრძელია თუ მოკლე ბოლოდან მეორე მარცვალი.



ტიპი 1: ქართველური (ქართული, მეგრული, ლაზური), გერმანიკული (იდიში, გერმანული, ისლანდიური), ენისეის (კეტური), ფინურ-ბალტიკური (ფინური, ესტონური, კარელიური, ლივური), ფინურ-უნგრული (საამური), სლავური (პოლონური, ჩეხური), ინდური (სანსკრიტი), ირანული (სპარსული).

ტიპი 2: ირანული (სპარსული, ბელუჯური, ტაჯიკური, ქურთული, იაზგულამური, იშკაშიმური), ლეზგიური (ლეზგიური), ტუნგუს-მანჯურიული (ნანაური, იტელმენური, ოროჩული), ინდოევროპული (გრაბარი, თან. სომხური), თურქული (თურქული, ყარაიმიული, თურქმენული, უზბეკური, გაგაუზური, ყუმუზური, ტუვინური, ხაკასური), ფინურ-უნგრული (უდმურტული), რომანული (ფრანგული).

ცნობილია, რომ ტიპოლოგიური მიღწევები ხშირად გამოიყენება ენის ისტორიული ცვალებადობის ახსნისათვის. მიმართებებმა სიტყვის მორფოლოგიურ სტრუქტურასა და ფიქსირებული მახვილის ადგილის შესახებ შეიძლება ახსნას ის ცვლილებები, რომლებიც მოხდა სპარსული ენის განვითარების შედეგად. ძველ სპარსულში სიტყვა წარმოდგენილი იყო ფუძე+სახელობითი ბრუნვის ნიშნის სახით და მახვილი მოდიოდა სიტყვის ბოლოდან მეორე ან მესამე მარცვალზე. სახელობითი ნიშნის მოშლამ, სავარაუდოა, გამოიწვია მახვილის გადმოწევა და საბოლოოდ ფიქსირება სიტყვის ბოლო მარცვალზე. თანამედროვე სპარსულში სიტყვა წარმოდგენილია ფუძის სახით და ფიქსირებული მახვილი მოდის სიტყვის ბოლო მარცვალზე.

შემოთავაზებული მიმართებები სიტყვის მორფოლოგიურ სტრუქტურასა და ფიქსირებული მახვილის ადგილს შორის შეიძლება გარკვეულ მიმართებაში იყოს „თავის“ ცნებასთანაც. „თავის“ ცნება ცენტრალურია ენის სინტაქსური, მორფოლოგიური და ფონოლოგიური სტრუქტურებისათვის [19-21]. ჰულსტი გარკვეულ იდენტიფიკაციასაც კი ახდენს თავის ცნებასა და მახვილს შორის, გამოდის რა მახვილის კულმინაციური ბუნებიდან, აღნიშნავს, რომ თავი სტრუქტურაში მხოლოდ ერთ ადგილას შეიძლება იყოს, ისევე როგორც ძირითადი მახვილი მხოლოდ ერთ მარცვალზე შეიძლება მოდიოდეს სიტყვაში. ჰ.ჰულსტი აღნიშნავს ასევე, რომ მსგავსია მახვილის დემარკაციული ფუნქცია და თავის ნიშან-თვისება შემადგენლის საზღვრებთან განლაგებისა. ენათმეცნიერულ ლიტერატურაში „თავის“ ცნება გარკვეულად აბსტრაქტულია და მოითხოვს დაკონკრეტებას, მარტივ კონცეპტამდე დაყვანას. ჩვენს შემთხვევაში, შეიძლება ითქვას, რომ ფიქსირებულმა მახვილიან ენებში, თავი შეიძლება იყოს ფუძე, ლექსიკური მორფემა, რადგანაც სწორედ ფუძის განლაგება სიტყვაში, განსაზღვრავს ფიქსირებული მახვილის ადგილს.

თუ დავუბრუნდებით ზემოთ დასმულ კითხვას, რატომ არის ფრანგულში მახვილი სიტყვის ბოლო მარცვალზე, ფინურში - პირველზე, შეიძლება ვუპასუხოთ, რომ ეს განსხვავება გამოწვეულია ამ ენებში სიტყვის სხვადასხვა მორფოლოგიური სტრუქტურით. ფრანგულში სიტყვა წარმოდგენილია ფუძის სახით და შესაბამისად მახვილი სიტყვის ბოლო მარცვალზეა, ხოლო ფინურში სიტყვა წარმოდგენილია ფუძე+ფიქსის სახით და შესაბამისად, მახვილი არ არის სიტყვის ბოლო მარცვალზე (მოდის პირველ მარცვალზე).

