

S29
1997/2

ISSN—0132—1447



საქართველოს
მეცნიერებათა აკადემიის

მონაგბე

BULLETIN

OF THE GEORGIAN ACADEMY
OF SCIENCES

155

№ 2

1997

თბილისი • TBILISI

ჟურნალი დაარსებულია 1940 წელს

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

1997

მთავარი რედაქტორი – აკადემიკოსი ა.თავხელიძე

ს ა რ ე დ ა ქ ტ ი ო კ ო ლ ე გ ი ა

თ.ანდრონიკაშვილი, თ.ბერიძე (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), ე.გამყრელიძე,
თ.გამყრელიძე, გ.გველესიანი, რ.გორდეზიანი (მთავარი რედაქტორის მოადგილე),
მ.ზაალიშვილი, გ.კვეციანი, ი.კილუჩაძე (მთავარი რედაქტორის მოადგილე),
თ.კობალიშვილი, ჯ.ლომინაძე, რ.მეტრეველი, დ.მუსხელიშვილი (მთავარი რედაქტორის
მოადგილე), თ.ონიანი, მ.სალუქვაძე (მთავარი რედაქტორის მოადგილე), თ.ურუშაძე,
გ.ციციშვილი, გ.ჭოლოშვილი

პასუხისმგებელი მდივანი ლ.გვერდულიანი

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.

გადაეცა წარმოებას 24.04.1997. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 21.07.1997. ფორმატი 70x100^{1/16}
აწყობილია კომპიუტერზე სს „მეცნიერების“ კომპიუტერულ ცენტრში.
ოფსეტური ბეჭდვა. პირობითი ნაბ. თაბ. 9,5. სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 9,5.
ტირაჟი 300. შეკვ. № 171. ფასი სახელშეკრულებო.

ზ ი ნ ა ა რ ს ი

მათემატიკა

- ს. თოფურია. განზოგადებული ლაპლასიანი და ნახევარსივრცისთვის პუასონის გაწარმოებული ინტეგრალის სასაზღვრო თვისებები 163
- მ. უსანეთაშვილი. წონიანი ამოცანა მთელ საზღვარზე გადაგვარებული მეორე რიგის ელიფსური ტიპის განტოლებისათვის 167

კიბერნეტიკა

- ნ.ახვლედიანი. ლოგიკური მიდგომა პედაგოგიური პროცესის მართვისათვის 199

ფიზიკა

- ბ. ბუთხუზი., ნ. გამყრელიძე, გ. ნაცვლიშვილი, მ. შარვაშიძე, თ. ქელიძე. ZnS-ის მონოკრისტალების საკუთარ-დეფექტური ელექტრული გამტარობა 174
- ქ. ფანჩვიძე, ო. ნამიჩიშვილი. ბინარული და არამკაფიო სიგნალების დამუშავება არამკაფიო ბმულობის ანალიზის გამოყენებით 181
- ფ. შუბითიძე, რ. ჯობავა, დ. ქარქაშიძე, დ. პომპერენკე, რ. ზარიძე. რეზისტული ზედაპირის მქონე სხეულების ელექტროსტატიკური განმუხტვა 187
- ბ. აბესაძე, ლ. ჭოტორლიშვილი, ა. ტულუში. დაბალსიხშირული არარეზონანსული ველის გავლენა სპექტრული დიფუზიის პროცესებზე 193
- ვ. კაშია, პ. კერვალიშვილი, ზ. სალუქვაძე, რ. სალუქვაძე (აკადემიკოსი). ბისმუტის, სტიბიუმის და გერმანიუმის სორბციული თვისებები ნატრიუმის ორთქლის მიმართ 196
- ბ. რატიშვილი. წესრიგი-უწესრიგობის ტიპის ფაზური გადასვლის გვარობის შეცვლა ორკომპონენტიან მოწესრიგებად შენადნობებში 201

გეოფიზიკა

- ბ. დავითაშვილი. ნამის წერტილის დეფიციტის საპროგნოზო რიცხვითი მოდელი ოროგრაფიის გავლენის გათვალისწინებით 206
- ქ. ტუხაშვილი, ვ. ყანდაშვილი. ნახევარწლიანი ვარიაციები იონოსფეროს F გარემოში და მისი კავშირი მზის ზენიტური კუთხის ცვლილების სიჩქარესთან 211
- ი. შეყრილაძე. არამდგრადი სისტემის ატმოსფერო-ოკეანე დასწრებული შერჩევითი ხელოვნური გადასტრატოფიცირების გზით ტროპიკული ციკლონის განვითარების შეზღუდვის შესახებ 215

ორბანული ძივნი

- მ. გვერდწითელი, ნ. კობახიძე, მ. გვერდწითელი. ბორაციკლანების თერმული
 იზომერიზაციის ალგებრული დახასიათება 220
- დ. ტულუში, მ. გვერდწითელი, გ. ოთინაშვილი, მ. სამხარაძე. პოლი(ო-ნიტრო)
 სულფიდების მიღების მეთოდი 223
- ჯ. კერესელიძე, დ. ტულუში. გამხსნელთა სელექციური გავლენის გამოკვლევა
 აცეტომჟრის ეთერის ენოლური ფორმის შემცველობაზე 225

ძივიური ტექნოლოგია

- ნ. ბარნოვი, ვ. გაფრინდაშვილი. თუთიის ნაწვიდან თუთიის სულფიდის
 მიღების პროცესის გამოკვლევა 230

ჰიდროლოგია

- ო. ნათიშვილის, ა. ძლიერიშვილი. ბმული ღვარცოფის უდაწნეო
 მოძრაობასთან დაკავშირებული ზოგიერთი პრაქტიკული
 ამოცანის გადაწყვეტა 233
- შ. ხუციძე. ატმოსფეროს დაბინძურებისაგან დაცვის ტექნიკურ ღონისძიებათა
 სრულყოფა რეგიონალური გეოფიზიკური თავისებურებების
 პარამეტრიზაციით 237
- გ. გუნია, ზ. სვანიძე, ლ. სვანიძე. კადმიუმის და თუთიის განსაზღვრის
 ატომურ-აბსორბციული მეთოდის გამოყენება ბუნებრივი გარემოს
 დაჭუჭყიანების კონტროლის პრაქტიკაში 241

პალეონტოლოგია

- ი. კვანტალიანი, ლ. სახელაშვილი. *Heinzia sartousiana* — საქართველოს
 ზედაბარემული ნალექებიდან 244

პეტროლოგია

- თ. წუწუნავა. კავკასიონის მწვანე ფიქლების მეტამორფული ფაციესი
 საქართველოს ფარგლებში 249

მანანათმცოდნეობა

- თ. ჭავჭავიძე. ბაგირგზის ვაგონის გრძივი რხევები მზიდი ბაგირის დიდი
 სიხისტის შემთხვევაში 253

ენერგეტიკა

- ლ. გოგიბერიძე. ჩამქრობი ნაგებობების მუშაობის ეფექტურობაზე
 ჰიდროკვანძების ზომების ზეგავლენის შესახებ 257
- თ. ლოლაძე, მ. სალუქვაძე, გ. სვანიძე, ვ. ჭავჭავიძე, რ. ხუროძე,
 რ. თურმანიძე, ნ. ბერიშვილი, ც. ბეროშვილი,

პ. მერაბიშვილი, შ. ნაჭყებია. საქართველოს ელექტრომომარაგების სისტემის
გარდაქმნისა და გაუმჯობესების ძირითადი მიმართულებები 263

მასალათა ტექნოლოგია

გ. ქარუმიძე, გ. მურღულია. ატომური რეაქტორის გამოსხივების ზეგავლენა
 Al_2O_3 საიზოლაციო მასალის კუთრ ელექტროგამტარობასა და
თბოგამტარობაზე 272

ბოტანიკა

ბ. ჩხუბაძე, ო. შაინიძე. გვარი *Gloeosporium*-ის წარმომადგენელთა
შესწავლისათვის აჭარაში 275

მცენარეთა ფიზიოლოგია

ე. გიორგობიანი, მ. კიკვიძე, შ. ჭანიშვილი. დონორული ძალის გავლენა ვაზის
ფოთლებში ფოსფორის ფორმების შემცველობაზე 279

აღამიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია

თ. იოსელიანი (აკადემიკოსი), ე. მითაიშვილი. ალიმენტარული დაყოვნებული
რეაქციების შესწავლა თეთრ ვირთაგვევში 283

ე. ვეკუა. მოძრაობითი აქტიურობის დინამიკა უმაღლესი ნერვული მოქმედების
ინფორმაციული პათოლოგიის სხვადასხვა ეტაპზე 288

ნ. დევიძე, ც. ორჯონიკიძე, მ. ლოლობერიძე. „არასპეციფიკური გრუმინგის“
დინამიკა ფსიქო-ემოციური სტრესის პირობებში 291

დ. ლომაძე, თ. ყიფიანი. მხედველობით-სივრცითი პროცესები ეპილეფსიით
დაავადებულ ბავშვებში 295

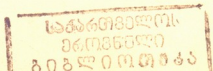
ბიოფიზიკა

ნ. მეტრეველი, თ. მძინარაშვილი გ. მრეველიშვილი. კოლაგენის ღღობის
თერმოდინამიკური პარამეტრების მიკროკალორიმეტრული
კვლევა განზავებულ წყალხსნარებში სკანიერების სხვადასხვა
სიჩქარეებისას 297

ქ. ბარამიძე, ბ. ჭუმბურიძე. აცეტილკოლეინის და აცეტილმორფინის
სტანდარტული ნიმუშების მიღება 301

ბიოქიმია

თ. არაბიძე, გ. ფრუიძე, მ. სილაგაძე, ა. ყიფიანი, ლ. ფაჩუაშვილი. ჩაის
ნატურალური კონცენტრატები, როგორც პურის ხარისხის
გამაუმჯობესებლები 304



ზოოლოგია

- ნ. მაისურაძე. არატრადიციული პროლუქტების გავლენა ფუტკრის ცხოველმყოფელობაზე 307

ციტოლოგია

- ქ. ზვიადაძე, ნ. საფარიშვილი, ნ. გელოვანი. ზრდის ფაქტორების მოქმედება ამფიბიების თვალის ფერადი გარსის უჯრედებზე 312

ექსპერიმენტული მედიცინა

- ქ. გოგილაშვილი. კარიესის პროფილაქტიკა 316
 გ. გორგოშიძე. თირკმელზედა ჯირკვლის ულტრასტრუქტურის ცვლილებები ანტიგენური სტიმულაციის დროს ექსპერიმენტში 322

ფილოსოფია

- ი. წერეთელი. არნოდ გელენი ფილოსოფიური ანთროპოლოგიის შესახებ 325

სამართალი

- მ. კვაჭაძე. ადამიანის ორგანოების და/ან ქსოვილების გადანერგვის სამართლებრივი რეგულირების ზოგიერთი საკითხი 328

ენათმეცნიერება

- ნ. კირვალიძე, ნ. ინაური. ანთროპონიმთა საგნობრივ-ლოგიკური ტიპოლოგია თანამედროვე ინგლისურ ენაში 332

ხელოვნების ისტორია

- მ. ნადარეიშვილი. განმეორების პრინციპის როლი XX საუკუნის მუსიკაში 335
 ე. წეროძე. სონატური ფორმის ზოგიერთი თავისებურება ბ. კვერნაძის ინსტრუმენტულ კონცერტებში 340

აღმოსავლეთმცოდნეობა

- მ. ხანგოშვილი. ვეინახები სამხრეთ სირიაში 345



ს. თოფურია

განზოგადებული ლაკლასიანი და ნახევარსივრცისთვის
 პუასონის გაწარმოებული ინტეგრალის სასაზღვრო თვისებები

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ. ჟიჟიაშვილმა 13.05.1996

ნაშრომში შესწავლილია ნახევარსივრცისთვის პუასონის გაწარმოებული ინტეგრალის სასაზღვრო თვისებები, როცა სიმკვრივის ფუნქციას აქვს განზოგადებული ლაკლასიანი. დამტკიცებულია თეორემები, რომლებიც აზოგადებენ ავტორის შესაბამის გამოკვლევებს [1, გვ. 12].

გამოყენებულია შემდეგი აღნიშვნები: $R_k - k$ განზომილების ევკლიდეს სივრცეა; $x = (x_1, x_2, \dots, x_k)$, $t = (t_1, t_2, \dots, t_k)$, $x^0 = (x_1^0, x_2^0, \dots, x_k^0)$ R_k სივრცის წერტილებია

(ვექტორები); $(x, t) = \sum_{i=1}^k x_i t_i$ სკალარული ნამრავლი; $|x| = \sqrt{(x, x)}$ x ვექტორის სიგრძეა, $x + t = (x_1 + t_1, x_2 + t_2, \dots, x_k + t_k)$. ვთქვათ [2, გვ. 174], $M = \{1, 2, \dots, k\}$ ($k \in \mathbb{N}$; $k \geq 2$) და $B = \{i_1, i_2, \dots, i_s\}$, $1 \leq s \leq k$ ($i_l < i_r$ როცა $l < r$), არის M -ის ნებისმიერი ქვესიმრავლე, ხოლო $C_M B$ წარმოადგენს B -ს დამატებას M -მდე. სიმბოლო x_B აღნიშნავს ისეთ წერტილს R_k -დან, რომლის კოორდინატები, რომელთა ინდექსები შეადგენენ $C_M B$ სიმრავლეს, უდრის ნულს. $\tilde{L}(R_k)$ - ზოგად $f(x) = f(x_1, x_2, \dots, x_k)$ ფუნქციითა ისეთი სიმრავლეა, რომელთათვისაც

$$\frac{f(x)}{(1+|x|^2)^{\frac{k+1}{2}}} \in \tilde{L}(R_k); R_{k+1}^+ = \{(x_1, x_2, \dots, x_k, x_{k+1}) \in R_{k+1}; x_{k+1} > 0\}$$

(ნახევარსივრცე);

$$\Delta_x = \Delta_{x_1 x_2 \dots x_k} = \sum_{i=1}^k \frac{\partial^2}{\partial x_i^2}; \Delta^r = \Delta(\Delta^{r-1}); U(f; x, x_{k+1})$$

არის $f(x)$ ფუნქციის პუასონის ინტეგრალი R_{k+1}^+ - ნახევარსივრცისთვის:

$$U(f; x, x_{k+1}) = \frac{x_{k+1} \Gamma\left(\frac{k+1}{2}\right)}{\pi^{\frac{k+1}{2}}} \int_{R_k} p(t-x, x_{k+1}) f(t) dt,$$

სადაც $p(t-x, x_{k+1}) = \frac{x_{k+1}}{(|t-x|^2 + x_{k+1}^2)^{\frac{k+1}{2}}}$

თუ წერტილი $N \in R_{k+1}^+$ მიისწრაფვის $P(x^0, 0)$ -კენ ისე, რომ [3, გვ. 63] სრულდება პირობა

$$\frac{x_{k+1}}{\sqrt{\sum_{i \in B} (x_i - x_i^0)^2}} \geq C > 0.$$

მაშინ ამ გარემოებას ჩავწერთ ასე $N(x, x_{k+1}) \xrightarrow{x_B} P(x^0, 0)$.

როცა $B=M$, მაშინ გვაქვს კუთხური მისწრაფება და ლავწერით $N(x, x_{k+1}) \xrightarrow{\Lambda} P(x^0, 0)$.

სიმბოლო $N(x, x_{k+1}) \rightarrow P(x^0, 0)$ ნიშნავს რომ N წერტილი მიისწრაფვის P წერტილისაკენ ნებისმიერად, ისე, რომ რჩება R_{k+1}^+ ნახევარსივრცეში.

დავუშვათ, რომ ფუნქცია $f(x)$ განსაზღვრულია x^0 წერტილის რაიმე მიდამოში. ვთქვათ $B \subset M$. განზოგადებული ლაპლასიანი ძლიერი აზრით x^0 წერტილში, იმ ცვლადების მიმართ, რომელთა ინდექსები შეადგენენ B სიმრავლეს, განისაზღვრება ტოლობით

$$\bar{\Delta}_{x_B} f(x^0) = \lim_{\substack{\rho \rightarrow 0 \\ (x_B + x_{CMB}^0) \rightarrow x^0}} \frac{\frac{1}{|S_\rho|} \int_{S_\rho(x_B + x_{CMB}^0)} f(t) ds(t) - f(x_B + x_{CMB}^0)}{\frac{\rho^2}{2K}},$$

სადაც $S_\rho(x)$ სფეროა (როცა $k=2$ წრეწირია) R_{k-1} სივრცეში რადიუსით ρ და ცენტრით x წერტილში; $|S_\rho|$ არის S_ρ სფეროს ზედაპირის ფართობი.

როცა $B = \emptyset$, გამოვიყენებთ აღნიშვნას $\bar{\Delta}_{x_B} f(x^0) = \bar{\Delta} f(x^0)$, ხოლო როცა $B=M$,

მაშინ $\bar{\Delta}_{x_M} f(x^0) = \bar{\Delta}_x f(x^0)$.

ახლა შემოვიყვანოთ r რიგის განზოგადებული ლაპლასიანის ცნება R_2 სივრცეში.

თუ არსებობს მუდმივები a_0, a_1, \dots, a_r ისეთი, რომ

$$\frac{1}{2\pi\rho} \int_{S_\rho(x^0)} f(t) ds(t) = a_0 + \frac{a_1}{(1!)^2} \cdot \frac{\rho^2}{4} + \frac{a_2}{(2!)^2} \left(\frac{\rho^2}{4}\right)^2 + \dots + \frac{a_r}{(r!)^2} \left(\frac{\rho^2}{4}\right)^r + \varepsilon(\rho)\rho^{2r},$$

სადაც $\varepsilon(\rho) \rightarrow 0$, როცა $\rho \rightarrow 0$ მაშინ ამბობენ [4, გვ. 224], რომ $f(x_1, x_2)$ ფუნქციას $x^0(x_1^0, x_2^0)$ წერტილში აქვს r რიგის განზოგადებული ლაპლასიანი $\bar{\Delta}^{(r)} f(x^0)$ და განსაზღვრებით $\bar{\Delta}^{(r)} f(x^0) = a_r$.

თუ არსებობს ფუნქციები $a_0(x_1), a_2(x_1), \dots, a_{r-1}(x_1)$ და რიცხვი a_r ისეთები, რომ

არსებობს ზღვრები $\lim_{x_1 \rightarrow x_1^0} a_i(x_1) = a_i, i = 0, 1, \dots, r-1$, და x^0 წერტილის მიდამოში

$$\frac{1}{2\pi\rho} \int_{s_\rho(x_1, x_2^0)} f(t) ds(t) = a_0(x_1) + \frac{a_1(x_1)}{(1!)^2} \cdot \frac{\rho^2}{4} + \frac{a_2(x_1)}{(2!)^2} \left(\frac{\rho^2}{4}\right)^2 + \dots + \frac{a_{r-1}(x_1)}{[(r-1)!]^2} \left(\frac{\rho^2}{4}\right)^{r-1} + \frac{a_r}{(r!)^2} \left(\frac{\rho^2}{4}\right)^r + \varepsilon(\rho, x_1) \rho^{2r},$$

სადაც $\lim_{(\rho, x_1) \rightarrow (0, x_1^0)} \varepsilon(\rho, x_1) = 0$, მაშინ ვიტყვით, რომ f -ს x^0 წერტილში აქვს ძლიერი აზრით r რიგის განზოგადებული ლაპლასიანი x_1 ცვლადით და განსაზღვრებით.

ანალოგიურად განისაზღვრება x^0 წერტილში f ფუნქციის ძლიერი აზრით r რიგის განზოგადებული ლაპლასიანი (x_1, x_2) ცვლადებით და აღვნიშნავთ $\overline{\Delta}_{x_1 x_2}^{(r)} f(x^0)$ სიმბოლოთი.

ვთქვათ $f \in \tilde{L}(R_k)$.

ლემა. ადგილი აქვს შემდეგ ტოლობებს:

$$\int_0^\infty \Delta_{x_1 x_2}^r p(t_1 - x_1, t_2 - x_2, x_3) \Big|_{x_1=x_2=0} \rho^{(2r+1)} d\rho = 0^*, i = 0, 1, 2, \dots, r-1,$$

$$\frac{1}{(r!)^2 4^r} \int_0^\infty \Delta_{x_1 x_2}^r p(t_1 - x_1, t_2 - x_2, x_3) \Big|_{x_1=x_2=0} \rho^{2r+1} d\rho = 1,$$

$$\int_0^\infty \frac{3\rho^2 - kx_{k+1}^2}{(\rho^2 + x_{k+1}^2)^{\frac{k+5}{2}}} \rho^{k-1} d\rho = 0,$$

$$\frac{(k+1)\Gamma\left(\frac{k+1}{2}\right) x_{k+1}^\infty}{k\sqrt{\pi}\Gamma\left(\frac{k}{2}\right)} \int_0^\infty \frac{3\rho^2 - kx_{k+1}^2}{(\rho^2 + x_{k+1}^2)^{\frac{k+5}{2}}} \rho^{k+1} d\rho = 1.$$

ამ ლემის საფუძველზე მტკიცდება შემდეგი თეორემები:

*) $t_1 = \rho \cos \varphi, t_2 = \rho \sin \varphi; \Delta_{t_1 t_2} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial}{\partial \rho} \left(\rho \frac{\partial}{\partial \rho} \right) + \frac{1}{\rho^2} \cdot \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}.$

თეორემა 1. ა) ვთქვათ $B \subset M$. თუ x^0 წერტილში არსებობს სასრული $\Delta_{x_B} f(x)$ წარმოებული, მაშინ

$$\lim_{(x_B + x_{C_{A/B}, x_{k+1}}^0) \rightarrow (x^0, 0)} \Delta_x U(f; x_B + x_{C_{A/B}, x_{k+1}}^0) = \bar{\Delta}_{x_B} f(x^0).$$

ბ) არსებობს ფუნქცია $f \in L(R_k)$ ისეთი, რომ არსებობს სასრული $\bar{\Delta} f(x^0)$ წარმოებული, მაგრამ ზღვარი

$$\lim_{(x, x_{k+1}) \xrightarrow{\wedge} (x^0, 0)} \Delta_x U(f; x, x_{k+1})$$

არ არსებობს.

შედეგი 1. თუ x^0 წერტილში არსებობს სასრული $\bar{\Delta} f(x^0)$ წარმოებული, მაშინ

$$\lim_{x_{k+1} \rightarrow 0+} \Delta_x U(f; x^0, x_{k+1}) = \bar{\Delta} f(x^0).$$

შედეგი 2. თუ x^0 წერტილში არსებობს სასრული $\bar{\Delta}_x f(x^0)$ წარმოებული, მაშინ

$$\lim_{(x, x_{k+1}) \rightarrow (x^0, 0)} \Delta_x U(f; x, x_{k+1}) = \bar{\Delta}_x f(x^0).$$

თეორემა 2. თუ $x^0(x_1^0, x_2^0)$ წერტილში არსებობს სასრული $\bar{\Delta}_{x_1}^{(r)} f(x^0)$ წარმოებული, მაშინ

$$\lim_{(x_1, x_2, x_3) \rightarrow (x_1^0, x_2^0, 0)} \Delta_{x_1 x_2}^r U(f; x_1, x_2, x_3) = \bar{\Delta}_{x_1}^{(r)} f(x^0).$$

შედეგი. თუ $x^0(x_1^0, x_2^0)$ წერტილში არსებობს სასრული $\bar{\Delta}^{(r)} f(x^0)$ წარმოებული, მაშინ

$$\lim_{x_3 \rightarrow 0+} \Delta_{x_1 x_2}^r U(f; x^0, x_3) = \bar{\Delta}^{(r)} f(x^0).$$

თეორემა 3. თუ x^0 წერტილში არსებობს სასრული $\bar{\Delta}_{x_1, x_2}^{(r)} f(x^0)$ წარმოებული, მაშინ

$$\lim_{(x, x_3) \rightarrow (x^0, 0)} \Delta_{x_1 x_2}^r U(f; x, x_3) = \bar{\Delta}_{x_1, x_2}^{(r)} f(x^0)$$

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *С. Б. Топурия*. Тр. Груз. политех. инст-та N6(197), 1997, 11-30.
2. *Л. В. Жижиашвили*. Некоторые вопросы теории тригонометрических рядов Фурье и их сопряженных. Тбилиси, 1993.
3. *О. П. Дзагнидзе*. Тр. Тбилисск. матем. инст., 98, 1990, 52-98.
4. *V. L. Shapiro*. Trans. Amer. Math. Soc., 76, 2, 223, 1954, 223-233.



მ. უსანეთაშვილი

წონიანი ამოცანა მთელ საზღვარზე გადაგვარებული მიორა რიგის ელიფსური ტიპის განტოლებისათვის

წარმოადგინა აკადემიკოსმა თ. ბურჭულაძემ 21.11.1996

განვიხილოთ განტოლება

$$L(u) = AU_{xx} + 2BU_{xy} + CU_{yy} + aU_x + bU_y + cU = F \quad (1)$$

$D = \{(x, y) : x^2 + y^2 < 1\}$ არეში და დაუშვათ, რომ ტოლობას

$$AU_{xx} + 2BU_{xy} + CU_{yy} = \frac{\partial^2 U}{\partial l_1^2} + H^p \frac{\partial^2 U}{\partial l_2^2}$$

აქვს ადგილი $D_1 = \{(x, y) : 1 - \varepsilon < x^2 + y^2 < 1\}$ არეში, $0 < \varepsilon < 1$, სადაც $l_1 = (-y, x)$, $l_2 = (x, y)$,

$$H = 1 - \sqrt{x^2 + y^2}, \quad P = \text{const} > 0.$$

ქვემოთ ვიგულისხმებთ, რომ

$$a \in C^{1,\alpha}(\bar{D}), \quad b \in C^{2,\alpha}(\bar{D}), \quad c \in C^{0,\alpha}(\bar{D}), \quad F \in C^{0,\alpha}(D) \quad \text{და} \quad c \leq 0, (x, y) \in (\bar{D}).$$

D_1 არეში განტოლება შეგვიძლია გადავწეროთ ასე

$$(y^2 + x^2 H^p) U_{xx} + 2xy(H^p - 1) U_{xy} + (x^2 + H^p y^2) U_{yy} + (x(H^p - 1) + a) U_x + (y(H^p - 1) + b) U_y + CU = F.$$

ადგილი საჩვენებელია, რომ (1) განტოლება ელიფსურია D არეში, განიცდის გადაგვარებას მთელ ∂D საზღვარზე, ხოლო მახასიათებელი მიმართულება ∂D საზღვარზე ემთხვევა მხებ მიმართულებას და D_1 არეში ადგილი აქვს შემდეგ ტოლობას

$$AH_x^2 + 2BH_x H_y + CH_y^2 = H^p G, \quad G > 0.$$

ცნობილია რომ [1], როცა $p=1$, $[L(H) - cH]G^{-1}|_{\partial D} > 1$ დირიხლეს ამოცანა (1) განტოლებისათვის არ არის კორექტული. ამ შემთხვევაში მიზანშეწონილია განვიხილოთ სასაზღვრო ამოცანა, როცა სასაზღვრო პირობა სრულდება რაიმე წონით, ე. ი.

$$\lim_{H \rightarrow 0} \pi(x, y) U(x, y) = \varphi(x, y), \quad (2)$$

სადაც $\pi(x, y)$ ცნობილი უწყვეტი ფუნქციაა, რომელიც ნული ხდება ∂D საზღვარზე, $\varphi(x, y)$ არის მოცემული უწყვეტი ფუნქცია. ამოცანის ასეთი დასმა პირველად შემოგვთავაზა ა. ბიწაძემ.

პოლარულ კოორდინატებში $x = r \cos \varphi$, $y = r \sin \varphi$ D_1 არეში (1) განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial \varphi^2} + (1-H)^2 H^p \frac{\partial^2 U}{\partial H^2} + a_1(H, \varphi) \frac{\partial U}{\partial \varphi} + b_1(H, \varphi) \frac{\partial U}{\partial H} + CU = F,$$

სადაც

$$a_1(H, \varphi) = \frac{b \cos \varphi - a \sin \varphi}{1-H},$$

$$b_1(H, \varphi) = -(H^p(1-H) + a \cos \varphi + b \sin \varphi).$$

განვიხილოთ (1), (2) ამოცანა, სადაც $\pi(x, y) = W^{-1}$, $W \in C^2(D)$ რაიმე ფუნქციაა, რომელიც მიისწრაფვის უსასრულოობისაკენ, როცა $H \rightarrow 0$.

შემოვიღოთ ახალი უცნობი ფუნქცია $V(\varphi, H)$ შემდეგნაირად

$$U = WV,$$

მაშინ (1) განტოლება V უცნობი ფუნქციის მიმართ მიიღებს სახეს

$$\frac{\partial^2 V}{\partial \varphi^2} + (1-H)^2 H^p \frac{\partial^2 V}{\partial H^2} + \left(a_1 + \frac{W_\varphi}{W} \right) \frac{\partial V}{\partial \varphi} + \left(b_1 + 2(1-H)^2 H^p \frac{W_H}{W} \right) \frac{\partial V}{\partial H} + \frac{L(W)}{W} V = F.$$

$P=1$ -ის შემთხვევაში შევარჩიოთ ფუნქცია $W(\varphi, H)$ ისე, რომ

$$\lim_{H \rightarrow 0} \left(b_1(H, \varphi) + 2(1-H)^2 H \frac{W_H}{W} \right) < 1 \quad (3)$$

ხოლო \bar{D} არეში

$$W(\varphi, H) > 0, \quad L(W) < 0. \quad (4)$$

მტკიცდება, რომ ფუნქცია, რომელიც D_1 არეში წარმოიდგინება შემდეგი სახით

$$W(\varphi, H) = \frac{H^{1-b_0} - 1}{b_0 - 1},$$

სადაც $b_0 = b^*(\varphi, 0)$, $b^*(\varphi, H) = [H(1-H) + a \cos \varphi + b \sin \varphi](1-H)^{-2}$, ხოლო დანარჩენ $D \setminus D_1$ სიმრავლეზე გარკვეული წესით გაგვრძელებულია და აკმაყოფილებს (3) და (4) პირობებს. აღსანიშნავია, რომ $p=1$ და $[L(H) - cH]G^{-1}|_{\partial D} > 1$ ძალით: $b_0|_{\partial D} > 1$.

სამართლიანია შემდეგი

თეორემა. $p=1$ და $[L(H) - cH]G^{-1} > 1$, შემთხვევაში (1), (2) წონიან ამოცანას, სადაც D_1 არეში ფუნქცია $W = \tau^{-1}$ მოიცემა (5) ფორმულით, აქვს ერთადერთი რეგულარული ამონახსნი ნებისმიერი $F \in C^{\alpha, \alpha}(\bar{D})$ და $\varphi \in C(\partial D)$ მოცემული ფუნქციებისათვის.

ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი.

ი. ვეკუას სახ. გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტი.

ლიტერატურა

1. М. А. Усанеташвили. Дифф. уравнения, xxi, 1, 1985.

2. А. В. Бицадзе. Некоторые классы уравнений в частных производных. М., 1981.



ნ.ახვლედიანი

ლოგიკური მიდგომა კვლავობიური პროცესის მართვისათვის

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ვ.კავჭავაძემ 28.02.1997

აღიარებულია, რომ ლოგიკური მიდგომა მიზანშეწონილი და სასარგებლოა ყოველი ტექსტის ანალიზისათვის, მაგრამ სინამდვილეში ტექსტის რედაქტირებისათვის უფრო მეტ მნიშვნელობას ანიჭებენ სტილისტური ნორმების დაცვას. ამ სტატიაში ვაჩვენებთ, თუ რაოდენ სასარგებლოა ლოგიკური მიდგომა პედაგოგიური პროცესის მართვისთვისაც.

ლოგიკის თვალსაზრისით ყოველი თხრობითი წინადადება წარმოადგენს მსგელობას. წინამდებარე სტატიაში ჩვენ ვხელმძღვანელობთ მსგელობათა თეორიის მეთოდებით [1].

ლოგიკაში განიხილება მსგელობათა ორი სახე: კატეგორიული და პირობითი მსგელობა: ყოველი მათგანი თხრობითი წინადადებაა.

კატეგორიული მსგელობა შედგება S სუბიექტის, P პრედიკატისა და მათ შორის კავშირებისაგან (მიმართებებისაგან). მისი სქემატური ჩანაწერია $S - P$. სიტყვიერად კი ის ასე გამოითქმება: „ S არის P “. პირობითი მსგელობა შედგება ორი კატეგორიული მსგელობისაგან: $S - M$ და $S - P$ და მისი სქემატური ჩანაწერია $S - M \Rightarrow S - P$. სიტყვიერად ის გამოიხატება ასე: „თუ S არის M , მაშინ S არის P “. ამრიგად, პირობითი მსგელობის საფუძველიც $S - M$ და შედეგიც $S - P$ კატეგორიული მსგელობაა.

ლოგიკაში განიხილება როგორც ჭეშმარიტი, ისე მცდარი მსგელობა, მაგრამ ფსიქოლოგიური მიდგომით, რაც წინ უსწრებს ლოგიკურ მიდგომას, აუცილებელია, რომ მსგელობა იყოს ჭეშმარიტი, რადგან მცდარი მსგელობა პიროვნების მიერ არ აღიქმება. ამაში მდგომარეობს არსებითი განსხვავება მსგელობისადმი ლოგიკურ და ფსიქოლოგიურ მიდგომათა შორის, რაც განსაკუთრებით საყურადღებოა.

სასწავლო დისციპლინის შინაარსის გადმოცემა თეორემების სახით ყველაზე აშკარად ხორციელდება გეომეტრიის სასკოლო კურსში. მოგვყავს კატეგორიული მსგელობის მაგალითები სასკოლო სახელმძღვანელოდან [2]:

თეორემა 1. ტოლფერდა სამკუთხედის ფუძისთან მდებარე კუთხეები ტოლია (აქ სუბიექტია „ტოლფერდა სამკუთხედის ფუძისთან მდებარე კუთხეები“), პრედიკატია „ტოლი“, კავშირი კი იგულისხმება „არის“.

თეორემა 2. ტოლფერდა სამკუთხედში ფუძისადმი გავლებული მედიანა არის მისი ბისექტრისაც და სიმაღლაც. (აქ სუბიექტია „ტოლფერდა სამკუთხედში ფუძისადმი გავლებული მედიანა“, სხვა ყველაფერი პრედიკატია).

თეორემა 3. სწორი (მართი) კონუსის კვეთა მისი ფუძისადმი მართობი სიბრტყით წარმოადგენს (გვაძლევს) წრფეს.

ასეთ თეორემებს ჩვენ ვუწოდებთ კატეგორიულ თეორემებს.

ჩამოვყალიბოთ იგივე თეორემები პირობითი სახით და მათ ნომერს გარკვეულ-ბისათვის მივაწეროთ ნიშნაკი “ $\#$ ”. მივიღებთ:

თეორემა 1[#]. თუ სამკუთხედი ტოლფერდაა, მაშინ მის ფუძესთან მდებარე კუთხეები ტოლია.

თეორემა 2[#]. თუ მონაკვეთი წარმოადგენს ტოლფერდა სამკუთხედის ფუძისადმი გავლებულ მედიანას, მაშინ ის ბისექტრისაც იქნება და სიმაღლეც.

თეორემა 3[#]. თუ სწორი (მართი) კონუსი გადაკვეთილია მისი ფუძისადმი მართობი სიბრტყით, მაშინ კვეთაში მიიღება წრფე.

ამ თეორემებს ვუწოდოთ პირობითი თეორემები. თუ გამოვიყენებთ სიმბოლოს \Rightarrow , მაშინ მათ ჩანაწერებს ექნებათ შემდეგი სახე $S - M \Rightarrow S_1 - P$, სადაც S_1 არის S სუბიექტის ნაცვალსახელი.

დავადგინოთ თეორემათა ამ სახეების ძლიერი და სუსტი მხარეები.

კატეგორიულ თეორემათა მეთოდური ღირსებაა ის, რომ ისინი ადვილად იძლევიან განზოგადების შესაძლებლობას, რაც სპეციფიკურია მათემატიკური აზროვნებისათვის. ამ მიზნით საკმარისია ზემოთ მოყვანილ მაგალითებში გამოვიყენოთ ზოგადობის კვანტორის აღმნიშვნელი ტერმინი \forall ან \exists . ამის შემდეგ მივიღებთ. „ \forall ტოლფერდა სამკუთხედში...“, „ \exists სწორი კონუსი...“. ამ თეორემათა ნაკლი კი ისაა, რომ მათში აშკარად არ არის გამოკვეთილი თეორემის პირობა და შედეგი.

პირობითი თეორემის მეთოდურ ღირსებას წარმოადგენს ის, რომ აქ აშკარადაა გამოკვეთილი თეორემის პირობა და შედეგი, რაც შეუძლებელია კატეგორიულ თეორემებში. ნაკლს კი წარმოადგენს ის, რომ ისინი ვერ იძლევიან განზოგადების შესაძლებლობას, რაც სპეციფიკურია მათემატიკური აზროვნებისათვის.

სწავლების მართვის ინტერესებისათვის ყველაზე ოპტიმალური იქნებოდა, რომ პირობითი თეორემა ყოფილიყო აშკარად კვანტორირებული, ანუ აშკარად შეიცავდეს ზოგადობის კვანტორს. მაგრამ ეს შეუძლებელია სტილისტური ნორმების დაცვის აუცილებლობის გამო. მართლაც, წინადადება „ყოველი სამკუთხედისათვის სამართლიანია, რომ თუ ის ტოლფერდაა, მაშინ მის ფუძესთან მდებარე კუთხეები ერთმანეთის ტოლია“, გრამატიკულად (მწიგნობრულად) სავსებით გამართულია, მისაღებია ლოგიკურადაც და მათემატიკურად, მაგრამ სტილისტურად (სამწიფხაროდ) სრულიად მიუღებელია. ამიტომ, როგორც გამოირკვა, მოსწავლეთა აზროვნების განვითარების მიზნით სასარგებლოა, რომ ერთი და იგივე თეორემა ყალიბდებოდეს სხვადასხვა სახით ტრანსფორმირების გზით.

თეორემის ტრანსფორმირებას შეიძლება ახორციელებდეს როგორც მასწავლებელი პირდაპირი კავშირით, ისე მოსწავლე უკუკავშირით. ფსიქოლოგიაში კი დადგენილია, რომ უკუკავშირის პროცესში იზრდება შინაარსის გააზრება. ამრიგად, სწავლების მართვის პროცესში თეორემის გაგებასა და დასწავლა-შეთვისებისათვის მისი ტრანსფორმაცია არის ფსიქოლოგიურად გამართლებული.

როგორც ნაჩვენებია იყო, კატეგორიული მსჯელობის პირობით მსჯელობაში ტრანსფორმაციის აღწერილი ხერხი გამართლებულია ლოგიკურადაც. მართლაც, ლოგიკაში ისინი აღიარებულნი არიან კვლევის დამოუკიდებელ ობიექტებად. მსჯელობათა ამ სახეებით მანიპულირება კი ავტომატურად, სპონტანურად გაამდიდრებს მოსწავლის ლოგიკურ ინფორმირებას. ამრიგად, ტექსტის ზემოთ აღწერილ ტრანს-



ფორმირებას აქვს მეთოდური ღირსება, რამდენადაც ის ხელს უწყობს სწავლებისათვის განმავითარებელი ხასიათის მიცემას.

ამ თვალსაზრისით მათემატიკასა და ლოგიკაში ტერმინთა შეუთანხმებლობა უნდა ჩაითვალოს მანკიერ ტრადიციად.

მართლაც, სიტყვები *მშ...მშინ...* ლოგიკაში გამოიყენება ერთი ლოგიკური ოპერაციის, ე.წ. იმპლიკაციის სიტყვიერი გამოხატვისათვის და მათ ერთად ეწოდებათ *ლოგიკური კავშირი*. საკმარისია ეს კავშირი შევადაროთ სხვა ლოგიკურ კავშირებს (არ, და, ან, ტოლფასი), რომ დავარწმუნდეთ მისი სტრუქტურის სირთულეში. იგივე სიტყვები გამოიყენება თეორემის ჩამოყალიბებაში (იხ. ზემოთ თეორემები). მიუხედავად ამისა, ამ სიტყვების შემცველი წინადადებების შემადგენელი ნაწილები ლოგიკასა და მათემატიკაში განსხვავებული ტერმინებითაა აღნიშნული. ასე მაგალითად, ის, რაც მოთავსებულია სიტყვების *მშ* და *მშინ* შორის, ლოგიკაში წოდებულია ტერმინით *საფუძველი*, მათემატიკაში კი ტერმინით *პირობა*; ის კი, რაც მოსდევს სიტყვას *მშინ*, ლოგიკაში წოდებულია ტერმინით *შედეგი*, მათემატიკაში კი – ტერმინით *დასკვნა*.

ჩვეულებრივად, მათემატიკის მეცნიერებათა ტექსტის ფარგლებში საკუთარი, დაუზუსტებელი ტერმინებით სარგებლობა არავითარ აღრევას არ იწვევს, რადგან ტექსტი გაანგარიშებულია კვალიფიციურ მკითხველზე. მაგრამ სწავლების პროცესის ეფექტური მართვისათვის ეს საკმარისი არ არის. მართლაც იმისათვის, რომ მათემატიკის სწავლებას ჰქონდეს განმავითარებელი ფუნქცია, აუცილებელია, რომ მათემატიკის სწავლებისას იმავე დროს ვიზრუნოთ ლოგიკურ განათლებაზედაც. ამის ერთ-ერთი განსაკუთრებულად ხელის შემწყობი საშუალება იქნებოდა მათემატიკასა და ლოგიკაში ერთმნიშვნელოვან ტერმინთა უნიფიცირება. მაგრამ ამ საკითხის გადაჭრა ამჯერად შეუძლებელია, რადგან ეს ენათმეცნიერების პრეროგატივა არის. აქ კი შევნიშნოთ მხოლოდ, რომ ლოგიკაში ნახმარი გამოთქმა *იმპლიკაციის საფუძველი* იგივეა, რაც მათემატიკაში დამკვიდრებული ტერმინი *თემის პირობა*, ლოგიკაში დამკვიდრებული ტერმინი *იმპლიკაციის შედეგი* კი იგივეა, რაც მათემატიკაში დამკვიდრებული ტერმინი *თემის დასკვნა*.

ზემოთქმულის შესაბამისად ლოგიკური თვალსაზრისით, სამივე ნახსენები პირობითი თეორემა წარმოადგენს იმპლიკაციას და თითოეული მათგანი შედგება ორი კატეგორიული მსჯელობისაგან.

ბუნებრივია, დავსვათ კითხვა, თუ თეორემის ჩამოყალიბების რომელ ხერხს მივანიჭოთ უპირატესობა? უდავოა, რომ მათემატიკური თვალსაზრისით სულერთია, თუ სიტყვიერად თეორემა რა სახითაა ჩამოყალიბებული. თუ ეს ასეა, მაშინ მისი ტრანსფორმირება შეიძლება გამოვიყენოთ სხვა, მაგალითად პედაგოგიური პროცესის მართვის მიზნით. როგორც აღმოჩნდა, ეს გარემოება ეფექტურად გამოიყენება მოსწავლეთა აქტივობის სტიმულირებისა და თეორემის შინაარსის გააზრებულად შეთვისების მიზნით.

საინტერესოა შევნიშნოთ, რომ თეორემათა ტრანსფორმაცია მეთოდურ ლიტერატურაშიც გვხვდება, როდესაც ერთი და იგივე ავტორი ერთსა და იმავე თეორემას ორი სხვადასხვა სახით აყალიბებს [3]. მაგალითი: პარალელოგრამში დიაგონალები გადაკვეთისას შუაზე იყოფიან. ეს თეორემა აზრის შეუცვლელად შეიძლება სხვანაირადაც ჩამოვყალიბოთ: თუ ოთხკუთხედი პარალელოგრამია და მისი დიაგონალები იკვეთებიან, მაშინ ისინი შუაზე იყოფიან“.



ამრიგად, წინადადების სახის შეცვლა (ანუ ტრანსფორმაცია) მართო დასწავლის კი არა, არამედ ეფექტური მეთოდური საშუალებაა - ის უნდა ვაღიაროთ დასწავლის ქმედით მეთოდურ საშუალებად. მართლაც, რადგან თეორემა-მსჯელობის სხვადასხვა სახე ემსახურება სწავლების სხვადასხვა მიზანს, ამიტომ პედაგოგიური პროცესის ეფექტური მართვისათვის ყოველ მომენტში მიწოდებული თეორემა-მსჯელობის სახე განსაკუთრებულად უნდა დგინდებოდეს იმის მიხედვით, თუ სწავლის პროცესის რა მიზნის მიღწევას საჭირო - ამის შემდეგ უნდა დადგინდეს, თუ რა სახით მივაწოდოთ მსმენელს თეორემა.

ამრიგად, გამოიკვეთა შემდეგი მეთოდური პრობლემა: უპირატესად რა მიმართულებით უნდა მოვახდინოთ თეორემა-მსჯელობის ტრანსფორმაცია. აქვე იბადება კითხვები: არის თუ არა მიზანშეწონილი მოვახდინოთ ყოველი თეორემა-მსჯელობის ტრანსფორმაცია, რაზეა ეს დამოკიდებული საერთოდ და როგორ უნდა განვახორციელოთ ეს. ლოგიკური ანალიზი იძლევა ამ კითხვებზე პასუხსაც და მითითებას ამის განსახორციელებლად. გავარჩიოთ ორივე შემთხვევა.

ჯერ კატეგორიული მსჯელობა გადავიყვანოთ პირობით მსჯელობაში. შევადაროთ ერთმანეთს თეორემები 1 და 1[#]. პირობითი თეორემის საფუძველია „სამკუთხედი ტოლფერდაა“. ეს კატეგორიული მსჯელობაა, რომლის სუბიექტია „ტოლფერდა სამკუთხედი“, სადაც „სამკუთხედი“ არსებითი სახელია, „ტოლფერდა“ კი ზედსართავია. ამავე თეორემის დასკვნაც „მის ფუძესთან მდებარე კუთხეები ტოლია“ კატეგორიული მსჯელობაა და არის იმავე თეორემის გამეორება, რომლის სუბიექტი „ტოლფერდა სამკუთხედი“ შეიცვალა ნაცვალსახელით „ის“.

იმისათვის, რომ გავერკვეთ, თუ როგორ გადავიყვანოთ კატეგორიული თეორემა პირობით სახეში 1[#], შემოვიღოთ დამატებითი აღნიშვნა. სახელდობრ, კატეგორიული მსჯელობის ზედსართავი სახელი აღვნიშნოთ სიმბოლოთი w , სუბიექტის ნაცვალსახელს კი მივაწეროთ ინდექსი 1. მაშინ კატეგორიული მსჯელობა ჩაიწერება ასე: $wS - P$, მისი შესაბამისი პირობითი მსჯელობა კი $S - w \Rightarrow S_1 - P$.

ამრიგად, აღმოჩნდა, რომ თუ კატეგორიული მსჯელობის სუბიექტი ზედსართავიანი არსებითი სახელია, მაშინ შესაბამისი პირობითი მსჯელობის საფუძველში სუბიექტად უნდა ავარჩიოთ კატეგორიული მსჯელობის სუბიექტის არსებითი სახელი, პრედიკატად კი კატეგორიული მსჯელობის სუბიექტის ზედსართავი სახელი, ხოლო პირობითი მსჯელობის შედეგად - თვით კატეგორიული მსჯელობა ისე ავაგოთ, რომ სუბიექტი შევცვალოთ ნაცვალსახელით.

რაც შეეხება მსჯელობებს, რომელთა სუბიექტი გამოსახულია არსებითი სახელით ზედსართავის გარეშე, მათი ტრანსფორმირებისათვის - პირობითი სახით ჩამოსაყალიბებლად საჭიროა დამატებითი ინფორმაციის გამოყენება. სახელდობრ, როგორც ვნახეთ, კატეგორიული სახით თეორემა „პარალელოგრამის დიაგონალები გადაკვეთისას შუაზე იყოფიან“ პირობით სახეშია შემდეგი: „თუ ოთხკუთხედი პარალელოგრამია, მაშინ...“. აქ ავტორს დასჭირდა იმ გარემოების გამოყენება, რომ ლოგიკურად პარალელოგრამი ოთხკუთხედის სახეა, ანუ ოთხკუთხედი პარალელოგრამის ცნების გვარეული ცნებაა. თუ კატეგორიული მსჯელობის სუბიექტის გვარეულ ცნებას აღვნიშნავთ სიმბოლოთი S , შეგვიძლია ჩავწეროთ $S_2 - S$ კატეგორიული მსჯელობების შესაბამისი პირობითი სახეა შემდეგი: $S_2 - S \Rightarrow S_1 - P$. ამრიგად, პირობითი მსჯელობის საფუძვლის სუბიექტია კატეგორიული მსჯელობის სუბიექტის გვარეული ცნება.

ახლა განვიხილოთ შებრუნებული ამოცანა, პირობითი სახის მსჯელობის გადაყვანა კატეგორიულ სახეში.

თუ გამოვიყენებთ ზემოთ მოყვანილ ფორმულას, რომლის თანახმად კატეგორიული მსჯელობის პირობითი სახეებია $S - w \Rightarrow S_1 - P$ და

$S_2 - S \Rightarrow S_1 - P$ მსჯელობები, მაშინ ადვილად დავასკვნით, რომ პირიქითაც

$S - P \Rightarrow S_1 - P$; პირობითი მსჯელობის შესაბამისი კატეგორიული მსჯელობაა $S - P$.

ამრიგად, თუ პირობითი მსჯელობის საფუძველი კატეგორიული მსჯელობაა და მისი პრედიკატისათვის არსებობს საკუთარი სახელი-ტერმინი, მაშინ საკმარისია ის გამოვიყენოთ შესაბამის კატეგორიულ მსჯელობაში ზედსართავ სახელად - შედეგის პრედიკატი კი გამოვიყენოთ შესაბამისი კატეგორიული მსჯელობის პრედიკატად. მაგრამ ეს ხერხი საყოველთაო არ არის, რადგან მათემატიკაში ისეთი თეორემებიც გვხვდება, რომელთა საფუძვლის პრედიკატს არ გააჩნია საკუთარი სახელი, ან ის საკმაოდ მრავალსიტყვიერია, ან თეორემა ჩამოყალიბებულია ანალიზურად. ასეთი თეორემები კატეგორიულ სახეში ვერ ჩამოყალიბდებიან.

ამრიგად, ყოველი მათემატიკური თეორემა (მცირე გამონაკლისის გარდა) ზოგადია და ლოგიკური თვალსაზრისით იმპლიკაციის ხასიათისაა. ამიტომ იმისათვის, რომ მათემატიკის სწავლებას განმავითარებელი ხასიათი ჰქონდეს, მიზანშეწონილია, რომ თეორემა იყოს სავსებით კვანტორირებული და სრულად იმპლიცირებული. მაგრამ სტილისტური ნორმების დაცვის აუცილებლობის გამო ეს სრულიად განუხორციელებელია. თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ ამ მიდგომარეობის გამოსწორების ეფექტურ ხერხს წარმოადგენს თეორემათა ტრასფორმირება, ანუ ლოგიკური სტრუქტურის შეცვლა. ეს ხერხი ეყრდნობა ლოგიკურ მიდგომას და ამიტომ ლოგიკურად მწიგნობრულია. ის ეფექტური საშუალებაა მათემატიკური მასალის გააზრებულად შეთვისებისათვის და ამიტომ მეთოდურადაც მიზანშეწონილია [4].

ს.ს.ორბელიანის სახელობის
თბილისის პედაგოგიური უნივერსიტეტი

ლი ბ ე რ ა ტ შ რ ა

1. კ. ბაქრაძე. ლოგიკა, თბილისი, 1972.
2. ა. პოჯარელაოვი. გეომეტრია 7-11. თბილისი, 1996.
3. М. Колягин. Методика преподавания математики. М., 1986.
4. აბეღელიანი. ფიზიკა და მათემატიკა სკოლაში, № 4, 1972.



თ. ბუთხუჯი, ნ. ბაგყალიძე, ზ. ნაცვლიშვილი, მ. შარვაშიძე, თ. ჰალიძე

ZnS-ის მონოკრისტალების საკუთარ-დეფექტური ელექტრული გამტარობა

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ჯ. ლომინაძემ 04.07.1996

ნახევარგამტარული შენაერთების ელექტრული და ოპტიკური თვისებები, მათ შორის გამტარობის ტიპი და მუხტის მატარებლების კონცენტრაციები, განისაზღვრება წერტილოვანი დეფექტებით. საერთოდ, გამტარობის ტიპზე პასუხისმგებელი წერტილოვანი დეფექტების იდენტიფიკაცია საკმაოდ ძნელი ამოცანაა. მისი გადაწყვეტა მოითხოვს როგორც ელექტრული და ოპტიკური გაზომვების შედეგების შეჯერებას, ასევე ტექნოლოგიური პროცესის სპეციფიკის გათვალისწინებას.

აღნიშნული პრობლემა განსაკუთრებით აქტუალურია $A^{II}B^{VI}$ ფართოზონიანი შენაერთებისათვის (ZnO, ZnS, ZnSe), რადგან სინთეზის მაღალი ტემპერატურები და, აქედან გამომდინარე, მათში არაკონტროლირებადი მინარევების დიდი კონცენტრაციით არსებობა, აგრეთვე, კომპენსაციისა და თვითკომპენსაციისაქენ მიდრეკილება აძლევს შედგენილობის რეგულირებას ამ შენაერთებში.

ჩვენ მიერ შემუშავებულ იქნა $A^{II}B^{VI}$ ტიპის ფართოზონიანი შენაერთების მიღების ახალი მეთოდი – რადიკალურ-სხივურ-ჰეტერირებადი ეპიტაქსია (რსჰე), რომელიც იძლევა ზედმიწევნით სუფთა ნიმუშების მიღების შესაძლებლობას წინასწარ დაგეგმილი ელექტრული და ოპტიკური თვისებებით.

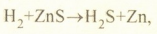
რსჰე-ის დროს $A^{II}B^{VI}$ ფართოზონიანი შენაერთების ბაზური ნიმუშები 350-950°C ტემპერატურაზე მუშავდება ჟანგბადის რადიკალების ატმოსფეროში. თერმოდამუშავების პროცესში ბაზურ კრისტალზე, მაგალითად ZnS-ზე, წარმოიქმნება ZnO-ს თხელი ფენა. ამ ფენის ფორმირებაში მონაწილეობს ბაზური კრისტალიდან ექსტრაჰირებული თუთია და გაზური ფაზიდან ადსორბირებული ჟანგბადი. გაზში მეტალოიდის დიდი ჭიმოური პოტენციალის გამო შესლუდულია მეტალოიდის – გოგირდის გამოსვლა ბაზური კრისტალიდან. ჩვეულებრივ, ბაზურ კრისტალად გამოყენებულია ნიმუშები სტეკიომეტრიის გადახრით მეტალის მხარეს, ამიტომ თერმოდამუშავების საწყის ეტაპზე ბაზური კრისტალიდან ექსტრაჰირებს მეტალური, უპირველეს ყოვლისა, კვანძთაშორისი კომპონენტი Zn_i , რომელიც მოხვდება რა კრისტალის ზედაპირზე ადსორბირებული ჟანგბადის სინგლეტური რადიკალების გარემოცვაში, წარმოქმნის ZnO-ს ფენას. თერმოდამუშავების შემდგომ ეტაპზე ბაზური კრისტალიდან ექსტრაჰირებენ ნორმალურ ადგილებზე მყოფი Zn-ები.

ბაზურ კრისტალზე წარმოქმნილი ZnO-ს პირველივე ატომარული ფენა ამუხრუქებს ბაზური კრისტალიდან მეტალოიდის გამოსვლას, რის გამოც ტექნოლოგიური პროცესის დროს ხდება ბაზური კრისტალის გაღარიბება მეტალური კომპონენტით.

რსჰე-ის მეთოდი სხვა მეთოდებთან კომბინაციისას კარგ შესაძლებლობას
 ლევა ღრმად ჩაეწვდეთ საკუთარ-დეფექტური ელექტრული გამტარობის მექანიზმს.
 ტრადიციული მეთოდებით ბაზურ მონოკრისტალში მეტალის კონცენტრაციის გა-
 საზრდელად (თერმოდოფუზური გამოწვა თხევად თუთიაში ან თუთიის ორთქლში)
 საჭიროა მაღალი ტემპერატურები, რის გამოც არაკონტროლირებადი მინარევებ-
 ბის კონცენტრაციები იზრდება. ამიტომ ჩვენ მიერ არჩეულ იქნა იონური იმპ-
 ლანტაციის მეთოდი. ამ მეთოდის ღირსებად შეიძლება ჩაითვალოს ჩანერგილი
 კომპონენტის კონცენტრაციის მკაცრი კონტროლი, ლეგირების პროფილის მარ-
 თვის ელასტიკურობა და პროცესის დაბალი ტემპერატურა.

საწყისი ბაზური მონოკრისტალი ZnS გაზრდილი იყო გაზოფაზური მეთოდით
 და გააჩნდა წინალობა 10^{12} ომი/სმ (სპეციალურად არალეგირებული). იონური
 დენის სიმკვრივე შეესაბამებოდა $0,5-5,0$ მკა/სმ², ნიმუშის ზედაპირის გათბობა
 არ აღემატებოდა $50-100^{\circ}\text{C}$. დოზა - $10^{14}-10^{15}$ სმ⁻² (იმპლანტაცია ტარდებოდა
 ხელსაწყოზე „იმპლანტრონ-3“), ენერგია - 150 კეე. Zn⁺ იონებით დასხივების
 შემდეგ ბაზური მონოკრისტალი ZnS გამოწვამდე ხასიათდებოდა ელექტრული
 გამტარობით, წინალობა მცირდებოდა 10^4-10^5 ომი/სმ-მდე. თუთიის ნაჯერ ორ-
 თქლში გამოწვის შემდეგ კუთრი წინალობა კიდევ უფრო დაეცა (10^2 ომი/სმ-
 მდე). დონორული ცენტრების აქტივაციის ენერგია იმპლანტირებულ ფენაში, გან-
 საზღვრული ელექტრული გამტარებლობის ტემპერატურული დამოკიდებულებით
 $300-500$ K-ს ინტერვალში, შეადგენდა $0,11 \pm 0,02$ ევ-ს. წყალბადსა და ვაკუუმ-
 ში გამომწვარი ნიმუშების წინალობა მეტი იყო 1-3 რიგით შესაბამისად.

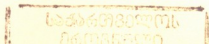
არაგამომწვარი იმპლანტირებული ფენების ბაზურ კრისტალად გამოყენება
 რსჰე-ის მეთოდში 1-3მკმ სისქის ZnO-ს ფენების მიღების საშუალებას იძლევა.
 ZnO-ს ფენის მოხსნის შემდგომ ZnS ბაზურ კრისტალს გააჩნდა წინალობა 10^{12}
 ომი/სმ (პირვანდელი მნიშვნელობა). გამოწვა თუთიის ორთქლში, წყალბადში, ვა-
 კუუმში და დამუშავება რსჰე-ის მეთოდით გვიჩვენებს გამოწვისას გაზური ფაზის
 შედგენილობის გავლენას სტექიომეტრიიდან გადახრის იმ სიდიდებზე, რომელიც
 შეიძლება მივიღოთ იონური იმპლანტაციის გამოყენებით. წყალბადში გამოწვა
 ეკვივალენტურია მაღალი წნევების მქონე თუთიის ორთქლში გამოწვისა, რადგა-
 ნაც შესაძლებელია რეაქცია:



რაც იწვევს გოგირდის ორთქლის წნევის შემცირებას. ვაკუუმში გამოწვა ეკ-
 ვივალენტურია ნეიტრალური ატმოსფეროსი, რომელიც შეესაბამება ზოგადი წნე-
 ვის მინიმუმს.

წინალობის დოზური დამოკიდებულება წარმოდგენილია 1 სურათზე. როგორც
 ჩანს, არსებობს წინალობის დოზაზე პრაქტიკულად წრფივი დამოკიდებულება
 $10^{14}-10^{16}$ სმ⁻² ინტერვალში, მაგრამ $5 \cdot 10^{16}$ სმ⁻² დოზის შემოთ იმ ნიმუშების
 წინალობა, რომლებიც ლეგირებულნი არიან $T=20^{\circ}\text{C}$ -ზე, გამოწვის შემდეგ მკვეთ-
 რად მცირდება (4 რიგი). უფრო მაღალ ტემპერატურაზე ლეგირებული ნიმუშე-
 ბის წინალობაზე თერმოდამუშავება თითქმის არ ახდენს გავლენას.

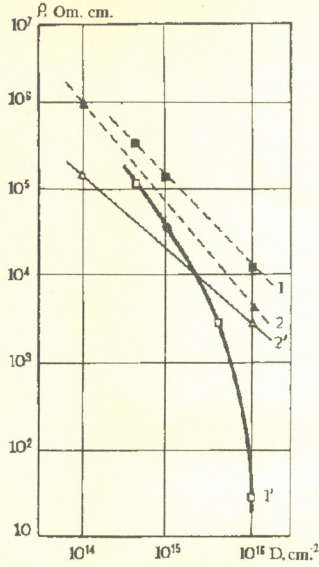
დოზები $10^{14}-10^{15}$ სმ⁻² შეესაბამება მოცულობით კონცენტრაციას $10^{17}-10^{19}$ სმ⁻³.





ეს კი შეესაბამება ან მცირედ მეტია საწყის კრისტალში ბიოგრაფიულად არსებული ვაკანსიების კონცენტრაციაზე. დოზა 10^{16} სმ⁻² შეესაბამება ბიოგრაფიულად არსებული ვაკანსიების გაზრდილ კონცენტრაციას, მაგრამ ამგვარი ინტერპრეტაცია არასაკმარისია ექსპერიმენტით მიღებული თავისებური დოზური დამოკიდებულების ასახვას ვეძღვებით. მართლაც, ერთი მხრივ, ნაჩვენებია, რომ გაზური ფაზის შედგენილობა განსაზღვრავს იმპლანტირებული ნიმუშების გამტარობას. ეს იმას ნიშნავს, რომ დოზური დამოკიდებულება ან არ უნდა არსებობდეს, ან კიდევ სუსტად გამოხატული უნდა იყოს. მაგრამ, როგორც ექსპერიმენტიდან ჩანს, დოზური დამოკიდებულება თუთიით იმპლანტაციისას საკმაოდ ძლიერია.

ჩვენ დავაკვირდით წინააღმდეგობის დაქვეითებას ZnS-ზე $P=10^{12}$ ომი/სმ-დან 10^8 ომი/სმ-მდე დიდი დოზებით Ar^+ -ის იონებით დასხივებისას, ენერგია - 150 კეე. გამტარობის ცვლილების ასეთი ბუნება, შეიძლება აიხსნას რადიაციული დეფექტთა წარმოქმნის თავისებურებებით ბინარულ შენაერთებში. დასაშვებია ასეთი მიკროსკოპული მექანიზმი: ფრენკელის წყვილის ვაკანსიური კომპონენტი მეტალის ქვემესერში დიფუნდირებს ზედაპირისკენ, ხოლო კვანძთაშორისი კომპონენტი უზრუნველყოფს წინააღმდეგობის შემცირებას. ბინარული შენაერთების ეს თავისებურება [3]-ში განხილულია უფრო ზოგადად. ავტორები თვლიან, რომ დასხივებისას ელექტრული და ატომური დეფექტების არსებითად არაწონასწორული კონცენტრაციისას მათ შორის სტატისტიკური ურთიერთქმედების შედეგად მყარდება კვაზიწონასწორობა. იმ ფართო ზონიან ნახევარგამტარებში, სადაც თერმოდინამიკური წონასწორობის პირობებში ენერგეტიკულად მომგებიანია სუსტი ელექტრული გამტარებლობის არსებობა, დასხივების პირობებში კვაზიწონასწორული თანაფარდობები სტაბილური რადიაციული დეფექტების კონცენტრაციებს შორის ასევე შეესაბამება სუსტ ელექტრულ გამტარობას. მაგალითად, მაღალმომიანი ალმასის Ar^+ იონებით ლეგირებისას შესაძლებელია ელექტრული გამტარობის გაზრდა [4].

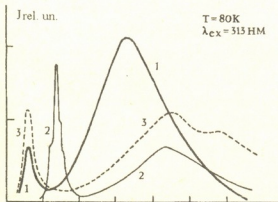


სურ. 1. Zn^+ იმპლანტირებული ZnS-ის კუთრი წინააღმდეგობის დოზური დამოკიდებულება ($E=150$ კეე).
 $T_{ლეგირ}=20^{\circ}C$ 1-გამოწვამდე 1'-გამოწვის შემდგომ.
 $T_{ლეგირ}=150^{\circ}C$ 2-გამოწვამდე 2'-გამოწვის შემდგომ.

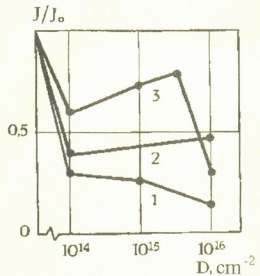
გამომწვარ ნიმუშებზე დოზური დამოკიდებულების ასახსნელად აუცილებელია იმის გათვალისწინება, რომ გაზურ ფაზასთან წონასწორობის დამყარების პროცესი ამ შემთხვევაში დამოკიდებულია რადიაციული დეფექტების სტრუქტურასა და კონცენტრაციაზე. დოზური დამოკიდებულების ასახსნელად გათვალისწინებული უნდა იქნეს კრისტალში არაკონტროლირებადი მინარევებისა და ჩანერგილი Zn^{+} იონების მინარევებთან წარმოქმნილი კომპლექსების როლი. დიდი დოზების $5 \cdot 10^{15} - 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ ეფექტის ასახსნელად უნდა გავითვალისწინოთ, რომ 450°C ტემპერატურა არასაკმარისია კლასტერული წარმოქმნების დასაშლელად. ეს გამომდინარეობს იქიდან, რომ ნიმუშებისათვის დამახასიათებელი შეფერილობა მთლიანად არ ქრება. ასეთი დაბალტემპერატურული გამოწვის დროს. შესაძლებელია, თერმოდამუშავებისას მიმდინარეობს მეტალური კომპონენტების კლასტერების წარმოქმნა და სწორედ ისინი განსაზღვრავენ გამტარობის დიდ მნიშვნელობას. გამოწვის ტემპერატურის გაზრდა 700°C -მდე იწვევს კრისტალის შეფერილობის გაქრობას და წინაღობის 2 - 3 რიგით გაზრდას. მოყვანილი მოსაზრება ასევე დასტურდება „ცხელი“ ლეგირების ექსპერიმენტით. მსხვილი კლასტერული წარმონაქმნების გენერაცია „ცხელი“ ლეგირებისას გაძნელებულია მარტივი დეფექტების სწრაფი ანიჰილაციის გამო და, ამიტომ, დიდი დოზების დროს არა გვაქვს წინაღობის მკვეთრი დაქვეითების უბანი.

აღსანიშნავია, რომ „ცივი“ და „ცხელი“ ლეგირების შემთხვევაში ელექტრონების კონცენტრაცია იზრდება უფრო სწრაფად, ვიდრე $n \sim N_D^{1/2}$, როგორც ეს გამომდინარეობს მატარებლების სტატისტიკიდან, იმ ვარაუდით, რომ დონორების N_D კონცენტრაცია პროპორციულია ლეგირების დოზისა.

ლუმინესცენციური გამოკვლევა ჩატარდა იმავე ნიმუშებზე, რომლებზეც ტარდებოდა ელექტრული თვისებების გამოკვლევა, საწყისი ბაზური კრისტალის ფო-



სურ. 2. 1 - საწყისი ბაზური კრისტალის ZnS ფოტოლუმინესცენციის სპექტრი
2 - ZnO ფენის ფოტოლუმინესცენციის სპექტრი
3 - Zn^{+} იმპლანტირებული ბაზური კრისტალის ZnS-ის ფოტოლუმინესცენციის სპექტრი
ZnO-ს ფენის მოცილების შემდეგ.



სურ. 3. ფოტოლუმინესცენციის სპექტრის 470 ნმ ზოლის ფარდობითი ინტენსივობის დოზური დამოკიდებულება ლეგირებული კრისტალებისათვის:
1. $T=20^{\circ}\text{C}$. 2. $T=150^{\circ}\text{C}$. 3. $T=450^{\circ}\text{C}$.



ტოლუმინესცენციის სპექტრი წარმოდგენილია მე-2 სურათზე და გააჩნია მაქსიმუმი 470 ნმ-ზე, ზოლი არაელემენტარულია. თუთიის იონებით დასხივება იწვევს სპექტრის ულტრაიისფერი ნაწილის გაქრობას და ფოტოლუმინესცენციის ინტენსივობის შემცირებას ტალღის სიგრძის მთელ გამოკვლეულ დიაპაზონში. ამასთან, ეს შემცირება პროპორციულია დოზისა.

მე-3 სურათზე წარმოდგენილია ფოტოლუმინესცენციის სპექტრის 470 ნმ ზოლის ფარდობითი ინტენსივობის დოზური დამოკიდებულება კრისტალებისათვის, რომლებიც ლეგირებულნი არიან $T=20^{\circ}\text{C}$, $T=150^{\circ}\text{C}$, $T=450^{\circ}\text{C}$ -ზე. როგორც სურათიდან ჩანს, „ცხელი“ ლეგირებისას შედარებით მცირედ იცვლება ფოტოლუმინესცენციის სიმკვრივე. ლუმინესცენციის გაქრობა იონური დასხივების შემდეგ საერთოდ ახასიათებთ კრისტალებს და იგი დაკავშირებულია არაგამოსხივებადი რეკომბინაციის ცენტრების რიცხვის ზრდასთან. ფოტოლუმინესცენციის ინტენსივობა საწყის მნიშვნელობამდე არ აღწევს $400 - 450^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურებზე გამოწვის დროსაც კი. როგორც სურათიდან ჩანს, თავიდან $10^{14} - 5 \cdot 10^{15} \text{ სმ}^{-2}$ დოზის ინტერვალში ფოტოლუმინესცენციის ინტენსივობა იზრდება, მაგრამ შემდგომ დოზების გაზრდისას ინტენსივობა მცირდება და ეს უბანი ემთხვევა წინააღმდეგობის მკვეთრი დაცემის უბანს. ეს ადასტურებს იმას, რომ ჩანერგილი თუთია $5 \cdot 10^{15} - 10^{16} \text{ სმ}^{-2}$ დოზებით იმპლანტაციისას გამოწვის შემდგომ წარმოშობს არა წერტილოვან დონორულ დეფექტებს, არამედ კლასტერებს. ნათების ცენტრების კონცენტრაცია, რომელიც თავის თავში აერთიანებს Zn_i და პასუხისმგებელია 466-470 ნმ ზოლისა, ეცემა Zn_i -ის გამოსვლის გამო კლასტერულ წარმონაქმნებში.

ძალიან მნიშვნელოვანია ის, რომ $\text{A}^{\text{II}}\text{B}^{\text{VI}}$ -ში იონური ლეგირებისას არ შეიმჩნევა ლუმინესცენციის არანაირი თვისობრივად ახალი ზოლები, რომლებიც არ მიიღებოდნენ თერმული დამუშავებისას. ეს ერთხელ კიდევ ადასტურებს, რომ $\text{A}^{\text{II}}\text{B}^{\text{VI}}$ -ში დასხივებისას არ წარმოიქმნება „სპეციფიკური“ რადიაციული დეფექტები.

მე-2 სურათზე წარმოდგენილია აგრეთვე $-\text{Zn}^+$ -ით იმპლანტირებულ ნიმუშებზე რსჰე-ით გაზრდილი ZnO მონოკრისტალური ფენის ფოტოლუმინესცენციის სპექტრი და Zn^+ -ის იონებით იმპლანტირებული ZnS კრისტალის ფოტოლუმინესცენციის სპექტრი, რსჰე-ის მეთოდით დამუშავებისა და ZnO -ს ფენის მოცილების შემდეგ. როგორც სურათიდან ჩანს, საწყის ნიმუშებთან შედარებით სპექტრის ულტრაიისფერი ნაწილის ინტენსივობა იზრდება, მცირდება ზოლი მაქსიმუმით 466-470 ნმ და ჩნდება ფართო ზოლები მაქსიმუმით 515 და 630-650 ნმ. ფოტოლუმინესცენციის სპექტრული ინტენსივობა არსებითად არაა დამოკიდებული თუთიის იონებით იმპლანტაციის დოზაზე.

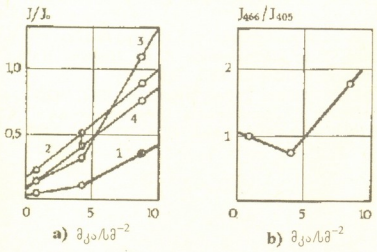
რსჰე-ის მეთოდით ბაზური კრისტალის დამუშავების დროს Zn_i -ის კომპონენტები მონაწილეობას იღებენ ახალი მონოკრისტალური ZnO -ს ფენის შენებაში და აღარ მიმდინარეობს კლასტერების წარმოქმნა. გარდა ამის, ბაზური კრისტალის ზედაპირულ ფენაში მკვეთრად მცირდება კვანძთაშორისი თუთიის კონცენტრაცია, რის გამოც ფოტოლუმინესცენციის სპექტრში ქრება 466-470 ნმ სპექტრული ხაზი, ხოლო ნიმუშების წინააღმდეგობა იღებს საწყის მნიშვნელობას.

თუთიით იმპლანტაციის დროს დეფექტების წარმოქმნის მექანიზმის გასარკვევად ZnS მონოკრისტალები დასხივებულ იქნა Ar^+ იონებით. ამ შემთხვევაში

სტეკიომეტრული შედგენილობის ცვლილება შესაძლებელია მხოლოდ რადიაციული დეფექტწარმოქმნის პროცესების ხარჯზე და ოპტიკური თვისებების ცვლილება მხოლოდ ამ პროცესებზე უნდა იყოს დამოკიდებული. დასხივება ხდებოდა $10^{15} - 10^{16} \text{ სმ}^{-2}$ დოზებით დენის სხვადასხვა სიმკვრივების დროს 1,4,8, მკა/სმ². გამოწვა მიმდინარეობდა წყალბადში $T=450^{\circ}\text{C}$ -ზე. 1 მკა/სმ² დენის სიმკვრივის დროს დასხივებულ ნიმუშებში ფოტოლუმინესცენციის 466 ნმ ზოლის ინტენსივობა მკვეთრად ეცემა (სურ. 4), როგორც თუთიით დასხივებისას, მაგრამ დენის სიმკვრივის გაზრდისას მიმდინარეობს ამ ზოლის ინტენსივობის აღდგენა, ამასთანავე იზრდება 405 ნმ ზოლი, I_{466}/I_{405} ფარდობა 4 მკა/სმ²-ზე მეტი დენის დროს იზრდება. ფოტოლუმინესცენციის სპექტრში რაიმე ახალი ზოლის გაჩენა არ ხდება. ფოტოლუმინესცენციის ინტენსივობის აღდგენა და 466 და 405 ნმ ზოლების ინტენსივობის ზრდა დენების დიდი სიმკვრივის დროს დაკავშირებული უნდა იყოს ნიმუშების გათბობასთან. ექსპერიმენტული შედეგები გვიჩვენებს, რომ ნიმუშების ზედაპირული ფენების ტემპერატურა 5 – 8 მკა/სმ² დენის დროს 200°C -ს აღემატება. ამ ტემპერატურაზე ლეგირება უკვე „ცხელია“, რაც იწვევს რადიაციული დეფექტების – არაგამოსხივებადი რეკომბინაციის ცენტრების გაქრობას (დეფექტების მკურნალობა მიმდინარეობს თვით ლეგირების პროცესში).

იმ დეფექტების იდენტიფიკაციისათვის, რომლებიც დარჩენილი არიან არგონით დასხივებულ ნიმუშებში, წყალბადში გამოწვის შემდეგ, გაზომილ იქნა მათი თერმოლუმინესცენციის მრუდები, რადგან დასხივებულ ფენას აქვს 1000Å-ის ტოლი სისქე, ხოლო ფოტოაგზნება მოიცავს გაცილებით უფრო სქელ ფენას, დასხივებული მხარის თერმოლუმინესცენციის მრუდი მიღებულ იქნა კრისტალის დასხივებული და დაუსხივებელი მხარეების თერმოლუმინესცენციის მრუდების შე-

დარებით. დასხივების შემდეგ თერმოლუმინესცენციის სპექტრში $T=110^{\circ}\text{C}$ -ზე გამოიკვეთა პიკი. ცნობილია, რომ თერმოლუმინესცენციის $T=110^{\circ}\text{C}$ პიკი დაკავშირებულია თუთიის კვანძთაშორის ატომთან Zn_i . ამგვარად, ინერტული გაზის იონებით ბომბარდირებისას პრივილეგირებულ დეფექტს წარმოადგენს Zn_i . კრისტალის თუთიით გამდიდრება ხდება გოგირდის აორთქლებისა და გოგირდის ვაკანსიების ზედაპირისაკენ დიფუნდირების ხარჯზე. ვაკანსიების ზედაპირისკენ დიფუზია კი იწვევს თუთიის კვანძთაშორის გადასვლას.



სურ. 4. ა) Ar^+ -ით ლეგირებული ($D=10 \cdot 16 \text{ სმ}^{-2}$, $E=150$ კევ) ZnS-ის ფოტოლუმინესცენციის ფარდობითი ინტენსივობის დენის სიმკვრივებზე დამოკიდებულება.
 1 – 470 ნმ ზოლზე $T=300\text{K}$ $\lambda_{\text{აგზნ}}=328$ ნმ
 2 – 470 ნმ ზოლზე $T=300\text{K}$ $\lambda_{\text{აგზნ}}=350$ ნმ
 3 – 466 ნმ ზოლზე $\lambda_{\text{აგზნ}}=328$ ნმ
 4 – 405 ნმ ზოლზე $T=90\text{K}$ $\lambda_{\text{აგზნ}}=328$ ნმ
 ბ) – 466 ნმ და 405 ნმ ზოლების ინტენსივობა ფარდობა.

საკუთარ-დეფექტური ელექტრული გამტარობის აქტივაციის ენერგია — 0,11 ევ ასევე შეესაბამება კვანთაშორის თუთიას [5,6]. მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ თუთიის იონებით ბომბარდირების დროსაც მოქმედებს დეფექტ-წარმოქმნის ეს მექანიზმი. ამასთან, არგონით ბომბარდირებისაგან განსხვავებით ჩატენილი Zn_i -ის კონცენტრაცია გაცილებით მეტია და კრისტალი მიიღება დაბალომიანი.

ამგვარად, თუთიით იმპლანტირებულ ფენებში ელექტრული და ოპტიკური თვისებები განისაზღვრება არა მხოლოდ იმპლანტაციის პირობებითა და გამოწვის ტემპერატურით, არამედ გავრცელებული ფაზის შედგენილობითაც.

როგორც ჩანს, თუთიის იონებით იმპლანტაციისას პრივილეგირებულ დონორულ დეფექტს წარმოადგენს Zn_i , ეს დეფექტი რჩება კრისტალში თერმოდამუშავების შემდეგაც, ხოლო ვაკანსური დეფექტები ქრებიან.

წარმოდგენილი შრომა შესრულებულია საერთაშორისო სამეცნიერო ფონდის N RVDOOO გრანტის მხარდაჭერით.

ი. ჯავახიშვილის სახელობის
 თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. Т. Бутхузи, А. Георгобiani, Е. Зада-Улы, Б. Т. Эльтазаров, Т. Г. Хулордава. Труды ФИАН. 182, 1989.
2. В. Зелевинская, Т. Качурин, Н. Придачик, А. Смирнов. Физ. и техн. полупроводников 4, 2, 1970, 317-320.
3. В. Винецкий, Л. Смирнов, Физ. и техн. полупроводников. 5, 1, 1971, 176-178.
4. В. Вавилов, А. Городецкий, А. Захаров, В. В. Краснопевцев, В. Ю. Миютин. В Сб. Дефекты структуры в полупроводниках. Новосибирск, 1973, 231-234.
5. З. Илюхина, Е. Панасюк, В. Туницкая, Т. Филина, Труды ФИАН 59. 1972, 38-63.
6. Н. Кравец, Б. Двиняников, Ф. Гаврилов, IV Всес. совещ. Физика, химия и технология полупроводников A_2V_6 Сб. тез. докл.; Киев, 1976, 121.



ა. ფანჩვიძე, ო. ნამიჩიიშვილი

ბინარული და არამაკაფიო სიბნალების დამუშავება არამაკაფიო
 გოშლოზის ანალიზის გამოყენებით

წარმოდგინა აკადემიკოსმა ნ. ამალაბეღმა 10.10.1996

ციფრული და ანალოგიური ინფორმაციის გადაცემისას საჭიროა მიღებულ მონაცემთა საიმედოობის უზრუნველყოფა.

ამ მიზნით შესაძლოა გამოყენებულ იქნეს დარეზერვების მეთოდი, რომელიც წარმოდგენს გამომავალ მონაცემთა სიზუსტის გაზრდის ერთ-ერთ ხერხს. დარეზერვება გულისხმობს ერთნაირად მომუშავე დამატებით ტექნიკურ მოწყობილობათა ჩართვას (სიჭარბის შექმნა).

წარმოდგენილი ნაშრომი ეძღვნება ტექნოლოგიურ მართვის სისტემებში ინფორმაციული არხების დარეზერვებისას კენჭისყრის ტიპის საიმედო აღდგენითი ელემენტების დაპროექტებას.

ვთქვათ, გვაქვს $X \in \{0,1\}$ საწყისი ბინარული სიგნალი. იგი გადაიცემა N რაოდენობის $B_i (i=1, \dots, N)$ ერთნაირი ტიპის არხებით. ასე რომ, გამოსავალზე ვღებულობთ N რაოდენობის $x_i (i=1, \dots, N)$ სიდიდეს, რომლებსაც იძლევა თითოეული B_i არხი და რომელთა საშუალებითაც უნდა აღდგეს საბოლოო გამომავალი Y ბინარული სიგნალი.

Y განვიხილოთ როგორც N ცვლადის ფუნქცია:

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_N), \quad (1)$$

ხოლო f -თვის ავირჩიოთ შემდეგი „მაქორითარული“ ფუნქცია:

$$Y = \operatorname{sgn} \left(\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N x_i \right), \quad (2)$$

სადაც

$$\operatorname{sgn}(z) = \begin{cases} 0, & \text{თუ } z < \theta, \\ 1/2, & \text{თუ } z = \theta, \\ 1, & \text{თუ } z > \theta, \end{cases} \quad (3)$$

სადაც $\theta=1/2$. უფრო ზოგადად, θ სიდიდის არჩევა ექსპერტთა პრეროგატივაა და შეიძლება გახდეს ცალკე შესწავლის საგანი.

$Y=1/2$ სიდიდე მიუთითებს განუზღვრელობაზე Y -ში. ეს იმას ნიშნავს, რომ ან ასეთი კომბინაცია არასოდეს განხორციელდება (როდესაც N კენტი რიცხვია), ან Y გამომავალი სიდიდე განუზღვრელია.



ამრიგად, Y აღდგენილი სიგნალი მიიღება კენჭისყრის მეთოდის საშუალებით ასეთი მიდგომა შესაძლოა გამართლებულ იქნეს იმ შემთხვევაში, როდესაც ყველა B_i არხი ეკვივალენტურია საიმედოობის თვალსაზრისით. მაგრამ თუ ეკვივალენტურობა არ არის დატული, მაშინ Y ვერ ჩაითვლება დამაკმაყოფილებელ შედეგად.

[1]-ში პრობლემა გადაჭრილია $q_i \in [0, 1]$, $i = 1, \dots, N$, ალბათობების შემოტანით. თითოეული q_i მიუთითებს თუ რამდენად ჭეშმარიტი შეიძლება იყოს B_i არხით მიღებული სიგნალი. ამრიგად, (2)-ის ნაცვლად განვიხილავთ შემდეგ ფუნქციას:

$$Y = \text{sgn}(Z), \quad (4)$$

სადაც

$$Z = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (q_i \cdot x_i). \quad (5)$$

წინამდებარე ნაშრომში q_i სიდიდეთა განსასაზღვრავად ნაცვლად სტატისტიკური მიდგომისა [1] გამოიყენება არამკაფიო ბმულობის ანალიზი [2, 3]. შესაბამისად, ახლა q_i წარმოადგენს i -ური არხის საიმედოობის ხარისხს.

ჩავთვალოთ, რომ არსებობს ექსპერიმენტულ მონაცემთა გარკვეული რაოდენობა, რომელთა საფუძველზედაც შესაძლებელი იქნება B_i არხების საიმედოობის დადგენა. გარდა ამისა, ტექნოლოგიური ელემენტის ფუნქციონირების პროცესში მოხდება სტატისტიკურ მონაცემთა დაგროვება, რომლებიც დროდადრო შეცვლიან ძველ მონაცემებს. ასეთი მიდგომა საშუალებას იძლევა მხედველობაში იქნეს მიღებული არხების საიმედოობა დინამიკაში.

ვთქვათ, $\{B\}$ არის არხთა სიმრავლე, ხოლო $\{E\}$ – სტატისტიკით შეგროვებული სიტუაციების სიმრავლე, შესაბამისად, N და E კარდინალური რიცხვებით. შემდეგ დავუშვათ, რომ a_{ij} არის გამოძავალი სიგნალი, რომელიც მიიღება i -ური ($B_i \in \{B\}$) არხის მეშვეობით j -ური ($E_j \in \{E\}$) სიტუაციაში, ხოლო a_{ij} – B_i -ის „სიმართლის“ ზომა E_j -ში:

$$a_{ij} = 1 - |a'_{ij} - x^{(j)}|, \quad (6)$$

სადაც $x^{(j)}$ არის X შემავალი სიგნალი E_j სიტუაციაში.

ინფორმაციის სტატისტიკური ხასიათის საწყის წყაროს წარმოადგენს $N \times E$ განზომილების $A = \{a_{ij} \in \{0, 1\}\}$ ინციდენციათა მატრიცა. იგი ასახავს $\{B\}$ არხთა და $\{E\}$ სიტუაციათა სიმრავლეებს შორის ურთიერთდამოკიდებულებას. A მატრიცის თითოეული A_{ij} ელემენტი მიუთითებს, არის თუ არა ჭეშმარიტი i -ური არხის მიერ i -ური სიტუაციაში მიღებული სიგნალი.

შემდგომი მიზნებისათვის განვსაზღვროთ r_i დამხმარე ცნება – i -ური არხის „საშუალო საიმედოობა“:

$$r_i = \frac{1}{E} \cdot \sum_j a_{ij}. \quad (7)$$

შემდეგ განვიხილოთ C^A ბმულობის მატრიცა, რომლის ელემენტებიც გამოითვლება ფორმულით:

$$C_{km}^A = \frac{\sum_i (a_{ki} \wedge a_{mi})}{\sum_i (a_{ki} \vee a_{mi})} \quad (8)$$

$N \times N$ განზომილების C^A მატრიცის თითოეული C_{km}^A ელემენტი შეიძლება განხილულ იქნეს როგორც საიმედოობის თვალსაზრისით i -ური და k -ური არხების „სიახლოვის“ ზომა.

უშუალოდ C^A მატრიციდან მიიღება ბმულ არხთა ჯგუფების (ბაჯ) განაწილება $\pi \in [0,1]$ ბმულობის დონეების მიხედვით:

$$\{G_{\pi}\}, \quad (9)$$

სადაც $\pi = 0; 0,1; \dots; 1$ აღნიშნავს ბმულობის დონეს, ხოლო π მიუთითებს რა π დონის გარკვეულ ჯგუფზე, წინასწარ არ არის განსაზღვრული და დამოკიდებულია არხთა მიმდინარე ტექნიკურ მდგომარეობაზე.

ცხრილი 1

$$A = \begin{pmatrix} E_1 & E_2 & E_3 & E_4 & E_5 & E_6 & E_7 & E_8 & E_9 & E_{10} \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{matrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{matrix}$$

ინციდენტურობის მატრიცა

$N=5$ არხისათვის, რომელთათვისაც ინციდენტურობის მატრიცა მოცემულია 1 ცხრილში, მე-(9) განაწილება წარმოდგენილია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

π	CCGs
1.0	$\{B_1, B_2, B_4\}, \{B_3\}, \{B_5\}$
0.8	$\{B_1, B_2, B_4\}, \{B_3\}, \{B_5\}$
0.6	$\{B_1, B_2, B_4\}, \{B_3\}, \{B_5\}$
0.4	$\{B_1, B_2, B_4, B_5\}, \{B_3\}$
0.2	$\{B_1, B_2, B_3, B_4, B_5\}$
0.0	$\{B_1, B_2, B_3, B_4, B_5\}$

ბაჯ განაწილება

თითოეული ბაჯ-თვის განვსაზღვროთ ნორმირებული სიმძლავრე:

$$P_{\pi\gamma} = \frac{1}{N} \cdot \text{Card}(G_{\pi\gamma}), \quad (10)$$

და ჯგუფის „საშუალო საიმედოობა“:

$$R_{\pi\gamma} = \frac{1}{\text{Card}(G_{\pi\gamma})} \cdot \sum_{B_i \in G_{\pi\gamma}} r_i, \quad (11)$$

სადაც $\text{Card}(G_{\pi\gamma})$ ფუნქცია იძლევა შესაბამისი ბაჯ-ის კარდინალურ რიცხვს.

თითოეულ ბაჯ-ს შევუსაბამოთ რთული, შედგენილი შეფასება – „წონა“ $W_{\pi\gamma}$ იგი შესაძლებელია გამოითვალოს, მაგალითად, შემდეგი ფორმულით:

$$W_{\pi\gamma} = \pi(\lambda_1 \cdot R_{\pi\gamma} + \lambda_2 \cdot P_{\pi\gamma}), \quad (12)$$

სადაც λ_1, λ_2 თავისუფალი პარამეტრები, რომელთა მნიშვნელობებიც განისაზღვრება ექსპერტების მიერ, აკმაყოფილებენ

$$\lambda_1 + \lambda_2 = 1, \quad (13)$$

პირობას და არეგულირებენ წონაზე კომპონენტების გავლენას.

იმ შემთხვევაში, როცა $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,5$, მე-(12) წონა დაიყვანება $R_{\pi\gamma}$ და $P_{\pi\gamma}$ კომპონენტების საშუალო არითმეტიკულის პროპორციულ სიდიდეზე, ხოლო თავად კომპონენტები წონაში თანასწორუფლებიანად იქნება გათვალისწინებული.

დაბოლოს, Z სიდიდისათვის გვაქვს:

$$Z = \frac{1}{\sum_{B_i \in G_{\pi\gamma}} q_i} \cdot \sum_i (q_i \cdot x_i), \quad (14)$$

სადაც

$$q_i = \sum_{\pi: B_i \in G_{\pi\gamma}} W_{\pi\gamma}. \quad (15)$$

ეს ნიშნავს შემდეგს: მე-(9) განაწილებაში ყოველი i -ური არხისათვის თითოეულ π დონეზე იძებნება B_i -ის შემცველი $G_{\pi\gamma}$ ჯგუფი, და შესაბამისი წონა, რომელიც ასახავს ჯგუფის მნიშვნელოვნებას, ინტერპრეტირებულია როგორც სათანადო ჯგუფის საიმედოობის ხარისხი.

გარდა ამისა, შედეგის საიმედოობის (ან არამკაფიოობის) ზომა შესაძლოა გამოთვლილ იქნეს სტატისტიკური კუმულატური კანონის (სტბ) საშუალებით [3].

განვიხილოთ N -ვექტორი $\vec{r} = (r_1, r_2, \dots, r_N)$, რომლის თითოეული $r_i \in [0, 1]$ კომპონენტი მიიღება (11)-ის საშუალებით. ვთქვათ, $\alpha \in [0, 1]$ არის არხებით მიღებული მონაცემების საიმედოობის, სანდოობის დონე. შესაძლოა დავუშვათ, რომ $\alpha \in \{0; 0,1; 0,2; \dots; 0,9; 1\} \subset [0, 1]$. თითოეული α -თვის სანდოობის დონეთა სიმრავლეზე განვსაზღვროთ შემდეგი სტატისტიკა:

$$s(\alpha) = \{r_i, r_i \geq \alpha, i = 1, \dots, N\}. \quad (16)$$

სტბ-ის საშუალებით $S(\alpha)$ სიდიდეთათვის მიიღება შემდეგი განაწილება სან-

დროის დონეების მიხედვით:

$$S(\alpha) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N U_-(r_i - \alpha), \quad (17)$$

სადაც

$$U_-(z) = \begin{cases} 1, & z \geq 0, \\ 0, & z < 0. \end{cases} \quad (18)$$

\bar{Y} სიდიდის სანდრობის საბოლოო F შეფასება გამოითვლება აწონილი მათემატიკური ლოდინის საშუალებით:

$$F = \sum_{\alpha} \frac{1}{\alpha} \cdot \sum_{\alpha} (\alpha S(\alpha)). \quad (19)$$

წარმოდგენილი მიდგომის უპირატესობა იმაში მდგომარეობს, რომ იგი შეიძლება ადვილად გავრცელდეს იმ შემთხვევისათვის, როდესაც X შემავალი სიგნალი არის არა ბინარული, არამედ არამკაფიო - $X \in [0, 1]$ ამ ტიპის პრობლემებში წამოიჭრება, როდესაც გადასაცემი ინფორმაცია არის ანალოგური ხასიათის. ამოცანის ახალი დასმა მოითხოვს ზოგიერთ მოდიფიკაციას გამომავალი სიგნალის აღდგენის პროცედურაში.

უპირველეს ყოვლისა, განსხვავება გამოიხატება იმ ფაქტში, რომ ახლა A ინციდენტიათა მატრიცა იქნება არამკაფიო, ხოლო ზემოაღწერილი მეთოდი ხორციელდება თითოეული ბაჯ-თვის (12) წონების მიღების ეტაპამდე.

იმ შემთხვევაში, როდესაც X შემავალი სიგნალი ბინარულია, (14) და (15)-ში წონები (ანუ საიმედოობის ხარისხები) გამოკვეთენ შესაბამისი არხებით მიღებული გამომავალი სიგნალების მნიშვნელოვნებას. მაგრამ არამკაფიო სიგნალის შემთხვევაში (4), (14) და (15) ფორმულებით Y -ის გამოთვლისას q_i კოეფიციენტები ცდომილებას შეიტანენ მის საბოლოო მნიშვნელობაში, ამდენად, პირდაპირ ეს მიდგომა არამკაფიო შემთხვევაზე არ გავრცელდება.

ფაქტია, რომ არამკაფიო \bar{Y} -ის გამოთვლის დროს მეტად საიმედო არხებმა უნდა შეიტანოს მეტი წვლილი. ამ მიზნით განვიხილოთ (9) ხისმაგვარი განაწილება. ყოველ π -ურ დონეზე თითოეული γ -ური ბაჯ ქმნის წვეროს, რომელიც ხასიათდება წონით. გარდა ამისა, ყოველი წვერო მოთავსებულია გარკვეულ შტოზე, რომელიც ვრცელდება ჯგუფთა განაწილების ცხრილში ბმულობის დაბალიდან მაღალ დონემდე.

საბოლოოდ აირჩევა შტო, რომელსაც შეესაბამება უდიდესი საშუალო წონა ბმულობის დონეების მიხედვით:

$$\{G_{\pi\gamma^*}\}. \pi = 0; 0,1; \dots; 1, \quad (20)$$

სადაც γ^* არის არჩეულ შტოზე ბმულობის π -ურ დონეზე მდებარე ჯგუფის ნომერი.

საბოლოოდ არამკაფიო \bar{Y} სიგნალი განვიხილოთ როგორც იმ არხთა მიერ მიღებული სიგნალების აწონილი საშუალო არითმეტიკული, რომელნიც შედიან



არჩეული შტოს ბაჯ-ში. ეს ფორმულის საშუალებით შეიძლება გამოიხატოს შემდეგნაირად:

$$\bar{Y} = \frac{1}{\sum_{\pi} \text{Card}(G_{\pi\gamma^*})} \cdot \sum_{\pi} \sum_{B_i \in G_{\pi\gamma^*}} x_i. \quad (21)$$

ამრიგად, \bar{Y} საბოლოო შედეგში მეტ წვლილს შეიტანენ იმ არხებით მიღებული სიგნალები, რომლებიც შევლენ ბმულობის დონეების მიხედვით ყველაზე მეტ ბაჯ-ში.

აქაც, \bar{Y} -ის სანდობის ზომად შეიძლება გამოვიყენოთ მე-(19) შეფასება.

ზემოაღწერილი მიდგომის ფარგლებში შესაძლებელია განვიხილოთ შემთხვევა, როდესაც შემავალი X არის არა განმხოლოებული სიგნალი, არამედ L -ვექტორი (X^1, X^2, \dots, X^L) . ამოცანის ასეთი დასმის პირობებში მეთოდის პროცედურა უნდა ჩატარდეს ვექტორის თითოეული X^l კომპონენტისათვის დამოუკიდებლად.

ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მართვის სისტემების ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *О. М. Намичишвили*. Пороговое резервирование в управляющих вычислительных машинах. Тбилиси, 1988, 140 стр.
2. *К. М. Панчвидзе*. Сообщ. АН Грузии. 150, 2, 1994, 237-241.
3. *К. М. Панчвидзе, Т. Г. Гачечиладзе*. Автоматика и Телемеханика, N 3, 1996, 128-134.



ფ. უშბითიძე, რ. ჯობავა, ლ. ქარაშაძე, ლ. კომპინენკა, რ. ზარიძე

რეზისტული ზედაპირის მქონე სხეულების ელექტროსტატიკური განმუხტვა

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა თ. სანაძემ 12.12.1996

ციფრული სისტემების სირთულისა და მგრძობიარობის გაზრდასთან ერთად იზრდება ელექტროსტატიკურ განმუხტვასა და ელექტრონულ სისტემებზე მის ზემოქმედებასთან დაკავშირებული ძირითადი მოვლენების ღრმა გააზრებისა და შესწავლის აუცილებლობა [1]. ელექტროსტატიკურ განმუხტვაში ძირითადად ითვლება განმუხტვის დენის უშუალო ზემოქმედება ელექტრონულ მოწყობილობაზე. გარდა ამისა, ადგილი აქვს ელექტროსტატიკური განმუხტვის პროცესში გამოსხივებული არასტაციონარული ველების, ან ელექტრომაგნიტური იმპულსების გავლენას აპარატურაზე. ასეთი ტიპის მოვლენების კომპიუტერული მოდელირება ზრდის ინტერესს ეფექტური რიცხვითი მეთოდების შემუშავებისადმი. იმისთვის, რომ ელექტროსტატიკური განმუხტვის საშიშროების არე დავადგინოთ და აპარატურის მუშაობაში შესაძლო არასტაბილურობა ვიწინასწარმეტყველოთ, აუცილებელია ელექტრომაგნიტური ველების შესწავლა განმუხტვის არიდან როგორც შორ, ისე ახლო ზონებში [2, 3]. ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს ამ ველების შესწავლა რეზისტული ზედაპირის მქონე სხეულების განმუხტვის ელექტროდინამიკური მოდელის ფარგლებში.