ამგვარად, ფიქსირებულმა მახვილიანი ენებისათვის: შეიძლება ჩამოყალიბდეს ორი ჰიპოთეზა:

ჰიპოთეზა 1. ენაში, სადაც სიტყვა წარმოდგენილია ფუძე+ფიქსის სახით, მახვილი არ იქნება სიტყვის ბოლო მარცვალზე.

ჰიპოთეზა 2. ენაში, სადაც სიტყვა მატერიალურად ემთხვევა ფუძეს, მახვილი იქნება სიტყვის ბოლო მარცვალზე.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის
გ.წერეთლის სახ. აღმოსავლეთმცოდნეობის
ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *H. van der Hulst*. Word Prosodic Systems in the Languages of Europe, Berlin, 1993.
2. *I. Lehiste*. Suprasegmentals. Cambridge, 1970.
3. *L. Hyman*. Phonology, 1975.
4. *Н.С. Трубецкой*. Основы фонологии, 1960.
5. *А. Мартине*. Принцип экономии в фонетических изменениях, М., 1960.
6. *Н.А. Матвеева*. Система и уровни языка, М., 1969.
7. *Е. Макаев*. Язык древнейших рунических надписей, М., 1965.
8. *M. Butskhrikidze*. Bull. Georg. Acad. Sci, 149, 3, 1994, 534-536.
9. *D. Osiek*. Syllables and Segments. 1978.
10. *V. Dibo*. Proc. XII th. ICPHS, 2, Tallin, 1987.
11. *B. Hayes*. A Metrical Theory of Stress, Chicago, 1995.
12. *G. Booij*. Phono-Morphology Studies in the Interaction of Phonology and Morphology, 1985.
13. *T. Borowsky*. On the Word Level, 1992, 199-234.
14. *E. Sapir*. Language, Hurcourt, 1921.
15. *Б. Серебряников*. Морфологическая типология и проблемы классификации языков, М., 1965.
16. *Л. Зубкова*. В.Я., N 3, М., 1991.
17. *Д.Ж. Гринберг*. Новое в лингвистике, N 3, М., 1965.
18. *W. Gowill*. Universals of Language. New York, 1961.
19. *J. Anderson, C. Even*. Principles of Dependence Phonology, Cambridge, 1987
20. *M. Halle, J.R. Vergnaud*. An Assay on Stress, Cambridge, 1987.
21. *E. Dresher, N. van der Hulst*. Working Papers in Linguistics, 1995, 1-18.
22. *L. Bloomfield*. Language, Chicago, 1960.



თ.ბოლქვაძე, მ.უკლება

ქიმიის განმარტება დავით ბაგრატიონის მიხედვით

წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ. ცინცაძემ 13.19.1996

ქიმიის არსი და დანიშნულება ძველ სახელმძღვანელოებში, პირველ რიგში, თვით ქიმიის განსაზღვრაში იყო დეკლარირებული. აქედან გამომდინარე, ყოველი ასეთი განსაზღვრა ქიმიის ისტორიის მკვლევართათვის გარკვეულ გასაღებს წარმოადგენს ამგვარი სახელმძღვანელოების ავტორიანობის დასადგენად და შესაფასებლად. ამ თვალსაზრისით გარკვეულ ინტერესს იწვევს დავით ბატონიშვილის (1766-1819) „შემოკლებული ფისიკა“ (1817-1818), რომელიც ფიზიკასთან ერთად ქიმიის სრულ კურსს მოიცავს [1].

სახელმძღვანელოში ეს განსაზღვრა ორ ვარიანტადაა წარმოდგენილი. აქედან პირველი, ავტორისეული კომენტარის სახით, დართული აქვს ნივთიერების დაშლისადმი მიძღვნილ პარაგრაფს (§12 - „განწვავლებისათვის ნივთთასა“), ხოლო მეორე, ქიმიური პარაგრაფების შესავლის (§ 95 - „ქიმიისათვის“) ძირითად ტექსტშია მოყვანილი ([1,] გვ.50, 114).