ელექტროსტატიკური განმუხტვის კომპიუტერული მოდელირება უნდა ითვალისწინებდეს განმუხტვის პროცესის ყველა ძირითად ასპექტს. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა დაეთმოს განმუხტვის არხის კორექტული მოდელის არჩევას, რადგანაც განმუხტვის დენის ყოფაქცევა კრიტიკულად არის დამოკიდებული არხის ყველა პარამეტრზე. ეს ნაშრომი აერთიანებს დროით არეში მომენტების მეთოდსა და არხის არსებითად არაწრფივ მოდელს (რომპესა და ვეიზელის მოდელი [4]).

არასტაციონარული ველების გამოთვლისათვის აუცილებელია სხეულზე მუხტების წინასწარი განაწილების ცოდნა. შესაბამისი ელექტროსტატიკური ამოცანა ამოხსნილია დამხმარე გამომსხივებლების მეთოდით [2]. ობიექტი დამუხტულია ტრიბოელექტრული პროცესებით. ასეთი პროცესები ინარჩუნებენ სხეულზე მუდმივ მუხტს და არა ძაბვას. მას შემდეგ, რაც ტრიბოელექტრული პროცესი მთავრდება, სხეულის ზედაპირზე ძაბვა განისაზღვრება სისტემის ტევადობით და იონიზაციით გამოწვეული მუხტის დრეიფით ზედაპირიდან. როგორც ცნობილია, ტევადობა იცვლება სხეულის გეომეტრიის და სხვა სხეულების მიმართ მისი მდებარეობის შეცვლით. რამდენადაც განმუხტვის არხის სიგრძეს განსაზღვრავს ზე-



დაპირზე განლაგებული მუხტების მიერ შექმნილი ელექტრული ველი, ამიტომაც კიროა ვიპოვოთ სხეულზე მუხტების სიმკვრივის საწყისი განაწილება.

გარდა ძაბვის ცვლილებისა სხვა სხეულების მიმართ მოძრაობისას ადგილი აქვს ზედაპირული მუხტის განაწილების ცვლილებასაც. მუხტის დიდი ნაწილი კონცენტრირებულია დამუხტული სხეულის იმ ნაწილებში, რომლებიც ახლოს არიან დამუხტულ ობიექტებთან, განსაკუთრებით იმ შემთხვევაში, როდესაც მანძილი მათ შორის მცირეა სხეულის ზომებთან შედარებით. ჰაერის ელექტრული გარღვევის პროცესში სხეულზე მუხტის განაწილება განსაზღვრავს არხში გამავალი დენის ხასიათს. რაც უფრო მეტი მუხტია კონცენტრირებული განმუხტვის არის მახლობლად, მით უფრო მეტი იქნება იმ მუხტის რაოდენობა, რომელიც დატოვებს სხეულს განმუხტვის პირველ ეტაპზე.

გარღვევის დაწყებისთანავე ელექტროსტატიკური განხილვა კარგავს თავის კორექტულობას. ზოგიერთი გეომეტრიისათვის წარმოიქმნება მხოლოდ TEM ტალღები (მაგალითად კოაქსიალური კაბელი, კონიკური გადამცემი ხაზი). ამ შემთხვევაში განმუხტვის დენი შეიძლება გამოვითვალოთ გადამცემი ხაზების თეორიით. რეალურ სტრუქტურებში კი TEM ტალღები არ წარმოიქმნება, ამიტომ ობიექტები უნდა განვიხილოთ როგორც ანტენა, რომელიც აღიგზნება განმუხტვის დენით. ეს აღგზნება არის არაწრფივი, თანაც პროცესის რიცხვითი ანალიზი შეიძლება მოვახდინოთ დროით არეში.

ახლა განვიხილოთ ელექტროსტატიკური განმუხტვა მოცულობითი სხეულებიდან. ამ შემთხვევაში, შესაბამისი სასაზღვრო ამოცანა შეიძლება ტრანსფორმირებულ იქნეს მაგნიტური ველის ინტეგრალურ განტოლებაში (მეიკ) [5].

$$\begin{aligned} \bar{J}(\vec{r}, t) = 2\vec{n} \times \vec{H}^{inc}(\vec{r}, t) + \vec{n} \times \frac{1}{2\pi} \int_s \left(\frac{\bar{J}(\vec{r}', t - |\vec{R}|/c)}{R} + \frac{\partial \bar{J}(\vec{r}', t - |\vec{R}|/c)}{c \partial t} \right) \times \frac{\vec{R}}{R^2} - \\ - \frac{\epsilon_0}{R} \frac{\partial \vec{M}(\vec{r}', t - |\vec{R}|/c)}{\partial t} + \left(\frac{H_n(\vec{r}', t - |\vec{R}|/c)}{R} + \frac{\partial H_n(\vec{r}', t - |\vec{R}|/c)}{c \partial t} \right) \cdot \frac{\vec{R}}{R^2} \Bigg| ds', \end{aligned} \quad (1)$$

სადაც \bar{J} არის დენის ზედაპირული სიმკვრივე, $\vec{H}^{inc}(\vec{r}, t)$ არხის მიერ გამოსხივებული ველია (სხეულის განმუხტვისას ეს ველი განხილულია, როგორც აღმგზნები ველი), \vec{r} არის სხეულის ზედაპირზე დაკვირვების წერტილის რადიუს-ვექტორი, t დაკვირვების დროა, \vec{r}' -ინტეგრირების წერტილის რადიუს-ვექტორი, $\vec{R} = \vec{r} - \vec{r}'$, $R = |\vec{r} - \vec{r}'|$ არის მანძილი დაკვირვებისა და ინტეგრირების წერტილებს შორის, $t' = t - R/c$ დაგვიანების დროა, \vec{M} - მაგნიტური დენის ზედაპირული სიმკვრივე, H_n მაგნიტური ველის ნორმალური მდგენელია სხეულის ზედაპირზე, \vec{n} - ზედაპირის გარე ნორმალი, c - სინათლის სიჩქარე.

ელექტროსტატიკური განმუხტვის კომპიუტერული მოდელი შეიძლება ფორმულირებული იყოს შემდეგნაირად: ჩვენ ვგულისხმობთ, რომ არხი არის რეზისტული, რომლის გამტარებლობა $\sigma(t)$ დროზეა დამოკიდებული. ამიტომ განმუხტვის

არეში ჩვენ გვექნება შემდეგი საწყისი და სასაზღვრო პირობები:

$$\sigma(t)\vec{J}(t) = \vec{E}_{self}(t) + \vec{E}_{body}(t) \quad \text{არეში}$$

და მეიგ (1) სხეულის ზედაპირზე. (2)

ჩვენ ვგულისხმობთ, რომ S ზედაპირი აღიწერება პარამეტრული განტოლებით: $\vec{r} = \vec{r}(u, v)$, (u, v) ორთოგონალური კოორდინატებია. ტანგენციალური ვექტორები განისაზღვრება შემდეგნაირად $\vec{r}_u = \partial \vec{r} / \partial u$ და $\vec{r}_v = \partial \vec{r} / \partial v$ და აკმაყოფილებენ განტოლებას $\vec{r}_u \cdot \vec{r}_v = 0$.

შემდგომში ჩვენ შემოვისაზღვრებით მოცულობითი სხეულების აქსიალური აღზნებით: (1) განტოლება ამ შემთხვევაში შეიძლება გადაიწეროს შემდეგი სახით:

$$J_u = -2H_v^{inc} - \frac{1}{2\pi} \int_S \left\{ \frac{J_u}{R} G_{vu} + \frac{1}{c} \frac{\partial J_u}{\partial \tau} [G_{vu} + G'_{vv}] \right\} ds, \quad (3)$$

სადაც $G_{vu} = \frac{\vec{R} \cdot [\vec{n}_v \times \vec{n}_u']}{R^2}$, $G'_{vv} = \frac{Z}{120\pi} \frac{\vec{n}_v \cdot \vec{n}_v'}{R}$ და $\vec{n}_u = \frac{\vec{r}_u}{|\vec{r}_u|}$; $\vec{n}_v = \frac{\vec{r}_v}{|\vec{r}_v|}$, სადაც Z სხეულის ზედაპირის იმპედანსია.

(3) განტოლების ამოხსნა შესაძლებელია უშუალოდ დროით არეში კარგად ცნობილი მომენტების მეთოდით.

განვიხილოთ ზოგიერთი გამოთვლითი პრობლემა, რომლებიც წარმოიქმნებიან მომენტების მეთოდის რიცხვითი რეალიზაციისას. ამ ალგორითმში პირველი ეტაპია ორი კოორდინატის სივრცისა და დროის დისკრეტიზაცია. ამ დაყოფის მარტივი სქემა დაფუძნებულია დროითა და სივრცით თანაბარი ბიჯის არჩევაზე: $(\Delta l \times \Delta l \times \Delta t)$, სადაც $\Delta l = c\Delta t$. რამდენადაც ინტეგრირება ხდება სივრცული კოორდინატებით, ამიტომ სივრცეში შეიძლება δ -იმპულსის აპროქსიმირების გამოყენება. დენი შეიძლება გამოვსახოთ ასე:

$$J_u(\vec{r}, t) = \sum_{m=1}^{N_s} J_u(m, t) \cdot U_m(\vec{r}), \quad (4)$$

სადაც $U_m(\vec{r}) = \delta(\vec{r} - \vec{r}_m)$, $m = 1, 2$; N_s სივრცითი წერტილების საერთო რიცხვია.

გალიორკინის მეთოდისა [6] და (4) გამოსახულების გამოყენებით (3) გადაიწერება შემდეგი სახით:

$$J_u(i, j) = \frac{1}{1 - \beta_i} \left(-2H_v^{inc}(i, j) - \frac{1}{2\pi} \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^{N_s} \left\{ \frac{J_u(k, \tau)}{R} G_{vu}^{(k, i)} + \frac{1}{c} \frac{\partial J_u(k, \tau)}{\partial \tau} [G_{vu}^{(k, i)} + G'_{vv}^{(k, i)}] \right\} ds_k \right) \quad (5)$$



β_i კოეფიციენტი წარმოადგენს ზედაპირის i -ური ელემენტის თავისთავებზე შემდეგ მდებარე მდებარე [5].

რეალურ შემთხვევაში $\tau = (n + \gamma)dt$, სადაც $n (t-R/c)/dt$ -ის მთელი ნაწილია და $0 \leq \gamma < 1$. აქედან ჩანს, რომ (5) განტოლების მარჯვენა მხარის ინტეგრალში დაგვიანების გათვალისწინებისათვის საჭირო ხდება დენების დროითი ინტერპოლაცია. ჩვენ ვიყენებთ შემდეგი სახის ინტერპოლაციას:

$$J(\tau) = \frac{J_{n-1} + J_{n+1} - 2J_n}{2dt^2}(\tau - t_n)(\tau - t_{n+1}) + \frac{J_{n+1} - J_n}{dt}(\tau - t_{n+1}) + J_{n+1}, \quad (6)$$

სადაც $t_n = dt(n-1)$.

რიცხვით ალგორითმში ერთ-ერთი ძირითადი პრობლემა არხის სხეულთან ურთიერთქმედების გათვალისწინება. რიცხვითმა ექსპერიმენტმა უჩვენა, რომ ელექტროსტატიკური განმუხტვისას არხში მიმდინარე პროცესებს ყველაზე კორექტულად აღწერენ რომე და ვეიზელისა [4] და მესიაცის [9] მოდელები.

ჩვენს ალგორითმში გამოყენებულია რომე და ვეიზელის მოდელი. ამ მოდელის თანახმად არხის წინაღობის დროზე დამოკიდებულება გამოისახება ფორმულით [4].

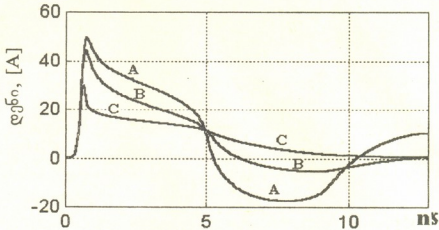
$$R(t) = \frac{h}{\sqrt{2a_R \int_0^t I_{arc}^2(t') dt'}} \quad (7)$$

სადაც $R(t)$ არხის წინაღობაა (ომი), h - არხის სიგრძე (მ), $I_{arc}(t)$ დენია არხში (ამპერი), $a_R = 10^{-4} (\text{მ}^2/\text{ვ}^2 \cdot \text{წმ})$ მუდმივია.

არხში ელექტრული ველის გამოთვლა დიდი სიზუსტითაა საჭირო, რადგან არაწრფივი იონიზაციის პროცესში არხის დენი ძლიერადაა დამოკიდებული ელექტრული ველის სიდიდეზე. ეს თავის მხრივ მოითხოვს აღწერილი ალგორითმის სიზუსტის დადგენას. ამისათვის აღწერილი ალგორითმი გამოყენებული იყო სიხშირულ [11] და დროით [6-8, 10] არეში წრფივი გაბნევის ამოცანების ამოხსნისათვის. მიღებული შედეგები შედარებული იყო ლიტერატურაში ცნობილ შესაბამის შედეგებთან. ამოხსნის სიზუსტე იდეალურად გამტარი სხეულების შემთხვევაში შეიძლება შეფასდეს: ველების ანალიზით სხეულის შიგნით (იდეალურად გამტარი სხეულების შიგნით ველი უნდა იყოს ნულის ტოლი), ან კიდევ სრული განმუხტვისას გამოსხივებული ველის მნიშვნელობით სივრცის ნებისმიერ წერტილში, რომელიც ამ წერტილში ელექტროსტატიკური ველის მნიშვნელობის ტოლი უნდა იყოს საპირისპირო ნიშნით. გარდა ამისა იდეალურად გამტარი სხეულის შემთხვევაში დენები და ველები შეიძლება შევადაროთ ექსპერიმენტულ მონაცემებს. აღწერილი ალგორითმით მიღებულ და გაზომვის შედეგებს შორის იდეალურად გამტარი სხეულების შემთხვევაში არსებობს კარგი თანხვედრა [3].

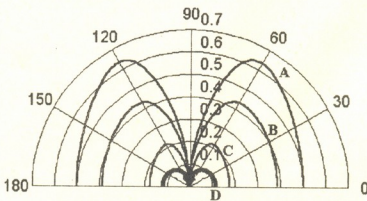
განვიხილოთ განმუხტვის დენის ყოფაქცევის დამოკიდებულება ზედაპირის რეზისტულობაზე. რეზისტული ზედაპირის სასაზღვრო პირობა შემდეგია: $\vec{M} = -\hat{Z}[\vec{n}, \vec{j}]$, სადაც $\hat{Z} = Z / 120\pi$ ზედაპირული იმპედანსია. აქსიალური სიმეტ-

რის გათვალისწინებით $H_n=0$. გამოთვლები ჩატარებულია $a=0,31$ მ, $b=0,05$ მ ნახევარდრეების მქონე სფეროიდზე. ეს სფეროიდი არის ადამიანის ხელის კარგი მოდელი. თუ რეზისტულობას ავირჩევთ $Z=0$ -სახით, მაშინ ზემოაღწერილი ალგორითმის მეშვეობით შეიძლება შესწავლილ იქნეს იდეალურად გამტარი სხეულების განმუხტვა [2 - 3].



სურ. 1. $a=0.31$ მ, $b=0.05$ მ სფეროიდის განმუხტვის დენები: $V_0=5$ კვ. $h=0.3$ მმ, A-იდეალურად გამტარი, B-მუდმივი იმპედანსი $Z=37.7$ ომი, C-ცვლადი იმპედანსი.

1 სურათზე ნაჩვენებია არხის დენის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი სხვადასხვა რეზისტულობის შემთხვევაში. ჩანს, რომ სხეულის ზედაპირზე მუდმივი რეზისტულობის გაზრდისას არხის დენის მნიშვნელობა მცირდება. ზედაპირზე ცვლადი იმპედანსის განაწილების შემთხვევაში გადამუხტვის პროცესს ადგილი აღარ აქვს, რადგანაც ენერჯიის დიდი ნაწილი გამოიყოფა სითბოს სახით.



სურ. 2. $V_0=5$ კვ. $h=0.3$ მმ, $a=0.31$ მ, $b=0.05$ მ სფეროიდის განმუხტვისას გამოსხივებული H-ველის დიაგრამები. A-იდეალურად გამტარი, B, D-მუდმივი იმპედანსი $Z=37.7$ და $Z=377$ ომი შესაბამისად, C-ცვლადი იმპედანსი.

მე-2 სურათზე მოყვანილია განმუხტვისას გამოსხივებული ველის დიაგრამები ფიქსირებული t -მომენტისათვის სხვადასხვა იმპედანსის შემთხვევაში. იდეალურად



საქართველოს
აкадеმიის
გამომცემლობა

გამტარი სფეროიდის შემთხვევაში გამოსხივებული ველის მაქსიმუმი მოდრის კუთხით, რაც თავის მხრივ ნიშნავს, რომ სფეროიდის განმუხტვისას $h=0,3$ მ არხის სიგრძისას ველი შეიცავს მალალ სიხშიროვან კომპონენტებს. ზედაპირული იმპედანსის გაზრდისას განმუხტვის დროს გამოსხივებული ველის მნიშვნელობა მცირდება და დიაგრამა ხდება წრიული, რაც ნიშნავს მალალსიხშიროვანი კომპონენტების შთანთქმას.

აღწერილი ალგორითმი საშუალებას გვაძლევს შევისწავლოთ იდეალურად გამტარი და რეზისტული ბრუნვითი სხეულების ელექტროსტატიკური განმუხტვა. ზემოთ აღწერილი ბრუნვითი სხეულები მეტად საინტერესონი არიან ადამიანის სხეულის რომელიმე ნაწილის (მაგალითად, ხელის) განმუხტვის მოდელირებისათვის. ალგორითმი შემოწმებულია ლიტერატურაში ცნობილი გაბნევის ამოცანების ამოხსნის შედეგებთან. იდეალურად გამტარი სხეულების შემთხვევაში ექსპერიმენტულ და გამოთვლით შედეგებს შორის კარგი თანხვედრა ადასტურებს ამ მეთოდის ეფექტურობას. ელექტროსტატიკური განმუხტვის მოდელირებისას ამ ალგორითმის გამოყენებით შესაძლებელია სხეულის ზედაპირის იმპედანსის შერჩევით გამოსხივებული ველის მნიშვნელობის შემცირება და მათი მიმართვა საჭირო კუთხით. ეს კი იძლევა საშუალებას ელექტროსტატიკური განმუხტვისას თავიდან ავიცილოთ ელექტრონული სისტემების არასტაბილური მუშაობა და მათი მწყობრიდან გამოსვლა.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
სოხუმის ფილიალი

ი. ჯავახიშვილის სახ.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. D. Pommerenke, Journal of Electrostatics, 36, 1995, 31-54.
2. R. Zaridze, D. Karkashadze, R. Djobava, D. Pommerenke, M. Aidam. Calculation and Measurement of Transient Fields from Voluminous Objects, EOS/ESD Symp., Phoenix, Arisona, USA, 1995, 95-100
3. R. Jobava, D. Karkashadze, R. Zaridze, P. Shubitidze, D. Pommerenke, M. Aidam. Numerical Calculation of ESD Symp., Orlando, Florida, USA, 1996, 203-211.
4. Meek and Craggs. Electrical Breakdown of Gases, New York: J. Wiley&Sons, 1978.
5. H. Mieras, C.L. Bennett. Space-time Integral Approach to Dielectric Targets, IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol. AP-30, 1982, 2-9.
6. A. J. Poggio, E.K. Miller. Integral Equation Solutions of Three-dimensional Scattering Problems in Computer Techniques for Electromagnetics. Oxford, 1973, 159-264.
7. C. L. Bennett. In: Lectures on Computational Methods in Electromagnetics (Ed.: Harrington R., Wilton D. R., Butler C. M., Mittra R., Bennett C. L.), St. Cloud, 1981.
8. R. Mittra. Integral Equation Methods for transient scattering in 'Transient Electromagnetic Fields' by L. B. Felsen, Berlin, 1976, 73-126.
9. Г. А. Месяц. Импульсный разряд в газах. М., 1990.
10. J. Mautz, R. Harrington. Appl. Sci. Res. June 20, 1969, 405-434.
11. М. Белкина. Дифракция электромагнитных волн на телах вращения. М., 1957, 126-174.



თ. აბასაძე, ლ. ზოტორელი-ზვილი, ა. ტულუში

დაბალსიხშირული არარეზონანსული ველის გავლენა
 სპეკტრული დიფუზიის პროცესებზე

წარმოადგინა წერ-კორესპონდენტმა თ. სანაძემ 20.12.1996

როგორც ცნობილია, არსებობს სპეკტრული დიფუზიის გამომწვევი ორი ძირითადი მექანიზმი. პირველი მათგანი დაკავშირებულია ტუნელური ორდონიანი

სისტემების არაპირდაპირ ურთიერთქმედებასთან $V_1 = \sum A_{ij} S_i^z S_j^z$ ოპერატორის მეშვეობით [1]. მეორე მექანიზმი დაკავშირებულია შეშფოთების გადაცემასთან ორდონიანი სისტემების სპეკტრში flip - flop პროცესების საშუალებით, რაც აღიწერება $V_2 = \sum_{ij} B_{ij} S_i^+ S_j^-$ ოპერატორით [2].

ზემოაღნიშნული პროცესები კარგადაა შესწავლილი იმ მოუწესრიგებელი სისტემებისათვის, რომლებიც შეიცავენ ტუნელურ ორდონიან სისტემებს [2]. მეორე მხრივ, უკანასკნელ ხანს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება არარეზონანსულ მეთოდებს, როდესაც სპინურ სისტემაზე გამაჯერებელი ძლიერი ველის გარდა მოქმედებს არარეზონანსული დაბალსიხშირული ველი. ქვემოთ ნაჩვენები იქნება, რომ ასეთ ველს შეუძლია გამოიწვიოს დამატებითი არაპირდაპირი ურთიერთქმედება ორდონიან სისტემებს შორის, რასაც მივყავართ ურთიერთქმედების კონსტანტების გადანორმირებამდე და ექსპერიმენტზე „ზვრელის სიგანის“ შეცვლამდე.

დავწეროთ სისტემის ჰამილტონიანი:

$$H = H_0 + H_{SS} + H_{\Omega S} + H_{\omega S}$$

$$H_0 = \sum_n \varepsilon_n S_n^z + \hbar \omega B_\omega^+ B_\omega + \hbar \Omega B_\Omega^+ B_\Omega$$

$$H_{SS} = \sum_{mi} \left\{ A_{mi}^{zz} S_n^z S_i^z + A_{mi}^{+z} (S_n^+ + S_i^+) S_i^z + A_{mi}^{z+} S_n^z (S_i^+ + S_i^-) + A_{mi}^{+-} (S_n^+ S_i^- + S_n^- S_i^+) \right\}$$

$$H_{\Omega S} = \frac{f}{2} \sum_n \left\{ C_n^+(\Omega) (S_n^+ + S_n^-) + 2C_n^z(\Omega) S_n^z \right\} \cos \Omega t$$

$$H_{\omega S} = \frac{f}{2} \sum_n \left\{ C_n^+(\omega) (S_n^+ + S_n^-) + 2C_n^z(\omega) S_n^z \right\} \cos \omega t$$

სადაც ε_i ორდონიანი სისტემის გახლეჩის ენერგიაა, f - ცვლადი ველის ამპლიტუდა, S_i^z, S_i^\pm - ორდონიანი სისტემის ფსევდოსპინის კომპონენტა, Ω - რეზონანსული ველის სიხშირე, ω - არარეზონანსული ველის სიხშირე, $A_{ij}^{\alpha\beta}, C_{ij}^\alpha$ - ურ-



თიერთქმედების კონსტანტები, რომელთა ცხადი სახე მოყვანილია [1] ნამუშაოში ეფექტური ჰამილტონიანი, რომლის მეშვეობითაც შეიძლება აღიწეროს დაბალსიხშირული ველის გავლენა „ამომწვარი ხერხელის“ სიგანეზე, შეიძლება მიღებულ იქნეს ფრიოლიხის მეთოდით [3] შემფოთების თეორიის მეორე რიგში $A_{ni}^{\alpha\beta}$, C_{nj}^{α} კონსტანტების მიმართ H_{ss} და $H_{s\omega}$ ჰამილტონიანების გადაბმით, აგრეთვე $H_{s\omega}$ ჰამილტონიანიდან შემფოთების თეორიის მეორე რიგში. გამოთვლების შედეგად ვღებულობთ:

$$H_{eff} = H_{eff}^{(1)} + H_{eff}^{(2)}$$

$$H_{eff}^{(1)} = H_{\parallel}^{(1)} + H_{\perp}^{(1)}$$

$$H_{\parallel}^{(1)} = \sum_{ni} B_{ni}^{zz} S_n^z S_i^z$$

$$H_{\perp}^{(1)} = \sum_{ni} \left(B_{ni}^{+-} S_n^+ S_i^- + B_{ni}^{-+} S_n^- S_i^+ \right)$$

$$H_{eff}^{(2)} = H_{\parallel}^{(2)} + H_{\perp}^{(2)}$$

$$H_{\parallel}^{(2)} = \sum_{ni} D_{ni}^{zz} S_n^z S_i^z$$

$$H_{\perp}^{(2)} = \sum_{ni} \left(D_{ni}^{+-} S_n^+ S_i^- + D_{ni}^{-+} S_n^- S_i^+ \right)$$

$$\begin{aligned} (B_{ni}^{+-}) &= (B_{ni}^{-+})^* = \frac{A_{ni}^{+-}}{4\hbar\omega} \left(C_n^z(\omega) - C_i^z(\omega) \right) f \cos \omega t + \\ &+ \frac{1}{4} \left[\frac{1}{\varepsilon_n} \left(C_n^+ A_{ni}^{z+} + C_i^+ A_{ni}^{z-} \right) + \frac{1}{\varepsilon_i} \left(C_i^+ A_{ni}^{z+} + C_n^+ A_{ni}^{z-} \right) \right] f \cos \omega t \end{aligned}$$

$$B_{ni}^{zz} = \left(A_{ni}^{z+} C_{ni}^+ + A_{ni}^{z-} C_{ni}^- \right) \left(\frac{1}{\varepsilon_n} + \frac{1}{\varepsilon_i} \right) f \cos \omega t$$

$$D_{ni}^{zz} = \frac{f^2 c^y c^x}{\hbar\omega} \left(e^{iqv_y} + e^{iqv_x} \right)$$

$$D_{ni}^{+-} = (D_{ni}^{-+})^* = \left(e^{iqv_y} + e^{iqv_x} \right) f^2 \omega_q \frac{(C^x)^2 + (C^y)^2}{\omega_0^2 - \omega_q^2} \quad (1)$$

$H_{eff}^{(1)}$ და $H_{eff}^{(2)}$ ურთიერთქმედებების კონსტანტების საშუალო მნიშვნელობების შეფარდებას $\omega \sim 10^8$ ჰრც სიხშირეზე აქვს შემდეგი სახე

$$\frac{\overline{D}^{zz}}{\overline{B}^{zz}} \sim 10^5 I \left(\frac{\beta\hbar}{p^2} \right), \quad (2)$$

სადაც I დაბალსიხშირული ველის ინტენსივობაა.

(2)-ზე დაყრდნობით შეიძლება განისაზღვროს $H_{eff}^{(1)}$ და $H_{eff}^{(2)}$ ურთიერთქმედე-

ბებიდან რომელია დომინირებადი. თუ მოდებული ველის ინტენსივობა $I > I_c = 10^{-3}$ (ვტ/მ²) დომინირებადია $H_{eff}^{(2)}$, წინააღმდეგ შემთხვევაში $I < I_c$, დომინირებადია $H_{eff}^{(1)}$.

[4] სტატიამში შესწავლილი იყო „ამომწვარი ხერელის“ სიგანის ასიმპტოტური ყოფაქცევა განპირობებული $S_i^z S_j^z$ ურთიერთქმედებით. ურთიერთქმედების ძირითად ნაწილთან $H_{eff}^{(1)}$ დამატება იწვევს მიღებული შედეგების შემდეგ ცვლილებას:

$$\Delta v' = \Delta v (1 + \theta_1 I^2) \quad (3)$$

$$\Delta v' = \Delta v (1 + \theta_2 I)$$

$$I < I_c \quad \theta_1 = 10^3 / \left(\frac{3\Phi}{g^2} \right)^2, \quad \theta_2 = 10^2 / \left(\frac{3\Phi}{g^2} \right),$$

როგორც მიღებული შედეგებიდან ჩანს, $\Delta v'$ სხვადასხვანაირადაა დამოკიდებული ცვლადი ველის ინტენსივობაზე, რაც საშუალებას გვაძლევს ექსპერიმენტულად განვასხვაოთ $H_{eff}^{(1)}$ და $H_{eff}^{(2)}$ ურთიერთქმედებები. ანალოგიურად $S_j^z S_i^z$ ურთიერთქმედებებისათვის [2] ვღებულობთ:

$$\Delta v' = \Delta v \sqrt{1 + \theta_1 I^2} \quad I > I_c \quad (4)$$

$$\Delta v' = \Delta v \sqrt{1 + \theta_2 I} \quad I < I_c$$

ამგვარად, დაბალსიხშირული არარეზონანსული ველი შესამჩნევ ზემოქმედებას ახდენს სპექტრული დიფუზიის პროცესებზე და საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ ორდონიან სისტემებს შორის ურთიერთქმედების ხასიათი.

როგორც მიღებული შედეგებიდან ჩანს (ფორმულები (3), (4)), „ამომწვარი ხერელის“ ეფექტური სიგანე სხვადასხვანაირადაა დამოკიდებული დაბალსიხშირული ველის ინტენსივობაზე, კერძოდ კლაუდერ-ანდერსონის მექანიზმში როცა $I > I_c$ $\Delta v' \sim (1 + \theta_1 I^2)$, ხოლო flip - flop პროცესებით გამოწვეული სპექტრული დიფუზიისას $\Delta v' \sim \sqrt{1 + \theta_2 I^2}$ დაბალსიხშირული ველის ინტენსივობაზე განსხვავებული დამოკიდებულება საშუალებას იძლევა ექსპერიმენტულად დავადგინოთ რომელი მექანიზმით - კლაუდერ ანდერსონის, თუ flip - flop პროცესებით გამოწვეული სპექტრული დიფუზია არის ეფექტური.

ი. ჭავჭავიძის სახელობის
 თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. J. R. Klauder, P. W. Anderson. Phys. Rev., 125, 1965, 912-32.
2. Л. Л. Буишвили, Л. Ж. Захаров, А. И. Тугуши. ТМФ. 96, N3, 1993.
3. H. Frohlich. Phys. Rev., 79, 5, 1950, 846-56.
4. Ю. М. Гальперин, В. Л. Гуревич, Д. А. Паршин. ЖЕТФ. 24, N2, 1988, 364-82.



მ. კაზიმა, კ. კარვალიშვილი, ზ. სალუშვაძე, რ. სალუშვაძე (აბაღვიძლის)

ბისმუტის, სტიბიუმის და ბერკანიუმის სოკრაციული თვისებები
ნატრიუმის ორთქლის მიმართ

წარმოდგენილია 3.02.1997

თანამედროვე ელექტრონულ და ბირთვულ ტექნიკაში (გოგირდ-ნატრიუმის დენის ქიმიური წყაროები, ელექტროვაკუუმური ხელსაწყოები, თერმოელექტროგენერატორები, ბირთვული ენერგეტიკული დანადგარების ელექტრომაგნიტური ბეჭედი არხები და ცირკულაციური კონტურები, ბირთვული რეაქტორები ნელ და ჩქარ ნეიტრონებზე და ა. შ.) სითბომატარებლის მუშა სხეულად ფართოდ გამოიყენება ნატრიუმი ან მისი ორთქლი, რაც გამოწვეულია ნატრიუმის უნიკალური ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით [1,2]. ასეთი ტიპის მუშა სხეულად ან სითბომატარებლად თხევადი ნატრიუმის ან სხვა ტუტე მეტალებთან მისი ევტექტიკების შემცველი ნებისმიერი დანადგარის შექმნის, ტრანსპორტირების, შენახვისა და ექსპლუატაციის ყველა ეტაპზე აუცილებელია ეკოლოგიური უსაფრთხოების საკითხების გადაწყვეტა [3]. ეს განპირობებულია იმით, რომ ტუტე მეტალების შემცველი თხევადმეტალური კონტურების ჰერმეტიკობის დარღვევის შემთხვევაში ადგილი აქვს გარემოს ძლიერ დაჭუჭყიანებას ნატრიუმის ორთქლითა და მისი აგრესიული მომწამლავი შენაერთებით ატმოსფეროს კომპონენტებთან.

გარემოს დაჭუჭყიანების ხარისხი დამოკიდებულია მრავალ პარამეტრზე და, პირველ რიგში, უსაფრთხოების სისტემის ამოქმედების სიჩქარესა და ტუტე მეტალის უტილიზაციის დონეზე. სისტემიდან ნატრიუმის გაჟონვის მომენტის დროული აღმოჩენა დანადგარზე ავარიის თავიდან აცილების საშუალებას იძლევა, ხოლო მისი უტილიზაცია მინიმუმამდე ამცირებს გარემოს დაჭუჭყიანებას. ეს განპირობებს ნატრიუმშემცველი კონტურებიანი სხვადასხვა დანიშნულების ენერგეტიკული დანადგარების ჰერმეტიკობის კონტროლის ექსპრეს-მეთოდებისა და საშუალებების დამუშავების აქტუალობას და აუცილებლობას [4].

ნატრიუმშემცველი კონტურების ჰერმეტიკობის კონტროლის სისტემებისა და მეთოდების ერთ-ერთი ყველაზე პერსპექტიული მიმართულებაა მათში მყარ-სხეულოვანი სენსორების გამოყენება, რომელთა მუშაობის პრინციპი დაფუძნებულია მგრძნობიარე ელემენტის ელექტროფიზიკური თვისებების ცვლილებაზე. ტექნოლოგიური და კონსტრუქციული თვალსაზრისით ყველაზე კარგადაა დამუშავებული ნახევარგამტარული, ნახშირბადგრაფიტოვანი მასიური და ნახშირბადგრაფიტოვანი ფენოვანი სენსორები, აგრეთვე ნატრიუმის გაჟონვის კონტროლის უნივერსალური მეთოდი, რომელიც განუწყვეტლივ აფიქსირებს საკონტროლო ზედაპირზე ატმოსფეროს მდგომარეობას და ნატრიუმის უტილიზაციისათვის იყე-

ნებს მრავალფენოვან გარე ელექტროდს.

ნახშირბადგრაფიტოვანი აქტიური ფენის შემცველი ნატრიუმის მყარსხეულოვანი სენსორების ძირითადი ნაკლი ისაა, რომ მუშა ტემპერატურაზე (600-700 კელ) გრაფიტი იწყებს სუბლიმაციას. პროცესს აჩქარებს ელექტროიზოლაციის ფორმებში მუდმივად არსებული ტენი. ეს იწვევს სენსორის წინაღობის უკონტროლო ცვლილებას, ხოლო უნაგბადის არსებობის შემთხვევაში ხდება გარემოს ლოკალური დაქუჩიანება ნახშირბადის ოქსიდებით. გარდა ამისა, გრაფიტი ცუდად შთანთქავს ნატრიუმს და თითქმის არ ახდენს სითბომატარებლის ატომების უტილიზაციას.

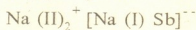
ამიტომ ნატრიუმის მყარსხეულოვანი სენსორებისათვის პრაქტიკულ ინტერესს იწვევენ მასალები, რომლებიც სამუშაო ტემპერატურებზე კარგად შთანთქავენ ნატრიუმს და არ განიცდიან სუბლიმაციას. ამიტომ ინტენსიურად შეისწავლება იმ მასალების სორბციული თვისებები ნატრიუმის ორთქლის მიმართ (ბისმუტი, სტიბიუმი, გერმანიუმი), რომლებსაც გააჩნიათ გრაფიტის სტრუქტურის მსგავსი ფენოვან-ჩაკეცილი სტრუქტურები [5].

სტატიკაში მოყვანილია სორბენტის (ბისმუტი, სტიბიუმი, გერმანიუმი) სტრუქტურაში ნატრიუმის ატომების ინტერკალაციის (ჩანერგვის) კინეტიკის გამოკვლევის ექსპერიმენტული შედეგები მისი სხვადასხვა ტემპერატურებისა ($T_s = 450 - 570$ კელ) და სორბატის სხვადასხვა წნევებისათვის ($P_{Na} = 1-5$ პა).

კვლევები ტარდებოდა აირრეგულირებადი სითბური მილის საფუძველზე შექმნილი სორბციის გრაფიმეტრიული კონტროლის ხელსაწყოთი [6], რომელიც საშუალებას იძლეოდა სორბენტის მუშა ტემპერატურა და ნატრიუმის ორთქლის წნევა შეცვლილიყო ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად, ხოლო ექსპერიმენტის შემდეგ გამოკვლეული ნიმუში შეცვლილიყო ახლით ატმოსფერული ჰაერის ტუტე მეთალთან კონტაქტის გარეშე.

ნატრიუმის აქტიურ სორბენტად გამოყენებული იყო ზონური დნობის მეთოდით მიღებული არანაკლებ 99,99 მას. % სისუფთავის ბისმუტი, 000 მარკის პოლიკრისტალური სტიბიუმი, აგრეთვე ბპზ-1 მარკის პოლიკრისტალური გერმანიუმი ან (100) უპირატესი ორიენტაციის გერმანიუმის მონოკრისტალი.

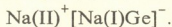
ექსპერიმენტული დანადგარი და მეთოდიკა [6] ნამრომში აღწერილის ანალოგიური იყო. ექსპერიმენტებმა აჩვენეს, რომ ბისმუტი კარგად შთანთქავს ნატრიუმის ატომებს. $T_{Bi} = 530$ კელ ტემპერატურაზე, ~ 8 საათის განმავლობაში ბისმუტ-ნატრიუმის ($P_{Na} = 1$ პა) ჰეტეროგენულ სისტემაში წარმოიქმნება რეაქციის საბოლოო პროდუქტი, რომლის სტექიომეტრია ძალზე ახლოსაა Na_3Bi -თან. ნატრიუმის ორთქლის წნევის შესაბამისად იზრდება რეაქციის საბოლოო პროდუქტის სინთეზის სიჩქარე. სტიბიუმი, ისევე როგორც ბისმუტი, კარგად შთანთქავს ნატრიუმის ატომებს და $T_s = 600$ კელვინ ტემპერატურაზე სტიბიუმ-ნატრიუმის ($P_{Na} = 5$ პა) ჰეტეროგენულ სისტემაში წარმოიქმნება რეაქციის საბოლოო პროდუქტი Na_3Sb სახით. ესაა ნატრიუმის ანტიმონიდის დაბალტემპერატურული მოდიფიკაცია [7]. ანალოგიურად მისი სტრუქტურა შეიძლება აღწერილ იქნეს ჰიბრიდულ იონურ-კოვალენტური კავშირებით:





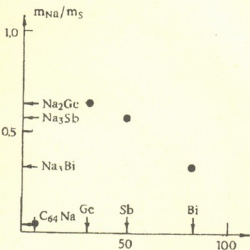
ფრჩხილებში ნაჩვენებია ატომების ჯგუფი, ძირითადად კოვალენტურ კავშირებით. აღნიშნულ ჯგუფს გააჩნია ორი ზედმეტი ელექტრონი, რომელთა მუხტის კომპენსაციას ახდენენ Na(II) იონები. ციფრები I და II აღნიშნავენ Na_3Sb -ის სტრუქტურაში ტუტე ატომების კომპონენტის სხვადასხვა სტრუქტურულ განლაგებას. სტრუქტურის საფუძველია Na(I) და სტიბიუმის ატომების ფენები, რომლებიც განლაგებული არიან პიროგრაფიტში ნახშირბადის ატომების ანალოგიურად, ხოლო Na(II) ატომები იმყოფებიან ფენებს შორის.

გერმანიუმიც ინტენსიურად შთანთქავს ნატრიუმის ატომებს და ჰეტეროგენულ სისტემაში გერმანიუმი ($T_{\text{Ge}}=600$ კელ) – ნატრიუმის ორთქლი ($P_{\text{Na}}=5$ პა), პროცესის დაწყებიდან დაახლოებით 40 წუთის განმავლობაში ხდება რეაქციის საბოლოო პროდუქტის სინთეზი, რომლის სტექიომეტრია ახლოსაა Na_2Ge -თან. სისტემაში გერმანიუმ-ნატრიუმი ტუტე კომპონენტით ასე მდიდარი ქიმიური შენაერთის არსებობა მეცნიერებისათვის უცნობია. ტუტე კომპონენტით ყველაზე მდიდარ შენაერთად ამ სისტემაში დღემდე ცნობილი იყო NaGe [8]. ამიტომ ჩვენს მიერ მიღებული შენაერთი შეიძლება წარმოვადგინოთ, როგორც



ფრჩხილებში ნაჩვენებია ატომების ჯგუფი, რომელთა შორის დომინანტურია კოვალენტური კავშირები. ისინი, ალბათ, ქმნიან ფენებს, რომელთა შორის განლაგებულია ნატრიუმის იონები. ამ ჰიპოთეზის სასარგებლოდ ლაპარაკობს ის, რომ მიუხედავად სორბენტის მასურ-გაბარიტული ზომების, ტემპერატურის და ნატრიუმის ორთქლის წნევის საკმაოდ ფართო ინტერვალში ცვლილებისა, რეაქციის საბოლოო პროდუქტის სტექიომეტრიული შემადგენლობა უცვლელად ემთხვეოდა Na_2Ge -ს.

ზაზი უნდა გავსვას იმ გარემოებასაც, რომ ანალოგიური სტექიომეტრიული შემადგენლობის შენაერთები ჩვენ მიერ სინთეზირებულ იქნა ჰეტეროგენულ სისტემაში გერმანიუმი + ცეზიუმი [8] და გერმანიუმი + კალიუმი [1] – C_{52}Ge და

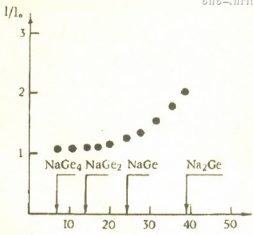


სურ. 1. ინტერკალირებული ნატრიუმის რაოდენობის დამოკიდებულება ელემენტთა პერიოდულ სისტემაში სორბენტის რიგით ნომერზე

K_2Ge შესაბამისად. ეს მიუთითებს ჰეტეროგენულ სისტემაში გერმანიუმი + ნატრიუმის ორთქლი – დაბალტემპერატურული, ინტერკალირებული შენაერთის M_2Ge -ის არსებობაზე, მაგრამ M_2Ge (სადაც $M = \text{Na}, \text{K}, \text{Cs}$) ტიპის შენაერთის არსებობისა და მისი სტრუქტურის ერთმნიშვნელოვანი დამტკიცებისათვის აუცილებელია რეაქციის საბოლოო პროდუქტების რენტგენო-სტრუქტურული და ქიმიური ანალიზის ჩატარება.

ნატრიუმის ორთქლის მიმართ ბისმუტის, სტიბიუმის და გერმანიუმის კინეტიკურ – სორბციული თვისებების ექსპერიმენტული გამოკვლევის შედეგები წარმოდგენილია 1 სურათზე როგორც ინტერკალირებული ნატრი-

უმის რაოდენობის ფარდობა სორბენტის მასასთან, რაც დამოკიდებულია ელემენტების პერიოდულ სისტემაში სორბენტის რიგით ნომერზე. სურათიდან ჩანს, რომ ბისმუტი, სტიბიუმი და გერმანიუმი გაცილებით უკეთესად და მეტი რაოდენობით შთანთქავენ ნატრიუმს, ვიდრე გრაფიტი. ბისმუტი შედარებით დაბალტემპერატურული ელემენტია (დნება 544 კელვინზე), ხოლო სტიბიუმი ტუტე მეტალებთან ქმნის შენაერთებს, რომლებიც სუბლიმირებენ და ატმოსფერულ ჰაერთან კონტაქტის შემთხვევაში ფეთქდებიან [7], რამაც შეიძლება არაკონტროლირებადი ზემოქმედება მოახდინოს მრავალფენოვანი სენსორის მგრძობიარე ელემენტის მუშაობაზე. ამიტომ მრავალფენოვანი სენსორის აქტიური ფენის ყველაზე პერსპექტიულ მასალად რჩება გერმანიუმი.



სურ. 2. გერმანიუმის მონოკრისტალის C - ლერძის გასწვრივ ფარდობითი გაფართოების დამოკიდებულება მატრიცაში ნატრიუმის შემცველობაზე

შესწავლილ იქნა უპირატესი (110) ორიენტაციის გერმანიუმის მონოკრისტალურ სტრუქტურაში ნატრიუმის ატომების ინტერკალაციის კინეტიკა. აღმოჩნდა, რომ ეს იწვევს გერმანიუმის ნიმუშის ანომალურ ანიზოტროპულ გაფართობას C-ლერძის გასწვრივ.

გერმანიუმის მონოკრისტალური ნიმუშის C-ლერძის გასწვრივ ფარდობითი გაფართოების დამოკიდებულება ნატრიუმის შემცველობაზე მატრიცაში მოყვანილია 2 სურათზე. აბსცისათა ლერძზე ისრით მითითებულია ნატრიუმის შემცველობა, რომელიც შეესაბამება გერმანიუმ - ნატრიუმის ბინარულ სისტემაში ცნობილ შენაერთებს. C-ლერძის გასწვრივ გერმანიუმის ფარდობითი გაფართოების სიდიდე დამოკიდებულია ნატრიუმის შემცველობაზე და მაქსიმალური მნიშვნელობა $1/I_0=2,05$ (I_0 და 1 მატრიცის საწყისი და საბოლოო სიმაღლეებია) შეესაბამება Na_2Ge ფაზას. გერმანიუმის მონოკრისტალის C-ლერძის გასწვრივ ანომალური ფარდობითი გაფართოების მოვლენა ნატრიუმის ატომებით ინტერკალაციის პროცესში შეიძლება აიხსნას გერმანიუმის ფენოვანი სტრუქტურის ფენებს შორის ნატრიუმის ატომური შრეების წარმოქმნით და ნატრიუმის ინტერკალირებულ იონებს შორის კულონური განზიდვით.

მიღებული ექსპერიმენტული მონაცემების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება გაკეთდეს შემდეგი დასკვნები:

1. ფენოვან - ჩაკეცილ სტრუქტურის ნივთიერებებს (ბისმუტი, სტიბიუმი, გერმანიუმი) შორის ნატრიუმის ორთქლის მიმართ საუკეთესო სორბციული თვისებები გააჩნია გერმანიუმს;
2. დამზერილია გერმანიუმის ორიენტირებული მონოკრისტალის C-ლერძის გასწვრივ ანომალური ანიზოტროპული გაფართოების მოვლენა მატრიცის სტრუქტურაში ნატრიუმის ატომების ინტერკალაციის პროცესში;



3. დაფიქსირებულია არსებობა, ქიმიამი დღემდე უცნობი, ახალი შებენიანი კლასის, ტუტე მეტალების გერმანიდებისა – M_2Ge (სადაც M არის K , Na ან Cs), რომლებიც მიიღებიან პოლიკრისტალური გერმანიუმის სტრუქტურაში ტუტე მეტალების ატომების დაბალტემპერატურული ინტერკალაციის შედეგად.

სოხუმის ფიზიკა-ტექნიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *V. G. Kashia et al.* Georgian Symposium for Project Development and Conversion. Collection of Reports. May 15-18, Tbilisi, 1995, 159.
2. *V. Kashia, P. Kervalishvili, R. Salukvadze.* Bull. Georg. Acad. Sci. 153. 2, 1966. 227.
3. ООН, Генеральная Ассамблея, Комитет по использованию космического пространства в мирных целях. Научно-Технический Подкомитет. XXVII сессия: Доклад рабочей группы по использованию ядерных источников энергии в космическом пространстве. О работе 8-й сессии. Март 1990 г., А/АС. 105/с. 1/L. 168.
4. *В. В. Антипов и др.* Атомная энергия, 75, 3, 1993, 184.
5. *Л. Полинг.* Общая химия. Пер. с англ. М., 1974.
6. *В. Г. Кашия. А. Г. Каландаришвили.* Приборы и техника эксперимента N4. 1991. 224.
7. *В. Г. Кашия. А. Г. Каландаришвили.* Неорганические материалы 27, 10, 1991. 2207.
8. *В. Г. Кашия. А. Г. Каландаришвили.* ЖТФ. 55. 4. 1985, 717.

0. რატიშვილი

წმსრიბი-უწმსრიბობის ტიპის ფაზური გადასვლის გვარობის
 უმცვლელ მრკომონენტინ მრწმსრიბებად უმნაღმობებში

წარმოდგინა აკადემიკოსმა გ. ხარაქმ 11.11.1996

1. ვიხილავთ მოწმსრიგებად მრკომონენტინ ჩანაცვლებითი ტიპის უმნაღ-
 ნობს $A_c B_{1-c}$, სადაც ზესტრუქტურა ხასიათდება წმსრიგის მრი პარამეტრით η_1
 და η_2 ასეთ ზესტრუქტურაში A -ატომების მიერ კრისტალური მესერის კვანძთა
 დაკავების ალბათობა $n(A)$ სამ განსხვავებულ მნიშვნელობას ღებულობს [1]:
 $n(A)=n_1$, $n(A)=n_2$, $n(A)=n_3$. მესერში მ კვანძთა წვლილი, რომლებშიც შესაბამად
 $n(A)=n_1$, n_2 და n_3 , ტოლია სათანადოდ v_1 , v_2 და v_3 -ის.

(η_1, η_2) სიბრტყეზე მოუწმსრიგებელ მდგომარეობას უმესაბამება $(\eta_1=0, \eta_2=0)$
 წერტილი (0-წერტილი). ამ სიბრტყის სხვა წერტილებში სრულდება, ზოგადად,
 პირობა $n_1 \neq n_2 \neq n_3$, და ისინი ასახვენ სხვადასხვა მოწმსრიგებულ მდგომარეო-
 ბებს.

მოცემულ T -ტემპერატურაზე c -კონცენტრაციის ხსნარში ყალიბდება ერთი გარ-
 კვეული მდგრადი მდგომარეობა. ის აღიწერება წმსრიგის პარამეტრების წონას-
 წორული მნიშვნელობებით $\eta_1(T)$, $\eta_2(T)$. პარამეტრების ეს მნიშვნელობები ჩვეუ-
 ლებრივ განისაზღვრება, როგორც სისტემის თავისუფალი ენერგიის $F(\eta_1, \eta_2)$ აბ-
 სოლუტური მინიმუმის კოორდინატები (η_1, η_2) სიბრტყეზე [1]. ეს მას ნიშნავს,
 რომ $\eta_1(T)$ და $\eta_2(T)$ აკმაყოფილებენ შემდეგ პირობებს:

ა) ისინი ამოხსნებიან წონასწორობის განტოლებათა სისტემისა:

$$dF(\eta_1, \eta_2)/d\eta_1 = 0, dF(\eta_1, \eta_2)/d\eta_2 = 0; \quad (1)$$

ბ) დადებითს ხდიან დეტერმინანტს

$$\Delta(\eta_1, \eta_2) = d^2F/d\eta_1^2 \quad d^2F/d\eta_2^2 - (d^2F/d\eta_1 d\eta_2)^2; \quad (2)$$

გ) უმცირეს მნიშვნელობას ანიჭებენ F -ფუნქციას (იმავე ტემპერატურაზე არ-
 სებულ სხვა ექსტრემუმებთან შედარებით).

წმსრიგი-უწმსრიგობის გადასვლის უწყვეტობა გულისხმობს F -ფუნქციის აბ-
 სოლუტური მინიმუმის გადაადგილებას 0-წერტილიდან. თუ 0-წერტილის ირგე-
 ლივ არსებობს არე, სადაც ლოკალური მინიმუმი ვერ შეიქმნება, მაშინ ეს გადას-
 ვლა ნახტომისებური გახდება.

2. კონკრეტულობისთვის ვიგულისხმობთ, რომ მოწმსრიგებადი სისტემა აღი-
 წერება თავისუფალი ენერგიის ფუნქციით [2-4]:

$$F(\eta_1, \eta_2) = N k_B f(\eta_1, \eta_2), \quad (3a)$$



$$f(\eta_1, \eta_2) = 0,5 [V_0 c^2 + V_1(\eta_1 \gamma)^2 + 2V_2(\eta_2 \gamma)^2] + T \sum_i v_i [n_i \ln n_i + (1-n_i) \ln(1-n_i)] \quad (3b)$$

სადაც კვანძთა დაკავების ალბათობები n_1, n_2 და n_3

$$n_1 = c + (\eta_1 + 2\eta_2)\gamma, \quad n_2 = c + (\eta_1 - 2\eta_2)\gamma, \quad n_3 = c - \eta_1\gamma \quad (4)$$

V_0, V_1 და V_2 ენერგეტიკული მუდმივებია [2-4]; მოწესრიგებად სისტემებში $V_1 < 0$ და $V_2 < 0$. ფარდობას $(V_2/V_1) \equiv p$ ვუწოდებთ „სისტემის ენერგეტიკულ პარამეტრს“. N -ნაწილაკთა საერთო რიცხვია, k_B ბოლცმანის მუდმივაა, γ - მანორმირებული მუდმივა. განსახილველ შემთხვევაში ჩვენ გვულისხმობთ:

$$\gamma = 0,25; \quad v_1 = v_2 = 0,25, \quad v_3 = 0,5; \quad p > 1. \quad (5)$$

0-წერტილის მახლობლობაში თავისუფალი ენერგიის ექსტრემუმების გასაანალიზებლად, ფუნქცია (3b) გავშალოთ η_1 და η_2 ცვლადების ხარისხებად. მეოთხე რიგის წევრების გათვალისწინებით ვღებულობთ:

$$f(\eta_1, \eta_2) \approx f(0) + 0,5 [\alpha_1(T)\eta_1^2 + \alpha_2(T)\eta_2^2 + T\{\beta\eta_1\eta_2^2 + \delta(\eta_1^4/12 + \eta_1^2\eta_2^2 + 2\eta_2^4/3)\}]. \quad (6)$$

ამ გამოსახულებაში გამოყენებულია შემდეგი აღნიშვნები:

$$f(0) \equiv 0,5 V_0 c^2 + T (c \ln c + (1-c) \ln(1-c)). \quad (7)$$

$$\alpha_i(T) \equiv (T - T_i)a_i; \quad T_i = -V_i c (1-c); \quad (i = 1, 2) \quad (8a)$$

$$a_1 \equiv \gamma^2/[c(1-c)], \quad a_2 \equiv 2a_1. \quad (8b)$$

$$\beta \equiv -2\gamma^3(1-2c)/[c(1-c)]^2; \quad \delta \equiv 2\gamma^4(1-3c(1-c))/[c(1-c)]^3. \quad (8c)$$

წონასწორობის განტოლებები (1) ახლა ასეთ სახეს მიიღებენ:

$$\alpha_1(T)\eta_1 + T[\beta\eta_2^2/2 + \delta(\eta_1^3/6 + \eta_1\eta_2^2)] = 0, \quad (9a)$$

$$\eta_2 \{\alpha_2(T) + T[\beta\eta_1 + \delta(\eta_1^2 + 4\eta_2^2/3)]\} = 0 \quad (9b)$$

$c \rightarrow (1-c)$ შეცვლის დროს β კოეფიციენტი ნიშანს იცვლის, α_1 და δ კი უცვლელნი რჩებიან. იოლად მოწმდება, რომ ფუნქციას (6) სიმეტრიის იგივე თვისებები აქვს, რაც ადრე დადგენილ იქნა [5] საწყისი (2) ფუნქციისთვის. ე. ი. გვაქვს:

$$f(\eta_1, -\eta_2; c) = f(\eta_1, \eta_2; c), \quad (10a)$$

$$f(-\eta_1, \pm \eta_2; (1-c)) = f(\eta_1, \eta_2; c) + 0,5 V_0 (1-2c). \quad (10b)$$

ეს თანაფარდობები საშუალებას გვაძლევს ჩვენს ანალიზში შემოვიზღუდოთ ცვლადების შემდეგი არეებით: $\eta_2 \geq 0; c \leq 0,5$.

3. წესრიგი-უწესრიგობის ტიპის ფაზური გადასვლების ანალიზი თავისუფალი ენერგიის მწკრივად გაშლის საფუძველზე უკვე ჩატარებული იყო მთელ რიგ ნაშრომებში [6]. განხილული იყო წესრიგის ორი პარამეტრის მქონე სისტემებიც. გაანალიზებულ იქნა შემთხვევები, როდესაც მწკრივად გაშლილი F -ფუნქცია „გვარედინა წევრებიდან“ შეიცავდა ან მხოლოდ $\eta_1\eta_2^2$, ან მხოლოდ $\eta_1^2\eta_2$ ტიპის წევრებს. ამ მაგალითებისგან განსხვავებით, ფუნქცია (6) შეიცავს ორივე ტიპის წევრებს, რაც განაპირობებს განსახილველი სისტემის თვისებების თავისებურებას.

განესაზღვროთ (9) განტოლებათა სისტემის ამოხსნები. ვიგულისხმობთ $\eta_2 \neq 0$ (9b)-დან ვღებულობთ

$$\eta_2^2 = - (3/4) \{ \eta_1^2 + \eta_1 \beta / \delta + \alpha_2(T)/T\delta \}. \quad (11)$$

(9a) ამოხსნათ T -ს მიმართ (11)-ის გათვალისწინებით. გვექნება:

$$T(\eta_1) = T_2 (1 - b_1 \eta_1) / (1 + b_2 \eta_1 + b_3 \eta_1^2 + b_4 \eta_1^3), \quad (12)$$

სადაც

$$b_1 = - 2\delta (1 - 2/3\rho) / \beta; \quad b_2 = (2\delta / 3\beta) + (\beta/2a_1); \quad (13a)$$

$$b_3 = 3\delta/2a_1; \quad b_4 = 7\delta^2/9\beta a_1. \quad (13b)$$

(11) და (12) გამოსახულებების ერთობლიობა გვაძლევს (9) განტოლებათა არანულოვან ამოხსნებს მოცემული η_1 მნიშვნელობისათვის.

(2) დეტერმინანტში შემაჯავალი მეორე წარმოებულები მიიღება (9) განტოლებების გაწარმოებით. მათი ჩასმა (2)-ში გვაძლევს

$$\Delta(\eta_1, \eta_2) = (8T\eta_2^2/\delta^3)\Delta(\eta_1), \quad (14a)$$

$$\Delta(\eta_1) \equiv \alpha_1(T) - 0,75\{\alpha_2(T) + T[(\beta^2/2\delta) + 3\beta\eta_1 + (7\eta_1^2\delta/3)]\}. \quad (14b)$$

ვიგულისხმება, რომ აქ T -ს მნიშვნელობები განსაზღვრულია (12)-ით.

ცნობილია, რომ მოწესრიგებად სისტემებში არანულოვანი ამოხსნები არსებობენ გარკვეული T_0 ტემპერატურის ქვემოთ. ეს ტემპერატურა შეიძლება განისაზღვროს პირობებიდან: $(dT(\eta_1)/d\eta_1) = 0$ [2], ან

$$\Delta(\eta_1) = 0. \quad (15)$$

არანულოვანი ამოხსნის გარდა, ყველა ტემპერატურაზე არსებობს ამოხსნა 0-წერტილში (ე. წ. „ნულოვანი ამოხსნა“). დეტერმინანტი (2) 0-წერტილში ასეთ სახეს ღებულობს:

$$\Delta(0, 0) = 2a_1^2 T^2 (1 - T_1/T) (1 - T_2/T). \quad (16)$$

ვინაიდან ჩვენ ვისაზღვრებით $p > 1$ შემთხვევის განხილვით, უნდა ჩავთვალოთ, რომ $T_2 > T_1$. მაშინ (16)-დან გამომდინარეობს, რომ ექსტრემუმი 0-წერტილში ტემპერატურათა ინტერვალებში $T > T_2$, $T_2 > T > T_1$ და $T < T_1$. შესაბამად არის მინიმუმი, უნაგირა წერტილი და მაქსიმუმი. არანულოვანი ამოხსნის მახასიათებელ T_0 ტემპერატურასთან მიმართებაში შეიძლება იყოს ორი შემთხვევა: $T_0 > T_2$, ან $T_0 = T_2$. თუ სისტემაში ადგილი აქვს პირველ უტოლობას, მაშინ $T_0 > T > T_2$ ტემპერატურებზე, უშუალოდ 0-წერტილში არსებული ლოკალური მინიმუმის გარდა, მის მახლობლად გვაქვს ორი არანულოვანი ამოხსნა: 0-წერტილის მეზობლად განლაგებული, უნაგირა წერტილის სახისა და უფრო მოშორებული - ლოკალური მინიმუმის სახის. ამ დროს წესრიგი-უწესრიგობის გადასვლა მოხდება რომელიღაც T_r ტემპერატურაზე $T_0 \geq T_r > T_2$ ინტერვალში და ეს გარდაქმნა დაკავშირებული იქნება აბსოლუტური მინიმუმის ნახტომისებურ გადაადგილებასთან. თუკი სისტემაში მეორე ტოლობა ხორციელდება, მაშინ მინიმუმთა და უნაგირა წერტილის თანაარსებობის ტემპერატურული არე აღარ გვექნება და ფაზური გადასვლა მოხდება აბსოლუტური მინი-

მუშის უწყვეტი გადაადგილებით $T_{tr}=T_0=T_2$ ტემპერატურაზე.

4. თუ სისტემაში მოცემული c კონცენტრაციის დროს $T_0(c) > T_2(c)$, მაშინ, როგორც ზემოთ ითქვა, $T_0(c) > T_2(c)$ ინტერვალში 0 -წერტილთან უახლოეს არანულოვან ამოხსნას უნაგირა წერტილის სახე ექნება. შესაბამისად, მასში დეტერმინანტი (14b) უარყოფითი იქნება. მეორე ექსტრემუმში, ლოკალურ მინიმუმში, ეს დეტერმინანტი – დადებითია. $T=T_0(c)$ ტემპერატურაზე ორივე ამოხსნა შეერწყება ერთ ექსტრემალურ წერტილში, რომლისთვისაც $\Delta(\eta_1) = 0$.

კონცენტრაციის ცვლილება გავლენას ახდენს ექსტრემალური წერტილების მდებარეობაზე. კერძოდ, მცირე კონცენტრაციების არეში c -ს ზრდა იწვევს ორივე არანულოვანი ამოხსნის ურთიერთდაახლოებას და გადაადგილებას 0 -წერტილისაკენ [2-3]. რომელიღაც c^0 კონცენტრაციაზე არანულოვანი ამოხსნები 0 -წერტილში აღმოჩნდებიან [3]. ამ დროს მათი დეტერმინანტები ნულს გაუტოლდებიან. ამრიგად, $c=c^0$ კონცენტრაციაზე ლოკალურ მინიმუმთა თანაარსებობის არე გაქრება და აბსოლუტური მინიმუმის 0 -წერტილიდან ნახტომისებური გადასვლა შეიცვლება მისი უწყვეტი გადაადგილებით.

განვიხილოთ დეტერმინანტი (14b) ზღვრულ წერტილში $\eta_1 = 0$. გვექნება:

$$\Delta(\eta_1 = 0) = \alpha_1(T) - 0,75 \{ \alpha_2(T) + T (\beta^2/2\delta) \}. \quad (17)$$

განვსაზღვროთ კონცენტრაციის მნიშვნელობა c^0 , რომლის დროსაც

$$\Delta(\eta_1 = 0) = 0, \quad (18)$$

ამ პირობიდან, $T_0=T_2$ ტოლობის გათვალისწინებით, ვღებულობთ

$$c^0 = 0,5 \{ 1 \pm \sqrt{(p-1)/3} \}. \quad (19)$$

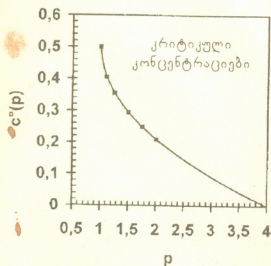
სურათზე უწყვეტი ხაზით ნაჩვენებია $c^0(p)$ დამოკიდებულება, ხოლო წერტილებით აღნიშნულია P პარამეტრის ცალკეული მნიშვნელობებისთვის ჩატარებული ზუსტი მანქანური დათვლების შედეგები. როგორც ვხედავთ, თანხვედრა ძალიან კარგია.

5. რამდენიმე კომენტარი.

გამოსახულება (19) სიმეტრიულია $c=0,5$ მნიშვნელობის მიმართ, რაც ემთხვევა სისტემის ზემოთ აღნიშნულ სიმეტრიის თვისებებს.

$c < c^0$ და $c > c^0$ კონცენტრაციათა ინტერვალებში წესრიგი-უწესრიგობის გადასვლა ნახტომისებურია, პირველი გვარის ფაზური გადასვლის მსგავსია, ხოლო $c^0 < c < c^0$ კონცენტრაციათა ინტერვალში, იმავე P ენერგეტიკული პარამეტრის პირობებში, ეს გადასვლა უწყვეტია, მეორე გვარის ფაზური გადასვლის მსგავსი.

ხაზი უნდა გაეცვას იმ გარემოებას, რომ გამოსახულება (19) მიღებულ იქნა (9b) განტოლების $\eta_2 \neq 0$ ამოხსნის გამოყენების საფუძველზე, რაც შეესაბამებოდა $p > 1$ პირობას. სის-



ტემპებისათვის, სადაც $p < 1$, ანალოგიური ანალიზის ჩატარებისას ამ განტოლების $\eta_2 \neq 0$ და $\eta_2 = 0$ ამოხსნების გათვალისწინებაა საჭირო.

ბეტორი მადლობას უხდის საფრანგეთის პოლიტექნიკური ინსტიტუტის დასახივებული მყარი სხეულების ლაბორატორიას მიწვევისათვის, როდესაც შესრულდა ამ სამუშაოს ძირითადი ნაწილი.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის
 ფიზიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. A. G. Khachaturyan. Theory of Structural Transformations in Solids. Wiley, New York, 1983.
2. I. G. Ratishvili, P. Vajda. Phys. Rev. B 47, 14 062, 1993.
3. I. G. Ratishvili, P. Vajda, A. Boukreev, N. Z. Namoradze. Phys. Rev. B 49, 15 461, 1994.
4. I. G. Ratishvili, P. Vajda. Phys. Rev. B 53, 581, 1996.
5. I. G. Ratishvili. Phys. stat. sol. (b), 87, 461 1978.
6. J. C. Toledano, P. Toledano. The Landau Theory of Phase Transitions. 1987.

თ. ღავითაშვილი

ნამის წერტილის დეფიციტის საპროგნოზო რიცხვითი მოდელი
 ორობრაზვის ბავლენის ბათვალისწინებით

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ბ. ბალავაძემ 11.09.1996

ამინდის პროგნოზის ოპერატიულ სამსახურში დიდი ყურადღება ეთმობა ტროპოსფეროს საშუალო ფენაში მიმდინარე პროცესებს, ვინაიდან ატმოსფეროს ეს ფენა განმსაზღვრელია ამინდის ფორმირებაში. ჩვენ მიერ ტროპოსფეროს საშუალო ფენისთვის ჰიდროთერმოდინამიკის სრულ განტოლებათა სისტემის ინტეგრირების საფუძველზე შემუშავებული და რეალიზებულია გეოპოტენციალის ნამის წერტილის დეფიციტის საპროგნოზო რიცხვითი მოდელი. ჰიდროდინამიკის მეტოდებით ღრუბლებისა და ნალექების მოკლევადიანი პროგნოზი მთიანი რეგიონებისათვის ერთ-ერთ აუცილებელ, მაგრამ რთულად გადასაწყვეტ ამოცანას წარმოადგენს. ნამის წერტილის დეფიციტისა და აღმავალი დინებების ცოდნა კარგი საშუალებაა ღრუბლებისა და ნალექების პროგნოზირებაში.

თუ OX ღერძს მივმართავთ პარალელის გასწვრივ, OY-ს მერიდიანის მიმართულებით, ხოლო OZ = სიმძიმის ძალის მიმართულებით ვერტიკალურად ზევით, მაშინ ადიაბატურ მიახლოებაში, იზობარულ საკოორდინატო სისტემაში ნამის წერტილის დეფიციტის საპროგნოზო განტოლება შემდეგნაირად ჩაიწერება [1]:

$$\frac{\partial s}{\partial t} + u \frac{\partial s}{\partial x} + v \frac{\partial s}{\partial y} + w \frac{\partial s}{\partial \zeta} = \left(\frac{\alpha - 1}{\alpha} T - 1 / \frac{d(\ln E(\tau))}{d\tau} \right) \omega \quad (1)$$

აქ s ნამის წერტილის დეფიციტია, u, v, w - ქარის სიჩქარის ჰორიზონტალური მდგენელები, $\omega = d\zeta / dt$ - ვერტიკალური სიჩქარის ანალოგია იზობარულ საკოორდინატო სისტემაში, $\zeta = P/P_0$, P წნევაა, $P_0 = 1000$ მბ, $E(\tau)$ წყლის ორთქლის მაქსიმალური დრეკადობაა, $\alpha = C_p/C_v = 1,4$; T - ჰაერის ტემპერატურა.

იმის გათვალისწინებით, რომ ტროპოსფეროს საშუალო ფენაში საკმაოდ კარგად სრულდება ბაროტროპიულობის პირობა, (1)-ში ქარის სიჩქარის მდგენელებს გამოვითვლით პოლიტროპიული ატმოსფეროს აღმწერი განტოლებების საშუალებებით:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial \zeta} = - \frac{\partial \Phi}{\partial x} + lv, \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial \zeta} = - \frac{\partial \Phi}{\partial x} - lv, \quad (3)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} + u \frac{\partial \Phi}{\partial x} + v \frac{\partial \Phi}{\partial y} + C_1^2 \left[\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right] = 0, \quad (4)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial \zeta} = 0, \quad (5)$$

აქ Φ გეოპოტენციალია, $c^2 = RT$ პარამეტრია, რომელსაც ბგერის სიჩქარის განზომილება აქვს, R - გეზის მუდმივა, l - კორიოლისის პარამეტრი.

(1) ÷ (5) განტოლებათა სისტემა იხსნება არეში $G = (0 \leq x \leq L; 0 \leq y \leq L; 0 \leq \zeta \leq 1)$, საზღვრით Γ_1 შემდეგი საწყისი და სასაზღვრო პირობებით:

თუ $t=0$, $\Phi|_{t=0} = \Phi_0; s|_{t=0} = s_0; u|_{t=0} = u_0 = -\frac{1}{l} \frac{\partial \Phi_0}{\partial y}, \quad (6)$

როცა $x=0$, $u = u_0, v|_{t=0} = v_0 = \frac{1}{l} \frac{\partial \Phi_0}{\partial x} \quad (7)$

თუ $u_0 > 0$, მაშინ $\frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{\partial E}{\partial y} - u\Omega,$

თუ $u_0 \leq 0$, მაშინ $\frac{\partial v}{\partial x} = 0, \quad (8)$

ორივე შემთხვევაში ($u_0 > 0$ და $u_0 \leq 0$) გვაქვს

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\Phi - \frac{u^2}{2} \right) = -\frac{\partial u}{\partial t} + v \left(1 - \frac{\partial u}{\partial x} \right), \quad (9)$$

$$\frac{\partial s}{\partial x} = 0, \quad (10)$$

როცა $\zeta = 1$, მაშინ $\omega = 0, \quad (11)$

აქ $E = \frac{u^2 + v^2}{2} + \Phi, \Omega = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}$ (სიმარტივის მიზნით (7) ÷ (10))

ჰორიზონტალური სასაზღვრო პირობები ფორმულირებულია მხოლოდ Γ_1 საზღვრის დასავლეთი ნაწილისთვის. Γ_1 საზღვრის დანარჩენი ნაწილებისთვის სასაზღვრო პირობები ანალოგიურად ჩამოყალიბდება).

(1) - (5)-ში ოროგრაფიის გავლენას ვითვალისწინებთ 2-ში შემუშავებული მეთოდით. თუ ამ მეთოდით უკანასკნელ განტოლებათა სისტემას ჩავწერთ იზობარულ საკოორდინატო სისტემაში, მაშინ მივიღებთ [2]:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + \omega \frac{\partial u}{\partial \zeta} - lv + \frac{\partial(\Phi + gr)}{\partial x} = 0, \quad (12)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + \omega \frac{\partial v}{\partial \zeta} + lu + \frac{\partial(\Phi + gr)}{\partial y} = 0, \quad (13)$$

$$\frac{\partial \Phi'}{\partial t} + u \frac{\partial \Phi'}{\partial x} + v \frac{\partial \Phi'}{\partial y} + C_1^2 \left[\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right] = 0, \quad (14)$$

$$\frac{\partial s}{\partial t} + u \frac{\partial s}{\partial x} + v \frac{\partial s}{\partial y} - \frac{0,2\beta}{\zeta} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\beta \mu}{RT} \left(u \frac{\partial gr}{\partial x} + v \frac{\partial gr}{\partial t} \right) = 0, \quad (15)$$

სადაც Φ' - ფარდობითი გეოპოტენციალია, $C_1^2 = R(T - \bar{T})$, \bar{T} - ტემპერატურის

საშუალო მნიშვნელობა 1000 მმ ზედაპირზე, $\beta = \frac{\alpha - 1}{\alpha} T - 1 / \frac{d \ln E}{d \tau}$; r - დედამიწის ზედაპირის ფორმას აღწერს.

(12) ÷ (15) ინტეგრირდება არეში შემდეგი საწყისი და სასაზღვრო პირობებით:

$$\text{როცა } t=0. \Phi'|_{t=0} = \Phi'_0; s|_{t=0} = s_0; u|_{t=0} = u_0 = - \frac{\Phi'_0 \frac{\partial \Phi'_0}{\partial y}}{l(\Phi'_0 - gr)};$$

$$v|_{t=0} = v_0 = - \frac{\Phi'_0}{l(\Phi'_0 - gr)} \frac{\partial \Phi'_0}{\partial x}, \quad (16)$$

როცა $x=0$ $u = u_0$,

$$\text{თუ } u_0 > 0 \text{ მაშინ } \frac{\partial v}{\partial t} = - \frac{\partial E_1}{\partial y} - u\Omega, \quad \text{თუ } u_0 \leq 0, \quad \frac{\partial v}{\partial x} = 0, \quad (17)$$

ორივე შემთხვევაში ($u_0 > 0$ და $u_0 \leq 0$) გვაქვს

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(E_1 - \frac{v^2}{2} \right) = - \frac{\partial u}{\partial t} + v \left(1 - \frac{\partial u}{\partial x} \right), \quad \frac{\partial s_0}{\partial x} = 0, \quad (18)$$

$$\text{სადაც } E_1 = \frac{u^2 + v^2}{2} + gr + \Phi', \quad \Omega = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} + l.$$

(2) და (3)-ზე ოპერაცია rot ჩატარებით მივიღებთ

$$\frac{\partial \Omega}{\partial t} + \Omega D = 0,$$

$$\text{სადაც } D = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}. \text{ ჰორიზონტალური დივერგენციაა.}$$

თუ გავითვალისწინებთ (4) და (5)-ს, მაშინ მივიღებთ

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\ln \Omega - \frac{s}{\beta \left(\frac{1-\zeta}{\zeta} \right)} \right) = 0, \quad \text{ან } \ln \Omega - \frac{s}{\beta \left(\frac{1-\zeta}{\zeta} \right)} = \text{const.} \quad (19)$$

იმვე ოპერაციის ჩატარება (12) – (15)-ზე მოგვცემს

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\ln \Omega - \frac{s}{k_1} \right) = - \frac{\alpha}{k_1} \left(u \frac{\partial gr}{\partial x} + v \frac{\partial gr}{\partial t} \right). \quad (20)$$

(19) და (20)-ის ერთმანეთთან შედარება გვიჩვენებს, რომ (20)-ში გამოსახულების კონსერვატიულობა მით უფრო მეტად ირღვევა, რაც მეტადაა მოდელში რელიეფის გავლენა.

(1) ÷ (5) და (12) ÷ (15) განტოლებათა სისტემები იხსნებოდა ლაქსვენდროვის სასრულ-სხვაობიანი სქემით.

რელიეფის აღმწერი r ფუნქციის მნიშვნელობები მიიღებოდა ტოპოგრაფიული რუკების დამუშავების შედეგად. შემდგომ მათი მნიშვნელობები განიცდიდნენ დამუშავებას [3]-ში მოცემული მეთოდით.

ცხრილი 1

ნამის წერტილის დეფიციტის 24-საათიანი პროგნოზის ხარისხის მახასიათებლები

თარიღი	ε	ε_1	ρ	k
17.05.86	$\frac{0,79}{0,61}$	$\frac{0,84}{0,73}$	$\frac{0,61}{0,7}$	$\frac{0,71}{0,73}$
18.05.86	$\frac{0,92}{0,89}$	$\frac{0,97}{0,91}$	$\frac{0,53}{0,61}$	$\frac{0,62}{0,77}$
19.05.86	$\frac{0,65}{0,51}$	$\frac{0,71}{0,59}$	$\frac{0,63}{0,75}$	$\frac{0,74}{0,81}$

შენიშვნა – ცხრილში, წილადის მრიცხველში მოყვანილია პროგნოზის ხარისხის მახასიათებლების მნიშვნელობები რელიეფის გავლენის გათვალისწინებლად, ხოლო მნიშვნელში – ოროგრაფიის გავლენის გათვალისწინებით.

სადაც ε პროგნოზის საშუალო ცდომილებაა, ε_1 – საშუალო კვადრატული ფარობითი ცდომილება, k – კორელაციის კოეფიციენტი ფაქტიურ და პროგნოსტიკულ ცვლილებებს შორის, ρ ფაქტიური და პროგნოსტიკული ცვლილებების ნიშანთა თანმთხვევაა.

მოცემული რიცხვითი მოდელის საფუძველზე ჩატარდა მრავალი რიცხვითი ექსპერიმენტი. ზოგიერთი მათგანის შედეგები მოცემულია 1 ცხრილში. ცხრილის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ რელიეფის რიცხვით მოდელში გათვალისწინება აუმჯობესებდა პროგნოზის ხარისხს. ყველა ჩვენ მიერ ტესტირებული შემთხვევისათვის ეს გაუმჯობესება საშუალოდ შეადგენდა 10%-ს. ანალოგიურ პროცენ-



ტულ მახასიათებელს ვდებულობდით (19) და (20) გამოსახულებების საშუალებით. საკონტროლო გათვლებმა გვიჩვენა, რომ (19) გამოსახულების მნიშვნელობა კარგად ინახებოდა როგორც დროში, ასევე სივრცეში და მისი გადახრა 500 მმ ზედაპირზე საშუალოდ შეადგენდა 1,1%, ხოლო 700 მმ ზედაპირზე – 1,6%. იგივე გადახრები გამოსახულება (20)-ისთვის 500 მმ ზედაპირზე შეადგენდა 9,8%, ხოლო 700 მმ ზედაპირზე 10,7%.

ამგვარად, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ოროგრაფიის გავლენის გათვალისწინება რიცხვით მოდელში აუმჯობესებს ნამის წერტილის დეფიციტის პროგნოზის ხარისხს.

ი. ვეკუას სახ. გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. Л. Гандин, А. Дубов. Численные методы кратковременного прогноза погоды. 1968, 427.
2. თ. დავითაშვილი. ი. ვეკუას სახ. გამოყ. მათემ. ინსტიტ. შრომები, 25, 1988, 94 – 106.
3. თ. დავითაშვილი. ი. ვეკუას სახ. გამოყ. მათემ. ინსტიტ. შრომები, 40, 1990, 50 – 64.



ჟ. ტუხაშვილი, ვ. ჯანღაშვილი

ნახევარწლიანი ვარიაციები იონოსფეროს F ბარამოში და მათი კავშირი მზის ზენიტური კუთხის ცვლილების სიჩქარესთან

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ბ. ბალაეაძემ 13.12.1996

ნახევარწლიანი ვარიაციები (წვე) – ეს არის ვარიაციები ექვსთვიანი პერიოდით. თუ საკვლევ სიდიდეს მაქსიმუმები აქვს დღელამტოლობისას, მას უწოდებენ პირდაპირ წვე, ხოლო თუ მინიმუმები – შებრუნებულ წვე [1].

წვე განსხვავდება წლიური ვარიაციებისაგან, რომელთაგანაც ყველაზე ცნობილია სეზონური. სეზონური ცვლილებები გამოწვეულია დედამიწის ბრუნვის ღერძის ეკლიპტიკის სიბრტყისადმი დახრილობით, რის გამოც ჩრდილო ნახევარსფერო მზისგან სითბოს მაქსიმალურ რაოდენობას ღებულობს ზაფხულის პირისპირდგომისას, ხოლო მინიმალურს – ზამთრის პირისპირდგომისას. სამხრეთ ნახევარსფეროში სეზონური წლიური ტალღა ფაზით წანაცვლებულია ზუსტად 180-ით ჩრდილო ნახევარსფეროსთან შედარებით [1].

წლიური ვარიაციის სხვა ტიპი გამოწვეულია დედამიწის ორბიტის ელიფსური ფორმით (მას ხან დეკემბრის ეფექტს უწოდებენ). ამის გამო დედამიწა დეკემბერიანვარში ღებულობს მზისგან 6-7%-ით მეტ სითბოს, ვიდრე ივნის-იელისში. ამ შემთხვევაში წლიურ ვარიაციას, სეზონურისაგან განსხვავებით აქვს გლობალური, ანუ ზოგადლანეტარული ხასიათი, ე. ი. ერთნაირია ორივე ნახევარსფეროსთვის [1].

განსაკუთრებული ინტერესი წვე-ის მიმართ აღიძრა მაშინ, როცა იგი აღმოაჩინეს ზედა ატმოსფეროს სიმკვრივისთვის თანამგზავრების დამუხრუჭებით. განსაკვიფრებელია, რომ ზედა ატმოსფეროს ეს თვისება აღმოჩნდა გლობალური. მით უმეტეს განსაკვიფრებელია, რომ მისი არსებობა არ იყო ნაწინასწარმეტყველები და დღემდე ვერ ნახა დამაკმაყოფილებელი ახსნა, მიუხედავად იმისა, რომ წვე-ის ამპლიტუდა მეორე ადგილზეა დღელამტური ცვლილების შემდეგ [1,2].

პირველად ზედა ატმოსფეროს ცვლილების ნახევარწლიანი კომპონენტი შეამჩნიეს 1960 წელს დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრის დამუხრუჭებით [3,4]. რამდენიმე ათეული თანამგზავრის დამუხრუჭებაზე დაკვირვებამ საშუალება მისცა მკვლევარებს წვე სუფთად გამოეყოთ იმ ვარიაციებისაგან, რომლებიც დაკავშირებულია ლოკალურ დროსა და მზის აქტივობასთან. თავიდან ამ ვარიაციებს არ აქცევდნენ ყურადღებას და 1965 წლის მოდელეებში ისინი არ იყო არეკვლილი. ხოლო იაკის მოდელეებში 1970 – 71 წლებში [5] წვე უკვე იყო გათვალისწინებული. წვე-მა დიდი ინტერესი გამოიწვია [6,7] შრომების შემდეგ, რომლებშიც გამოქვეყნებულია ახალი დაკვირვების მონაცემები და ხაზგასმულია წვე-ის პრობლემის თეორიული საჭიროება.

გეომაგნიტური შემფოთებებისგან განსხვავებით, რომელთათვისაც წვე დიდი



ხანია შეისწავლება, იონოსფეროსთვის ეს ეფექტი შედარებით ახალია, რომ ჭერ მთავარია გამოირკვეს, იონოსფეროს რომელ არეებში და რამდენად დამაჯერებლად მუდავნდება იგი [1].

როგორც იონოსფეროს ქვედა ნაწილში, ისევე F ფენის სიმაღლის და ელექტრონების მაქსიმალური კონცენტრაციის ნწვ ჭერ კიდევ ადრე იყო შემჩნეული, ოღონდ მათი აქტიური კვლევა დაიწყო მხოლოდ უკანასკნელ წლებში [1].

F_2 ფენის კრიტიკული სიხშირე f_oF_2 დღისით განიცდის ნწვ-ს, მაგრამ ეს ეფექტი მამინე არ შეიმჩნევა, რადგანაც იგი დამახინჯებულია სხვა ტიპის ვარიაციებით, განსაკუთრებით ზამთრის ანომალიის მოვლენით. [8]-ში ნაჩვენებია, რომ $(f_oF_2)^{2.75}$ პარამეტრი, მიყვანილი $\chi=45^\circ$ ზენიტურ კუთხეზე, განიცდის ნწვ-ს. f_oF_2 -ის ნწვ უფრო დეტალურადაა განხილული [9-12]-ში.

მოცემულ სტატიის მიზანია განხილულია ნწვ იონოსფეროს F_2 ფენის კრიტიკული სიხშირისთვის და დაკავშირებულია იგი მზის ზენიტური კუთხის ცვლილების მყისი სიჩქარის ნწვ-სთან.

ინტეგრალური ენერგია მზის ამოსვლიდან მოცემულ ზენიტურ კუთხემდე დამოკიდებულია მზის ზენიტური კუთხის ცვლილების V სიჩქარეზე.

$$V = \frac{dx}{dt} \quad (1)$$

თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ

$$\cos x = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos t = P + Q \cos t \quad (2)$$

და აქედან გამოვძინარე,

$$\chi = \pm \arccos(P + Q \cos t) \quad (3)$$

$$V = \frac{Q \sin t}{\sqrt{1 - (P + Q \cos t)^2}} \quad (4)$$

თუ შემოვიღებთ ლოკალურ დროს $T = t + 12$

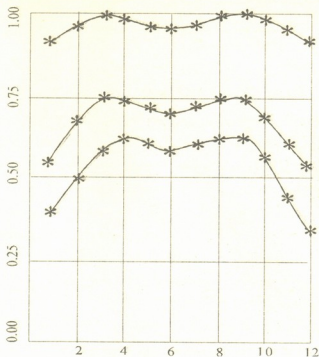
$$V(T) = \frac{Q \sin(T - 12)}{\sqrt{1 - (P + Q \cos(T - 12))^2}} \quad (5)$$

ეს არის მზის ზენიტური კუთხის ცვლილების სიჩქარის მყისი მნიშვნელობა. მზის ზენიტური კუთხის ცვლილების სიჩქარე მოცემულ χ -ზე:

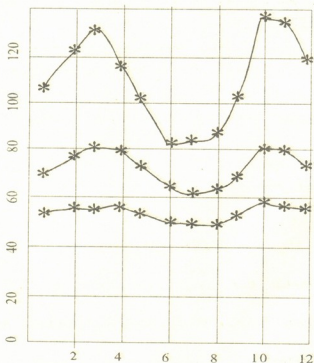
$$V(\chi) = \frac{\sqrt{Q^2 - (\cos \chi - P)^2}}{\sqrt{1 - (\cos \chi)^2}} \quad (6)$$

1 სურათზე ნაჩვენებია $V(\cos \chi = 0, 2)$ -ის სეზონური ცვლილება სხვადასხვა განედისათვის. ზედა მრუდი შეესაბამება $\phi = 0^\circ$ შუა $\phi = 40^\circ$ ქვედა $\phi = 50^\circ$ დრო გადაყვანილია რადიანებში და სიჩქარე უგანზომილებოა.

განვიხილოთ მზის მუდმივი ზენიტური კუთხის შესაბამისი F_2 ფენის კრიტიკული სიხშირის სეზონური ცვლილება. საქმეს ართულებს ის გარემოება, რომ არ არსებობს f_oF_2 -ის მზის ზენიტურ კუთხეზე დამოკიდებულების ანალიზური ფორმულა. ჩვეულებრივად იზომება f_oF_2 -ის საათობრივი მნიშვნელობები.



სურ. 1. $V(\cos \alpha = 0.2)$ -ის სეზონური ცვლილებები სხვადასხვა განედისათვის.



სურ. 2. $f_o F2(\cos \alpha = 0.3)$ -ის სეზონური ცვლილებები მზის სხვადასხვა აქტიუობისათვის თბილისის სადგურის მონაცემების მიხედვით ($F_{10,7} = 60, 100$ და 200).

დავუშვათ, რომ ორ მეზობელ საათს შორის $f_o F2$ იცვლება წრფივად. I საათის შესაბამისი $f_o F2$ აღენიშნოს $Y(I)$, $(I+1)$ -ის შესაბამისი — $Y(I+1)$ -ით, T დროს შესაბამისი — $Y(T)$ -ით, მოცემული x -თვის, რომლისთვისაც გვაინტერესებს $f_o F2$ -ის განსაზღვრა, T დრო შეიძლება გამოითვალოს ნებისმიერი განედისა და ნებისმიერი სეზონისათვის (2) განტოლებიდან. ორ წერტილზე ($I, Y(I)$), და ($I+1, Y(I+1)$) გამავალი წრფის განტოლების თანახმად:

$$\frac{Y(T) - Y(I)}{Y(I+I) - Y(I)} = \frac{T - I}{(I+I) - I} \quad (7)$$

აქედან

$$Y(T) = (I+I)Y(I) - I \cdot Y(I+I) + (Y(I+I) - Y(I)) \cdot T$$

სურ. 2-ზე ნაჩვენებია თბილისის სადგურის მონაცემებით მუდმივ ზენიტურ კუთხეზე ($\cos \chi = 0,3$) $f_0 F_2$ -ის სეზონური ცვლილება მზის სხვადასხვა აქტივობისთვის ($F_{10,7} = 60, 100$ და 200). ცხადია, რომ მუდმივ ზენიტურ კუთხეზე $f_0 F_2$ -ს აქვს ნახევარწლიური ვარიაციები. ეს ვარიაციები შეესაბამება მზის ზენიტური კუთხის ცვლილების სიჩქარის სეზონურ ცვლილებას (სურ. 1).

მუდმივ ზენიტურ კუთხეზე $f_0 F_2$ -ის მონაცემებს სინგაპურისთვის ($\varphi = 1^{\circ} N$), თბილისის ($\varphi = 42^{\circ} N$) და იაკუტსკისთვის ($\varphi = 62^{\circ} N$) აქვთ მსგავსი ხასიათი, მაგრამ სინგაპურისათვის წვე უმნიშვნელოა, მაშინ როცა იაკუტსკისათვის უკეთესადაა გამოხატული.

[13]-ში ნაჩვენებია, რომ მზის ამოსვლიდან მოცემულ ზენიტურ კუთხემდე დროის ინტერვალზე აგრეთვე განიცდის შებრუნებულ წვე-ს. ეფექტი უნდა მოქმედებდეს ნებისმიერ განედზე. მართლაც, დააკვირდნენ $30, 120$ და 210 კმ სიშორეზე ატმოსფეროების ინტენსივობის მზის ამოსვლის ეფექტის წვე-ს [14]. ეფექტის მინიმალური ხანგრძლივობა რეგისტრირებულია იანვარსა და ივნისში [13]-ის გამოთვლების შესაბამისად [1].

არსებული ფაქტების მთლიანი ერთობლიობის განხილვა გვიჩვენებს, რომ თითქმის ყველა გეოფიზიკური მოვლენა, რომელიც მიმდინარეობს — 90 კმ-ის ზემოთ, ასე თუ ისე განიცდის წვე-ს [1], რაშიც გარკვეული წვლილი უნდა შეჰქონდეს მზის ზენიტური კუთხის ცვლილების სიჩქარის თავისებურებას.

ი. ჯავახიშვილის სახ.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *Г. С. Иванов - Холодный*. Геомагнетизм и аэрономия. XIII, 6, 1973. 969 - 990.
2. *Г. С. Иванов - Холодный*. В. Сб. Итоги науки и техники. Физика земли, 1971.
3. *H. K. Paetzold*. Space Research, 3, 1963, 28.
4. *H. K. Paetzold H. Zschorher*. Space Research, 21, 1962. 958.
5. *L. G. Jacchia. Smitson*. Astrophys. Obs. Rept. N 332, 1971.
6. *D. G. King-Heihe*. Nature 210, 1966, 1032.
7. *G. E. Cook, D. W. Scott*. Planet. Space Sci., 14. 1966. 1149.
8. *A. G. French*. Atmos. Terr. Phys. 28, 1966, 9.
9. *T. Yonezawa*. Radio Res. Labs. Japan., 19, 1972, 1.
10. *Idem*. Ibidem. 14. 1967. 1.
11. *Idem*. Ibidem. 6. 1969. 293.
12. *Idem*. Ibidem. 33. 1971. 889.
13. *К. И. Тухашвили*. Геомагнетизм и аэрономия. 9, 2. 1969. 350.
14. *A. K. Sen., M. K. Das Gupta*. Indian J. Phys. 43. 1969. 184.



0. შეჯრილაძე

არამდგრადი სისტემის ატმოსფერო-ოკეანე დასწრებული
შერჩევითი ხელოვნური ბადასტრატოფიცირების გზით
ტროპიკული ციკლონის განვითარების შეზღუდვის შესახებ

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ბ. ბალაქაძემ 9.01.1997

შრომებში [1-2] წამოყენებულია სეტყვის თავიდან აცილების კონცეფცია, რომელიც ითვალისწინებს ატმოსფეროს წინასწარ განაწილებულ გადასტრატოფიცირებას არამდგრადობის ენერჯის საშიშოდ მალალი დონეების მქონე არეში. გადასტრატოფიცირება უნდა ხორციელდებოდეს რამდენიმე (მითითებულ არეში განაწილებული) კონვექციური ღრუბლის ხელოვნური გენერაციით, რითაც გამოირიცხება ერთი ღრუბლის მიერ სეტყვის გამოწვევისათვის საკმარისი არამდგრადობის ენერჯის კონცენტრირება (მიდგომა შეესაბამება ე. წ. შიგამასურ პროცესებს და არ ვრცელდება ფრონტალური პროცესების განვითარების შეზღუდვაზე). ამასთან, წინასწარი დასკვნაც არის გაკეთებული იმის შესახებ, რომ ატმოსფეროს დასწრებული ხელოვნური გადასტრატოფიცირება ტროპიკული ციკლონის გარეგანში გადაზრდის შესაზღუდათაც შეიძლება იყოს გამოყენებული, თუ ერთდროულად ოკეანის გარკვეულ ზონებში სისტემის ჰაერი-ზღვა კომბინირებული გადასტრატოფიცირება იქნება უზრუნველყოფილი [2]. ქვემოთ განხილულია ასეთი მიდგომის რეალიზაციის შესაძლო პირობები.

საყრდენ მონაცემთა ანალიზი. მრავალ დაკვირვებათა და ფართო კვლევათა შედეგების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ორშრიანი სისტემა ატმოსფერო-ოკეანე (მნიშვნელოვნად უფრო მკვირივი ქვედა კომპონენტით) იდეალური სტრუქტურაა არამდგრადობის ენერჯის თითქმის შეუზღუდავი აკუმულაციისათვის. ტროპიკებში მზის მძლავრი გამოსხივების დიდი ნაწილი შთაინთქმება და აკუმულირდება ოკეანის ზედა ფენის მიერ, რის შედეგადაც წყლის კომპონენტის ფარგლებში თავისუფალი კონვექციის მიმართ სრულიად მდგრადი ქვესისტემა იქმნება.

სისტემამ მთლიანობაში მხოლოდ ველენდერის ტიპის არამდგრადობა შეიძლება განიცადოს [3-5], რომელიც იმ შემთხვევაში იჩენს თავს, როცა ოკეანის მიერ აკუმულირებული სითბოს ატმოსფეროსათვის გადაცემას აქვს ადგილი. ასეთი გადაცემა, თავის მხრივ, შეიძლება იყოს განპირობებული მხოლოდ მძლავრი ატმოსფერული კონვექციით, რომელიც ატმოსფერო-ოკეანის სასაზღვრო შრეში ჰაერისა და წყლის ინტენსიურ კონტაქტს უზრუნველყოფს. მოყვანილი გარემოებები ქმნიან წინაპირობებს ოკეანის სივრცეებზე დაახლოებით 30° C ტემპერატურული პოტენციალის სითბოს გრანდიოზული მარაგების საკმარისად ხანგრძლივი აკუმულირებისათვის, რითაც იქმნება ბაზისი შემდგომში ენერჯის შესაძლო კონცენტრირების კატასტროფული მასშტაბისათვის. აქედან გამომდინარე, სისტემის



წონასწორობიდან გამოყვანა და ოკეანის მიერ აკუმულირებული ენერჯის მოსფერულ კონვექციურ სტრუქტურათა განვითარებაზე გადასროლის პროცესის დაწყება მხოლოდ საკმარისად მძლავრ შემფოთებებს შეუძლიათ. სამწუხაროდ, გარკვეულ სპეციფიკურ პირობებში, ენერჯის აკუმულაციის ზემოთ აღნიშნულ მასშტაბებთან დაკავშირებით, ასეთმა სტრუქტურამ შეიძლება მძლავრი ტროპიკული გრიგალის სახე მიიღოს შესაბამისი კატასტროფული საბოლოო შედეგებით.

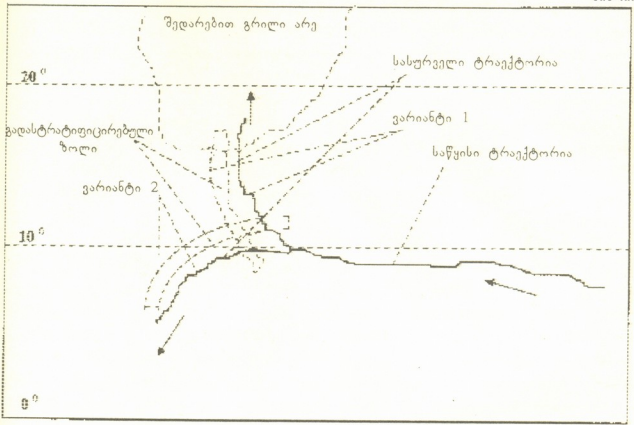
მეორე ფუნდამენტური თავისებურება, რომელიც ჩვენი განხილვისთვის არის აქტუალური, დაკავშირებულია ტროპიკული ციკლონის მოძრაობის საკმარისად ხისტ დამოკიდებულებასთან – ოკეანის ტემპერატურულ ველთან. მრავალ დაკვირვებათა თანახმად, როგორც მინიმუმ, სრული განვითარების მიღწევამდე, ციკლონები მოძრაობენ ოკეანის ყველაზე გადახურებული ზონებისაკენ [6,7]. ჩვენ აქ თავს შევიკავებთ ციკლონების ასეთი ქცევის განმარტობებელი დინამიკური თავისებურებების დეტალური განხილვისაგან (რომლებიც ჭეშრაც ბოლომდე გახსნილი არ არის) და მხოლოდ იმ ფაქტის კონსტატაციით დაკმაყოფილდებით, რომ, როგორც მინიმუმ, არსებობის ციკლის პირველ ეტაპზე ტროპიკული ციკლონები საკმარისად მოხერხებულად უვლიან გვერდს გარემომცველი ოკეანის შედარებით ცივი არეებს.