აღნიშნული ვარიანტების განხილვა მიზანშეწონილი იქნება მეორით - § 95-ის ძირითად ტექსტში წარმოდგენილი განსაზღვრით დავიწყოთ. ეს განსაზღვრა შემდეგნაირად არის ფორმულირებული: „ქიმია არს ხელოვნება, რომლისა ძალით ვპოებთ ყოველსა თვისებასა ყოველთა სხეულთასა, განყოფილებათა განსხვავებითა და განცალკევებითა ურთიერთისაგან და ვსცნობთ ნივთთა მათ, რომელთაგანცა შედგმულ არს სხეული“.

წარმოდგენილ ტექსტში წინასწარ დაზუსტებას მოითხოვს ორი ტერმინი („ხელოვნება“ და „განყოფილება“), რომელთა ქეშმარიტი მნიშვნელობის დადგენის შემდეგ ძნელი არ იქნება განსაზღვრის თანამედროვე ენით გადმოცემა.

XVIII ს. მიწურულამდე ქიმია ხელოვნებად ითვლებოდა და მხოლოდ „ქიმიური რეველუციის“ შემდეგ ცოდნის ეს დარგი მეცნიერებად ჩამოყალიბდა. სიტყვა „ხელოვნებას“ დავით ბატონიშვილი ფიზიკის მიმართაც ხმარობს (§ 1 „ფისიკა არის ხელოვნება გინა სწავლა“)... ([1,] გვ.41). მისი უმცროსი თანამედროვის ნ.ჩუბინაშვილის (1790-1847 წწ.) „ქართულ ლექსიკონშიც“ „ხელოვნების“ რუსულ შესატყვისად „Искусство“-თან ერთად „наука“-ც არის დასახელებული ([2,] გვ. 446). ასე რომ, განსაზღვრისეული „ხელოვნება“ უდავოდ მეცნიერებას უნდა გულისხმობდეს.

სიტყვა „განყოფილებას“ დავითი ხშირად ხმარობს თავის ფილოსოფიურ თხზულებაში „კატილორია შემოკლებული“ ერთ-ერთი ლოგიკური ტერმინის აღსანიშნავად [3]. აქ ის ცალსახად „არსებითი ნიშნის“ ცნებას გამოხატავს და ცხადია, „შემოკლებულ ფისიკაშიც“ ამავე მნიშვნელობითაა გამოყენებული.

ტერმინების დაზუსტების შემდეგ დავითის განსაზღვრა დაახლოებით ასე შეიძლება გადმოცეთ: ქიმია არის მეცნიერება, რომლის მეშვეობითაც მოვიპოვებთ ყოველი ნივთიერების თვისებების შესახებ ცნობებს, მათი არსებითი ნიშნების ერთმანეთისაგან განსხვავებითა და განცალკევებით და დავადგენთ იმ ნივთიერებებს, რომელთაგანაც შედგება ნაერთი („სხეული“).

ეს განსაზღვრა საკმაოდ სრულად გამოხატავს იმ ამოცანებს, რომელიც დავითის თანადროული ქიმიის წინაშე იყო დასმული. ისევე როგორც დღევანდელი ქიმიის განსაზღვრაში, აქაც ნივთიერების თვისებების შესწავლა პირველ პლანზე არის წამოწეული. ამ თვისებების, არსებითი ნიშნების, განსხვავებისა და განცალკევების მოთხოვნა კი აშკარად თეორიული კვლევების პრობლემატიკას განეკუთვნება, რაც სწორედ მეცნიერული ქიმიისათვის არის დამახასიათებელი.

ცხადია, რომ მთლიანობაში ქიმიის ეს განსაზღვრა არ მოიცავს ყველა იმ ძირითად პრობლემას, რომლებიც ახალი ქიმიის წინაშე იყო დასმული, მაგრამ თუ გავითვალისწინებთ, რომ ის არაპროფესიონალი ქიმიკოსის მიერ არის ფორმირებული და თანაც ახალი ქიმიის ფაქტობრივად საწყის ეტაპზე, განსაზღვრა უდავოდ მაღალ შეფასებას იმსახურებს.

ქიმიის განსაზღვრის მეორე ვარიანტი, როგორც აღვნიშნეთ, სახელმძღვანელოს § 12-ის კომენტარის სახით არის წარმოდგენილი. „ზიმიკა ანუ ქიმია ეწოდების მუშავობასა ცეცხლითა, თეზაფითა, სხვადასხვა სიმკავეთა გამოხდასა, განწვალებასა და განყოფასა და განრწყმასა და არაყთა გამოხდასა“ ([1,] გვ. 50).