მოვიყვანოთ ხსენებული ეფექტის გამოვლინების ზოგიერთი მაგალითი. 16 რეალური ციკლონის ქცევის ანალიზი, რომელიც [6]-ში არის მოყვანილი, გვიჩვენებს, რომ ამ ციკლონების მოძრაობის ტრაექტორიებზე ციკლონის მოძრაობის ოკეანის ყველაზე გადახურებული ზონებისაკენ გადახვევის 87 ფაქტი ფიქსირდება. წინა ციკლონის ან ციკლონების მიერ გადასტრატოფიციური, ოკეანის შედარებით ცივი ზონების გვერდის ავლის უნარის შთამბეჭდავი დემონსტრირება მოახდინეს ტროპიკულმა ციკლონებმა კიტმა, ლიმ, მეიმი და ნელსონმა 1985 წლის აგვისტოში წყნარი ოკეანის დასავლეთ ნაწილში [7].

მოყვანილ და სხვა მონაცემთა ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ციკლონის მოძრაობის საკმარისად ხისტ დამოკიდებულებას ოკეანის ტემპერატურული ველისაგან ადგილი აქვს ტროპიკულ და სუბტროპიკულ ზონებში 30–35° განედამდე, ციკლონის დიამეტრის საწყისიდან 150–200 კმ-მდე დიაპაზონში. ასეთი ეტაპი შეესაბამება გრიგალის არსებობის ციკლის პირველ 3–4 დღეს და მისი ტრაექტორიის 2000 კმ-მდე საწყის მონაკვეთს.

განხორციელების ტაქტიკა. [1–2] კონცეფციის განსახილველ მოვლენაზე უშუალო, პირდაპირი გავრცელების შემთხვევაში შეიძლებოდა დასმულიყო ციკლონის ჩასახვისა და განვითარების მაღალი პოტენციალის მქონე ტროპიკული ოკეანის ყველა ზონაში წყვილი ჰაერ-ზღვის შრის პერმანენტული გადასტრატოფიციურების უზრუნველყოფის ამოცანა. ცხადია, რომ ასეთ სიტუაციაში მთლიანად გამოირიცხებოდა გრიგალის განვითარების ენერგეტიკული ბაზისის არსებობა. მიუხედავად ამისა, წინასწარი შეფასებაც კი გვაჩვენებს, რომ ასეთი მიდგომის განხორციელება ათობით მილიონ კვადრატულ კილომეტრზე უაღრესად რთულ ტექნიკურ და ეკონომიკურ პრობლემებთან იქნებოდა დაკავშირებული.

გაცილებით უფრო იმედისმომცემია წამოყენებული მიდგომის რეალიზაცია ოკეანის შერჩეული ზოლების ფარგლებში ჰაერ-ზღვის შრის დასწრებული გადასტრატოფიციურების გზის ტროპიკული ციკლონის ისეთი ტრაექტორიით წარმართვით, რომელიც მის განვითარებას შეზღუდავდა. ასეთ სიტუაციაში საქმე გვექ-



სურ. 1. ტროპიკული ციკლონის მიმართვის შესაძლო ვარიანტების სქემა.

ნებოდა გადასტრათიფიცირების აუცილებლობასთან მხოლოდ ათობით ათასობით კვადრატულ კილომეტრზე, რაც ასევე საკმაოდ რთული, მაგრამ გაცილებით უფრო განხორციელებადი ამოცანაა.

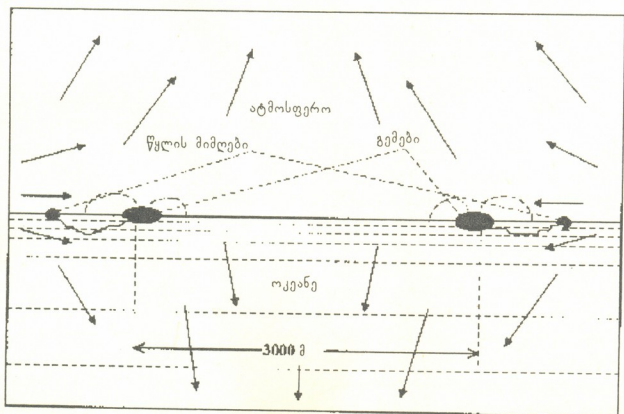
1 სურათზე მოყვანილია ტროპიკული ციკლონის მიმართვის შესაძლო ვარიანტები. სასურველი შეიძლება აღმოჩნდეს ციკლონის მოძრაობის მიმართვა ოკეანის შედარებით გადაცივებული არისაკენ, რაც ხშირ შემთხვევაში პოლარულ მიმართულებას შეიძლება დაემთხვეს (ვარიანტი 1). აქ, რა თქმა უნდა, იგულისხმება, რომ განსახილველ სიტუაციაში ყველაზე ცივ ზონას გადასტრათიფიცირებული ზოლი წარმოადგენს. გარდა ამისა, გამორიცხული არ არის, რომ ციკლონის განვითარების შეზღუდვისათვის (დინამიკური თვალსაზრისით) ეკვატორისაკენ მიმართვაც (ვარიანტი 2) ეფექტური აღმოჩნდეს.

რეალიზაციის პირობები. წამოყენებული მიდგომის რეალიზაციის ტექნიკური პირობების განსაზღვრის მიზნით ჩატარდა კონვექციური ღრუბლების ხელოვნური გენერაციის სფეროში არსებული მონაცემების ანალიზი. ასეთი ანალიზის შედეგების ბაზაზე დამუშავდა დასწრებული გადასტრათიფიცირების რამდენიმე ვარიანტი. მაგალითად, ერთ-ერთი ასეთი ვარიანტის თანახმად, 26°C-ზე უფრო მაღალი ტემპერატურის ზონაში 1000 კმ სიგრძისა და 50-70 კმ სიგანის გადასტრათიფიცირებული ზოლის შექმნა შეიძლება 100 მეტრ ჯამური სიმაღლის ტუმბოების ბაზაზე აგებული წყლის გაფრქვევის სისტემებით შეიარაღებული 20 სპეციალური ტიპის, მაღალსიჩქარიანი (მაქსიმალური სიჩქარე 40 კვანძის ზონაში) გემისაგან შემდგარი ფლოტის გამოყენებით, რომელიც 33 საათის განმავლობაში 50 კმ-იანი ინტერვალებით 20-მდე კონვექციური ღრუბლის გენერირებას უზრუნ-

ველყოფს. ვარიანტები, როგორც წესი, ყველაზე მძიმე პირობებისათვის ითვლება, როცა თვით ატმოსფეროს არამდგრადი ზონის ხელოვნურად ფორმირება ხდება საჭირო. სინამდვილეში ხშირად ზემოქმედებისათვის უფრო სახარბიელო პირობებს ექნება ადგილი (ისეთი სიტუაციების ჩათვლით, როცა შერჩეულ ზონაში ატმოსფერო თავიდანვე თავისთავად არამდგრადია).

2 სურათზე მოყვანილია კონვექციური ღრუბლის ხელოვნური გენერირების შესაძლო ვარიანტის სქემა. 20 სპეციალიზებული გემი თანაბარი ინტერვალებით განლაგებულია 3 კმ დიამეტრის წრეზე. ისინი აფრქვევენ ზღვის წყალს დაახლოებით 1 საათის განმავლობაში და იწვევენ გატენიანებული ჰაერის საწყისი არამდგრადი ზონის ფორმირებას და ზღვის წყლის შესაბამის გაცივებას (გემების ზღვის წყლის მიძღვებები წყლის გაცივების ზონის გარეთაა განლაგებული). აღმავალი ჰაერისა და დაღმავალი წყლის ერთდროულად ინიცირებული ნაკადები წარმოშობენ გარემომცველი ოკეანის მხრიდან წრისაკენ მომართულ ჰაერისა და წყლის ნაკადებს, რაც თანდათანობით აუმჯობესებს სითბოსა და მასის გადაცემას ოკეანიდან ატმოსფეროში და ბიძგს აძლევს კონვექციური ღრუბლის განვითარების ბუნებრივ მექანიზმებს.

საბოლოო ანგარიშში, ამ გრანდიოზულმა შეფ-გამატენიანებელმა (რომელიც 10000 მეტ სიმძლავრის თბოელექტროსადგურს შეესაბამება) კონვექციური ღრუბლის განვითარების დაწყება უნდა უზრუნველყოს. გარდა ამისა, საჭიროების შემთხვევაში კონვექციური ღრუბლის გენერაციის დამატებითი სტიმულირებაც არის შესაძლებელი აღმავალი აირის ჭავლების შემქმნელი რეაქტიული ძრავების ბაზაზე შექმნილი სისტემების, ე. წ. მეტეოტრონების ჩართვით [8], იგულისხმება აგრეთვე, რომ კონვექციური ღრუბლის შემდგომი განვითარება წყვილი ჰაერ-ზღვის სისტემის გადასტრატოფიცირებას გაცილებით უფრო ვრცელ არეში უზრუნველ-



სურ. 2. კონვექციური ღრუბლის ხელოვნური გენერირების შესაძლო ვარიანტის სქემა.

ყოფს. ზღვის წყლის ტემპერატურის დაცემა (როგორც კონვექციური ღრუბლის განვითარების, ასევე ოკეანის ზედა და ქვედა ფენებს შორის წყლის შერევის გამო) თავს შეინარჩუნებს რამდენიმე დღის (8-10 დღემდე) მანძილზე.

იგულისხმება აგრეთვე, რომ კონვექციური ღრუბლის განვითარებით მიღწეული გადასტრატოფიცირება ციკლონის მოახლოებამდე უნდა დამთავრდეს, რათა თავიდან იქნეს აცილებული ხელოვნურად აქტივიზირებული არამდგრადობის ენერჯის თვით ციკლონის მიერ ათვისება. რამდენადაც კონვექციური ღრუბლის არსებობის ციკლი 1 საათის რიგის შეიძლება იყოს (ხელოვნური გენერაციის შემდეგ), ასეთი მოთხოვნის დაკმაყოფილება რთული არ უნდა აღმოჩნდეს.

როგორც კი კონვექციური ღრუბლის განვითარების პროცესი დაიწყება, ფლოტი დაუყოვნებლივ შემდეგ სამიზნე წერტილისაკენ უნდა გადაადგილდეს, რათა საბოლოო ანგარიშში ტროპიკულ ციკლონს საწყისი მოძრაობის გადამკვეთად შედარებით ცივი წყლის ზოლი დახვდეს. თუ გავითვალისწინებთ, რომ დამსწრებ ღონისძიებათა ჩატარება დაახლოებით 80-100 საათში უნდა ჩაეტიოს, ცხადი გახდება, რომ საჭიროების შემთხვევაში უფრო ვრცელი (ზემოთ მითითებულთან შედარებით) ან ორი ზოლის მომზადებაც არის შესაძლებელი.

სპეციალური ტიპის გემების მიმართ წასაყენებელი მოთხოვნის დასაყრდენი გვიჩვენებს, რომ მათ ძლიერი ენერგეტიკა და სათბობის დიდი მარაგები უნდა გააჩნდეთ. ცხადია ისიც, რომ გემის ენერგოდანადგარის მორიგეობითი გამოყენების აუცილებლობა, ხან მოძრაობისათვის და ხან წყლის გაფრქვევისათვის, დიზელ-ელექტრული ან ტურბო-ელექტრული სისტემების გამოყენებას აყენებს წინა პლანზე. წინასწარი შეფასების თანახმად ასეთი ფლოტის შექმნა და ექსპლუატაცია დაახლოებით 300 მლნ ამერიკული დოლარის ოდენობის ინვესტიციებთან და 30 მლნ დოლარამდე წლიურ ხარჯებთან იქნება დაკავშირებული.

საბოლოოდ უნდა აღვნიშნოთ, რომ მოყვანილი შეფასებები ფრიად საყურადღებოა. მიზანშეწონილია ჩატარდეს ატმოსფერო-ოკეანის სისტემაზე ზემოქმედების შემოთავაზებული პროცესის ძირითადი სტადიების შემდგომი დეტალური ანალიზი და მოდელირება.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *И. Г. Шекриладзе*. В: Теплообмен при фазовых превращениях и в двухфазном потоке. ИТМО, Минск, 1985, 141-151.
2. *И. Г. Шекриладзе*. Сообщ. АН Грузии, 146, 2, 1992, 141-145.
3. *P. Welander*. Tellus, 16, 3, 1964, 349-358.
4. *S. G. Philander, T. Imagata, R. C. Pacanowski*. J. Atm. Sc., 41, 4, 1984, 604-613.
5. *T. Imagata*. Elsevier Oceanographic Series, 40, 1985, 437-657.
6. *Е. А. Аргенич*. Тезисы III Межд. симп. троп. метеорол., ИЕМ, Обнинск, 1985, 134.
7. *И. Г. Ситников, В. А. Зленко, А. Е. Почил, Т. А. Юрко*. Труды IV Межд. симп. троп. метеорол., Ленинград, 1989, 186-198.
8. *Н. И. Вульфсон, Л. М. Левин*. Труды Института прикладной метеорологии, 46, 1981, 50-68.

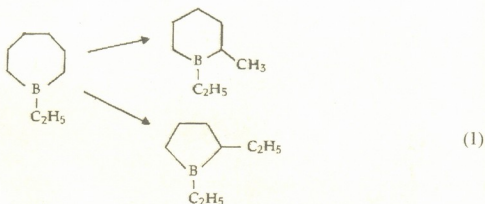


მ. გვერდუთელი, ნ. კობახიძე, მ. გვერდუთელი

ბორაციკლანების თერმული იზომერიზაციის ალგებრული
 დახასიათება

წარმოადგინა აკადემიკოსმა კ. ჯაფარიძემ 17.04.1995

ბორორგანულ ნაერთთა ქიმიში ერთ-ერთ საინტერესო პროცესს წარმოადგენს ბორაციკლანების თერმული იზომერიზაციის რეაქციები [1]. ასე მაგალითად, მალალ ტემპერატურაზე 1-ეთილბორებანი განიცდის თერმულ იზომერიზაციას, რის შედეგად მიიღება 1-ეთილ-2-მეთილბორინანი და 1,2-დიეთილბოროლანი:



ორგანულ ნივთიერებათა მოლეკულების და მათი გარდაქმნების მათემატიკურად აღსაწერად ალგებრულ ქიმიში ფართოდ გამოიყენება მოლეკულური გრაფების თანაზიარობის მატრიცები და მათი მრავალრიცხოვანი მოდიფიკაციები [2,3]. ასეთ მატრიცებს მიეკუთვნება რნბ-მატრიცებიც [4], რომელთა დიაგონალური ელემენტებია მოლეკულაში შემავალი ატომების რიგობრივი ნომრები, ხოლო არადიაგონალური ელემენტებია ქიმიური ბმების ჯერადობა. მაგალითად, ABC მოლეკულისათვის რნბ-მატრიცას გააჩნია შემდეგი სახე:

$$\begin{array}{ccc}
 1 & 2 & 3 \\
 A & B & C
 \end{array}
 \left\| \begin{array}{ccc}
 Z_A & \Delta_{AB} & \Delta_{AC} \\
 \Delta_{AB} & Z_B & \Delta_{BC} \\
 \Delta_{AC} & \Delta_{BC} & Z_C
 \end{array} \right\|, \quad (2)$$

სადაც Z_A , Z_B და Z_C , შესაბამისად A , B და C ელემენტების რიგობრივი ნომრებია, ხოლო Δ_{AB} , Δ_{AC} და Δ_{BC} , A და B , A და C , B და C ატომებს შორის ქიმიური ბმების ჯერადობებია (ამგვარად, მატრიცის პირველი სვეტი შეესაბამება A ატომს, მეორე B ატომს და მესამე – C ატომს). ხაზგასმით აღვნიშნავთ, რომ რნბ-მატრიცის

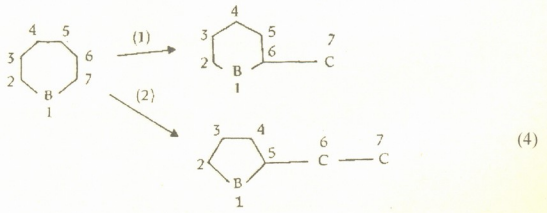
დეტერმინანტის მნიშვნელობა არაა დამოკიდებული მოლეკულაში ატომების ნუმერაციისაგან, ამგვარად იგი წარმოადგენს მოლეკულური გრაფის ინვარიანტს.

გამოთვლების გამარტივების მიზნით, როგორც წესი, არ ითვალისწინებენ მოლეკულაში შემავალ წყალბადატომებს (ე. ი. იხილავენ ე. წ. მოლეკულურ ჩონჩხს). ასეთ შემთხვევაში, მატრიცის რანგი მცირდება მოლეკულაში შემავალი წყალბადატომების ჯამური რიცხვით, ხოლო ახალ მატრიცაში დიაგონალზე განლაგებულ რიცხვებს გამოაკლდებათ იმ წყალბადატომების რიცხვი, რომლებიც საწყის მოლეკულაში შესაბამის ატომთან იყო მიერთებული. ასე მაგალითად, ეთანის - C₂H₆ შესაბამისი მერვე რანგის მატრიცა გადავა მეორე რანგის შემდეგ მატრიცაში:

$$\begin{vmatrix} 3 & 1 \\ 1 & 3 \end{vmatrix} \quad (3)$$

ასეთ მატრიცებს მოდერნიზებული რნბ-მატრიცები ეწოდებათ.

ქვემოთ მოყვანილია (1) გარდაქმნების მოდელური სქემა (მოლეკულაში შემავალი ატომების ნუმერაციით) და შესაბამისი ჩანაწერი მოდერნიზებული რნბ - მატრიცების სახით:



$$\begin{vmatrix} 4 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 4 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 4 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 4 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 4 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 4 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 4 \end{vmatrix} \begin{matrix} (1) \\ (2) \end{matrix} \begin{matrix} \begin{vmatrix} 4 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 4 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 4 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 4 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 4 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 5 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 3 \end{vmatrix} \\ \begin{vmatrix} 4 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 4 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 4 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 4 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 5 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 4 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 3 \end{vmatrix} \end{matrix} \quad (5)$$

განვიხილოთ გამოსახულება:

$$\Delta_r = \Delta_f - \Delta_i$$

სადაც Δ_i საწყისი ციკლის შესაბამისი რნბ-მატრიცის დეტერმინანტის მნიშვნელობაა; Δ_f - საბოლოო ციკლის; Δ_r - დეტერმინანტის მნიშვნელობის ცვლილება იზომერიზაციის შედეგად. აღმოჩნდა, რომ (1) რეაქციისათვის $\Delta_r = -426$, ხოლო (2) რეაქციისათვის $\Delta_r = -428$. ამგვარად, ორივე პროცესის ალგებრულ კრიტერიუმს (მოცემული მიდგომის ფარგლებში) წარმოადგენს რნბ-მატრიცის დეტერმინანტის მნიშვნელობის შემცირება.

განხილული ციკლებისათვის გამოვთვალეთ შენონის ინფორმაციის ენტროპიის [5] (საშუალო ინფორმაციული ტევადობების) მნიშვნელობები:

$$H = - \sum_i^k P_i \log_2 P_i, \quad (7)$$

სადაც P_i გრაფის m წვეროს მიკუთვნების ალბათობაა ეკვივალენტობის k კლასთან; $i=1,2,\dots, k$. მივიღეთ:

$$H(1 - \text{ეთილბორეპანი}) = 2,80$$

$$H(1 - \text{ეთილ-2-მეთილბორინანი}) = 1,94$$

$$H(1,2 - \text{დიეთილბოროლანი}) = 1,94$$

ამგვარად, იზომერიზაციის შედეგად აღგილი აქვს ინფორმაციის ენტროპიის შემცირებასაც.

ი. ჯავახიშვილის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

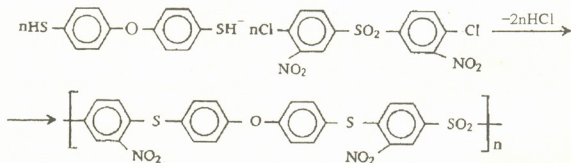
1. *Б. М. Михайлов, Ю. Н. Бубнов*. Борорганические соединения в органическом синтезе. М.: 1977.
2. *გ. გამზიანი*. მათემატიკური ქიმიის რჩეული თავები. თბილისი, 1990.
3. *გ. გამზიანი, მ. გვერდწითელი* იზომერიის მოვლენა მათემატიკური ქიმიის თვალთახედვით. თბილისი, 1992.
4. *მ. გვერდწითელი*. ორგანულ ნაერთთა ნომენკლატურის პრინციპები. თბილისი, 1983.
5. Химическая энциклопедия. т. I. М.:, 1988.

დ. ტულუში, მ. გვერდუთელი, ბ. ოთინაშვილი, მ. სახხარაძე

პოლი(ო-ნიტრო)სულფიდების მიღების მეთოდი

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ლ. ხანაშვილმა 21.11.1996

პოლი(ო-ნიტრო)სულფიდები მიეკუთვნება პოლიჰეტეროარილენების კლასს და ისინი ფართოდ გამოიყენება თერმო- და სითბომედეგი მასალების მისაღებად [1-3]. შესწავლილი პოლიკონდენსაციის პროცესი მიმდინარეობს შემდეგი სქემით:



ექსპერიმენტული აღწერა. 100 მლ ტევადობის კოლბში, რომელიც აღჭურვილია მექანიკური სარეველათი და თერმომეტრით ათავსებენ 2,343 გ (0,01 მოლი) ბის - (4-მერკაპტოფენილ) ოქსიდს, 45 მლ N - მეთილ-2-პიროლიდონს (მპ) და მუდმივი მორევის პირობებში, 60°C-ზე შეჰყავთ 2,8 მლ (0,02 მოლი) ტრიეთილამინი (ტეა). სარეაქციო ნარევეს 30-40 წუთის განმავლობაში უმატებენ 3,772 გ (0,01 მოლი) ბის - (4-ქლორ-3-ნიტროფენილ) სულფონს ისეთი სიჩქარით, რომ ტემპერატურა არ ავიდეს 75°C-ზე ზევით.

ბის - (4 - ქლორ - 3 - ნიტროფენილ) სულფონის მთელი რაოდენობის მიმატების შემდეგ, სარეაქციო ნარევეს აყოვნებენ 90 - 100°C-ზე 0,5 - 1 სთ განმავლობაში, რის შედეგადაც მიიღება ძალზე წებოვანი სარეაქციო მასა, რომელსაც აწვავებენ 40 მლ მპ-ით და ჩაასხამენ 1 ლ გამობდილ წყალში. საბოლოოდ მიიღება პოლი ო-ნიტრო სულფიდის ღია-ყვითელი ბოჭკოები. პოლიმერს ფილტრავენ, რეცხავენ გამობდილი წყლით, აცეტონით და აშრობენ ვაკუუმში 100-120°C-ზე მუდმივ მასამდე.

პოლიმერის ექსტრაქციას ახდენენ მეთანოლით და ერთი დღე-ღამის განმავლობაში კვლავ აშრობენ მუდმივ მასამდე. პოლიმერის გამოსავალი შეადგენს



99%-ს თეორიულსაგან. პოლიმერის დაყვანილი სიბლანტე ხსნარში — ტეტრაქლორეთანი : ფენოლი (3:1) შეადგენს 0,89 დლ/გ 25°C-ზე. პოლიმერი იხსნება დიმეთილფორამიდიში, დიმეთილაცეტანიდიში, მპ-ში, ჰექსამეთილფოსფორამიდიში, მ — კრეზოლში, ტეტრაქლორეთანისა და ფენოლის (3:1) ნარევეში, ქლორფენოლში და ძლიერ მინერალურ და ორგანულ მჟავებში.

პოლიმერის აღნაგობა დადასტურებულია იწ-სპექტროსკოპიითა და ელემენტური ანალიზით. იწ-სპექტრი შეიცავს შთანთქმის მაქსიმუმს უბნებში (ν , სმ^{-1}): 1540 და 1345 (NO_2), 1170 (SO_2), 1080 და 510 ($-\text{S}-$).

ელემენტური ანალიზის მონაცემები

ნაპოვნი. %: C 53,12 H 2,44 N 4,93 S 17,34

გამოთვლილი, %: C 53,52 H 2,61 N 5,20 S 17,86

პოლიმერის ტეტრაქლორეთანისა და ფენოლის 10% ხსნარიდან იღებენ გამჭვირვალე ელასტიკურ ყვითელ აფსკებს, რომელთა სიმტკიცე გაგლეჯაზე 25°C-ზე ტოლია $\sigma = 680$ კგ/სმ² და წაგრძელება 26-28%. დინამიური ტიბა-ს მონაცემების მიხედვით, პოლიმერი კარგავს 3% საწყის მასას 325°C-მდე და ინტენსიურად იშლება 460°C-ზე ($\Delta T = 10^\circ \text{C}$) წთ, ჰაერი.

თერმომექანიკურმა კვლევებმა აჩვენა, რომ პოლიმერი არ რბილდება დაშლის ტემპერატურამდე.

ი. ჯავახიშვილის სახელობის

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *А. А. Русаков, Д. С. Тугуши, В. В. Коршак. Успехи химии полигетероарилеков. Тбилиси, 1988.*
2. *В. В. Коршак. Термические полимеры. М.: 1969.*
3. *А. А. Шутов и др. Химия и химическая технология 16, 11, 1973, 1736.*



ჯ. კარაქალიძე, დ. ტულუზი

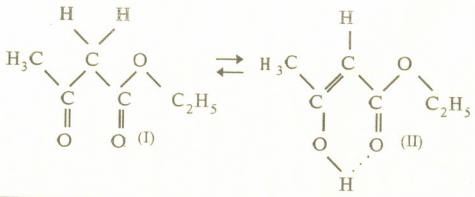
გამხსნელთა სელექციური გავლენის გამოკვლევა აცეტომერის ეთერის ენოლური ფორმის უმცველობაზე

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა დ. უგრეხელიძემ 10.03.1996

გამხსნელის გავლენა დიკარბონული ნაერთების ენოლიზაციის პროცესზე შესწავლილია მრავალი ავტორის მიერ [1-5]. დადგენილია, რომ პოლარული გამხსნელები აფერხებენ, ხოლო არაპოლარული - ხელს უწყობენ ენოლიზაციის პროცესს, მაგრამ გამხსნელის პოლარობის კეტო-ენოლურ ტაუტომერიზაციის პროცესზე გავლენის რაოდენობრივი შეფასება კვლავ პრობლემას წარმოადგენს. ისეთი ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები, როგორცაა დიელექტრიკული შეღწევადობა (ϵ), დიპოლური მომენტი (μ), მოლეკულური რეფრაქცია (r) და სხვა, ცალსახად ვერ აღწერენ გამხსნელის პოლარობას. მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული აგრეთვე გამხსნელისა და სუბსტრატის მოლეკულებს შორის სპეციფიკური (წყალბადური ბმები) და არასპეციფიკური ურთიერთმოქმედებები. ამ გარემოებიდან გამომდინარე, დიმროტისა და რაიხარდტის მიერ [6,7] შემოღებულ იქნა გამხსნელის პოლარობის ემპირიული პარამეტრი - E_T^* . შემდგომში, სხვა ავტორების მიერ [8,9] გამოთქმულ იქნა მოსაზრება, რომ E_T პარამეტრი ითვალისწინებს გამხსნელის პოლარიზებადობას (α), დიელექტრიკულ შეღწევადობას (ϵ), გარდატეხის მაჩვენებელს (n) და, ჩვენი აზრით, სოლვატაციის ენერგიასაც (ΔG_L).

E_T პარამეტრისათვის დამახასიათებელია წრფივი დამოკიდებულება რეაქციის სიჩქარესთან, რეაქციისუნარიანობასა და ქიმიურ წონასწორობასთან [10-12].

ჩვენი სამუშაო ეხება სხვადასხვა გამხსნელის სელექციური გავლენის შესწავლას აცეტომერის ეთერის (აქმ) ენოლური ფორმის უმცველობაზე მათი რაოდენობრივი კორელაციის გამოვლენის მიზნით:

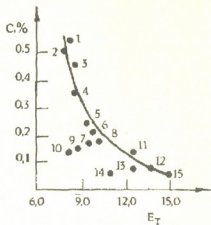


* E_T რიცხობრივად ტოლია ელექტრონულ სპექტრში პირიდინ - N-ფენილბეტაინის ენერგეტიკულ ერთეულებში გამოხატული შთანთქმის მაქსიმუმისა და მოცემული გამხსნელისათვის.

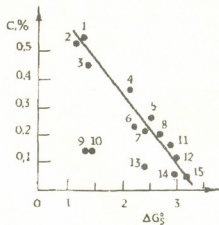
აქტომომრის ეთერში ენოლური ფორმის შემცველობა და ზოგიერთი გამხსნელის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები [14-16]

№ გამხსნელი	ენოლური ფორმის შემცველობა, %	d, კგ/მ ³	n	ε	M	$\frac{n^2 - 1}{(n^2 + 2)d} 10^{-3}$	$\alpha \cdot 10^{-27} \text{ მ}^3$	μ, D	$\frac{\epsilon - 1}{2\epsilon + 1}$	E _T , კვ/მოლი	ΔG _გ ⁰ , კვ/მოლი
1 ციკლოპექსანი	0,53	778	1.427	2.02	84	0.329	1.08	0	0.202	7.39	1.27
2 ჰექსანი	0,52	659	1.375	1.89	86	0.347	1.19	0.08	0.186	7.39	1.17
3 ოთხქლორანზშირბადი	0.44	1590	1.460	2.23	154	0.172	1.15	0	0.225	7.77	1.41
4 დიეთილის ეთერი	0.35	708	1.350	4.34	74	0.304	2.20	1.15	0.345	8.30	2.16
5 ტეტრაჰიდროფურანი	0.25	884	1.404	7.58	72	0.276	2.24	1.75	0.406	8.95	2.55
6 ქლოროფორმი	0.22	1450	1.450	4.70	119	0.268	1.81	1.15	0.356	9.35	2.23
7 ეთილაცეტატი	0.21	901	1.373	6.00	88	0.253	2.44	6.02	0.385	9.11	2.42
8 დიქლორმეთანი	0.19	1330	1.424	8.90	84	0.192	1.83	1.60	0.420	9.74	2.63
9 1,4-დიოქსანი	0.16	1034	1.422	2.21	88	0.246	0.97	0.45	0.223	8.61	1.40
10 ბენზოლი [16]	0.16	879	1.502	2.28	78	0.336	1.06	0	0.230	8.20	2.89
11 ეთანოლი	0.15	785	1.359	24.3	46	0.282	2.08	1.48	0.460	12.42	2.99
12 მეთანოლი	0.11	791	1.329	32.6	32	0.257	1.48	1.70	0.477	13.25	2.43
13 მარმეაეა	0.09	1049	1.372	6.2	60	0.217	1.45	1.74	0.388	12.37	3.00
14 აცეტონიტრილი	0.06	777	1.342	36.0	41	0.271	1.92	3.44	0.479	10.91	3.11
15 წყალი	0.05	998	1.331	78.5	18	0.205	0.69	1.83	0.496	15.09	1.44

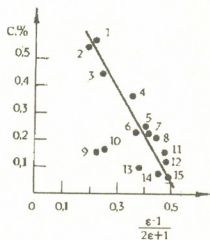
ქ. აკერესელიძე, დ. ტუღუშვი



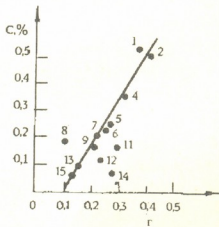
სურ. 1. ენოლური ფორმის შემცველობის დამოკიდებულება გამხსნელის პოლარობის პარამეტრზე (E_T)



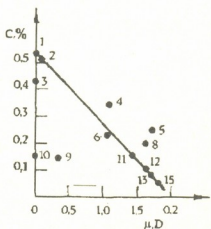
სურ. 4. ენოლური ფორმის შემცველობის დამოკიდებულება სოლვატაციის ენერგიაზე (ΔG_S^0)



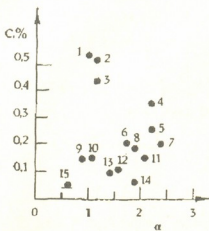
სურ. 2. ენოლური ფორმის შემცველობის დამოკიდებულება კირკელის ფუნქციაზე $(\epsilon - 1)/(2\epsilon + 1)$



სურ. 5. ენოლური ფორმის შემცველობის დამოკიდებულება გამხსნელის ხვედრით რეფრაქციაზე (r)



სურ. 3. ენოლური ფორმის შემცველობის დამოკიდებულება გამხსნელის დიპოლურ მომენტზე (μ)



სურ. 6. ენოლური ფორმის შემცველობის დამოკიდებულება გამხსნელის პოლარიზებადობაზე (α)



მიჩნეულია, რომ შიდამოლეკულური წყალბადური ბმის არსებობა განსაზღვრავს ადმ-ს ენოლური ფორმის სტაბილურობას [13]. კორელაციისათვის გამოყენებულია 15 გამხსნელის პოლარობის პარამეტრის (E_T), კირკვუდის ფუნქციის $(\epsilon - 1)/(2\epsilon + 1)$, დიპოლური მომენტის (μ), სოლვატაციის ენერჯიის (ΔG_L), მოლეკულური რეფრაქციის (r) და პოლარიზებადობის (α) სიდიდეები. ადმ-ს ენოლური ფორმის (II) პროცენტული შემცველობა (c) [14-16] და გამხსნელის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები მოცემულია ცხრილში. ცხრილური მონაცემების საფუძველზე აგებულია ენოლური ფორმის (II) შემცველობის კორელაციები გამხსნელების ფიზიკურ-ქიმიურ მახასიათებლებთან.

1-4 გრაფიკებიდან ჩანს, რომ ადმ-ს ენოლური ფორმის შემცველობა ანტიბატურ დამოკიდებულებებშია გამხსნელთა პოლარობის პარამეტრთან (E_T), კირკვუდის ფუნქციასთან $(\epsilon - 1)/(2\epsilon + 1)$, დიპოლურ მომენტსა (μ) და სოლვატაციის ენერჯიასთან (ΔG_L). აღსანიშნავია, რომ დიოქსანი (9) ვერ თავსდება ვერც ერთ აღნიშნულ კორელაციაში, ხოლო აცეტონიტრილი (14) თავსდება მხოლოდ კორელაციაში კირკვუდის ფუნქციასთან.

მე-5 და მე-6 კორელაციები გვიჩვენებენ, რომ ენოლური ფორმის შემცველობა იზრდება გამხსნელის ხვედრითი რეფრაქციის სიდიდის (r) ზრდასთან ერთად, ხოლო კორელაცია პოლარიზებადობის სიდიდესთან (α), პრაქტიკულად ვერ მიიღება. უნდა ვივარაუდოთ, რომ ენოლური ფორმის შემცველობა გამხსნელის პოლარიზებადობით არ არის განპირობებული.

ადმ-ს მაგალითზე ჩატარებული კორელაციური ანალიზი შესაძლებლობას იძლევა თვისობრივად შეფასდეს კეტო-ენოლური ტაუტომერიის მექანიზმი. კერძოდ, შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ მაღალი პოლარობის და სოლვატაციის უნარის მქონე გამხსნელები აფერხებენ, ხოლო გამხსნელის რეფრაქციული თვისებები ხელს უწყობენ ენოლიზაციის პროცესს.

ოთხქლორიანი ნახშირბადი (3), დიოქსანი (9), აცეტონიტრილი (14) და ბენზოლი (10) მიეკუთვნებიან ისეთ გამხსნელებს, რომლებიც თავიანთი თვისებებით ნაკლებად საიმედო არიან მსგავსი კორელაციების ასაგებად. მოცემული გამხსნელის უნარი მონაწილეობდეს ან ვერ მონაწილეობდეს ამა თუ იმ კორელაციაში, მიუთითებს სწორედ მათ სელექტიურობაზე პროტონის გადატანის პროცესის თვისობრივად აღწერის მიმართ.

ივ. ჯავახიშვილის სახ.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. O. Dimroth. *Liebige Ann. Chem.*, 1910, 377, 127; 1913, 399, 91; 1924, 438, 58.
2. H. Henecka. *Chemieder β -Dicarbonylverbindungen*. Berlin, 1950, 7ff.
3. S. G. Mills, P. Beak, *J. Org. Chem.*, 50, 1985, 1216.
4. K. Almdal, H. Egger, O. Hammelihe. *Acta Chem. Scan. Part. B.* 40 1986, 230.

5. *A. I. Kolcov, G. M. Cheifec*, Uspechi Chimii, 40, 1971, 1646.
6. *K. Dimreth, C. Reichardt, T. Siepman, F. Bohlmann*. Liebigs Ann. Chem., 1963, 661, 1.
7. *C. Reichardy*. Liebigs Ann. Chem., 752, 1971, 64.
8. *M. Chastrette, T. Carrette*. Tetrahedron 38, 1982, 1615; Can. J. Chem., 1985, 63, 3492.
9. *V. Bekarek, J. Jurine*. J. Cell. Czech. Chem. Commun., 47, 1982, 1060.
10. *C. Reichardt, K. Dimreth*. Fortschr. Chem. Forsch., 11, 1968, 1.
11. *C. Reichardt*, In molekule Interactions, 3. p. 241 ff; Wiley, Chichester, 1982.
12. *C. Reichardt*, Pure Appl. Chem., 54, 1982, 1867.
13. *C. Reichardt*, Solvente and Solvent Effecte in Organic Chemistry., M., Mir, 1991, 763.
14. *M. Moriyasu, A. Kate, Y. Hashimote*. J. Chem. Sac., Perkin Trans. II, 1986, 515.
15. *A. T. Gordon, R. A. Ford*, The Chemist's Companion. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley and Sons. New-York-London-Sydney-Toronto, 1942.
16. *K. M. Mayer*, Ber. Dtsch. Chem. Ges., 47, 1914, 826.



ნ. ბარნოვი, ვ. ბაზრინდაშვილი

თუთიის ნამწვიდან თუთიის სულფიდის მიღების პროცესის
ბამოკვლევა

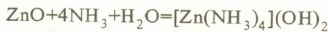
წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ჯ. ჯაფარიძემ 5.09.1996.

თუთიის სულფიდი ხასიათდება მაღალი პიკმენტური თვისებებით და გამოიყენება ზოგიერთი ძვირადღირებული სპეციალური დანიშნულების საღებავის დასამზადებლად. საქართველოს პირობებში თუთიის სულფიდი გარდა აღნიშნულისა, წარმატებით შეიძლება გამოიყენოთ მაღალი ხარისხის ლითოფონის მისაღებად. მნიშვნელოვანი გამოცდილება ამ მიმართულებით აქვს ქ. ქუთაისის ლითოფონის ქარხანას [1].

თუთიის სულფიდის მიღების ცნობილი გოგირდმჟავური მეთოდი [2-4] დაკავშირებულია გოგირდმჟავას მნიშვნელოვან დანახარჯებთან, გოგირდწყალბადით გარემოს დაბინძურების საშიშროებასა და სხვადასხვა ტექნოლოგიურ სირთულეებთან.

თუთიის სულფიდის მიღების შემოთავაზებულ ტექნოლოგიაში, რომელიც ითვალისწინებს თუთიის შემცველ ნარჩენებზე თანამიმდევრულად ამიაკის წყალხსნარისა და ბარიუმის სულფიდის მოქმედებას, გამოირჩევა გოგირდმჟავას ხარჯი და მასთან დაკავშირებული ტექნოლოგიური სირთულეები [5], ხოლო რაც შეეხება რეაგენტებს, ამიაკსა და ბარიუმის სულფიდს, მათი შემოტანა არ არის საჭირო რესპუბლიკის გარედან.

ექსპერიმენტული გამოკვლევები შესრულებულია თუთიის ნამწვზე, რომელიც წარმოადგენს ფერადი ლითონების გადამუშავებისა და თუთიის თეთრას წარმოების ნარჩენს შემადგენლობით: Zn - 68,7%, Fe - 4,5%. ნამწვიდან თუთიის ამოსაღებად ამიაკატის სახით, გამოყენებულია 15%-იანი ამიაკის წყალხსნარი:



ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები მოყვანილია 1 სურათზე და 1,2 ცხრილებში.

მოყვანილი ექსპერიმენტული შედეგები (ცხრ. 1, 2 და სურ. 1) გვიჩვენებენ, რომ თუთიის შემცველი ფერადი ლითონების გადამუშავებისა და თუთიის თეთრას წარმოების ნარჩენებიდან თუთიის ამოღება ამიაკის წყალხსნარით წარმატებით შეიძლება შესრულდეს. მაღალი მაჩვენებლებია მიღწეული შემდეგ პირობებში: 10-15% ამიაკის წყალხსნარი, პროცესის ტემპერატურა 20-30 °C, ფარდობა მყ.:თხ.=2-2,5, პროცესის ხანგრძლივობა 1,5-2 სთ. აღნიშნულ პირობებში თუთიის ამოღების ხარისხი წყალხსნარში შეადგენს 97-98%.

შემოთავაზებული ტექნოლოგიის მე-2 ეტაპზე მიზნობრივი პროდუქტი - თუთიის სულფიდი - მიიღება თუთიის ამიაკატის შემცველ ხსნარზე ბარიუმის სულფიდის (100-120 გ/ლ) მოქმედებით. დასახელებული მორეაგირე კომპონენტების

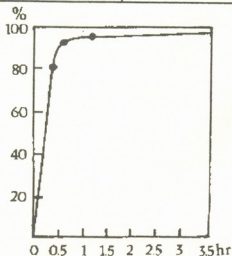
ტემპერატურის გავლენა თუთიის ამოღების ხარისხზე

ტემპერატურა, °C	ღრო, სთ	ამიაკი, %	ამოღების ხარისხი %
10	1	10	78,8
20			85,0
30			85,0
40			86,0
50			86,7
60			86,5

ცხრილი 2

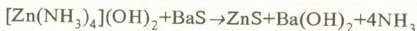
ამიაკის კონცენტრაციის გავლენა თუთიის ამოღების ხარისხზე

ამიაკი, %	ღრო, სთ	ტემპერატურა, °C	ამოღების ხარისხი, %
5	2	20	92
10			96
15			98
20			97
24			98



სურ. 1. პროცესის ხანგრძლივობის გავლენა თუთიის ამოღების ხარისხზე (ტემპერატურა 20°C, ამიაკის კონცენტრაცია 15%)

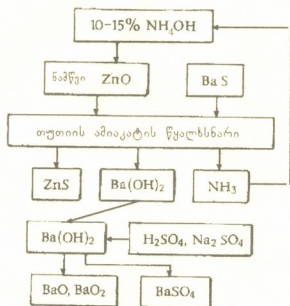
ერთიერთქმედება ხდება ნორმალური წნევისა და ტემპერატურის პირობებში შემდეგი ქიმიური განტოლების შესაბამისად:



გარდა თუთიის სულფიდისა, მიიღება ბარიუმის მეთად მნიშვნელოვანი ნაერთი - ბარიუმის ჰიდროქსიდი და ამიაკი. უკანასკნელი კონცენტრაციაზე კორექ-

ტირების შემდეგ კვლავ ბრუნდება სათავე პროცესში, თუთიის ნამწვის გამოსატუტავად. შემოთავაზებულ რეჟიმში, მიღებულ პროდუქტებში ძირითადი ნივთიერების – თუთიის სულფიდისა და ბარიუმის ჰიდროქსიდის შემცველობა ჩარეცხვისა და გაშრობის ($70-80^{\circ}\text{C}$) შემდეგ შეადგენს შესაბამისად 99,98 და 99,8%.

მოცემულ ექსპერიმენტულ მასალებზე დაყრდნობით შემოთავაზებულია თუთიის სულფიდის თანამიმდევრულად ბარიუმის ზოგიერთი ნაერთის მიღების სავარაუდო ტექნოლოგიური სქემა (სურ. 2).



სურ. 2. პრინციპული ტექნოლოგიური სქემა

წარმოდგენილი ტექნოლოგიური სქემა ხორციელდება შეკრული ციკლით ამიაკის მიმართ და შესაძლებლობას იძლევა გარდა თუთიის სულფიდისა ვაწარმოოთ მოთხოვნილების შესაბამისად ბარიუმის სხვადასხვა ნაერთები.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 რ. აგლაძის სახ. არაორგანული ქიმიისა და
 ელექტროქიმიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *Е. Ф. Беленьский, И. В. Рискин.* Химия и технология пигментов. Л., 1960, 1995-242.
2. *В. П. Попов.* Сб. научн. тр. ВНИИ люминофоров и особо чистых веществ, вып. 4, Ставрополь 1970, 69-76.
3. *В. П. Попов, И. Г. Климов, С. А. Микулин.* Способ получения сульфида цинка. А. с. 272292, 1970.
4. *Ю. И. Пуларгани, В. В. Рухадзе, В. Н. Гаприндашвили и др..* Способ получения высокопроцентного литопона А. с. 994523, 1982.
5. *ვ. გაფრინდაშვილი, ნ. ბარნოვი, ა. ნერსესოვა, ლ. წვალლობაძე* თუთიის სულფიდის მიღების ხერხი. საქართველოს პატენტი 4815636/26/021723/ 1995.



მ. ნათიშვილი (საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი)
 ა. ძლიერიშვილი

ბმული ღვარცოფის უღაფნეო მოძრაობასთან დაკავშირებული
 ზოგიერთი პრაქტიკული ამოცანის ბალანსება

წარმოდგენილია 6.12.1996

I. ბმული ღვარცოფის თანაბარი მოძრაობის შესაბამისი ხარჯი შესაძლებელია გამოისახოს მხები ძაბვის მეშვეობით:

$$Q = B(H^2/\tau_c^2) \int_{\tau_c}^{\tau_0} f(\tau) d\tau \quad (1)$$

სადაც H ნაკადის სრული სიღრმეა;

τ_c, τ_0 შესაბამისად მხები ძაბვებია კალაპოტის ფსკერსა და h სიღრმეზე;

h ნაკადის გულის (სტრუქტურული ნაწილის) სიღრმეა;

B თავისუფალ ზედაპირზე ნაკადის სიგანეა.

თუ გამოვსახავთ $f(\tau)$ -ს შევდგოვ-ბინგამის დამოკიდებულებით და მოვახდენთ მიღებული გამოსახულების ინტეგრირებას, მივიღებთ:

$$Q = (BgiH^3 f(\beta))/v \quad (2)$$

$$f(\beta) = \beta/2 (\beta^2 - 1) + 1/3(1 - \beta^3), \quad (3)$$

სადაც: v სიბლანტის კინემატიკური კოეფიციენტიცა;

i - კალაპოტის ფსკერის ქანობი;

$\beta = h/H$ - ფარდობითი სიღრმე.

II. ღვარცოფის არათანაბარი დამყარებული მოძრაობის ძირითად დიფერენციალურ განტოლებას არაპრიზმული კალაპოტებისათვის მუდმივი ხარჯის დროს აქვს შემდეგი სახე:

$$\frac{dH}{dx} = \frac{i - \frac{Qv}{g\omega H^2 f(\beta)} \left[1 - \frac{QH^2 f(\beta)}{v\omega^2} \frac{\partial \omega}{\partial x} \right]}{1 - \frac{Q^2 B}{g\omega^3}} \quad (4)$$

რომლის ინტეგრირებაც პრიზმული კალაპოტისათვის გვაძლევს:

ა) კალაპოტის ფსკერის დადებითი ქანობის დროს ($i > 0$)

$$xil = (\eta_2 - \eta_1) - (1 - \sqrt{I}) \ln((\eta_2 - 1)/(\eta_1 - 1)), \quad (5)$$

ბ) კალაპოტის ფსკერის უარყოფითი ქანობის დროს ($i < 0$)

$$a|i| = -(\eta_2 - \eta_1) + (1 - \mathcal{F}) \ln((\eta_2 - 1)/(\eta_1 - 1)),$$

გ) კალაპოტის ფსკერის ნულოვანი ქანობის დროს ($i=0$)

$$a_k i_k l = I_k [\eta_{k2} - \eta_{k1}] - 1/2 [\eta_{k2}^2 - \eta_{k1}^2], \quad (7)$$

$$\text{სადაც } \eta_1 = \frac{k_1}{k_0}; \quad \eta_2 = \frac{k_2}{k_0}; \quad a = \frac{\eta_2 - \eta_1}{H_2 - H_1} \approx \text{const};$$

$$\mathcal{J} = \frac{QBiH^2 f(\beta)}{\omega^2 \nu}; \quad \mathcal{F} = \frac{\mathcal{J}_1 + \mathcal{J}_2}{2}; \quad k = \frac{g\omega H^2 f(\beta)}{\nu};$$

ω ცოცხალი კვეთის ფართობი;

l — მანძილი განსახილველ კვეთამდე,

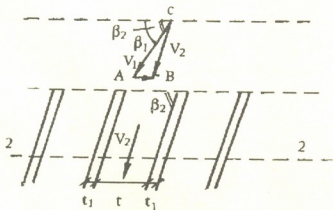
$|i|$ — თანაბრად მოძრავი „დამხმარე ნაკადის“ ფსკერის ქანობი. რიცხობრივად $i=|i|$ -ის ტოლი.

მოყვანილ დამოკიდებულებებში ინდექსები "0", "1", "2", "k" მიუთითებენ თანაბარ, არათანაბარ და კრიტიკული მოძრაობის შესაბამის ჰიდრავლიკურ პარამეტრებს.

(5), (6), (7) დამოკიდებულებანი ახასიათებენ ღვარცოფის თავისუფალი ზედაპირის წირის ფორმას პრიზმულ კალაპოტებში არათანაბარი სიჩქარით მოძრაობისას.

III. გამჭოლ ნაგებობებში ღვარცოფის მოძრაობისას ნაკადის ენერჯიის ნაწილი იხარჯება ადგილობრივ წინააღმდეგობათა დასაძლევად.

1) განვსაზღვროთ წნევის ადგილობრივი დანაკარგი გამჭოლ ნაგებობებში შესვლისას, როდესაც აღნიშნული ნაგებობის ვერტიკალური კედელი ნაგებობის ფრონტალურ სიბრტყესთან ქმნის β_2 კუთხეს (სურ. 1), ხოლო თვით ბმული ღვარცოფის მოძრაობის სიჩქარის ვექტორი იმავე სიბრტყესთან β_1 კუთხით არის ორიენტირებული. დაეწუვათ, რომ ნაკადის მოსვლის სიჩქარე V_1 -ია, გამჭოლი ნაგებობის კედლებს შორის მანძილი — t , ხოლო კედლის სისქე — t_1 . განვიხილოთ ორი შემთხვევა:



ა) როდესაც $t_1 \ll t$, გაანგარიშებისას შესაძლებელია კედლის სისქის ზეგავლენა მხედველობაში არ მივიღოთ.

მოძრაობის განტოლების პროექცია გამჭოლი კედლის მიმართულებაზე გვაძლევს:

$$P_2 - P_1 = \rho V_1^2 (\sin \beta_1 / \sin \beta_2) \cos(\beta_2 - \beta_1) - \rho V_2^2,$$

სადაც: ρ დვარცოფის მასის სიმკვრივეა:

P_1, P_2 - შესაბამისად წნევები გამჭოლ ნაგებობაში შესვლამდე და შესვლის შემდეგ;

V_2 - ნაკადის საშუალო სიჩქარე გამჭოლ ნაგებობაში.

უწყვეტობის განტოლება გვაძლევს:

$$\rho V_1 \sin \beta_1 = \rho V_2 \sin \beta_2,$$

საიდანაც:

$$\sin \beta_1 / \sin \beta_2 = V_2 / V_1, \tag{9}$$

რომლის ჩასმა (8) განტოლებაში გვაძლევს:

$$P_2 - P_1 = \rho V_1 V_2 \cos(\beta_2 - \beta_1) - \rho V_2^2 \tag{10}$$

ბერნულის განტოლების მხედველობაში მიღებით (10)-ის ნაცვლად გვექნება:

$$\Delta P = 0,5 \rho [V_1^2 - 2V_1 V_2 \cos(\beta_2 - \beta_1) + V_2^2] \tag{11}$$

(11) განტოლების ფრჩხილებში მოთავსებული სიდიდე კოსინუსების თეორიის თანახმად გამოხატავს AB (სურ. 1) მონაკვეთს, ე. ი. V_1 და V_2 სიჩქარეების ვექტორულ სხვაობას. ABC სამკუთხედის მიმართ სინუსების თეორიის გამოყენება და მისი შეპირისპირება ჰიდრაულიკის ცნობილ დამოკიდებულებასთან გვაძლევს:

$$\Delta P = \xi (\rho V_1^2) / 2, \tag{12}$$

სადაც

$$\xi = 2 \Delta P / \rho V_1^2 = \sin^2(\beta_2 - \beta_1) / \sin^2 \beta_1 \tag{13}$$

ბ) როდესაც t და t_1 ერთი რიგის არიან, მაშინ მოძრაობის განტოლების პროექცია გამჭოლი კედლის მიმართულებაზე გვაძლევს:

$$P_2 - P_1 \frac{t+t_1}{t} = \rho V_1^2 \frac{t+t_1}{t} \frac{\sin \beta_1}{\sin \beta_2} \cos(\beta_2 - \beta_1) - \rho V_2^2. \tag{14}$$

უწყვეტობის განტოლება ამ შემთხვევაში შემდეგნაირად ჩაიწერება:

$$\sin \beta_1 / \sin \beta_2 = t V_2 / (t + t_1) V_1, \tag{15}$$

რომლის გათვალისწინება (14) პირობაში ბერნულის განტოლების მხედველობაში მიღებით გვაძლევს:

$$\Delta P = P_1 t_1 / t = 0,5 \rho [V_1^2 - 2V_1 V_2 \cos(\beta_2 - \beta_1) - V_2^2] \tag{16}$$

ამრიგად გამოდის, რომ t_1/t არის წნევის დანაკარგის კოეფიციენტი, რომელიც საძიებელ სიდიდეს გამოხატავს მოქმედი P_1 წნევის მემუგობით.

2) გამჭოლი ნაგებობიდან დვარცოფის გამოსვლისას წნევის დანაკარგის საანგარიშოდ ვისარგებლოთ უწყვეტობის განტოლებით, რომელიც შედგენილია 2-2 და 3-3 კვეთების მიმართ (სურ. 2).

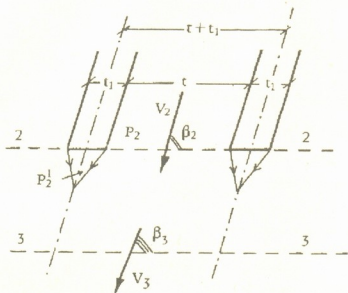
$$\rho t V_2 \sin \beta_2 = \rho ((t + t_1) V_3 \sin \beta_3, \tag{17}$$



სადაც; V_3, P_3, β_3 სიჩქარე, წნევა და დახრის კუთხეა 3-3 კვეთში, რომელშიც ტარებულია 2-2 გამოსავალი კვეთიდან რაღაც მანძილზე, სადაც კალაპოტის მთელ სიგანეზე ნაკადის მიერ მთლიანად შევსებულია.

2-2 და 3-3 კვეთებში ნაკადის მოძრაობის რაოდენობის პროექციის განტოლება გამჭოლი ნაგებობის გამოსასვლელი ფრონტალური სიბრტყის მიმართ იქნება:

$$\rho V_2^2 t \sin \beta_2 \cos \beta_2 = (t + t_1) \rho V_3^2 \sin \beta_3 \cos \beta_3. \quad (18)$$



(17) დამოკიდებულების კვადრატში აყვანა და მისი გაყოფა (18)-ზე გვაძლევს:

$$\operatorname{tg} \beta_3 = t / (t + t_1) \operatorname{tg} \beta_2 \quad (19)$$

(17), (19) პირობათა მხედველობაში მიღებით მოძრაობის რაოდენობის პროექციის განტოლება გამოსასვლელი ფრონტალური სიბრტყის ნორმალის მიმართ გვაძლევს საშუალებას განვსაზღვროთ ნაკადის სიჩქარე 3-3 კვეთში, შემდეგი მიხედვითი დამოკიდებულებით:

$$V_3^2 = V_2^2 (\cos^2 \beta_2 + (t / (t + t_1))^2 \sin^2 \beta_2), \quad (20)$$

ხოლო თუ ამ სიდიდეს ჩავსვამთ დაწნევის ადგილობრივი დანაკარგის დამოკიდებულებაში, მივიღებთ:

$$\Delta h = (t_1 / t) (P_2 - P_2') / \rho + 1/2 (t / t_1)^2 V_2^2 \sin^2 \beta_2, \quad (21)$$

სადაც ω_2 ცოცხალი კვეთის ფართობია 2-2 კვეთში; P_2' არის წნევის სიდიდე გამჭოლი კედლის უკან.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

წყალთა მეურნეობისა და საინჟინრო ეკოლოგიის ინსტიტუტი



მ. ხუციშვილი

ატმოსფეროს დაბინძურებისაგან დაცვის ტექნიკურ
 ღონისძიებათა სრულყოფა რეგიონალური გეოფიზიკური
 თავისებურებების პარამეტრიზაციით

წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ. სვანიძემ 20.03.1997

როგორც ცნობილია, ატმოსფეროში დამაბინძურებელი მინარევების გადატანისას ერთ-ერთი ძირითადი მნიშვნელობა აქვს ატმოსფეროს მდგრადობას, რომელიც დამოკიდებულია არა მარტო თერმულ, არამედ დინამიურ (ქარის) სტრატეფიკაციაზეც (სიმაღლის მიხედვით განაწილებაზე). ამისათვის, ჩვეულებრივ

ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტის ნაცვლად $\gamma = -\frac{\partial T}{\partial z}$ ფართოდ იხმარება ცნობილი რიჩარდსონის პარამეტრი (ანუ რიცხვი):

$$R_i = \frac{g}{\theta} \cdot \frac{\partial \theta / \partial z}{\beta^2} = \frac{g}{T} \cdot \frac{\Gamma_a - \gamma}{\beta^2}$$

პრაქტიკული მიზნებისათვის, დამაბინძურებელი მინარევების ატმოსფეროში გავრცელების დასახასიათებლად, ხშირად იყენებენ მიახლოებულად განსაზღვრულ მდგრადობის პარამეტრს

$$R_i = \frac{g}{T_0} \cdot \frac{\Delta T / \Delta H}{(\Delta U / \Delta H)^2}$$

სადაც ΔT და ΔU შესაბამისად ტემპერატურის და ქარის სიჩქარის ცვლილებებია (სხვაობებია) სიმაღლის მიხედვით. ΔH - სიმაღლის სხვაობები მიწისპირა ფენაში.

ჩვენ მიერ საკვალიფიკაციო ნაშრომში დამუშავებულია კლიმატოლოგიური მონაცემები რუსეთის, კავკასიისა და ყირიმის რეგიონების „სამშენებლო-კლიმატოლოგიური“ მონაცემებით (თანახმად ს/მ/შ 2.01.01. -82-სა). დეტალურად არის განხილული მიმდებარე რუსეთის, საქართველოს, სომხეთისა და აზერბაიჯანის მეტეოროლოგიური ქსელის პუნქტები. ჩვენ მიერ გამოთვლილია ატმოსფეროს მდგრადობის პირობითი კოეფიციენტი - „ამპიკო“ (M) შემდეგი სახით:

$$M' = \frac{g \cdot \Delta H}{(V_{\text{მაქს.}} - V_{\text{მინ.}})^2} \cdot \frac{T_{\text{მაქს.}} - T_{\text{მინ.}}}{T}$$

1 ცხრილში მოყვანილია „ამპიკო“-ს პირობითი მნიშვნელობები მთელი რიგი პუნქტებისათვის.

პრაქტიკული გათვლებისათვის მოსახერხებელია:

$$M = 100 + M', \text{ (ცხრ. 1).}$$

I ცხრილის მონაცემების ანალიზით ნათელი გახდება, რომ შემოღებული M პარამეტრი გამოხატავს სავსებით ობიექტურ გეოკლიმატურ თავისებურებებს და რომ ეს მაჩვენებელი მდგრადია. ასე მაგალითად: გრადაციის ერთ და იმავე ზონებში მოხვდნენ ისეთი ნამდვილად გეოკლიმატოლოგიურად ერთგვაროვანი რეგიონები, როგორცაა:

I ზონა – კრასნოდარის მხარე (აქ მონაცემები ძირითადად შავიზღვისპირა მეტეოსადგურებისაა), ყირიმი და ოდესის ოლქი;

II ზონა – ვოლგოგრადის ოლქი, დაღესტანი, როსტოვის ოლქი და სტავროპოლის მხარე (მცირე ცდომილებით აქვეა ასტრახანის ოლქი);

III ზონა – სომხეთი და აზერბაიჯანი;

IV ზონა – ჩრდილო ოსეთი და ჩეჩნეთი.

ჩვენ შეგვიძლია პირობითად ასეთი გრადაცია შემოვიღოთ ატმოსფეროს მდგრადობის პირობითი კოეფიციენტის M მნიშვნელობების მიხედვით (ეს პარამეტრი არასოდეს არის უარყოფითი $M \geq 0$);

ცხრილი I

მდგრადობის პირობითი კოეფიციენტის „ამპიკოს“ მნიშვნელობა ზოგიერთი რეგიონისათვის

რეგიონი	$\frac{ \Delta T }{T}$	$\frac{1}{V_{\max}^2}$	M'	M	პირობითი გრადაციის ზონები
ასტრახანის ოლქი	9,102	0,034	0,312	31,2	III
ვოლგოგრადის ოლქი	11,191	0,026	0,291	29,1	II
დაღესტანი	6,286	0,044	0,275	27,5	II
კრასნოდარის მხარე	6,260	0,024	0,152	15,2	I
როსტოვის ოლქი	9,431	0,025	0,238	23,8	II
ჩრდილო ოსეთი	8,696	0,111	0,966	96,6	IV
სტავროპოლის მხარე	8,197	0,028	0,228	22,8	II
ჩეჩნეთი	7,327	0,082	0,598	59,8	IV
ყირიმი	5,762	0,030	0,173	17,3	I
ოდესის ოლქი	7,311	0,014	0,107	10,7	I
აზერბაიჯანი	4,552	0,075	0,340	34,0	III
სომხეთი	8,491	0,040	0,342	34,2	III

– ზღვისპირეთის დამახასიათებელი ცირკულაციისათვის $0 \leq M < 20$;

– ვაკეები (ზღვის დონიდან 200-300 მეტრამდე); $20 \leq M < 30$;

– შედარებით რთული რელიეფის მქონე საშუალო სიმაღლეების მთისპირა რეგიონები:

$30 \leq M < 55$;

– მაღალმთიანი რეგიონები; $M \geq 55$.

მდგრადობის პირობითი კოეფიციენტის „ამპიკო“-ს მნიშვნელობები საქართველოს ცალკეული პუნქტებისა და რეგიონებისათვის

	საშ. წლიური	აბს. მაქს.	აბს. მინ.	ქარის მაქს. სიჩქ.	$\frac{ \Delta T }{T}$	$\frac{1}{V_{მაქს.}^2}$	M'	M
გაგრა	14,1	-13	40	-	3,760	0,040	0,150	15,0
სოხუმი	14,1	-12	40	-	3,690	0,040	0,148	14,8
ფოთი	14,4	-11	41	5,1	3,610	0,038	0,137	13,7
ბათუმი	14,4	-8	40	-	3,330	0,040	0,133	13,3
შეიზღვისპირეთი	14,25	-11,0	40,2	5,0	3,560	0,040	0,142	14,2
ზუგდიდი	13,8	-19	40	3,1	4,275	0,104	0,449	44,9
სამტრედია	14,4	-17	41	5,1	4,028	0,038	0,153	15,3
ქუთაისი	14,5	-17	42	8,0	4,069	0,016	0,064	6,4
ღას. საქართველო	14,2	-17,7	41	5,4	4,070	0,034	0,140	14,0
ახალქალაქი	4,9	-38	34	6,7	14,694	0,022	0,327	32,7
ახალციხე	9,0	-32	39	2,6	7,889	0,148	1,167	116,7
ბორჯომი	9,1	-28	37	3,1	7,143	0,104	0,43	74,3
სამხ. საქართველო	7,7	-32,7	-36,7	4,1	9,013	0,060	0,536	53,6
გუდაური	2,1	-33	27	2,6	28,571	0,148	4,228	422,8
შოვი	5,2	-33	32	-	12,500	0,160	2,000	200,0
ონი	10,0	-27	38	2,4	6,500	0,174	1,128	112,8
საქართველოს მთა	5,8	-31	32,3	2,5	10,914	0,160	1,46	174,6
გორი	10,9	-28	40	4,5	5,872	0,049	0,288	28,8
თბილისი	12,7	-23	35	3,9	4,961	0,066	0,327	32,7
ღმანისი	7,8	-28	38	-	8,077	0,059	0,476	47,6
გურჯაანი	12,4	-22	38	3,8	4,839	0,059	0,286	28,6
თელავი	11,8	-23			5,170	0,069	0,357	35,7
აღმ. საქართველო	11,04	-24,8	37,8	-4,1	5,491	0,059	0,324	32,4

აქ საესებით შეიძლება სამი გრადაციაც შემოგველო, ვაკისა და ზღვისპირა რეგიონების გაერთიანებით, ასეთი გრადაცია უფრო დასაბუთებულად იქნებოდა სტატისტიკურად (მით უმეტეს, რომ ფაქტიურად განხილული ვაკეები ზღვისპირეთს უშუალოდ ემიჯნებიან და აგრძელებენ). მაგრამ ჩვენ, გამომდინარე დასავლეთ საქართველოს მოთხოვნებიდან, შევიწარმუნოთ ოთხგუფიანი კლასიფიკაცია.

გამოვლენილი კანონზომიერება მთიანი რეგიონისათვის M ზრდისა კარგად ელინდება დეტალური გამოთვლებისას საქართველოს პუნქტებისათვის (ცხრ. 2). ცხრილში მოცემულია დაჯგუფებული რეგიონების მიხედვით მეტეოროლოგიური



ქსელის დაკვირვების პუნქტები, შავი ზღვისპირეთის ოთხი: გაგრა, სოხუმი, ჭუთაისი, ბათუმი; დასავლეთ საქართველოს სამი: ზუგდიდი, სამტრედია, ქუთაისი; სამხრეთ საქართველოს სამი: ახალქალაქი, ახალციხე, ბორჯომი; მთის რეგიონი: გუდაური, შოვი, ონი; აღმოსავლეთ საქართველოს ხუთი პუნქტი: გორი, თბილისი, დმანისი, გურჯაანი თელავი.

წარმოდგენილი პარამეტრი და გრადაცია-რაიონირება სამუალებას გვაძლევს ატმოსფეროს დაბინძურებისაგან დაცვის ღონისძიებების დაგეგმვისას გავითვალისწინოთ რეგიონის თავისებურებები:

— მცირე მნიშვნელობები M — პარამეტრისა ფაქტობრივად მაჩვენებელია დიდი „გაბნევისუნარიანობისა“ და პირიქით, M პარამეტრის დიდი მნიშვნელობები მეტყველებენ ატმოსფეროს მცირე გაბნევისუნარიანობაზე, როგორც იტყვიან, სხვა თანმხლები პირობების იდენტურობის ფონზე.

მოყვანილი რაიონირება პირობითი გრადაციიდან ირკვევა, რომ დასავლეთ საქართველო საკმაოდ კარგ პირობებშია ატმოსფეროს „გაბნევისუნარიანობის“ მხრივ; ნათელია, რომ მთიანი რეგიონის ათვისებისას (შოვი, ონი) ჩვენ უნდა ვერიდოთ იქ მძლავრი საწარმოების მშენებლობას დიდი მოცულობის მოსალოდნელი გაზოაეროზოლური ამონაბოლქვებით.

გამოანგარიშებული პარამეტრი M_j (ყოველი კონკრეტული რეგიონისათვის) შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს მძლავრი საწარმოს (მოსალოდნელი ტოქსიკური გამოანაბოლქვებით) ამა თუ იმ რეგიონში განლაგების ოპტიმიზაციისათვის. სხვა თანმხლები პირობების იდენტურობისას დაბინძურების დონეები (ანუ ანთროპოგენური დატვირთვები) ორ რაიონში იდენტური პროექტის განხორციელებისას, ისეთი შეფარდებით იქნება როგორც შესაბამისი M პარამეტრები.

ჭუთაისის ტექნიკური უნივერსიტეტი



ბ. ბუნია, ზ. სვანიძე, ლ. სვანიძე

კადმიუმის და თუთიის განსაზღვრის ატომურ-აბსორბციული
მეთოდის გამოყენება ბუნებრივი ბარემოს დაჭუჭყიანების
კონტროლის პრაქტიკაში

წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ. სვანიძემ 24.10.1996

წყლის რესურსების გამოყენებისას სახალხო მეურნეობაში განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს წყლის ქიმიური შემადგენლობის ცოდნა. ის აუცილებელია სამრეწველო და კომუნალური წყალმომარაგებისას წყლის დასახასიათებლად, წყლის ხარისხის განსაზღვრავად მორწყვის დროს, მისი აგრესიული მოქმედების გასარკვევად სამრეწველო ნაგებობებზე, წყალსაცავებში წყლის ქიმიური შემადგენლობისა და მინერალიზაციის ცვლილებების პროგნოზირებისათვის, ასევე ჰიდროქიმიური მეთოდების გამოყენებისას სასარგებლო წიაღისეულის, ნავთობისა და გაზის ადგილმდებარეობის ძიებისას.

განსაკუთრებული მნიშვნელობა მოიპოვა ზედაპირული წყლების ქიმიური შემადგენლობის შესწავლამ მათი საწარმოო და სასოფლო სამეურნეო წარმოშობის ჩამდინარე წყლებით დაჭუჭყიანების პრობლემასთან დაკავშირებით.

მიუხედავად იმისა, რომ ბუნებრივი წყლების ქიმიური შემადგენლობის ცოდნით დაინტერესება დიდია და აქვს სახალხო სამეურნეო მნიშვნელობა, ეს საკითხი საქართველოში დღემდე მაინც ნაკლებადაა შესწავლილი. ძირითადად ეს ეხება მეტალური მიკრომინარეგების შემცველობის შესწავლას და მასთან დაკავშირებულ საკითხებს.

უკანასკნელი წლების გამოკვლევებმა გვიჩვენეს, რომ ბუნებრივი გარემო შეიცავს საწარმოო წარმოშობის მეტალური მიკრომინარეგების მნიშვნელოვან რაოდენობას [1]. ისინი შესამჩნევ როლს თამაშობენ გარემოს დაჭუჭყიანებაში, რითაც ნეგატიურ გავლენას ახდენენ მოსახლეობის ჯანმრთელობასა და ქვეყნის ეკონომიკაზე [2,3]. ამასთან დაკავშირებით, აღნიშნული მინარეგების შემცველობის განსაზღვრა სხვადასხვა ობიექტებში, მათ რიცხვში ბუნებრივ წყლებში, წარმოადგენს მნიშვნელოვან ანალიზურ ამოცანას. ამასთან, განსაკუთრებულ ინტერესს წარმოადგენენ ტოქსიკური მეტალები, როგორცაა კადმიუმი და თუთია.

რამდენადაც აღნიშნული ელემენტების შემცველობა ბუნებრივ გარემოში მეტად მცირეა, ამდენად მათი განსაზღვრა ანალიზის ცნობილი კლასიკური მეთოდებით მეტად გაძნელებულია და დაკავშირებულია მნიშვნელოვან ცდომილებებთან. ამიტომ ბუნებრივი გარემოს მეტალური მიკრომინარეგებით დაჭუჭყიანების გამოკვლევისას ფართოდ იყენებენ ანალიზის ფიზიკურ-ქიმიურ და ფიზიკურ მეთოდებს, რომლებიც გამოირჩევიან მაღალი მგრძობიარობით და ნაკლები ხანგ-



რდილივობით. კერძოდ, ფართოდ იყენებენ ანალიზის ემისიურ სპექტრულ და ატომურ-აბსორბციულ მეთოდებს. ამასთან, უპირატესობას ანიჭებენ ატომურ-აბსორბციულ მეთოდს, როგორც უფრო ზუსტს და ექსპრესულს.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ჩვენს მიერ აპრობირებულ იქნა მდინარე მტკვრის წყლის სინჯების შემცველი კადმიუმისა და თუთიის კონცენტრირების მეთოდიკა ხელატწარმომქმნელი ბოჭკოვანი სორბენტის პოლიმორბს VII მ-ის დახმარებით, მისი შემდგომი ატომურ-აბსორბციული განსაზღვრით მდ. მტკვრის ამ ელემენტებით დაჭუჭყიანების შესწავლის მიზნით [4].

სინჯების შერჩევის მიხედვით შესაძლებელი იყო გვემსჯელა წარმოების ჩამდინარე წყლების გავლენის ხარისხის შესახებ მდ. მტკვრის დაჭუჭყიანებაზე ქ. თბილისისა და რუსთავის რაიონებში. ასე მაგალითად, სინჯთა აღების პუნქტები განლაგებულია ქ. თბილისისა და რუსთავის როგორც ზევით და ქვევით, მტკვრის დინების მიხედვით, ასევე სამრეწველო დაწესებულებების კოლექტორებთანაც.

ანალიზების შედეგები მოყვანილია ცხრილში, სადაც \bar{c} მოცემული ელემენტის საშუალო წლიური კონცენტრაციებია, σ – მისი საშუალო კვადრატული გადახრები. სინჯების აღების პუნქტები 1 და 2 განლაგებულია თბილისისა და რუსთავის ზემოთ, მტკვრის დინების მიხედვით, ხოლო 3 და 4 – თბილისის მაუდისა და აბრეშუმის კომბინატების კოლექტორებთან. შესაბამისად პუნქტი 5 მოთავსებული იყო ქ. რუსთავის მეტალურგიული და ქიმიური ქარხნების საერთო კოლექტორთან, ხოლო მე-6 – რუსთავის ქვემოთ.

წარმოდგენილი ცხრილის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ კადმიუმის შემცველობა მდ. მტკვრის წყლის სინჯებში უმნიშვნელოა.

ცხრილი

კადმიუმისა და თუთიის შემცველობა მდ. მტკვრის წყლისა და თბილისისა და რუსთავის წარმოებათა ჩამდინარე წყლების სინჯებში (მკგ/ლ)

მახასიათებლები	სინჯების აღების პუნქტები					
	1	2	3	4	5	6
\bar{c}_{cd}	0,032	0,035	0,053	0,045	0,095	0,037
σ_{cd}	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002
\bar{c}_{zn}	18,0	22,0	35,0	30,0	42,0	29,0
σ_{zn}	1,2	1,2	1,5	1,2	1,5	1,5

მისი კონცენტრაციები რამდენადმე იზრდება წარმოებათა ჩამდინარე წყლებში და მაქსიმუმს აღწევს ქ. რუსთავის მეტალურგიული და ქიმიური ქარხნების ჩამდინარე წყლებში. გარდა ამისა, გამოთვლები გვიჩვენებენ, რომ მთლიანად მდ. მტკვრის წყალში კადმიუმის შემცველობა თბილისისა და რუსთავის საწარმოო დაწესებულებათა ზემოქმედებით იზრდება დაახლოებით 15%-ით.

კადმიუმისაგან განსხვავებით თუთიის შემცველობა მითითებულ სინჯებში უფრო უმნიშვნელოა, თუმცა მისი კონცენტრაციის ცვლილებების ხასიათი ისეთივეა.

თუთიის კონცენტრაციის მინიმალური მნიშვნელობა რეგისტრირებულია ქ. თბილისის ზემოთ აღებულ მდ. მტკვრის წყლის სინჯში, ხოლო მაქსიმალური — რუსთავის მეტალურგიული და ქიმიური ქარხნების ჩამდინარე წყალში. მდ. მტკვრის წყალში თუთიის შემცველობა ქ. თბილისის და ქ. რუსთავის საწარმოო ჩამდინარე წყლების გავლენით იზრდება დაახლოებით 40%-ით.

მიღებული შედეგები მოწმობენ თბილისისა და რუსთავის საწარმოთა ჩამდინარე წყლების მნიშვნელოვან როლზე მდ. მტკვრის წყლის დაჭუჭყიანებაში ისეთი ტოქსიკური მეტალებით, როგორცაა კადმიუმი და თუთია. ამასთან, ამ ელემენტების მიკრომინარეგების განსაზღვრის ცდომილება კონცენტრირების ზემოაღნიშნული მეთოდით საშუალოდ არ აღემატება გასაზომი სიდიდის 5%-ს, რაც აღნიშნული მეთოდის დიდ ღირსებაზე მოწმობს.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *Г. С. Гунья*, Современные проблемы запыленности атмосферы. Обнинск. Мировой центр данных, 1978, 60.
2. *Н. Н. Александров., Г. С. Гунья и др.* Труды ГГО, вып. 314, 1974, 104.
3. *Т. Н. Жигаловская и др.* ИЭМ, вып. 1974, 183.
4. *Г. В., Мясоедова., Н. И. Щербинина, З. С. Сванидзе.* ЖАХ 41, 3, 1986, 477.



ი. კვანტალიანი, ლ. სახელაშვილი

HEINZIA SARTOUSIANA – საქართველოს ზედაბარემული
ნალექებიდან

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ლ. გაბუნია 4. 11. 1996

ვიწრო სტრატეგრაფიული გავრცელების გამო *Heinzia sartousiana* დიდ სამეცნიერო ღირებულებას წარმოადგენს. ამ ამონიტისადმი მკვლევარების განსაკუთრებული ინტერესი აიხსნება იმით, რომ დღეისათვის ეს სახეობა აღიარებულია ხმელთაშუაზღვის რეგიონის ზედა ბარემულის ქვევიდან მეორე თანამოსახეულე ზონის სახე-ინდექსად [1,2]. საქართველოში მას შეესაბამება *Subpulchellia plana-Heinzia matura*-ს ზონა. ჩვენი აზრით, ამ უკანასკნელის სახელწოდება უნდა შეიცვალოს *Heinzia sartousiana*-ს სახელწოდებით და საერთოდ მიღებულ სახელწოდებასთან [1,2] შესაბამისობაში იქნეს მოყვანილი, რადგან საქართველოს მრავალ ქრილში (მუხურის უღელტეხილი, სს. რონდიში, გელავერი, შქმერი) ამ ზონის ინდექს-სახეობა (*H. sartousiana*) საკმაოდ ხშირად გვხვდება. აღნიშნულის გამო განსახილველი საკითხის აქტუალობა ექვს არ იწვევს. საქართველოში ამ სახეობის აღწერას პირველად ვიძლევი.

პირველი გამოქვეყნების შემდეგ *Ammonites (=Heinzia) sartousianus d'Orbigny* [3, გვ. 319, ტ. 94, ფ. 4,5] ფაქტიურად არავის აღუწერია. მას შედარებით ხშირად მოიხსენიებენ განსაკუთრებით 1970-იანი წლების შემდგომ [1,2,4-7]. ხსენებულმა სახელწოდებამ მხოლოდ გაკვრით გაიღვა ბოლო პუბლიკაციაში [8]. 1970 წელს სს. რონდიშის და გელავერის მიდამოების „ქვედა ბარემული“ ნალექებიდან *Pulchellia galea* Buch-ის სახელწოდებით აღწერილ იქნა რამდენიმე ეგზემპლარი [4, გვ. 88, ტ. 15, ფ. 7ა,ბ]. ამ სახეობის „შედარებაში“ ავტორი [4] წერდა, რომ „ჩვენი ეგზემპლარები დ'ორბინის გამოსახულების იდენტურია (ტ. 94, ფ. 4,5)“, ანუ *Heinzia sartousianus* -ისა (კ. ს.) და ვ. ულიგის [9, გვ. 248] მსგავსად, *P. galeata* Buch-ის [10] სინონიმიკაში შეიტანა. მომდევნო ნაშრომში ე. კოტეტიშვილმა [5, გვ. 44, ტ. 1, ფ. 1, 2], სინონიმიკაში შრომათა რიცხვის გაზრდით, იგივე ეგზემპლარები, კვლავ მიაკუთვნა აღნიშნულ სახეობას, რომლის შემადგენლობაში *H. sartrousiana d'Orb.* უმცროსი სინონიმის სახით ისევ განაგრძობს ფიგურირებას. ამრიგად, სახეობები *P. galeata* და *H. sartousiana* სინონიმებს წარმოადგენენ და პრიორიტეტის პრინციპის თანახმად, ხსენებული შრომის მიხედვით [4], ისინი უნდა გაერთიანდნენ ერთ, *P. galeata*-ს სახეობაში. ამ შეხედულებას ჩვენ ვერ გავიზიარებთ. *P. galeata*-დ განსაზღვრული აღნიშნული ეგზემპლარების შესწავლის პროცესში მივედით დასკვნამდე, რომ თავდაპირველად ([5] გვ. 88) ავტორმა მართებულად განსაზღვრა თავისი ეგზემპლარების

იდენტურობა *A. sartousianus* d'Orbigny-ს სახეობის გამოსახულებასთან, მაგრამ არასწორად გააიგივა *P. galeata*-თან.

ამ ორი სახეობის მიმართ ჩვენ მტკიცედ შეგვიძლია ვთქვათ შემდეგი: ე. კოტეტიშვილისა და ჩვენი ეგზემპლარების სკულპტურა ნამდვილად იდენტურია *A. sartousianus*-ის სკულპტურისა – მცირერიცხოვანი წიბოები, რომლებიც ჭიპის გადaluწვასთან იწყება, წარმოქმნიან პატარა წიბოსგასწვრივ გამსხვილებებს, გვერდებზე ორ ტოტად იყოფიან, თანდათანობით ძალიან ფართოვდებიან და S-სებურად იკლაკნებიან. ვენტრალურ მხარეს, სიფონის ორივე მხრიდან ისინი მაღალ კილებს წარმოქმნიან, რომლებიც საზღვრავენ საკმაოდ ღრმა ღარს. ეს უკანასკნელი აპერტურისაკენ ძალიან ნელა ფართოვდება (იხ. ტ. I, ფ. 1).

ამ სახეობის საპირისპიროდ, ჰოლოტიპს – *P. galeata* Buch-ს [10, გვ. 5, ტ. 2, ფ. 10], რომელსაც ე. კოტეტიშვილმა საკუთარი ეგზემპლარები მიაკუთვნა, გააჩნია აშკარა განმასხვავებელი ნიშნები, რაც გამოიხატება იმაში, რომ ამ უკანასკნელის წიბოები (მათ შორის ცალედიც) გვერდებზე საგრძნობლად ვიწროა, რკალისებურად (ნამგლისებურად) ამოზნექილი ნაწილით, მიმართულია უკან, ხოლო სიფონური ღარი მნიშვნელოვნად ფართოა და უფრო სწრაფად, ვიდრე ეს *H. sartousiana*-ს ახასიათებს, ფართოვდება აპერტურისაკენ [11]. მხოლოდ ეს ნიშანთვისებები, სხვაზე რომ არაფერი ვთქვათ, სრულიად საკმარისია იმისათვის, რომ ე. კოტეტიშვილის ეგზემპლარები არ ჩაერთოთ *P. galeata*-ს შემადგენლობაში და, პირიქით, მივაკუთვნოთ ისინი *H. sartousiana*-ს, რომელიც მიჩნეული უნდა იქნეს, როგორც დამოუკიდებელი სახეობა. *H. sartousiana*-ს ვალიდურობა დღეისათვის აღიარებულია და სადავოს აღარ წარმოადგენს [1,2 6,8].

ჩვენს ხელთ არსებული პალეონტოლოგიური მასალა (კოლექცია № 108) გეოლოგიური ინსტიტუტის მუზეუმში ინახება. ჩვენი და ე. კოტეტიშვილის ეგზემპლარების [4, გვ. 88, ტ. 15, ფ. 7ა,ბ], აგრეთვე ეგზემპლარების, რომლებიც განსაზღვრულია, როგორც *H. (H.) aff. veleziensis* [5, გვ. 63, ტ. 7, ფ. 1-6, 8-?10]. *H. sartousiana*-სადმი, მართებული და აუცილებელი მიკუთვნება ექვს არ იწვევს. მათი ნაწილის გამოსახულებები მოყვანილია წინამდებარე წერილში (ტაბ. I).

ზეოჯახი *Desmoceratoidea* Steinmann, 1890

ოჯახი *Pulchelliidae* H. Douville, 1890

გვარი *Heinzia* Sayn, 1890

Heinzia sartousiana (d'Orbigny)

ტაბ. I, ფიგ. 1-5

- 1840. *Ammonites sartrousianus* d'Orbigny, გვ. 319, ტ. 94, ფ. 4,5
- 1970. *Pulchellia galeata* კოტეტიშვილი, გვ. 88, ტ. 15, ფ. 7ა,ბ
- 1980. *Pulchellia galeata* კოტეტიშვილი, გვ. 44, ტ. 1, ფ. 1,2
- 1980. *Heinzia (Heinzia) aff. veleziensis* კოტეტიშვილი, გვ. 63, ტ. 7, ფ. 1-?10, non ფ. 2
- ?1987. *Pulchellia (Pulchellia) cf. sartousi* Immel, გვ. 86, ტ. 7, ფ. 9.



ჰოლოტიპი. საფრანგეთის ზედაბარემული ნალექებიდან (d'Orbigny, 1840, გვ. 319, ტ. 94, ფ. 4,5; იხ. Vermeulen, 1980, ტ. 4, ფ. 1, 2).

მასალა. ოთხი შიგა კალაპოტი ი. კვანტალიანის კოლექციიდან, წარმოდგენილია ფრაგმენტების სახით – 108 (1013/1-2); 108(1013/1-12); 108 (1013/1-1); 108 (1013/1-8). დეფორმაციის გამო (ხვეულები ძალიან გაბრტყელებულია) ჩვენი ეგზემპლარების პარამეტრები რამდენადმე განსხვავებულია ჰოლოტიპის პარამეტრებისაგან. ე. კოტეტიშვილის კოლექციიდან ეგზემპლარი 131/69 [4,5] – კარგადაა დაცული. ერთი ფრაგმენტი (36/18) მ. შარიქაძის კოლექციიდანაა, ხოლო ეგზემპლარი 108 (Po 21/3) – ლ. სახელაშვილის კოლექციიდან.

ფორმა. შიგა კალაპოტები შებრტყელებულია, ზომიერად მზარდი, ინვოლუტური ხვეულებით. განივი კვეთი ელიფსოიდურია, სიფონური მხრისაკენ შევიწროებული. ვენტრალური მხარე ჩაზნექილია, წარმოადგენს საკმაოდ ღრმა ღარს, რომელიც ზრდასთან ერთად ძალიან სუსტად ფართოვდება და ორივე მხრიდან შემოფარგლულია დამახასიათებელი დაკბილული კილებით. ჭიპი საკმაოდ ვიწროა, საფეხურისებრი, საშუალო სიღრმის. ჭიპის კედლები ციცაბოდ დაქანებულია და გვერდებს მკვეთრი გადაღუნვით უერთდებიან.

№№	D ¹⁾	H	W	Du	h	H:D	W:D	Du:D	H:W	H:h
ჰოლოტიპი	43,5	20,3	10,0	6,7	16,5	47	23	15	2,03	1,23
131/69	44,0	20,0	10,0	7,6	16,4	45	23	17	2,00	1,21

სკულპტურა. შიგა კალაპოტებზე განლაგებულია ფართო ბრტყელი, გვერდებზე S-ისებური, 24-27 წიბო. ისინი იწყებიან ნაკერიდან, ჭიპის გადაღუნვასთან ქმნიან წიბოს გასწვრივ გამსხვილებებს, რომლებიც გვერდების შუამდე იყოფიან ორ ტოტად. ვენტრალურ მხარესთან ახლოს წიბოების დაბოლოებებზე განლაგებულია შეწყვილებული კოპები, რომლებიც ნიჟარის ზრდასთან ერთად თანდათანობით ქრებიან. წიბოების სიგანე მნიშვნელოვნად აღემატება წიბოთაშორის სივრცეს.

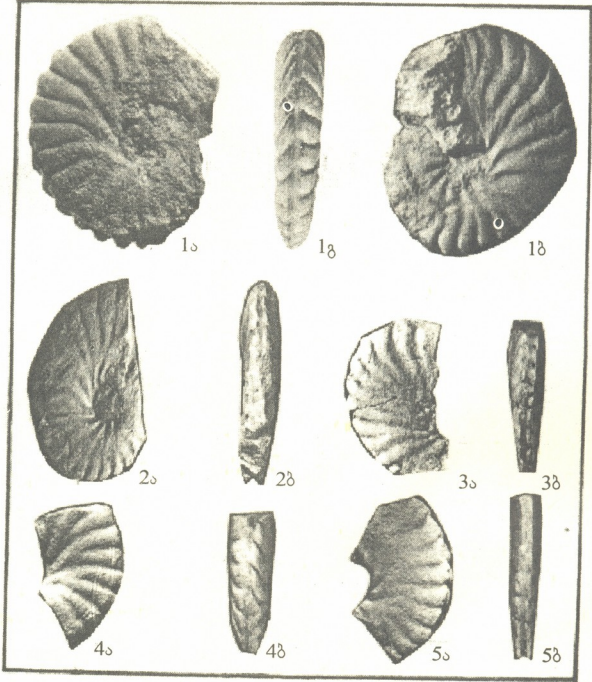
შედარება: აღწერილი სახეობა საკმაოდ ადვილად გამოირჩევა ამ გვარის სხვა სახეობებისაგან. ყველაზე ახლო მსგავსებას იგი იჩენს *Heinzia provincialis* (d'Orbigny)-თან [12, v. II, გვ. 99, № 598; იხ. Vermeulen [6]], გვ. 28, ტ. 4, ფ. 5ა,ბ, 8-10], რომლისაგან განსხვავდება გვერდებზე მეტად დაკლაკნილი წიბოებით, შედარებით ვიწრო ჭიპითა და ხვეულებით. *H. veleziensis* Hyatt-საგან [13, გვ. 136, იხ. Gerhardt [14], გვ. 145, ტ. 3, ფ. 4; Burgl [11, გვ. 77, ტ. 20, ფ. 2] განსხვავდება გვერდებზე ბრტყელი, ძლიერ დაკლაკნილი წიბოებით,

¹⁾ D – ხვეულის მაქსიმალური დიამეტრი, H – ბოლო ხვეულის მაქსიმალური სიმაღლე, W – ბოლო ხვეულის სიგანე, Du – ჭიპის დიამეტრი, h – ხვეულის სიმაღლე მაქსიმალური სიმაღლის (H) საპირისპირო მხარეს, H:D, W:D, Du:D – შეფარდებები მაქსიმალურ დიამეტრთან, H:W – მაქსიმალური სიმაღლისა და სიგანის შეფარდება, H:h – მაქსიმალურ და მინიმალურ სიმაღლეთა შეფარდება.

შედარებით ვიწრო, ნელა მზარდი ხვეულებით და წიბოთაშორისი მანძილებით, აგრეთვე, ვიწრო სიფონური ღარით. *H. sartousiana*-სა და *Pulchellia galeata*-ს შორის განმასხვავებელი ნიშნების შესახებ ნათქვამი იყო მოცემული წერილის შესავალ ნაწილში.

გაგრცელება. საფრანგეთისა და საქართველოს ზედა ბარემული.

ტაბულა I



ფიგ. 1-5. *Heinzia sartousiana* (d'Orb.). დასავლეთ საქართველოს ზედა ბარემული, ზონა *Heinzia sartousiana*. 1ა-გ – ეგზ. 131/69 – ე. კორტეტიშვილის კოლექცია [4,5], ს. რონდიშის მიდამოები; 2 – ეგზ. 108 (1013/1-1); 3 – ეგზ. 108(1013/1-2); 4 – ეგზ. 108(1013/1-12); 5 – ეგზ. 108(1013/1-8) – ი. კვანტალიანის კოლექცია, მუხურის უღელტეხილი. ყველა გამოსახულება მოცემულია ნატურალური სიდიდით



ადგილსაზოგარი. დასავლეთ საქართველოს (მუხურის უღელტეხილი, სს. რონ-დიში, გელავერი, შქმერი) ზედა ბარემული, ზონა *Heinzia sartousiana*.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
ა. ჯანელიძის სახ. გეოლოგიური ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. P. G. Hoedemaeker, *L. Bulot*; *Geologie Alpine*, 66, 1990, 123-127.
2. P. G. Hoedemaeker, *M. Company et al.*; *Rev. Espan. Paleontol.*, 8(1), 1993, 117-120.
3. A. d'Orbigny. *Paléontologie Française. Terrains Crétacés*, t I, Paris, 1840, 662 p.
4. ჟ. ვ. *Котетишвили*. *Тр. Геол. ин-та АН ГССР*, н. сер., вып. 25, 1970, 115с.
5. ჟ. ვ. *Котетишвили*. *Тр. Геол. ин-та АН ГССР*, н. сер., вып. 67, 1980, 110с.
6. J. Vermeulen. *Etude de la famille des Pulchelliidae. Revision de trois especes types du Barremian du Sud-Est de la France. Presentee a L'Universite de Nice fac. des Sci. et Techn.*, 1980, 92 p.
7. R. Busnardo. *Mém. BRGM*, N 125, Nantes, 1984, 600 p.
8. M. Kakabadze, E. Kotetishvili. *Mém Descr. Carta, Geol. d'Itali*, 1995, 103-108.
9. V. Uhlig-Denk. *K. Ak. Wissench.*, Bd. 46, Vienne, 1883, 290 p.
10. L. Büch. *Pétrifications récueilliés en Amérique par M.A. de Humboldt et par Charles Degenhardt*. Berlin, 1839.
11. H. Bürgl. *Catalogo de las ammonitas de Colombia, Parte I, Pulchelliidae*. *Inst. Geol. Nac., Bol. geol.*, I, 1956, 119 p.
12. A. d'Orbigny. *Prodrome de Paleontologie stratigraphique universelle des animaux Mollusques et rayonnes*. Paris, 1850.
13. A. Hyatt. *Pseudoceratites of the Cretaceous*. *U.S. Geol. Survey Monogr.*, 44, 1903, 250 p.
14. K. Gerhardt. *N. Jahrb. f. Min. etc. Beilageband* 11, 1897, 118-208.



თ. წუწუნავა

კავკასიონის მწვანე ფიქლების მეტამორფული ფაციესი
საქართველოს უბრტყეებში

წარმოდგინა წერ-კორესპონდენტმა გ. ზარიძემ 21. 11. 1996

საქართველოს ტერიტორიაზე კავკასიონის მწვანე ფიქლების მეტამორფული ფაციესის უდიდესი ნაწილი მთავარი ქედის ზონის საუღელტეხილო ქვეზონის ფარგლებშია გავრცელებული და მხოლოდ დარიალის ტექტონიკური შევრის და შესალოდ მისი მიმდებარე ტერიტორიის მეტამორფიტების გამოსავლები მიეკუთვნება იალბუზის ქვეზონას.

საუღელტეხილო ქვეზონის მწვანე ფიქლების ფაციესის მეტამორფიტები ბუულგენის სერიის ქრისტის ზედა ნაწილით, ლადევალისა და ვერცხლისტბის წყებებით და ლაბის კომპლექსის ლამტრაკის ტექტონიკური ზეწრით არის წარმოდგენილი.

ლადევალის წყება ზემო სვანეთის ფარგლებშია განვითარებული [1], რომლის მწვანე ფიქლების ფაციესის მეტამორფიტები გვხვდება სოფის ახეების ფარგლებში მდ. ნაკრის მარჯვენა მხარეს (მდ. კაკრინაჩკურის აუზი), მდინარეების მანშურასა და ქვიშის აუზებში [2], ხოლო მდინარეების წანერისა და ხალდეს სათავეებს შორის მდებარე გამოსავლები შხარის ახეებს მიეკუთვნება. ლადევალის წყება თანდათანობით, ყოველგვარი ხარვეზის გარეშე აგრძელებს კლიჩის წყების ამფიბოლიტებისა და ამფიბოლიან ფიქლებს. ვერცხლისტბის წყება წარმოდგენილია მთიანი აფხაზეთის ტერიტორიაზე მდინარეების მარუხასა და ადანგეს წყალგამყოფზე. ის კლიჩის წყებისაგან იზოლირებულია პალეოზოური გრანიტოიდების მძლავრი გამოსავლებით [3]. მწვანე ფიქლების ფაციესს მიეკუთვნება ლამტრაკის წყების ის ნაწილი, რომელიც ვიწრო ზოლის სახით შიშვლდება უღელტეხილ ჩმახარას (მთიანი აფხაზეთი) რაიონში [2]. რაც შეეხება შ. ჯავახიშვილის [4] მიერ ადაიხობის ახეებზე ზემო რაქის ფარგლებში გამოყოფილ მწვანე ფიქლების ფაციესის პალეოზოური ასაკის ჭანჭახის წყებას, მ. სომინი [5] მას კასარის წყების ზედა ნაწილის ანალოგად მიიჩნევს, ხოლო ი. ბარანოვი და ს. კროპაჩოვი [6] ულუჩირანის წყების ანალოგად. ჩვენი მონაცემებით [2] კვარციანი ალბიტოფირებითა და მათი ტუფებით წარმოდგენილი ჭანჭახის წყების უდიდესი ნაწილი მხოლოდ დინამომეტამორფიზმის შედეგად გარდაქმნილი წარმონაქმნებია და განვითარებულია როგორც მთავარი შეცოცების ზონაში, ასევე ლიასური თიხაფიქლების დასტებშიც. გ. ზარიძემ [7] ჭანჭახის წყების მეტამორფიტები მიაკუთვნა ასპიდური ფიქლების ფაციესს.

იალბუზის ქვეზონის დარიალის ტექტონიკური შევრის მეტამორფიტები წარმოდგენილია [2] შემდეგი გამოსავლებით: ერთი – დარიალის მასივის აღმო-



სავლეთ პერიფერიაზე მდ. ხდეს აუზში და ორი მცირე ზომის – გველეხის მსგ. ზე. ი. გამყრელიძის, დ. შენგელიას და ზ. ჭიჭინაძის [8] მიხედვით ეს მეტამორფიტები ბუულგენის სერიის ზედა ნაწილის ფრაგმენტებია და შარირებულა სამხრეთიდან, საულელტეხილო ზონიდან.

დახასიათებული რეგიონის მწვანე ფიქლების მეტამორფული ფაციესი მისი სამივე სუბფაციესით (ზონით) – ქლორიტული, ბიოტიტური და გრანიტულით არის წარმოდგენილი. ამავე დროს ბუულგენის სერიის ყველა გამოსავალი დაბალი წნევის ტიპისაა, ხოლო ლამტრაკის წყებისა – ზომიერი. გეოლოგიური, მინერალოგიურ-პეტროგრაფიული და ქიმიური თავისებურებების საფუძველზე დასაბუთებულია, რომ შესწავლილი მეტამორფიტების საწყისი ქანებია დანალექი და სხვადასხვა ტიპის მაგმატიტები [2].

ქლორიტული სუბფაციესი წარმოდგენილია მხოლოდ დარიალის კრისტალური შვერილის აღმოსავლეთ პერიფერიულ ნაწილში. სუბფაციესი გამოყოფილია ქანში რელიქტური პირველადი დანალექი სტრუქტურის არსებობით, წვრილქერცლოვანი ქლორიტის, სერიციტის (0,02-0,04 მმ) და კვარცის (0,05-0,1 მმ) მინერალური ასოციაციით.