ჩვენთვის საინტერესო მეორე კომენტარი შესამჩნევად განსხვავდება §95-ის განსაზღვრისაგან. აქ აშკარად არ არის დაცული წიგნიერი გადმოცემისათვის დამახასიათებელი მკაცრი და თანამიმდევრული სტილი. თვალში საცემია ის გარემოება, რომ განსაზღვრაში ჩამოთვლილი მახასიათებლები თავისი მნიშვნელობის თვალსაზრისით მკვეთრად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან და ფაქტობრივად აქ ზოგადი და კერძო საკითხების თავისებურ მონაცვლეობასთან გვაქვს საქმე. მიუხედავად ამისა, ეს განსაზღვრაც ძალზედ საინტერესო ინფორმაციებს შეიცავს.

განსაზღვრის პირველ ფრაზაში, რომელიც ქიმიას უკავშირებს „მუშავობასა ცეცხლითა, თეზაფითა“, იგულისხმება მშრალი და სველი მეთოდები, როდესაც ნაერთზე შესაბამისად სითბოთი და თხევადი ქიმიური გამხსნელების საშუალებით მოქმედებენ. „თეზაფი“, რომელსაც დავით ბაგრატიონი სახელმძღვანელოში აზოტმკავისა და ზოგჯერ სამეფო არაყის მნიშვნელობით ხმარობს, ამგერად საერთოდ „თხევადი გამხსნელის“ ცნებას გამოხატავს. სხვადასხვა მკავეების დამატებით ამა თუ იმ ნაერთების გამოხდა, ისევე, როგორც „არყების“ სახელწოდებით წარმოდგენილი დისტილატების მიღება, პრაქტიკული ქიმიის (ტექნოქიმიის) ერთ-ერთ ყველაზე გავრცელებულ მიმართულებას წარმოადგენდა. რაც შეეხება „განწვალებასა და გაყოფასა და განრწყმას“, ესეც პრაქტიკული თვალთახედვით არის წარმოდგენილი, ვინაიდან აქ ნაგულისხმები დაშლის, დაყოფის და დაცილების ოპერაციები გამოყენებითი ტენდენციის ფონზე არის დასახელებული.

განსაზღვრის ეს მკვეთრად გამოხატული პრაქტიკული მიმართულება და თვით ფორმულირების ზეპირსიტყვიერი ხასიათი მოულოდნელი არ უნდა იყოს, თუ გავითვალისწინებთ ზოგიერთ გარემოებას, რომლებმაც განსაპირობეს განსაზღვრის ეს თავისებურებები. ჯერ ერთი, განსაზღვრა დაიწერა ფაქტობრივად სახელმძღვანელოს დასაწყისში და თანაც ფიზიკისადმი განკუთვნილ ნაწილში. ქართველი მკითხველისათვის (რომლის მომზადების დონეც დავითისათვის ცნობილი იყო) უდავოდ ძნელი იქნებოდა ამ ეტაპზე ახალი ცნების შეთვისება იმ შინაარსით, როგორც ეს შემდეგ § 95-ში იყო გადმოცემული. ამიტომაც, ავტორი ამ მონაცემებით შემოიფარგლა, რომელიც ცნობილი იყო ყოველდღიური ცხოვრებიდან და საბოლოო ჯამში მკითხველს პრაქტიკული ქიმიის განსაზღვრა მიაწოდა.

დავითისეული ორივე განსაზღვრა, ყველა გარემოების გათვალისწინებით უდავოდ მაღალ შეფასებას იმსახურებს, მითუმეტეს, რომ ძველ ქართულ მეცნიერულ ლიტერატურაში მათ ანალოგი არ მოეპოვებათ.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
რ.აგლაძის სახ. არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის
ინსტიტუტი

საქართველოს ტექნიკური
უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. დ.პარკაძე. დავით ბაგრატიონი და მისი „შემოკლებული ფიზიკა“, თბილისი., 1954.
2. ნ.ჩუბინაშვილი. ქართული ლექსიკონი, თბილისი, 1961.
3. კ.კეკელიძის სახ. ხელნაწერთა ინსტიტუტში დაცული S ფონდის ხელნაწერი № 58 , ფფ. 124კ - 151რ.

INDEX 76181