ბიოტიტური სუბფაციესი უფრო ფართოდ არის გავრცელებული. ის დადგენილია დარიალის ტექტონიკურ შვერილსა და ვერცხლისტბის წყების მეტამორფიტებში. მათი მინერალური პარაგენეზისებია: Ser+Chld+Chl+Ab+Q, Bi+Chl+Mik+Ser+Q, Chl+Ab+Q+Ser, Chl+Ser+Bi+Q+Ep+Ab+Q, Act+Chl+Ep+Q+Ab. ბიოტიტური სუბფაციესის მაღალტემპერატურული საზღვარი დგინდება ალმანდინური გრანატის გაჩენით.

გრანატული სუბფაციესი ყველაზე უფრო ფართოდ არის წარმოდგენილი და განვითარებულია ლადევალის და ლამტრაკის წყებებში. სუბფაციესის კრიტიკული მინერალური პარაგენეზისებია: Gr₉₂₋₁₀₀+Chl₇₅+Ser+Q+Ab, Gr₉₂₋₁₀₀+Chl₇₅+Bi+Ser+Ab+Ep+Q, Ser+Bi+Mik+Q, Amf(H_{bl-gr} ან Act-Hb)+Chl+Ep+Q+Gr, Chl+Cum+Ab+Q+Gr. მისი მაღალტემპერატურული საზღვარი მკაფიოდაა გატარებული მხოლოდ ლამტრაკის წყების მეტაპელიტებში სტაეროლიტის გამოჩენისთანავე. მეტამორფიტების ქანშენი მინერალების მიკროზონდური შესწავლის საფუძველზე დადგენილია რიგი კანონზომიერება.

გრანატი განვითარებულია ლადევალის და ლამტრაკის წყებების მეტამორფიტებში, სადაც სპესარტინის და გროსულარის მოლეკულებით მდიდარი გრანატი წარმოიშობა ბიოტიტის ზონის მეტაპელიტებსა და მეტაფსამიტიტებში. ალმანდინური გრანატი ფართოდ არის გავრცელებული ამავე სახელწოდების ზონაში. ამავე ქანებში, როგორც ზომიერი, ასევე დაბალი წნევის პირობებისათვის დადგენილია გრანატის ზონალობის პროგრესული ხასიათი: კრისტალის ბირთვიდან კიდისკენ მატულობს MgO და FeO რაოდენობა, ხოლო MnO და CaO შემცველობა და რკინიანობის მნიშვნელობა კლებულობს. აღმოჩნდა, რომ გრანატის პორფირობლასტის ბირთვი ამავე დასახელების ზონიდან პასუხობს ბიოტიტური ზონის ტემპერატურულ პირობებს. ამავე დროს ზომიერი წნევის მეტამორფიტების გრანატი უფრო მაღალკალციუმიანი და დაბალმანგანუმიანია, ვიდრე დაბალი წნევის ტიპის მეტამორფიტებში.

მეტამორფიზმის ხარისხის მატებასთან ერთად თეთრი კალიუმისანი ქარსების შედგენილობა ნაირგვარ საწყის ქანში სხვადასხვანაირად იცვლება [9]. ერთნაირ P-T პირობებში სხვადასხვა საწყის ქანში ჩამოყალიბებული თეთრი კალიუმისანი ქარსები განსხვავებული შედგენილობისაა. ტემპერატურის მატებასთან ერთად ამ მინერალში მცირდება ფენგიტური მოლეკულის ოდენობა, ხოლო პარაგონტულის – მატულობს. უმრავლეს შემთხვევაში ქანში $Al:(Mg+Fe)$ მატებასთან ერთად ეს ფარდობა მატულობს თეთრ კალიუმისანი ქარსშიც.

შესწავლილი რეგიონის მწვანე ფიქლების ფაციესის მეტამორფიტებში პირველი დაბალტემპერატურული ბიოტიტის გაჩენა მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია ამავე დასახელების ზონის ქანის ქიმიურ შემადგენლობაზე [10]. ბიოტიტის ზონაში ეს მინერალი ჩნდება K_2O გადაჭრებულ მეტაპელიტებსა და მეტაფსამიტებში, ძალიან იშვიათად კი K_2O გადაჭრებულ მეტაპელიტებში. მეტამორფიზმის ხარისხის მატებასთან ერთად ბიოტიტის ზონიდან გრანატის ზონისაკენ ბიოტიტში მატულობს ისტონიტ-სიდეროფილიტის შემადგენელის შემცველობა. არცთუ ისე იშვიათად ბიოტიტის რკინიანობასა და მასში ტიტანის შემცველობას შორის არის პირდაპირპროპორციული კორელაცია.

ბიოტიტის ზონის ქლორიტი ქლორიტოიდთან პარაგენეზისში ყველაზე უფრო მაღალრკინიანია, ხოლო ყველაზე ნაკლებრკინიანია ქლორიტი CaO მდიდარი ქანებიდან. ქლორიტის რკინიანობა გრანატის ზონის ფარგლებში ყოველთვის უფრო ნაკლებია, ვიდრე მასთან წონასწორული გრანატისა და ბიოტიტის. ჩვეულებრივ, დაბალრკინიანი ქლორიტები დაბალთიხამიწიანია და ხასიათდება სილიციუმის მაღალი შემცველობით.

საქართველოს ფარგლებში კავკასიონის მწვანე ფიქლების ფაციესის მეტამორფიტების ცვლადი შედგენილობის მინერალების წონასწორობის შესწავლის შედეგები მოკლედ ასე წარმოვიდგინოთ. მუდმივი ტემპერატურის დროს Ca და Mn შემცველობის მატება გრანატში იწვევს მასთან წონასწორული ქლორიტის რკინიანობის შემცირებას. მეტამორფიზმის ხარისხის მატებასთან ერთად ბიოტიტთან თანაარსებულ გრანატში მაგნიუმის განაწილების კოეფიციენტი განუწყვეტლივ მატულობს, ხოლო ბიოტიტში – კლებულობს. დადგინდა $Fe:Mg$ დადებითი კორელაცია თანაარსებულ ბიოტიტსა და მუსკოვიტს შორის, როგორც დაბალი, ისე ზომიერი წნევის მეტამორფიტებისათვის. დაბალი წნევის მეტამორფიტებში ქლორიტთან ასოციაციაში ყველაზე უფრო მაგნიზიურია ბიოტიტები უგრანატო პარაგენეზისებში. წონასწორულ ბიოტიტსა და ქლორიტს შორის დადგენილია დადებითი კორელაცია $Mg:(Mg+Fe+Mn)$, რაც უფრო მკვეთრად არის გამოსახული ზომიერი წნევის მეტამორფიტებში.

შესწავლილი რეგიონის მწვანე ფიქლების ფაციესის პროგრესული რეგიონალური მეტამორფიზმის თერმოდინამიკური რეჟიმი ასეთი სახისაა [2]: დარილის ტექტონიკური შვერილის ქლორიტის ზონის $T < 300^{\circ}C$, ბიოტიტის ზონის – $350-400^{\circ}C$, $P \sim 2$ კბარი; ლადევალის წყების გრანატისა და ბიოტიტის გაუყოფელი ზონების $T = 350-425^{\circ}C$, $P = 2,8$ კბარი; ლამტრაკის წყების გრანატის ზონის $T = 400-430^{\circ}C$, $P = 4,7-4,8$ კბარი;

P-T ტრენდების რეკონსტრუქცია ცხადყოფს, რომ შესწავლილი მეტამორფი-



ტების რეგიონალური მეტამორფიზმის პროგრესული სტადია იზობარული (სუბ-იზობარული), რომლის დროსაც საეარაუდოა, რომ წნევის ცვლილება არ აღემატებოდა 0,3 კბარს.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 აღ. ჯანელიძის სახ. გეოლოგიური ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *Д. М. Шенгелиа, Г. К. Цимакурдзие, Р. А. Ахвледиани.* Сообщ. АН ГССР, 87, 1, 1977.
2. *Т. Н. Цуцუნავа.* Автореферат канд. дисс. Тбилиси, 1988.
3. *Д. М. Шенгелиа, Д. Н. Кецохели, Г. Л. Чичинадзе.* Сообщ. АН ГССР, 76, 1, 1974.
4. *Ш. И. Джавахишвили.* Тр. геол. ин-та АН ГССР, вып. 23, Тбилиси, 1970.
5. *М. Л. Сомин.* Доюрское основание Главного хребта и Южного склона Большого Кавказа. М., 1971.
6. *Г. И. Баранов, С. М. Кропачев.* В кн.: Геология Большого Кавказа. М., 1976.
7. *Г. М. Заридзе.* Петрография. М., 1988.
8. *ი. გამყრელიძე, დ. შენგელია, გ. ჭიჭინაძე* საქ. მეცნ. აკად. მოამბე, № 4, 1996.
9. *Д. Н. Кецохели, Т. Н. Цуцუნავа, М. Д. Шенгелия, П. Э. Лекишвили.* Тр. Груз. техн. университета 4 (397), 1993, 40-47.
10. *Д. Н. Кецохели, Т. Н. Цуцუნავа, П. Э. Лекишвили.* Тр. Груз. техн. университета, 4 (397), 1993, 48-53.



თ. ჯავახიშვილი

ბაბირგზის ვაგონის ბრძოვი რხევები მზილი ბაბირის დიდი სიხისტის შემთხვევაში

წარმოდგინა აკადემიკოსმა ა. ძიტიგურმა 13.11.1996

ბაბირგზის მუშაობის რიგ რეჟიმებში მზილი ბაბირის გასწვრივ მერხვეი ვაგონი მიახლოებით შეიძლება წარმოვადგინოთ ორი თავისუფლების ხარისხის მქონე მექანიკური სისტემის სახით. მზილი ბაბირი ჩათვლილია აბსოლუტურად ხისტად; საწვეი ბაბირი წარმოდგენილია ორი ზამბარისაგან შედგენილი დრეკადი სისტემის სახით. მზილი და საწვეი ბაბირების დაშვებით ტვირთების გადაადგილება უგულვებელყოფილია. მიჩნეულია, რომ ქანქარისებრი ბაბირგზის მეორე ვაგონის (თუ ასეთი არსებობს) რხევა არ მოქმედებს განსახილველ პროცესზე.

სისტემის კინეტიკური და პოტენციური ენერგიები შესაბამისად გამოისახება

$$T = \frac{m\xi^2}{2} + \frac{m_2\dot{\varphi}^2}{2}(l^2 + \rho^2) + m_2 l \dot{\xi} \dot{\varphi} \cos(\varphi + \varepsilon);$$

$$\Pi = \frac{c\xi^2}{2} - m_2 g l \cos \varphi, \quad (1)$$

სადაც $m = m_1 + m_2$

m_1 - არის ვაგონის ურიკისა და საწვეი ბაბირის მასათა ნაწილის ჯამი;

m_2 - ვაგონის კაბინის და საკიდრის მასა;

l - მანძილი ვაგონის დაკიდების წერტილიდან კაბინის და საკიდრის მასების ცენტრამდე;

ρ - კაბინის (საკიდრით) ინერციის რადიუსი ვაგონის დაკიდების ღერძის მიმართ, რომელიც გადის მასების ცენტრში;

$\varepsilon \approx const$ - ვაგონის მოძრაობის ტრაექტორიის მხების დახრის კუთხე;

c - საწვეი ბაბირის ეკვივალენტური სიხისტე გაჭიმვისას;

g - თავისუფალი ვარდნის აჩქარება;

ξ და φ - განზოგადებული კოორდინატები (კაბინის დაკიდების წერტილის მზილი ბაბირის გასწვრივ გადაადგილება და კაბინის გადახრა ვერტიკალური ღერძიდან). თუ გავითვალისწინებთ რელეის ფუნქციით განსაზღვრულ წინააღმდეგობებს, ლაგრანჟის განტოლებების სქემით შედგენილი სისტემის მოძრაობის განტოლებები გამოისახება

$$m\ddot{\xi} + m_2 l \ddot{\varphi} \cos(\varphi + \varepsilon) - m_2 l \dot{\varphi}^2 \sin(\varphi + \varepsilon) + b_1 \dot{\xi} + c\xi = 0;$$

$$m_2(l^2 + \rho^2)\ddot{\varphi} + m_2 l \ddot{\xi} \cos(\varphi + \varepsilon) + b_2 \dot{\varphi} + m_2 g l \sin \varphi = 0, \quad (2)$$



სადაც b_1 და b_2 დადებითი, მუდმივი კოეფიციენტებია.

ვაგონის დაკიდების წერტილის ჰარმონიული კანონით ვიბრაცია მზიდი ბაგირის გასწვრივ, სიხისტის მოდულაციის სიღრმის სიმცირის გამო, ვერ აღძრავს პარამეტრულ რეზონანსს და არ იწვევს ვაგონის კაბინის წონასწორობის მდგრადი მდგომარეობის დარღვევას [1].

მზიდი და საწვეი ბაგირების რეაქციები განესაზღვროთ როგორც უკუგდებულნი და დამატებითი ბმების განზოგადებული რეაქციები [2]. პირველ შემთხვევაში, როდესაც უკუგდებულია მზიდი ბაგირით განხორციელებული ბმა, სისტემას უკვე აქვს სამი თავისუფლების ხარისხი; ახალი განზოგადებული კოორდინატა აღენიშნოთ η -თი.

სამი თავისუფლების ხარისხის მქონე სისტემის კინეტიკური ენერგია გამოისახება

$$T' = \frac{m\dot{\xi}^2}{2} + \frac{m\dot{\eta}^2}{2} + \frac{m_2\dot{\phi}^2}{2}(l^2 + \rho^2) + m_2l[\dot{\xi}\dot{\phi}\cos(\phi + \varepsilon) - \dot{\eta}\dot{\phi}\sin(\phi + \varepsilon)]. \quad (3)$$

ხოლო ვირტუალური მუშაობის გამოსახულებას აქვს შემდეგი სახე:

$$\delta A = (mg\sin\varepsilon - c\xi)\delta\xi + mg\cos\varepsilon\delta\eta - m_2gl\sin\phi\delta\phi \quad (4)$$

შესაბამისად, განზოგადებული ძალები

$$Q_\xi = mg\sin\varepsilon - c\xi; \quad Q_\eta = mg\cos\varepsilon; \quad Q_\phi = -m_2gl\sin\phi$$

და მზიდი ბაგირის განზოგადებული რეაქცია ვაგონის დაკიდების წერტილში

$$\lambda_\eta = -m_2l[\dot{\phi}\sin(\phi + \varepsilon) + \dot{\phi}^2\cos(\phi + \varepsilon)] - mg\cos\varepsilon. \quad (5)$$

(5)-ის გამოყვანის დროს მიღებულია $\dot{\eta} = 0$.

λ_η -ს განსაზღვრისათვის (5)-ში ϕ , $\dot{\phi}$ და $\ddot{\phi}$ მნიშვნელობები შეიტანება მოძრაობის (2) განტოლებათა სისტემის ამოხსნის საფუძველზე.

მეორე შემთხვევაში შემოვიტანოთ დამატებითი ბმა, რომელიც არ აძლევს ვაგონის ურიკას მზიდ ბაგირზე გადაადგილების საშუალებას. ლაგრანჟის პირველი რიგის განტოლებების საფუძველზე მივიღებთ ვაგონის კაბინის რხევის საწვე ბაგირზე დინამიკური ზემოქმედების გამოსახულებას

$$\lambda_\xi = m_2l[\dot{\phi}\cos(\phi + \varepsilon) - \dot{\phi}^2\sin(\phi + \varepsilon)]. \quad (6)$$

λ_ξ -ს დროში ცვალებადობის კანონის განსაზღვრისას (6)-ში $\dot{\phi}$, $\ddot{\phi}$ და ϕ -ს მნიშვნელობები შეიტანება (2) სისტემის მეორე განტოლების ამოხსნის საფუძველზე, რომელიც ამ შემთხვევისათვის ($\xi = 0$) გარდაიქმნება ფიზიკური ქანქარის რხევის განტოლებად.

როგორც მიღებული შედეგიდან ჩანს, ξ და ϕ პარციალურ სისტემებს შორის არსებული კავშირი გასათვალისწინებელია მცირე რხევების შემთხვევაშიც. ვაგონის რხევის დინამიკური ზემოქმედება საწვეი ბაგირის ურიკასთან ჩამაგრების წერტილზე გაცილებით მეტია, მზიდ ბაგირზე ვაგონის დაკიდების ადგილზე განხორციელებულ ზემოქმედებასთან შედარებით. მცირე რხევების დროს ამ უკანასკნელი ზემოქმედების სიდიდე უმნიშვნელოა, ხოლო ε კუთხის პატარა სიდიდისათვის

იგი შეიძლება საერთოდ უგულვებლყოთ.

მცირე რხევების პირობებში პარციალურ სისტემებს შორის ფიზიკური კავშირის ხარისხზე შეიძლება ვიმსჯელოთ სისტემებს შორის ბმულობით, რომელიც მოცემულ შემთხვევაში გამოისახება

$$\sigma = \frac{2n_1 n_2 \sqrt{\alpha_1 \alpha_2}}{|n_1^2 - n_2^2|}, \quad (7)$$

სადაც $n_1 = \sqrt{\frac{c}{m}}$ და $n_2 = \sqrt{\frac{g}{l_1}}$ პარციალური სიხშირეებია;

$l_1 = \frac{l^2 + \rho^2}{l}$ კაბინის (საკიდარით) დაყვანილი სიგრძე;

$\alpha_1 = \frac{m_2 l \cos \varepsilon}{m}$ და $\alpha_2 = \frac{\cos \varepsilon}{l_1}$ კავშირის კოეფიციენტები.

გამოთვლები გეიჩვენებს, რომ მცირე კავშირის კოეფიციენტების დროსაც კი პარციალურ სისტემებს შორის ბმულობა ჩვეულებრივ არ არის მცირე, რაც იწვევს მათ შორის ენერგიის ინტენსიურ გაცვლას. ბაგირგზის პარამეტრების რეალური მნიშვნელობებისათვის ცემა არ შეინიშნება. მთავარ რხევათა ფორმის კო-

ეფიციენტებიდან $\beta_j = \frac{\alpha_2 \omega_j^2}{n_2^2 - \omega_j^2}$, $j = 1, 2$ (ω_1 და ω_2 სისტემის საკუთარი სიხშირე-

ებია) $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ ამიტომ ω_1 სიხშირის რხევები სინფაზურია, ხოლო ω_2 სიხშირის - ფაზასაწინალო.

ბაგირგზის ექსპლუატაციის პროცესში ვაგონი, წინასწარი პროგრამით განპირობებულ სტაციონარულ მოძრაობასთან ერთად, შეიძლება ასრულებდეს შემფოთებულ მოძრაობასაც, რომელიც გამოწვეული იქნება, ვთქვათ, ელექტრომექანიკურ სისტემაში წარმოქმნილი მცირე ამპლიტუდის რხევებით ან ე. წ. გრძივი ქარის ზემოქმედებით. ამ შემთხვევებში წარმოქმნილი იძულებითი რხევების გამოსაკვლევად მოსახერხებელია ვისარგებლოთ სიხშირული მახასიათებლებით.

თუ ξ კოორდინატაზე მოქმედებს ამგზნები ძალა $Q_1 = A_1 \sin \omega t$, ამპლიტუდურ-ფაზური სიხშირული ფუნქციები გამოისახება

$$W_{11}(i\omega) = \frac{\Xi(i\omega)}{A_1(i\omega)} = U_{11}(\omega) + iV_{11}(\omega);$$

$$W_{12}(i\omega) = \frac{\Phi(i\omega)}{A_1(i\omega)} = U_{12}(\omega) + iV_{12}(\omega), \quad (8)$$

სადაც $U_{11}(\omega) = \frac{K_{11}C}{E^2 + F^2}$ და $U_{12}(\omega) = \frac{K_{12}\omega^2 E}{E^2 + F^2}$ ნამდვილი სიხშირული ფუნქციე-

$$V_{11}(\omega) = \frac{K_{11}D}{E^2 + F^2} \text{ და } V_{12}(\omega) = \frac{K_{12}\omega^2 F}{E^2 + F^2} \text{ წარმოსახვით სისშირული ფუნქციები;}$$

$$K_{11} = m^{-1}; \quad K_{12} = \alpha_2 m^{-1}; \quad C = (n_2^2 - \omega^2)E - 2Fh_2\omega;$$

$$D = (n_2^2 - \omega^2)F + 2Eh_2\omega; \quad E = \omega^4(1 - \alpha_1\alpha_2) - \omega^2(n_1^2 + n_2^2 + 4h_1h_2) + n_1^2n_2^2;$$

$$F = 2\omega^3(h_1 + h_2) - 2\omega(h_1n_2^2 - h_2n_1^2); \quad h_1 = b_1(2m)^{-1};$$

$$h_2 = b_2[2m_2(l^2 + \rho^2)]^{-1}.$$

ვაგონის კაბინაზე მოქმედი ჰარმონიული ძალა იწვევს შესაბამისი მომენტის $Q_2 = A_2 \sin \omega t$ გაჩენას. ამპლიტუდურ-ფაზურ სისშირულ ფუნქციებს ამ შემთხვევაში აქვს შემდეგი სახე:

$$W_{21}(i\omega) = \frac{\Xi(i\omega)}{A_2(i\omega)} = U_{21}(\omega) + iV_{21}(\omega);$$

$$W_{22}(i\omega) = \frac{\Phi(i\omega)}{A_2(i\omega)} = U_{22}(\omega) + iV_{22}(\omega), \quad (9)$$

სადაც შემომოყვანილის ანალოგიურად

$$U_{21}(\omega) = \frac{K_{21}\omega^2 E}{E^2 + F^2}; \quad U_{22}(\omega) = \frac{K_{22}C_1}{E^2 + F^2}; \quad V_{21}(\omega) = \frac{K_{21}\omega^2 F}{E^2 + F^2};$$

$$V_{22}(\omega) = \frac{K_{22}D_1}{E^2 + F^2}; \quad K_{21} = K_{12}; \quad K_{22} = [m_2(l^2 + \rho^2)]^{-1};$$

$$C_1 = (n_1^2 - \omega^2)E - 2Fh_1\omega; \quad D_1 = (n_1^2 - \omega^2)F + 2Eh_1\omega.$$

ბაგირგზის დაპროექტების ეტაპზე მოსახერხებელია ვისარგებლოთ ფილტრის მოწყობის პრინციპით და ისე შევირჩიოთ სისშირული მახასიათებლები, რომ საშიშ სისშირეთა დიაპაზონში მივალწიოთ რხევათა სასურველ მიღევას.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლიტმერატურა

1. T. Javakhishvili. Bull. Georg. Acad. Sci. 153, 1, 1996, 65-69.
2. Н. В. Бутенин, Н. А. Фуфаев. Введение в аналитическую механику. М.; 1991, 256 с.



ლ. გომიზერიძე

ჩამქრობი ნაბეზობების მუშაობის ეფექტურობაზე
 ჰიდროკვანძების ზომების ზეგავლენის შესახებ

წარმოადგინა აკად. ც. მირცხულავამ 18.11.1996

შრომში გამოიკვლევა ვარდნილი ნაკადის ენერგიის ჩაქრობის ეფექტურობაზე ჰიდროკვანძების ზომების ზეგავლენა. წყალდიდობის გადასადგები ხარჯების ენერგიის ჩაქრობის პროცესის ეფექტურობის ზრდა იძლევა, ერთი მხრივ, ენერგიის ჩაქრობის საშუალებას მცირე ბალიშზე, ე. ი. მცირე ზომის ჩამქრობ ჭაში, რაც აიაფებს ნაგებობას; მეორე მხრივ, ეს ზრდის ჭის უსაფრთხოებას და დაუზიანებლად მისი შენარჩუნების საშუალებას, რაც ამცირებს მის შეკეთებაზე დანახარჯებს.

სხვადასხვა ზომის ჰიდროკვანძების ჩამქრობი კომპლექსის ტექნიკური მაჩვენებლების შედარება შესაძლებელია ნატურული ჰიდროკვანძის და მისი მოდელის პარამეტრების შედარების გზით. როგორც ცნობილია, ჰიდროკვანძების ჰიდრაულიკური მოდელირება ხდება ნატურულ და მოდელის სითხის ნაკადებში ფრუდის მსგავსების კრიტერიუმების ტოლობის დაცვით. ამგვარად, ნატურის და მოდელის l - ხაზობრივი ზომების თანაფარდობას აქვს შემდეგი სახე:

$$\frac{l_{ნატ}}{l_{მოდ}} = \lambda_l \quad (1)$$

სითხის ხარჯების მასშტაბს

$$\frac{Q_{ნატ}}{Q_{მოდ}} = \lambda_Q \quad (2)$$

და მოცულობების მასშტაბს

$$\frac{W_{ნატ}}{W_{მოდ}} = \lambda_W \quad (3)$$

ამასთან, მასშტაბები λ_Q და λ_W გამოისახებიან λ_l -ის საშუალებით შემდეგნაირად:

$$\lambda_Q = \lambda_l^{2.5} \quad (4)$$

$$\lambda_W = \lambda_l^3 \quad (5)$$

დასმული ამოცანის გადასაწყვეტად მოცემულ შრომაში გამოიყენება პარამეტრი K , რომელიც ენერგეტიკის ინსტიტუტში ადრე იქნა შემოღებული ჰიდროკვანძების წყალსადგებ-ჩამქრობი კომპლექსის მუშაობის ეფექტურობის შესაფასებლად ზედა და ქვედა ბიეფებს შორის დონეთა სხვაობის ტოლი H სიმაღლი-



დან წყლის გადაადგილებისას მაქსიმალური Q ხარჯით ქვედა ბიეფში W მოცულობის წყლის ბალიშზე. K პარამეტრი წარმოდგენილია საერთო სახით

$$K = \frac{gQH}{W}, \quad (6)$$

სადაც g სიმძიმის ძალის აჩქარებაა, იგი გამოსახავს წყლის ბალიშის ერთეულ მოცულობაზე ერთ წამში მოსული ვარდნილი ნაკადის ენერგიას, ე. ი. სიმძლავრეს. Q ხარჯის მ³/წმ-ში, H -ის მ-ში და W -ს მ³-ში გაზომვისას იგი წარმოადგენს წყალდიდობის ხარჯის სიმძლავრეს კვტ-ში, რომელიც მოდის 1 მ³ მოცულობის წყლის ბალიშზე ჭაში ვარდნისას (ან თვით ჩამქრობი ჭის 1 მ³-ზე).
მაშინ

$$K = \frac{981QH}{W} \text{ kwt} / \text{m}^3. \quad (6')$$

λ_1 , λ_2 და λ_W ცნობილ მასშტაბებთან ერთად მოცემულ შრომაში გამოიყენება კიდევ K -ს ამ სიდიდის მოდულირების მასშტაბიც, ე. ი.

$$\lambda_k = \frac{K_{ნატ}}{K_{გოდ}}, \quad (7)$$

სადაც $K_{ნატ}$ და $K_{გოდ}$ — K -ს პარამეტრებია შესაბამისად ნატურისათვის და მოდულირისათვის.

(6) და (7) თანახმად

$$\frac{K_{ნატ}}{K_{გოდ}} = \frac{gQ_{ნატ}H_{ნატ}}{W_{ნატ}} \cdot \frac{gQ_{გოდ}H_{გოდ}}{W_{გოდ}}$$

ან (1), (2) და (3) გათვალისწინებით

$$\frac{K_{ნატ}}{K_{გოდ}} = \lambda_2 \lambda_1 \frac{1}{\lambda_W}$$

(4) და (5)-ის გათვალისწინებით კი

$$K_{ნატ} = \lambda_1^{0.5} K_{გოდ} \quad (8)$$

ან

$$\lambda_k = \lambda_1^{0.5}. \quad (8')$$

(8) ცხადია, რომ ნატურული ჰიდროკვანძი (უფრო ზუსტად ნატურული წყალსაგდები-ჩამქრობი კომპლექსი) რაც უფრო დიდია მოდულზე, მით უფრო მეტი ენერგიის ჩაქრობა შეუძლია მისი ბალიშის მოცულობის ყოველ ერთეულს. ბუნებრივია, რომ (8) სამართლიანია ორი მსგავსი ნატურული ჰიდროკვანძისთვისაც, რომლებშიც ზომების და ხარჯების თანაფარდობა ემორჩილება (1), (2) და (3) გამოსახულებებს.

უნდა აღინიშნოს, რომ (8)-ის ანალოგიურად გამოიყენება აგრეთვე დამოკიდებულება ნატურული ჰესის სიმძლავრის $N_{ნატ}$ ნაწილისათვის ჭის მოცულობის

იმავე ერთეულზე l -მოდელირების მასშტაბიდან და ჰესის მოდელის სიმძლავრის $N_{\text{მოდ}}$ ნაწილისათვის, რომელიც მოდის ჭის მოცულობის ან მოდელის ბალიშის ერთეულზე.

დამოკიდებულებას აქვს შემდეგი სახე:

$$N_{\text{მატ}} = \lambda_l^{0.5} N_{\text{მოდ}} \quad (9)$$

(9) გამოსახულების გამოყენებით განსხვავება მხოლოდ ის არის რომ წყალდიდობის ხარჯის ნაცვლად აღიება ჰესის ტურბინის ხარჯი. (9)-დან ცხადია, რომ არც უფრო დიდია ნატურული ჰესი, მით უფრო მეტია ბალიშის ან ჭის მოცულობის ერთეულზე მოსული გამომუშავებული ენერჯია.

ცალკეულ ჰიდროკვანძებთან ერთად მოცემულ სამუშაოში განიხილება ჰესის კასკადში ჩამქრობი ჭების ეკონომიურობის თვალსაზრისით საფეხურების რიცხვის არჩევის საკითხიც. ეს საკითხი წყდება კასკადში საფეხურების რიცხვისაგან კასკადის საფეხურების წყლის ბალიშის მოცულობის დამოკიდებულების პოვნით. ამ მიზნით ხდება მდინარის მონაკვეთზე მთელი კასკადის შემცველი ფიქტიური დიდი კაშხლის, მისი მოდელის და კასკადის საფეხურების პარამეტრებს შორის შედარება. ამასთან, მოდელის სიმაღლე მიიღება კასკადის საფეხურის სიმაღლის ტოლი, ე. ი. მოდელის მასშტაბი მიიღება მისი საფეხურების რიცხვის $\lambda_l = n$ -ის ტოლი.

ფიქტიური კაშხლის, საფეხურების და მოდელის პარამეტრების მოხერხებული შედარებისათვის ყველა ისინი შეტანილია ცხრილში, გარდა კასკადის წყლის ბალიშის საძიებელი w მოცულობისა, რომლებიც გამოისახება ფიქტიური კაშხლის პარამეტრების საშუალებით (1), (2), (3), (4) და (5)-ის შესაბამისად.

ც ხ რ ი ლ ი

პარამეტრები	ფიქტიური კაშხალი	კასკადის საფეხური	ფიქტიური კაშხლის მოდელი
გაღასაგდები ხარჯი	Q	Q	$Q / \lambda_l^{2.5}$
ვარდნის სიმაღლე	H	H/n	H / λ_l
ბალიშის მოცულობა	W	w	W / λ_l^3
პარამეტრი K	$K_{\text{ფ}} = \frac{gQH}{W}$	$K_{\text{საფ}} = \frac{gQH}{\lambda_l w}$	$K_{\text{მოდ}} = \frac{gQH}{\lambda_l^{0.5} W}$

ცხადია, რომ w -თვის დამოკიდებულება არ შეიძლება გამოყვანილ იქნეს მსგავსების ფორმულის საფუძველზე, იმდენად, რამდენადაც იგი ფიქტიური ჰიდროკვანძის და არც მოდელის მსგავსი არ არის. მოცემულ ეტაპზე ვუშვებთ, რომ

$$K_{\text{საფ}} = K_{\text{მოდ}}$$



დამეება (10) დაიყვანება იმაზე, რომ ერთი და იმავე სიმაღლიდან სხვადასხვა ხარჯის ვარდნისას ვარდნილი ნაკადის ენერჯიის ყოველი ერთეულის ჩასაქრობად საჭიროა წყლის ბალიშის მოცულობის ერთმანეთის ტოლი ნაწილები. დამეების (10) კანონზომიერება განხილულ იქნება ქვემოთ, ახლა კი (10)-ში 1 ცხრილიდან შესაბამისი გამოსახულებების ჩასმით მიიღება

$$w = \frac{W}{\lambda_1^{0,5}} \quad (11)$$

ან

$$\Sigma w = n^{0,5} W, \quad (12)$$

რამდენადაც $\lambda_1 = n$.

ამგვარად, თუკი დამეება (10) სწორია, მაშინ (12)-ის თანახმად n კამხალიდან კასკადის წყლის ბალიშის ჯამური მოცულობა $n^{0,5}$ -ჯერ აღემატება მდინარის მონაკვეთზე მთელი კასკადის შემცველი ფიქტიური კამხალის ბალიშის მოცულობას. დამეების (10)-ის კანონზომიერება შეიძლება შემოწმდეს შემდეგნაირად. განიხილება ენერჯიის ისეთი ჩაქრობა, როცა ჭაში ადგილი აქვს სრულყოფილ ჰიდრავლიკურ ნახტომს, ხოლო წყალსადგების და ჭის სიგანე ფიქტიურ კამხალსა და საფეხურთან ერთი და იგივეა. ამგვარად, მათი q ხვედრითი ხარჯებიც ტოლი იქნება. მაშინ ბალიშის W და w მოცულობათა ფარდობები შეიძლება შეიცვალოს მათი გრძივი ვერტიკალური კვეთების S ფართობების ფარდობით. ამასთან, S ფართობი წარმოვიდგინოთ როგორც სრულყოფილი ნახტომის მეორე შეუღლებული h'' სიღრმის ნამრაველი ნახტომის სიგრძეზე l_5

$$S = h'' l_5.$$

დაანგარიშებული იყო S სიდიდე ფიქტიური კამხალის ოთხი ვარიანტისათვის სიმაღლით 100 და 200 მ და ხვედრითი ხარჯებით 40 – 120 მ³/წმ ყოველ ვარიანტში $n=1,2,4,7,10$ საფეხურების რიცხვის შემთხვევაში, სადაც $n=1$ წარმოადგენს კერძოდ ფიქტიური კამხალის შემთხვევას, როდესაც საფეხური ერთია. ყოველი შემთხვევისათვის (სულ 20 შემთხვევა) იყო დაანგარიშებული S_n სიდიდეები, ე. ი. კვეთების S ფართობები n საფეხურების შემთხვევისათვის, ჯამები S_n ყოველი შემთხვევისათვის, ე. ი. $\Sigma S_n = S_n n$ და $\Sigma S_n / S_1$, ე. ი. ვარიანტში კასკადის ყველა S_n საფეხურის კვეთების n ფართობების ჯამების შეფარდება ფიქტიური კამხალის კვეთის S_1 ფართობთან, ამასთან, ვარიანტებში S -ის მნიშვნელობების გაანგარიშებისას გამოიყენება ი. ი. აგროსკინის გამოსახულება [1]

$$h'' = 0,5h'(\sqrt{1+8Fr_1} - 1), \quad (13)$$

სადაც $h' = q/v_1$ და $Fr_1 = v_1^2/gh'$ არის შესაბამისად სიღრმე და ფრუდის რიცხვი შეკუმშულ კვეთში ნახტომის წინ, აქ $v_1 = \sqrt{2gH}$ სიჩქარეა ამავე კვეთში.

სიდიდე l_5 განისაზღვრება როგორც ქვემოთ აღნიშნულ ფორმულებით გამოთვლილი მნიშვნელობების საშუალო არითმეტიკული

ნ. პავლოვის

$$l_5 = 2,5(1,9h'' - h'),$$

მ. დ. ჩერტოუსოვის

$$l_5 = 10,3h'(\sqrt{Fr_1} - 1)^{0,81},$$

ვ. ა. შაუმიანის

$$l_5 = 3,6h''(1 - h'/h'')(1 + h'/h'')^2,$$

ფ. ი. პიკალოვის

$$l_5 = 4h'\sqrt{1+2Fr_1}.$$

ანგარიშის მონაცემების მიხედვით ყველა ვარიანტისათვის აგებული იყო გრაფიკები (სურ.), რომელიც მოგვცა ოთხი მრუდის ოჯახმა

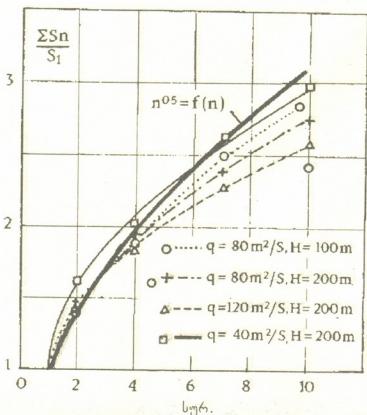
$$\Sigma S_n/S_1 = f(n) \quad (14)$$

მიახლოებულს დამოკიდებულებასთან

$$n^{0,5} = f(n) \quad (15)$$

ალინიშნება ზოგიერთი გადახრა (15)-დან n -ის გაზრდის და ფრუდის რიცხვის შემცირებისას. გარდა ამისა, ვარდება ერთი წერტილი $q=80$ მ²/წმ და $H/10=10$ შემთხვევაში, როცა $Fr=3,48$ [1], როცა $Fr \approx 3$ დამოკიდებულება (13) იძლევა h'' -ის შემცირებულ მნიშვნელობებს, რამდენადაც სრულყოფილი ნახტომი გადაღის ნახტომ-ტალღაში.

სურათზე გრაფიკის განხილვა საშუალებას იძლევა გავაკეთოთ დასკვნა (12) გამოსახულების სამართლიანობაზე, და მამასადამე, დაშვება (10)-ის კანონზომიერებაზეც. ამგვარად, მტკიცდება ვარაუდი, რომ n კაშხალებიდან ჰესის კასკადის



ΣSn/S1=f(n) დამოკიდებულების გრაფიკი ფიქტიური კაშხლის ოთხი ვარიანტისათვის



კაშხალების ჭების ჯამური მოცულობა $n^{0,5}$ -ჯერ აღემატება მდინარის მონაკვეთზე მთელი კასკადის შემცველი ფიქტიური კაშხალის ჭის მოცულობას. (8) და (9)-დან ცხადია, რომ ჩამქრობი ჭების ეკონომიურობის თვალსაზრისით მსხვილი ჰიდროკვანძების მშენებლობა უფრო ხელსაყრელია, ვიდრე მცირე და საშუალო კაშხალებისა. საჭიროა მაინც გვეკონდეს მხედველობაში, რომ ეს დასკვნა ეკუთვნის მხოლოდ მსგავს წყალსაგდებ-ჩამქრობ კომპლექსებს, რამდენადაც ჩამქრობი ჭის მუშაობის ეფექტურობა დამოკიდებულია წყლის და წყალსაგდების კონსტრუქციებით განპირობებულ მთელ რიგ ფაქტორებზე. მაგრამ მოცემულ შრომაში განიხილება მხოლოდ ერთი პარამეტრის — კერძოდ, ნაგებობების ზომების გავლენა. იმედი უნდა ვიქონიოთ, რომ დამოკიდებულება (12) შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ჰესის კასკადის პროექტირებისას, რამდენადაც შესაძლებელს გახდის შეფასდეს ჩამქრობი ნაგებობის პროექტის სხვადასხვა ვარიანტში შესაძარებელი ღირებულება.

მთლიანად მოცემული შრომის შედეგები კი შესაძლებელს გახდის უფრო დასაბუთებულად შეფასდეს როგორც ცალკეული ჰიდროკვანძების, ასევე ჰესის კასკადების მოსალოდნელი ღირებულება.

საქართველოს ენერგეტიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *И. И. Агроскин, Г. Т. Дмитриев, П. И. Пикалов.* Гидравлика. М. - Л., 1954.



თ. ლოლაძე (აკადემიკოსი), მ. სალუჟვაძე (აკადემიკოსი), ბ. სვანიძე (აკადემიკოსი),
მ. შავჭავჭავაძე (აკადემიკოსი), რ. ხუროშიანი, რ. თუშინაძე, ნ. ბერიშვილი,
ვ. ბაროშვილი, კ. მერაბიშვილი, შ. ნაყაყაძე

საქართველოს ელექტროენერჯის სისტემის ბარდაქმნისა და გაუმჯობესების ძირითადი მიმართულებები

წარმოდგენილია 4.03.1997

საქართველოს რესპუბლიკა საბჭოთა კავშირის დაშლამდე წელიწადში მოიხმარდა 18-19 მლრდ კვტსთ ელექტროენერჯიას, აქედან, 14-15 მლრდ კვტსთ ენერჯიას გამოიმუშავებდა საქართველოში მოქმედი ჰიდრო- და თბოელექტროსადგურები, ხოლო დანარჩენ 4-5 მლრდ კვტსთ ენერჯიას ღებულობდა საკავშირო ენერჯოსისტემიდან. ამ პერიოდში, წელიწადში ერთ სულ მოსახლეზე იხარჯებოდა საშუალოდ 3000-3500 კვტსთ ელექტროენერჯია. საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ საქართველოში მკვეთრად გაუარესდა ქვეყნის ელექტროენერჯით უზრუნველყოფის პრობლემა. დღეისათვის რესპუბლიკის ელექტროენერჯეტიკული სიმძლავრე 800-900 მგვტ-ს შეადგენს, რაც წელიწადში საშუალოდ უზრუნველყოფს ერთ სულ მოსახლეზე არა უმეტეს 800-1000 კვტსთ ელექტროენერჯიის მოხმარებას. მოწინავე ქვეყნებში კი წელიწადში ერთ სულ მოსახლეზე დახარჯული ენერჯია 10-15-ჯერ მეტია. ამასთანავე, აღნიშნული სისტემის არამდგრადობა ხშირად ქმნის ავარიულ სიტუაციებს. ამ დროს მწყობრიდან გამოსული ასეულობით ელექტროძრავისა და ხელსაწყოების დაზიანებით მიღებული ზარალი მრავალი ათასი დოლარით განისაზღვრება.

ასეთი საშიშროების წინაშე ვდგებით მეტწილად ზამთრის სეზონზე, როდესაც სისტემა ძირითადად ენერჯისა და გარდაბნის სრესის (სხვა სადგურებთან შედარებით მძლავრი, 80-250 მგვტ სიმძლავრის) ენერგობლოკებით იკვებება, რაც გამართლებული იყო მხოლოდ საბჭოთა კავშირის ერთიან სისტემაში. დღეისათვის საქართველოს ელექტრომომარაგების სისტემის მდგრადობის ამაღლება 40-60 მგვტ სიმძლავრის ენერგობლოკების მოითხოვს.

რესპუბლიკის დღევანდელი მდგომარეობის გათვალისწინებით აუცილებელია გატარდეს ყველა ღონისძიება რათა ამაღლდეს საქართველოს ელექტრომომარაგების სისტემის მდგრადობა. სისტემაში არსებული მძლავრი გარდაბნის სრესის ან ენერჯის ენერგობლოკების მწყობრიდან გამოსვლა იწვევს ავტონომიურ რეჟიმში მომუშავე ენერჯოსისტემის დაშლას, რაც უდიდეს ზარალს აყენებს ქვეყნის ეკონომიკას. ენერჯოსისტემის მდგრადობის ამაღლება შესაძლებელია უახლოეს დროში, თუ აღდგება მუშაობელი ქვეყნების ენერჯოსისტემასთან კავშირი. ამ მიზნით, უპირველეს ყოვლისა, მიზანშეწონილია აღდგენილ იქნეს მაღალი 500 კვ



ძაბვის გადამცემი ხაზი, რომელიც დააკავშირებს საქართველოს ენერგოსისტემას რუსეთის სამხრეთ რეგიონის მძლავრ ენერგოსისტემასთან. საქირო იქნება დი-გეგმოს სამუშაოები, რათა ამალდდეს ამ ელექტროგადამცემი ხაზის საიმედოობა. აღსანიშნავია, რომ თუ მუშობელი ქვეყნის ენერგოსისტემასთან კავშირს ძირითადად გამოვიყენებთ მხოლოდ ჩვენი სისტემის მდგრადობის შენარჩუნებისათვის. მაშინ მუშობელი ქვეყნის ენერგოსისტემიდან მოხმარებული ელექტროენერჯის რაოდენობა მცირე იქნება და ხარჯის გადახდისუნარიანობა პრობლემად არ გადაიქცევა.

ამჟამინდელი საქართველოს ელექტრომომარაგების სისტემის უდიდესი ნაწილი გამოუმუშავებული ელექტროენერჯის დიდი თვითღირებულება, რომლის შესაბამისად დაწესებულ მაღალ საგადასახადო ტარიფებს (2,5 ცენტი კვტს-ზე მოსახლეობისათვის და 4,5 ცენტი მრეწველობისათვის) მომხმარებელი ვერ იხდის და აუნაზღაურებელი ხარჯები მთელი სისტემის მუშაობას წამგებიანს ხდის.

1 კვტსთ ელექტროენერჯის მაღალი თვითღირებულება კი ძირითადად გარდაბნის სრესისათვის 50 და მეტი მილიონი დოლარის ღირებულების საწვავის შესყიდვის აუცილებლობასთანაა დაკავშირებული, რასაც ემატება ამ ობიექტის მოძველებული კონსტრუქციის დაბალი მ.ქ.კ. (20-24%-ის ფარგლებში), რის გამოც გამოუმუშავებული კვტსთ-ის ღირებულება 5-6 ცენტზე მეტია.

საქართველოში მწვავე ენერგოკრიზისიდან გამოსასვლელად საქმთავარენერგოს, საინჟინრო აკადემიის, გაეროს კომისიისა და სხვათა მიერ წამოყენებულ იყო სხვადასხვა წინადადებები: რეკომენდებული იყო არსებული ჰიდროსადგურების რემონტი, რეკონსტრუქცია და გაფართოება. მძლავრი ჰიდროსადგურების (ხუდონჰესის და სხვა) და ბაზური თბოელექტროსადგურის მშენებლობა და ა.შ. ამჟამად მთავრდება მხოლოდ გარდაბნის სრესის აღდგენა-რეკონსტრუქცია და, მიუხედავად მდგომარეობის მცირედ გაუმჯობესებისა, საქართველო უახლოეს დროში კვლავ ენერგეტიკული კრიზისის მდგომარეობაში რჩება. ამ დროს კი საქართველოს აქვს შესაძლებლობა აუთვისებელი ჰიდროენერგორესურსების 90%-ის ნაწილის ამოქმედებით დაფაროს არსებული ელექტროენერჯის დეფიციტი.

ელექტრომომარაგების საერთო სისტემაში კვტსთ ენერჯია 0,3-0,5 ცენტის თვითღირებულების მქონე ჰიდროსადგურების წილის 70-75%-მდე გაზრდით შესაძლებელი გახდება გამოუმუშავებული კვტსთ საშუალო თვითღირებულების 3 ცენტიდან 1,0-1,3 ცენტამდე შემცირება. ამ პირობებში მოსახლეობის თუნდაც 1 ცენტის და მრეწველობისათვის 2 ცენტის კვტსთ-ზე გადასახადით, საქართველოს 1000 მგვტ სიმძლავრის სისტემის მუშაობის შედეგად მიღებული მოგება 10-20 მილიონი დოლარი იქნება. მოსახლეობა გადახდელუნარიანი გახდება, სამრეწველო ობიექტების მიერ გამოშვებული პროდუქციის თვითღირებულება შემცირდება და საქართველოს ელექტრომომარაგების სისტემა ბიუჯეტის შემოსავლის წყაროდ გადაიქცევა.

ამრიგად, მივდივართ იმ დასკვნამდე, რომ საქართველოში ჰიდროსადგურების მშენებლობას ალტერნატივა დღეს არ გააჩნია. მართალია, მოსალოდნელია დადებითი ძვრები საკუთარი ბუნებრივი აირისა და ნავთობის მოპოვების მხრივ, მაგრამ, რადგან ჰიდროსადგურებით შესაძლებელია გამოვიმუშაოთ დაბალი თვით-

ღირებულების ელექტროენერჯია, ბუნებრივი აირის ან ნავთობის გამოყენება სატრანსპორტო საშუალებებში ეკონომიკურად ბევრად უფრო ხელსაყრელი იქნება.

ცნობილია, რომ 500 მგვტ სიმძლავრის ხუდონჰესის მშენებლობას არსებული პროექტის თანახმად დასჭირდება 500-600 მილიონი დოლარი (სამუშაოების დაწყებას 100 მილიონი დოლარი მაინც) და მშენებლობის დამთავრებას კი - 6-10 წელი. თუ ხუდონჰესის მიერ გამოიმუშავებული კვტსთ ენერჯის ღირებულებას 3 ცენტად შევაფასებთ, მაშინ მის მიერ გამოიმუშავებული ენერჯის ღირებულება წელიწადში 110-120 მილიონი დოლარის ფარგლებში იქნება, დადგმული კვტ სიმძლავრის ღირებულება - 1100 დოლარი დაჯდება, ხოლო დახარჯული კაპიტალის ანაზღაურების ვადა 4,3-4,5 წელი, ე.ი. კრედიტის დაფარვას დასჭირდება 15-16 წელი. ეს პირობები ალბათ ართულებს კრედიტის გამცემი ბანკის ან ინვესტორის მოძებნას. თუ მცირე (1-20 მგვტ) სიმძლავრის ჰიდროსადგურების მშენებლობას განვახორციელებთ, გვექნება შემდეგი მონაცემები: ქ. ხარკოვის (უკრაინა) ტურბინების და ქ. საფონოვოს (რუსეთი) გენერატორების ქარხანაში დადგინდა, რომ 1 მგვტ სიმძლავრის ჰიდროსადგურებისათვის ტურბინა-გენერატორების და მართვის ბლოკების დამზადების, ტრანსპორტირების და ადგილზე მონტაჟის ღირებულება დაახლოებით 230-240 ათასი დოლარი დაჯდება. თუ მშენებლობის ხარჯები მთელი ღირებულების თუნდაც 80-90%-ს შეადგენს, მაშინ 1 მგვტ სიმძლავრის ჰესის მშენებლობა თავისი ნომინალური წყალსაცავით დაჯდება 1 მილიონი დოლარის ფარგლებში. თუ ამ სადგურის მიერ გამოიმუშავებული კვტსთ ღირებულებას 3 ცენტად შევაფასებთ, მაშინ ჰიდროსადგურის წლიური შემოსავალი იქნება 210-220 ათასი დოლარი, დადგმული კვტ სიმძლავრის ღირებულება 1000 დოლარი და დაბანდებული კაპიტალის ამოღების ვადა 4-5 წელი იქნება. ეს მონაცემები მეტნაკლებად ემთხვევა ხუდონჰესის მშენებლობის მონაცემებს, ე. ი. მძლავრი და მცირე სიმძლავრის ჰესების მშენებლობას დაახლოებით ერთნაირი ხვედრითი ეფექტიანობა ექნება. მაგრამ მცირე სიმძლავრის ჰიდროსადგურების მშენებლობას დღეს ჩვენთვის რამდენიმე საგულისხმო უპირატესობა გააჩნია: თითოეულის მშენებლობას 2-3 წელი დასჭირდება, ამიტომ პირველი შედეგი ახალი ელექტროენერჯის მიღებისა 2-3 წელია და არა 10 წელი, როგორც ხუდონჰესის შემთხვევაში. მშენებლობის დაწყებისათვის საჭირო იქნება 15-20 მილიონი დოლარი და არა 100 მილიონი, როგორც ხუდონჰესის მშენებლობის შემთხვევაში. ამავე დროს, მშენებლობის დაწყება შესაძლებელია განვახორციელოთ ერთდროულად რამდენიმე ადგილზე. ჩვენი საწარმოო შესაძლებლობებიდან გამომდინარე, 5-6 წელიწადში შეიძლება აშენდეს იმდენი მცირე სიმძლავრის ჰესი, რომ მათმა საერთო სიმძლავრემ 500 მგვტ გადააჭარბოს. აქედან გამომდინარე, მიზანშეწონილად მიგვაჩნია, ენერგეტიკული კრიზისიდან გამოსვლის პირველ ეტაპზე განხორციელდეს მცირე სიმძლავრის ჰესების კომპლექსის მშენებლობა. ამასთანავე, დღეისათვის არსებული ჰიდროენერგეტიკული რესურსების საფუძველზე დადგენილია 250-ზე მეტი პერსპექტიული მცირე ჰესის მშენებლობის შესაძლებლობა, რომელთა საერთო სიმძლავრემ შეიძლება 2000 მგვტ გადააჭარბოს. პირველ ეტაპზე შეირჩევა ყველაზე მომგებიანი და პერსპექტიული ვარიანტები. ამასთან ერთად ყველა ზომა უნდა ვიხმაროთ ენერჯის რემონტი-



სა და ხუდონჭისის მშენებლობის დასაწყებად.

საქშიდროპროექტს შედგენილი აქვს რესპუბლიკის ტერიტორიაზე ჰესების შესაძლო განლაგების სქემა. ცალკეულ მდინარეებზე მონიშნულია ის ადგილები, სადაც შეიძლება აშენდეს ჰესები; მოცემულია წყლის დებეტი, ვარდნის სიმაღლე, ჰიდროსადგურის მოსალოდნელი ნომინალური სიმძლავრე. ამ მონაცემების საფუძველზე მიზანშეწონილია ასაშენებელი ჰესების 1-4; 4-10; 10-20; 20-25 მგვტ სიმძლავრის ჯგუფებად დაყოფა. თითოეული ჯგუფისათვის უნდა შემუშავდეს ისეთი ტიპური პროექტი, რომ ყოველი ჰესის კონსტრუქცია ცალკეული ჯგუფისათვის ერთნაირი ენერგობლოკებისაგან – მოდულებისაგან (ერთნაირი ტურბინებისაგან, გენერატორებისაგან, მართვის ბლოკებისაგან, წყლის ვარდნის მიღებისაგან და სხვა) შედგებოდეს.

ჰესების უნიფიცირებული ბლოკებით მშენებლობა მნიშვნელოვნად შეამცირებს პროექტირების, მშენებლობის და მონტაჟის დროს და ხარჯებს, გააადვილებს რემონტის და ექსპლუატაციის პირობებს. საინჟინრო აკადემიის ენერგეტიკისა და მანქანათმშენებლობის განყოფილების მიერ ჩატარებული გამოკვლევების საფუძველზე დადგინდა, რომ გაერთიანება ელმავალმშენებელი და გაერთიანება ელექტრომედულება არსებული აღჭურვილობისა და მომუშავე პერსონალის გამოცდილების საფუძველზე მინიმალური დანახარჯებით მომავალში შესძლებს ათვისოს 0,5-1,0 მგვტ სიმძლავრის გენერატორების წარმოება, ამავე საწარმოში და სხვა ანალოგიურ მანქანათმშენებელ ქარხნებში შესაძლებელი იქნება ავითვისოს სათანადო ტურბინების და მართვის ბლოკების წარმოება. წინასწარი მოლაპარაკებების საფუძველზე მიღებულია პრინციპული თანხმობა ქ. ხარკოვის ტურბინების და ქ. საფონოვოს გენერატორების ქარხნებიდან ერთობლივი საწარმოს დაარსების შესახებ, ამიტომ მიზანშეწონილი იქნება უახლოეს დროში ჩამოყალიბდეს საქართველოს, რუსეთისა და უკრაინის ერთობლივი საწარმო „საქართველოს ჰიდროელექტროსადგურები“, რომლის დამაარსებლები იქნებიან: დეპარტამენტი „საქმთავარენერგო“, საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია, საქართველოს საინჟინრო აკადემია, საქშიდროპროექტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქ. ხარკოვის ტურბინების ქარხანა და ქ. საფონოვოს გენერატორების ქარხანა ფუნქციითა შემდეგი განაწილებით: დეპარტამენტი „საქმთავარენერგოს“ საქშიდროპროექტის, საქართველოს მეცნიერებათა და საინჟინრო აკადემიების და საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სპეციალისტებისაგან შემდგარი ჯგუფები 1996-97 წლებში შეიმუშავენ მშენებარე ჰიდროსადგურების კომპლექსის პროექტებს და განახორციელებენ საავტორო კონტროლს მშენებლობის პროცესში; საინჟინრო აკადემიისა და ტექნიკური უნივერსიტეტის სპეციალისტთა ჯგუფები ორგანიზაციას გაუკეთებენ აგრეთვე მშენებარე ჰიდროსადგურების შემადგენელი კვანძების დეტალების დამზადებას საქართველოს საწარმოებში; ხარკოვის ტურბინების ქარხნის მოვალეობა იქნება ტურბინების დამზადება, მონტაჟი და ექსპლუატაციაში გაშვება, ხოლო საფონოვოს ქარხნის ფუნქცია – გენერატორების და მართვის ბლოკების დამზადება და მონტაჟი. მშენებარე ჰესების კომპლექსის პროექტების და მშენებლობის პროგრამების დაზუსტების შემდეგ, რაც ერთობლივად საწარმოს დამაარსებლების მიერ მოხდება, შემუშავდება ბიზ-

ელექტროენერჯი

ნესგეგმები, რომლებიც წარედგინება ევროპის განვითარების და რეკონსტრუქციის ბანკს ჩვენი ეროვნული ბანკის გარანტიით კრედიტის მიღებისათვის. ბიზნესგეგმების შედგენა, ალბათ, მიზანშეწონილი იქნება დაევალოს საინჟინრო აკადემიისა და ტექნიკური უნივერსიტეტის მიერ დაკომპლექტებულ სპეციალისტთა ჯგუფს.

ჰესების ტიპიური პროექტებისა და უნიფიცირებული ენერგობლოკების დაწერვისათვის დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ენერგობლოკების მუშაობის წინასწარ გამოცდას და ტექნოლოგიების დაზუსტებას სერიულ წარმოებაში ჩამვებადგამისათვის. მიზანშეწონილია ექსპერიმენტული ჰიდროსადგურების შექმნა, სადაც წინასწარ მოხდება ენერგობლოკების გამოცდა და ოპტიმალური პარამეტრების დაზუსტება.

თბილისის ზღვიდან სამგორის წყალსადენში შემომავალი სასმელი წყლის მიღებზე წარმოქმნილი დაწნევისა და არსებული ხარჯის გათვალისწინებით შეიძლება დამონტაჟებულ იქნეს ერთ მეგავატამდე სიმძლავრის ჰიდროსადგური. მისი მშენებლობის კაპიტალდაზღვევა შეადგენს დაახლოებით 300 ათას დოლარს, რომლის ანაზღაურება შედგენილი ბიზნესგეგმის მიხედვით მაქსიმუმ ორი წლის განმავლობაში მოხდება. ანალოგიური სადგური შეიძლება გამოვიყენოთ ენერგობლოკების წინასწარი გამოცდისათვის.

სასმელი წყლის და საირიგაციო სარწყავი წყლის არხებზე, მთელი რესპუბლიკის მასშტაბით, მინიმალური საამშენებლო სამუშაოების ჩატარებით, შესაძლებელია დაიდგას ჰესები, რის შედეგადაც ენერგომომარაგების ქსელში დამატებით შეიძლება მივიღოთ რამდენიმე ათეული მეგატ სიმძლავრის ელექტროენერჯია.

ამასთან ერთად მიზანშეწონილია 35 მეგატ საერთო სიმძლავრის იმ 75 მცირე ჰესის აღდგენა და ექსპლუატაციაში შეყვანა, რომლებიც ადრე მუშაობდნენ და დღეს გამოუყენებელია. ასევე წყალსამეურნეო ობიექტების შესწავლის შედეგად გამოვლენილია 6 კანხალი, მათ შორის ალგეთის, პატარა ლიახვის და დალის მთის კანხლები და სხვა, რომლებთანაც შესაძლებელია მცირე ჰესების მიშენება, რაც დამატებით მოგვცემს 44 მეგატ-მდე დადგმულ სიმძლავრეს.

ასეთი ჰესების აღდგენასა და მშენებლობაზე საჭირო იქნება 2-3-ჯერ ნაკლები მატერიალური და ფინანსური დაზანდებანი, ვიდრე ახალი ჰიდროსადგურების აშენებისათვის. ამიტომ ბუნებრივია, რომ პირველ რიგში უნდა განხორციელდეს ასეთი პერსპექტიული და ეკონომიკურად მომგებიანი სადგურების მშენებლობა.

აქცილებელია განხორციელდეს დაწესებულებებისა და მოსახლეობის შენობებისა და ბინების გათბობის ცენტრალიზებული და ავტონომიური სისტემების რეკონსტრუქცია. უნდა გამოირიცხოს დაწესებულებებისა და საცხოვრებელი შენობების ძვირადღირებული ელექტროენერჯით გათბობა. ენერგეტიკის განვითარების პრიორიტეტებიდან წინა პლანზე უნდა იქნეს წამოყენებული იაფფასიანი საწვავზე გათბობის პრობლემები. მით უმეტეს რომ ამასთანავე დაკავშირებული საქართველოში ტყის მასივების გაჩანაგების პროცესები, რაც მძიმე ეკოლოგიურ შედეგებს გვიქადას ახლო მომავალში.

ტექნიკურ უნივერსიტეტში შეიქმნა და გამოიცადა ორიგინალური ძრავ-გენე-



რატორის ტიპის მიკროთბოელექტროსადგური, რომელსაც შეუძლია გამოიმუშაოს 40 კვტ სიმძლავრის ელექტროენერგია და გაათბოს 1200 მ² საწარმოო ან საცხოვრებელი ფართი. აღნიშნული დანადგარის ჯამური მ.ქ.კ. აღწევს 80-85%-მდე. ჩატარებულმა სამუშაოებმა გვიჩვენეს, რომ პერსპექტიულია ქ. ქუთაისის ავტოქარხნის მიერ წარმოებული 110 კვტ სიმძლავრის დიზელის ძრავის ბაზაზე შეიქმნას მიკროთბოელექტროსადგური, რომელიც ერთდროულად გამოიმუშავებს 50 კვტ სიმძლავრის ელექტროენერგიას და გაათბობს 1400 მ²-მდე საწარმოო თუ საცხოვრებელ ფართობს. ასეთი თბოელექტროსადგურის მიერ გამოიმუშავებული 1 კვტსთ ენერგიის ღირებულება 4 ცენტის ფარგლებში იქნება, ხოლო თუ გათბობისათვის საჭირო 1 კვტსთ ენერგიის ეკვივალენტურ თბურ ენერგიას 1 ცენტად შევაფასებთ, მაშინ კვტსთ ენერგიის ფაქტიური ღირებულება 3 ცენტზე ნაკლები დაჯდება; სადგურის მარგი ქმედების კოეფიციენტი 80-90%-ის ფარგლებში იქნება. ასეთი მიკროთბოსადგურების გამოყენება მცირე საწარმოების, ფერმების და სხვა დაწესებულებების ავტონომიური ელექტრომომარაგებისა და გათბობისათვის დიდად ეფექტური იქნება.

როგორც ხარკოვის მალიშევის სახ. ქარხნის ხელმძღვანელობასთან გაირკვა 1,5 მგვტ სიმძლავრის დიზელ-გენერატორის ბაზაზე მომუშავე თბოელექტროსადგურის შექმნა, საქართველოში ჩამოტანა და მისი დამონტაჟება თბოფიკაციური სისტემის დამზადებისა და დამონტაჟების ჩათვლით დაჯდება 320-340 ათასი დოლარი და 1 კვტ დადგმული სიმძლავრის ღირებულება 230-240 დოლარი იქნება. აქედან გამომდინარე, თუ ამ დანადგარის მიერ გამოიმუშავებულ 1 კვტსთ ენერგიას 3 ცენტად შევაფასებთ, ხოლო 1 კვტსთ ენერგიის ეკვივალენტურ თბურ ენერგიას 1 ცენტად, მაშინ ასეთი თბოელექტროსადგურის მიერ გამოიმუშავებული ელექტრული და თბური ენერგიის გაყიდვიდან შემოსავალი წელიწადში 450-470 ათას დოლარს შეადგენს, რაც წელიწადში 100-120 ათას დოლარ მოგებას იძლევა. ასეთი თბოელექტროსადგურების გამოყენება განსაკუთრებით სასარგებლო იქნება ჩვენი ქვეყნის შახტების, საჰაერო და საზღვაო პორტების ელექტრო და თბური ენერგიით უზრუნველყოფისათვის.

მსოფლიოს მოწინავე ქვეყნებში (აშშ, გერმანია, ინგლისი, საფრანგეთი და სხვა) დიდ გამოყენებას პოულობს აირტურბინის ბაზაზე მომუშავე თბოელექტროსადგურები. აირტურბინიანი თბოსადგურების განვითარების მიმართ დიდი ინტერესი განისაზღვრება:

— კვტსთ ელექტროენერგიაზე საწვავის შედარებით მცირე ხარჯით 160-180 გ თხევადი ან 0,2-0,32 მ³ ბუნებრივი აირი ნაცვლად ტრადიციულ თბოსადგურებში 300-400 გ თხევადი საწვავისა და 0,4-0,45 მ³ აირისა.

— შედარებით მალალი ელ. მ.ქ.კ.-ით 34-37%, ნაცვლად ტრადიციული 28-30%-სა. ამასთან, აირტურბინული დანადგარის 550°C-იანი გამონაბოლქვი აირები შესაძლებელს ხდის მეორე საფეხურზე ორთქლის ტურბინის გამოყენებით მივიღოთ დამატებითი ელექტროენერგია და ფაქტიური ელ. მ.ქ.კ. გაზარდოთ 50-55%-მდე.

იმ შემთხვევაში თუ გამონაბოლქვი აირების სითბოს მთლიანად გამოვიყენებთ საწარმოო და საცხოვრებელი ფართობების გათბობის სისტემებში, მაშინ თბო-

ელექტროსადგურების ფაქტიური მ.კ. შეიძლება გავზარდოთ 80-90%-მდე.

ამჟამად სხვადასხვა ქვეყნებში წარმოება უშვებს 1-400 მგვტ სიმძლავრის აირტურბინიან დანადგარებს და თბოელექტროსადგურებს. მაგალითად, აშშ-ის ფირმა General Electric-ის მონაცემებით ერთმეგავატიანი თბოსადგურის ღირებულება დაახლოებით 1 მილიონ დოლარამდეა, 40 მგვტ-იანისა - 35 მილიონი. ამრიგად, ერთი კილოვატი დადგმული სიმძლავრის ღირებულება 900-1000 დოლარის ფარგლებში იცვლება. გამომუშავებული ერთი კილოვატსაათის ღირებულება 2-2,5 ცენტის ფარგლებშია. თუ დავუშვებთ, რომ აირტურბინიანი თბოსადგურების მიერ გამომუშავებული კილოვატსაათის ღირებულება 2,5 ცენტია და კილოვატსაათი გაიყიდა 4,5 ცენტად, მაშინ თბოსადგურის ყოველი მეგავატი წელიწადში მოგვცემს მოგებას 175 ათას დოლარს, ე. ი. დაბანდებული კაპიტალის ამოღების ვადა დაახლოებით 5 წელია. თუ გათბობაზე დახარჯული კილოვატი ენერჯის ღირებულებას 1 ცენტად შევაფასებთ, მაშინ აირტურბინიან თბოსადგურებში დაბანდებული კაპიტალის ანაზღაურების ვადა 4 წლის ფარგლებში იქნება. ეს მონაცემები უახლოვდება ჰიდროსადგურების მშენებლობაზე დაბანდებული კაპიტალის ანაზღაურების ვადებს. თუ გარდაბნის სრესის მოძველებული კონსტრუქციის შეცვლა მოხდება აირტურბინული დანადგარებით, ეკონომიური ეფექტი საწვავის დაახლოებით ორჯერ შემცირებით შესაძლებელია წელიწადში 50 მილიონი დოლარის ფარგლებში იყოს, რაც მეტად საყურადღებოა.

ფართო დიაპაზონის სიმძლავრის მქონე აირტურბინიანი თბოსადგურების არსებობა საშუალებას იძლევა შეიქმნას როგორც მთელი ქალაქებისათვის მძლავრი ცენტრალური თბოელექტროსადგურები, ასევე ცალკეული საწარმოო ობიექტისათვის ან რაიონისათვის ავტონომიური ელექტრომომარაგებისა და გათბობის სისტემები.

აირტურბინიანი თბოსადგურების მშენებლობა ქალაქში, არსებული ძველი საქვაბების სათანადო ტექნოლოგიური გადაიარაღებით შესაძლებელს ხდის გადაიქრას შემდეგი ამოცანები:

- ზამთრის სეზონში შედარებით იაფფასიანი ელექტროენერჯის გამომუშავება და ამასთან ერთად საწარმოო და საცხოვრებელი შენობების გათბობა.
 - აირტურბინიანი თბოსადგურების უპირატესობად შეიძლება ასევე ჩაითვალოს მშენებლობის მოკლე ვადები (2-3 თვე), რადგან დანადგარის ბლოკები კომპაქტურია და ადვილად დასამონტაჟებელი, არ მოითხოვს დიდ ფართს და დროს.
 - აირტურბინიანი თბოსადგურების ეკოლოგიური მაჩვენებლები მისაღებია.
- პერსპექტიულია მცხეთის რაიონში ძველის ტურბინების ქარხნის აღდგენა-რეკონსტრუქცია და არსებული დანადგარებისა და მოწყობილობების ბაზაზე, მომავალში ქ. ნიკოლაევის ქარხანასთან (უკრაინა) ან ამერიკის ფირმა General Electric-თან ერთობლივად 6 მგვტ-იანი ან 2,5 მგვტ-იანი აირტურბინული დანადგარების წარმოების ათვისება. საქართველოს, ამიერკავკასიის და ზოგიერთი სხვა რესპუბლიკის ბაზრიდან გამომდინარე, მიზანშეწონილია კრედიტის აღება 10-15 მილიონი დოლარის ფარგლებში, რომელიც შეიძლება დაიფაროს გამოშვებული პროდუქციის რეალიზაციით 5-6 წელიწადში.

აღნიშნული ქარხნის რენტაბელობის გაზრდის მიზნით მიზანშეწონილი იქნება



იმავე ქარხნის ბაზაზე მოხდეს 0,5-2 მგვტ სიმძლავრის მშენებარე ჰიდროელექტროსადგურისათვის საჭირო ტურბინების წარმოების ათვისებაც. ამის საფუძველს იძლევა აირ- და ჰიდროტურბინების კონსტრუქციული და ტექნოლოგიური მსგავსება.

ამრიგად, შესაძლებელია დავასკვნათ, რომ საქართველოს ენერგეტიკული კრიზისიდან გამოსვლის პირველ ეტაპზე მომავალი 3-4 წლის მანძილზე მიზანშეწონილია 1-20 მგვტ სიმძლავრის ჰიდროსადგურების და აირტურბინიანი თბოელექტროსადგურების მშენებლობა ისე, რომ მათი ჯამური სიმძლავრე 1000 მგვტ ფარგლებში იყოს. მაშინ საქართველოს ელექტრომომარაგების სისტემის მიერ გამოუმუშავებული კვტსთ ღირებულება დაახლოებით ორჯერ და მეტად შემცირდება, საქართველოს ერთ სულ მოსახლეზე გამოუმუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობა წელიწადში 2-2,5 ათას კვტსთ-ს გადააჭარბებს, მოსახლეობა და მრეწველობის ობიექტები ელექტროენერჯის ხარჯის გადამხდელუნარიანი გახდებიან, საქართველოს ელმომარაგების სისტემის მუშაობა მომგებიანი და ბიუჯეტის შემოსავლის წყაროდ გადაიქცევა. ასეთ პირობებში მრეწველობის და სოფლის მეურნეობის აღდგენა-განვითარებაზე ფიქრი და მოქმედება უკვე წარმატების მომტანი იქნება.

საქართველოში დღეისათვის შექმნილი მძიმე ელექტროენერგეტიკული მდგომარეობის წინასწარი ანალიზის შედეგად ქვეყნის ენერგოკრიზისიდან გამოყვანისათვის საჭიროდ მიგვაჩნია:

1. უახლოეს დროში რესპუბლიკის სამეცნიერო-ტექნიკური კადრების მონაწილეობით შემუშავდეს ელექტროენერგეტიკული კრიზისიდან გამოყვანის პროგრამა. ვინაიდან ენერგეტიკული მომარაგების უზრუნველყოფაზე დიდად არის დამოკიდებული ქვეყნის სოციალ-ეკონომიკური და პოლიტიკური ვითარება, აღნიშნული პროგრამის შემუშავება, მიღება და მისი რეალიზაცია უნდა განხორციელდეს სახელმწიფოს უმაღლესი ხელმძღვანელობის დონეზე.

2. აუცილებელია ჩატარდეს სარემონტო და სამონტაჟო სამუშაოები არსებული ელექტრომომარაგების სისტემის ავტონომიური და სწრაფი მართვის აღდგენისათვის. მკაცრად იქნეს დაცული საერთოდ მიღებული სტანდარტები ელექტროენერჯის ხარისხზე. განსაკუთრებით საჭიროა განხორციელდეს ენერგოსისტემის მუშაობა სიხშირის ნორმების დაცვით.

3. რუსეთის სამხრეთ რეგიონის მძლავრ ენერგოსისტემასთან კავშირი 500 კვ ძაბვის გადამცემი ხაზის აღდგენით (რაც სამთავრობათშორისო ხელშეკრულებითაა გათვალისწინებული) მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ ჩვენი სისტემის მაღალი მდგრადობის შენარჩუნებისათვის, ისე რომ გარედან მიღებული ენერჯის რაოდენობა შედარებით მცირე იყოს და ხარჯის გადახდისუნარიანობა პრობლემად არ გადაგვექცეს.

4. ენერგეტიკული კრიზისიდან გამოსვლის პირველ ეტაპზე საქართველოს ელექტრომომარაგების სისტემის სიმძლავრისა და მდგრადობის გაზრდა, გამოუმუშავებული ელექტროენერჯის თვითღირებულების შემცირება მიზანშეწონილია დავიწყოთ 1-20 მგვტ სიმძლავრის ჰესების კომპლექსის მშენებლობით, რომელთა ჯამური სიმძლავრე 500-600 მგვტ იქნება. ამავე დროს, პირველ რიგში უნდა

შეკეთდეს, ჩაუტარდეს სათანადო რეკონსტრუქცია და ამუშავდეს დღეისათვის არსებული და არასრულად გამოყენებული ან გაუქმებული მცირე ჰესები.

5. მშენებარე ჰესების კომპლექსის სხვადასხვა სიმძლავრის ჯგუფებისათვის ტიპური პროექტების დამუშავება შემადგენელი კანძების უნიფიკაციის გათვალისწინებით მიზანშეწონილია ძალთა კონცენტრაციის მიზნით ერთობლივად დავალოს დეპარტამენტ „საქმთავარენერგოს“, საქართველოს ჰიდროპროექტს, საქართველოს მეცნიერებათა და საინჟინრო აკადემიებს და საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მიერ დაკომპლექტებულ სპეციალისტთა ჯგუფებს.

6. დავალოს დეპარტამენტ „საქმთავარენერგოს“, საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის, საინჟინრო აკადემიისა და ტექნიკური უნივერსიტეტის მიერ დაკომპლექტებულ სპეციალისტთა ჯგუფებს ჰესების კომპლექსის მშენებლობის პროგრამების და სათანადო ბიზნესგეგმების შედგენა, რომლებიც წარედგინება ევროპის განვითარების და რეკონსტრუქციის ან სხვა ბანკს კრედიტების მისაღებად.

7. ჰიდროსადგურების კომპლექსის მშენებლობის განსახორციელებლად მიზანშეწონილია 1996-97 წლებში ჩამოყალიბდეს საქართველო-რუსეთი-უკრაინის ერთობლივი საწარმო „საქართველოს ჰიდროსადგურები“, რომლის დამაარსებლები იქნებიან დეპარტამენტი „საქმთავარენერგო“, საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია, საქართველოს საინჟინრო აკადემია, საქართველოს ჰიდროპროექტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ხარკოვის ტურბინების ქარხანა და საფონოვოს გენერატორების ქარხანა.

8. ბუნებრივი აირის და მზუთის დიდი ეკონომიის მისაღებად, ბაზისური ელექტრული სიმძლავრის დეფიციტის მნიშვნელოვანი შემცირების და მომხმარებლის თბონერგომომარაგების ეფექტურობის გაზრდის მიზნით განხორციელდეს საპროექტო-სამონტაჟო სამუშაოები რესპუბლიკის ქალაქებსა და სამრეწველო ცენტრებში მაღალეფექტური აირტურბინული და დიზელდანადგარიანი ბლოკთეციების ასამოქმედებლად.

9. უნდა შემუშავდეს ღონისძიებები ელექტროენერჯის განაწილების, ხარჯის მკაცრი კონტროლისა და აღრიცხვისათვის. ღირებულების მაქსიმალური უკუგების და დანაკარგების შემცირების მიზნით, შემუშავდეს ენერგორესურსებისა და ელექტროენერჯის სრულყოფილი სარეალიზაციო ტარიფები. აუცილებელია მკაცრად შეიზღუდოს ელექტროენერჯის არადანიშნულებით ხარჯვა. საჭიროა განხორციელდეს ელექტრომომხმარებლების კატეგორიებად დაყოფა და მოხდეს მათი შესაბამისი დონით ელექტროენერჯით უზრუნველყოფა.

მიგვაჩნია, რომ ზემოთ აღნიშნული ღონისძიებებით განხორციელებული სამუშაოების დიდ ნაწილს მაღალ პროფესიონალურ დონეზე შეასრულებს რესპუბლიკის სამეცნიერო და საინჟინრო-ტექნიკური კადრები, რაც დიდ სარგებლობას მოუტანს როგორც ჩვენი ქვეყნის აღორძინებას, ასევე მოსახლეობის სოციალური ღონის ამალღებას.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი



ბ. ჰარშიძე, ბ. მურულუია

ატომური რეაქტორის გამოსხივების ზეგავლენა Al_2O_3 საიზოლაციო მასალის კუთრ ელემენტრობამატარობასა და თბოგამტარობაზე

წარმოადგინა აკადემიკოსმა რ. სალუქვაძემ 27.02.1997

სითბური ენერჯის თერმოემისიური მეთოდით უშუალოდ ელექტროენერჯი-
 ად გარდამქმნელ ბირთვულ ენერგეტიკულ სისტემებში ერთ-ერთ პერსპექტიულ
 საიზოლაციო მასალას წარმოადგენს Al_2O_3 (ალუნდი) [1-3].

თერმოემისიურ გარდამქმნელებში ალუნდის გამოყენების პერსპექტიულობას
 განაპირობებს მისი, როგორც იზოლატორის, დიდი კუთრი წინაღობა (ρ) და თბო-
 გამტარობა (α), ძნელდნობადი მეტალების (W, Mo, Nb) და Al_2O_3 -ის მრავალ-
 ფეროვანი პაკეტების შექმნის შესაძლებლობა.

ალუნდის ელექტროფიზიკური თვისებები საკმაოდ არის შესწავლილი [4-6],
 მაგრამ მის პარამეტრებზე ატომური რეაქტორის გამოსხივების ზეგავლენა ლი-
 ტერატურაში არ არის საკმაოდ გამოქვეყნებული.

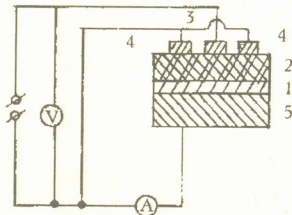
წინამდებარე ნაშრომში შესწავლილია პლაზმური მეთოდით მიღებული Al_2O_3 -
 ის კუთრ ელექტროწინაღობასა და თბოგამტარობაზე ატომური რეაქტორის გა-
 მოსხივების ზეგავლენა.

მასალების ფიზიკურ პარამეტრებზე ატომური გამოსხივების ზეგავლენის გა-
 მოსაკვლევად შექმნილია ექსპერიმენტული არხის ორიგინალური კონსტრუქცია, დამუ-
 შავებულია დასხივების პროცესში მასალის პარამეტრების გამოკვლევის მეთოდები.

1 სურათზე წარმოდგენილია პლაზმური მეთოდით მიღებული Al_2O_3 -ის ელექტრო-
 წინაღობის გაზომვის პრინციპული სქემა.

ნიმუში წარმოადგენს ნიობიუმის მილს [1] $2,2 \times 0,5$ მმ, რომლის გარე ზედაპირზე პლაზმური მეთოდით დაფენილია Al_2O_3 (ფენის სისქე - $0,3$ მმ), 99% სისუფთავით [2], რომელზედაც გაზოფაზური მეთოდით დაფრქვეულია ნიობიუმის ელექტროდი [3] და დამცველი სალტეები [4].

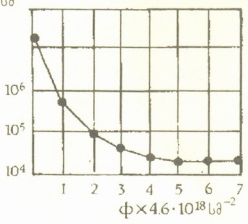
ნიმუშის საჭირო ტემპერატურამდე გაც-
 ხელება ხორციელდება რადიაციული გამზუ-



სურ. 1. პრინციპული ელექტრული სქემა. ნიმუშის სქემა.

- 1 - ნიობიუმის მილი,
- 2 - Al_2O_3 ,
- 3 - ნიობიუმის ელექტროდი,
- 4 - დამცველი ნიობიუმის სალტეები,
- 5 - რადიაციული გამზურებელი

ომი. სმ



სურ. 2. Al_2O_3 -ის ხვედრითი ელექტრო-
 წინაღობის (ρ) დამოკიდებულება
 ნეიტრონების ფლუენსზე (ϕ). $T=870K$

ერთ უჯრედში (თბური და სწრაფი ნეიტრონების ნაკადებით $1,3 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-2} \text{ წმ}^{-1}$ და $6,8 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-2} \text{ წმ}^{-1}$). γ გამოსხივების დოზა შეადგენდა $5 \cdot 10^5$ რენტგ./სთ.

მე-2 სურათზე წარმოდგენილია Al_2O_3 -ის კუთრი ელექტროგამტარებლობის დამოკიდებულება ნეიტრონების ფლუენსზე ($T=870K$). როგორც ჩანს, ნეიტრონების $3 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-2}$ ფლუენსით დასხივების შემდეგ ρ მცირდება 80-ჯერ. რადგანაც Al_2O_3 -ს $870K$ ტემპერატურაზე გააჩნია იონური გამტარებლობა [4,9], ρ -ს შემცირება ხდება მასალის კრისტალურ მესერში დადებითი იონების ვაკანსიების გადაადგილების ხარჯზე.

Al_2O_3 -ის ატომებზე სწრაფი ნეიტრონების ღრეკადი გაბწევის შემდეგ წარმოიქმნება გადაადგილებული ატომებისა და ვაკანსიების კასკადი, რომელიც იწვევს მასალის სტრუქტურაში სხვადასხვა ტიპის დეფექტების წარმოქმნას. რადიაციული დეფექტები წარმოადგენენ იოლად ძვრადი მცირე აქტივაციის ეწერგის ($\sim 0,18$ ევ) მქონე იონების წყაროს. ისინი აფხვიერებენ კრისტალური მესერის სტრუქტურას, რის შედეგად თვით მესერის იონებს უადვილდებათ გადაადგილება. ეს განაპირობებს ელექტროგამტარებლობის ზრდას ნეიტრონების ფლუენსის მატებასთან ერთად [7].

მასალის გამტარობაზე γ სხივების ზეგავლეწის შესაფასებლად ნეიტრონების $3 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-2}$ ფლუენსის შემდეგ გამორთულ იქნა რეაქტორი და გაიზომა $I_g \sigma$ ($\sigma = 1/\rho$) ელექტროგამტარობის ლოგარითმის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე (სურ. 3).

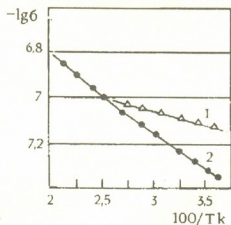
როგორც ჩანს, Al_2O_3 -ის სტრუქტურის დეფექტები, რომელსაც ქმნიან მასალის შიდა დაყუბარებით γ -კვანტების მიერ წარმოქმნილი ელექტრონები (ფოტოელექტრონები, კომპტონის ელექტრონები, ელექტრონ-პოზიტრონთა წყვილები) შედარებით მცირე ტემპერატურებზე ($< 400K$) ახდენენ ზეგავლეწას გამტარობაზე. მაღალ ტემპერატურაზე ხდება დეფექტების გამოწვა. მე-4 სურათზე წარმოდგენილია Al_2O_3 -ის თბოგამტარობის კოეფიციენტის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე ნეიტრონების სხვადასხვა ფლუენსისთვის.

როგორც ცნობილია, $\sim 2070K$ ტემპერატურამდე Al_2O_3 განისაზღვრება მხოლოდ ფონონური (H_g) მდგენელით [8,9]. როგორც ჩანს, რეაქტორის გამოსხივება არ ცვლის მასალის თბოგამტარებლობას. სავარაუდოა, რომ ხდება რადიაცი-

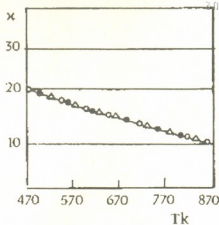
რებლით [5], რომელიც წარმოადგენს ნეიტრონის შიგნით განლაგებულ უქანგავი ფოლადის მასიურ ღეროს. ნიმუშზე ტემპერატურის რეგულირება ხდებოდა არხის მოცულობაში სხვადასხვა თბოტევადობის მქონე გაზების (არგონი, ჰელიუმი, არგონ-ჰელიუმის ნარევი და სხვა) მეშვეობით.

ნიმუშებიანი ამპულა იდგმებოდა არხში, რომლის მოცულობა (ჰაერის ამოქაწვის შემდეგ 10^{-4} ტორ. ვაკუუმამდე) ივსებოდა ჰელიუმით (წწევა - 0,5 ატმ.). სპეციალურ სტენდზე თბური გამოცდების ჩატარების შემდეგ არხი თავსდება BBP-ც რეაქტორის აქტიური ზონის ერთ-ერთ უჯრედში

და $6,8 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-2} \text{ წმ}^{-1}$. γ გამოსხივების დოზა შეადგენდა $5 \cdot 10^5$ რენტგ./სთ. მე-2 სურათზე წარმოდგენილია Al_2O_3 -ის კუთრი ელექტროგამტარებლობის დამოკიდებულება ნეიტრონების ფლუენსზე ($T=870K$). როგორც ჩანს, ნეიტრონების $3 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-2}$ ფლუენსით დასხივების შემდეგ ρ მცირდება 80-ჯერ. რადგანაც Al_2O_3 -ს $870K$ ტემპერატურაზე გააჩნია იონური გამტარებლობა [4,9], ρ -ს შემცირება ხდება მასალის კრისტალურ მესერში დადებითი იონების ვაკანსიების გადაადგილების ხარჯზე. Al_2O_3 -ის ატომებზე სწრაფი ნეიტრონების ღრეკადი გაბწევის შემდეგ წარმოიქმნება გადაადგილებული ატომებისა და ვაკანსიების კასკადი, რომელიც იწვევს მასალის სტრუქტურაში სხვადასხვა ტიპის დეფექტების წარმოქმნას. რადიაციული დეფექტები წარმოადგენენ იოლად ძვრადი მცირე აქტივაციის ეწერგის ($\sim 0,18$ ევ) მქონე იონების წყაროს. ისინი აფხვიერებენ კრისტალური მესერის სტრუქტურას, რის შედეგად თვით მესერის იონებს უადვილდებათ გადაადგილება. ეს განაპირობებს ელექტროგამტარებლობის ზრდას ნეიტრონების ფლუენსის მატებასთან ერთად [7]. მასალის გამტარობაზე γ სხივების ზეგავლეწის შესაფასებლად ნეიტრონების $3 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-2}$ ფლუენსის შემდეგ გამორთულ იქნა რეაქტორი და გაიზომა $I_g \sigma$ ($\sigma = 1/\rho$) ელექტროგამტარობის ლოგარითმის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე (სურ. 3). როგორც ჩანს, Al_2O_3 -ის სტრუქტურის დეფექტები, რომელსაც ქმნიან მასალის შიდა დაყუბარებით γ -კვანტების მიერ წარმოქმნილი ელექტრონები (ფოტოელექტრონები, კომპტონის ელექტრონები, ელექტრონ-პოზიტრონთა წყვილები) შედარებით მცირე ტემპერატურებზე ($< 400K$) ახდენენ ზეგავლეწას გამტარობაზე. მაღალ ტემპერატურაზე ხდება დეფექტების გამოწვა. მე-4 სურათზე წარმოდგენილია Al_2O_3 -ის თბოგამტარობის კოეფიციენტის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე ნეიტრონების სხვადასხვა ფლუენსისთვის. როგორც ცნობილია, $\sim 2070K$ ტემპერატურამდე Al_2O_3 განისაზღვრება მხოლოდ ფონონური (H_g) მდგენელით [8,9]. როგორც ჩანს, რეაქტორის გამოსხივება არ ცვლის მასალის თბოგამტარებლობას. სავარაუდოა, რომ ხდება რადიაცი-



სურ. 3. Al_2O_3 -ის ელექტროგამტარობის ლოგარიტმის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე
1 - გამოსხივების დოზა $P=5 \cdot 10^6$ რენტგ.სთ
2 - $P=0$



სურ. 4. Al_2O_3 -ის თბოგამტარობის კოეფიციენტი (x) დამოკიდებულება ტემპერატურაზე
 \times - ნეიტრონების ფლუენსი $\phi = 0$
 Δ - $3 \cdot 10^{17}$ სმ⁻²
 \bullet - $2 \cdot 10^{18}$ სმ⁻²
- $3 \cdot 10^{19}$ სმ⁻²

ციული დეფექტების გამოწვა-დასხივების პროცესები ($T=870K$), რის გამოც არ იცვლება ფონონების გავრცელების სიჩქარე.

ჩატარებულმა გამოკვლევებმა გვიჩვენეს, რომ რეაქტორის გამოსხივება (ნეიტრონების მაქსიმალური ფლუენსი $2 \cdot 10^{19}$ სმ⁻², დასხივების ტემპერატურა - $870K$) 80-ჯერ ამცირებს პლაზმური დაფენის მეთოდით დამზადებულ Al_2O_3 -ის კუთრ წინაღობას და შეადგენს $\rho \approx 2 \cdot 10^5$ ომი. სმ.

გამტარობის გაზრდას იწვევს მასალაზე ნეიტრონების ზეგავლენით შექმნილი რადიაციული დეფექტები.

Al_2O_3 -ის თბოგამტარობის კოეფიციენტი არ იცვლება რეაქტორის გამოსხივების ზეგავლენით $600^\circ C$ ტემპერატურაზე.

ი. ვეჟუას სახ. სოხუმის ფიზიკა-ტექნიკის ინსტიტუტი

ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
სოხუმის ფილიალი

ლიტერატურა

1. Н. Н. Пономарев-Степной. Атомная энергия 18, 1996, 386.
2. О. И. Лейпуцкий и др. Материалы III международной конференции. Доклад N337, Женева, 1964.
3. V. Kashia, P. Kervalishvili, R. Salukvadze. Bull. Georg. Acad. Sci. 153, 2, 1966, 227-229.
4. P. J. Hamour, R. H. Greamer. "Brit. J. Appl. Phys." 14, 6, 1963, 335-339.
5. В. Н. Черепанов и др. Высокотемпературные материалы и изделия из оксидов. М., 1964.
6. T. Matsumura. Canad. J. Phys. 44, 8, 1966, 1685-1698.
7. А. Ф. Иоффе. Физика полупроводников. М., 1957.
8. В. В. Пустовалов. Теплопроводность огнеупоров. М., 1966.
9. П. Т. Орешкин, С. Б. Быков. Известия ВУЗ-ов физика N 3, 1962, 65-73.



ბ. ჩხუბაძე, ო. შანიძე

ბვარდი *GLOEOSPORIUM*-ის წარმომადგენელთა შესწავლისათვის
ატარაში

წარმოდგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა გ. ნახტრიშვილმა 26.11.1996

ატარის პირობებში გვარი *Gloeosporium*-ის წარმომადგენლები ფართოდ არიან გავრცელებული. ისინი ავადებენ როგორც მრავალწლიან, ისე ერთწლიან მცენარეებს (ჩაი, ციტრუსები, ხეხილი, ბოსტნეული და ბაზჩეული კულტურები, დეკორატიული მცენარეები და სხვა). ცალკეულ წლებში ზოგიერთ მათგანს საგრძნობი ზიანი მოაქვს როგორც მინდვრის, ისე შენახვის პირობებში.

ჩვენი კვლევის შედეგად გამოვლენილი *Gloeosporium*-ის 73 სახეობიდან 19 სახეობა პირველად აღინიშნება საქართველოს მიკოფლორისათვის. მოგვყავს მათი სისტემატიკური აღწერილობა.

1. *Gloeosporium ailanthi* Dearn. Sacc [1], 25:559.

ლაქა პატარა ზომისაა, ნაცრისფერი, მურა, შემოვლებული მუქი ყავისფერი არშიით, სარეცელი ფოთლის ზედა მხარეზე განლაგებული, მუქია, 160-180 μ დიამეტრით. კონიდიუმები მოგრძო, ბოლოებზე დამრგვალებული, ზომით 11,5 - 16,5 \times 5-7 μ .

Ailanthus vilmoriniana Dode, ფოთლებზე, ბათუმის ბოტანიკური ბაღი, 23.10.1993.

2. *Gloeosporium album* Osterw. Sacc. [1], 22.1181.

სარეცელი არამრავალრიცხოვანია, მოთეთრო, ზომით 85 - 800 μ დიამეტრით. კონიდიათმტარები უფერულია, არათანაბარი სიგრძით. კონიდიუმები ცილინდრულია, უფერული, მეტნაკლებად მოხრილი, ბოლოებზე მომრგვალებული, ზომით 24 - 26 \times 3 μ .

Malus domestica Bork, *Pyrus communis* L., ნაყოფებზე, ხულო, სხალთა, სკვანა, 21.09.1991.

3. *Gloeosporium bohemicum* Kab, et Bum. Sacc. [1], 25:545.

ლაქა დიდია, მომწვანო-მურა, იწყება ფოთლის კიდეებიდან და იკავებს ფოთლის მეტ ნაწილს. სარეცელი ჭვუფურად ან გაფანტულადაა ფოთლის ქვედა მხარეზე, მრავალრიცხოვანია, დაფარულია ეპიდერმისით. კონიდიათმტარები უფერულია, ზედა ნაწილი წამახვილებულია, მოკლეა, 24 - 26 \times 2,5 μ . კონიდიუმები ელიფსისებურნი ან მოგრძო, მომრგვალებული ბოლოებით, 5,2 - 7,8 \times 2,5 - 3,8 μ .

Aesculus hippocastanum X., ფოთლებზე, ბათუმის ბოტანიკური ბაღი, 20.09.1994.

4. *Gloeosporium bordianum* Sacc. ვასილევსკი და კარაკულინი [2] 2:77.



სარეცელი მრავალრიცხოვანია, ჭგუფური, დაფარული ეპიდერმისით, მკვრივად ვალო, მუქი, $100 - 170 \mu$ დიამეტრით. კონიდიომტარები ნემსისებური, მჭიდროდ განლაგებული, $12,5 \times 1 \mu$. კონიდიუმები თითისტარისებური, ბოლოებზე დაბლაგვებული, პირდაპირი, უფერული, $6,2 - 7, 3 \times 2, 5 \mu$.

Gereus peruvianus L. Mill., ბათუმის ბოტანიკური ბაღი, 29.03.1989 წელი.

5. *Gloeosporim Catalpae* Ell. et Ev. ვასილევსკი და კარაკულინი [2], 2:74.

ლაქა მომრგვალოა ან უსწორმასწორო, მოწითალო-მურა, შემოვლებულია მუქი ყავისფერი არშიით. კონიდიომტარები შეუქმნეველია. კონიდიუმები მოგრძო ცილინდრული, მოყვითალო შიგთავსით, $9, 5 - 15 \times 3 - 5 \mu$.

Catalpa bignonioides Walt., ფოთლებზე, ბათუმის ბოტანიკური ბაღი, 03.08.1994.

6. *Gloeosporium celtidis* Ell. et Ev. Sacc. [1], 10:456.

ლაქა დიღია, მოჭუტყო მურა ფერის, შემოვლებულია მუქი შეფერილობის არშიით. სარეცელი მრავალრიცხოვანი, მომრგვალო, $180 - 220 \mu$ დიამეტრით. კონიდიუმები თითისტარისებურია ან კვერცხისებური, $10,5 - 12, 5 \times 4, 5 \mu$.

Celtis australis L., ფოთლებზე, ხელვაჩაური, ბონიო, სარფი, 30.10.1995.

7. *Gloeosporium cerasi* Lindau. Sacc. [1], 22:1180.

ლაქა დიღია, ვარდისფერი, გაურკვეველი არშიით, სარეცელი მრავალრიცხოვანია, ჭგუფურად განლაგებული ლაქას ზედა მხარეზე, კონიდიომტარები ჭგუფურად განლაგებული, ცილინდრული, წვერზე წამახვილებული, $35 - 40 \times 3,6 - 3,8 \mu$. კონიდიუმები თითისტარისებურია ან მოგრძო, ზოგჯერ უსწორმასწორო გვერდებით, ზომით $12 - 16 \times 3,5 - 4 \mu$.

Cerasus Vulgaris Mill., ნაყოფებზე, შუახევი, ცინარეთი, 22.09.1988.

8. *Gloeosporim cerei* Passer. ვასილევსკი და კარაკულინი [2], 2:76.

ლაქა პატარაა, მომრგვალო, თითქმის უფერული, სარეცელი არამრავალრიცხოვანი, თავდაპირველად დაფარულია ეპიდერმისით, შემდეგში ამოწეულია ზემოთ. კონიდიომტარები მოკლეა, ცუდად შესამჩნევი. კონიდიუმები მოგრძოა, ბოლოებზე მომრგვალებული, $12 - 15,5 \times 3 - 4 \mu$.

Cereus perivianus L. Mill., ფოთლებზე, ბათუმის ბოტანიკური ბაღი, 14.04.1989.

9. *Gloeosporium concentrium* (Grev.) Berk. et Br. Sacc. [1], 3:701.

ლაქა ფოთლის ორივე მხრიდან მთელ სიგრძეზე გაფანტულადაა. სარეცელი არამრავალრიცხოვანია, დაფარულია ეპიდერმისით. კონიდიომტარები შეუქმნეველია. კონიდიუმები ცილინდრულია, ზოგჯერ მოხრილი, ბოლოებზე მომრგვალებული, უფერული, $8, 5 - 15, 3 \times 2,5 \mu$.

Brassica oleraceae L., ფოთლებზე, ხულო, ვერნები, 10.10.1989.

10. *Gloeosporium digitalis* Rostr. ვასილევსკი და კარაკულინი [2], 2:183.

ლაქა ფოთლის ორივე მხარეზე დიღია, მუქი წაბლისფერი. სარეცელი მრავალრიცხოვანი თითქმის ჭგუფურად განლაგებული ფოთლის ზედა მხარეზე, მურა წაბლისფერი. კონიდიუმები უფერული, მოგრძო, $7, 5 - 9, 5 \times 3 - 4 \mu$.

Digitalis purpurea L., ფოთლებზე, ჩაქვი, ციხისძირი, 04.08.1994.

11. *Gloeosporium hedericola* Maubl. ვასილევსკი და კარაკულინი [2], 2:59.

ლაქა ფოთლის ორივე მხარეზე უსწორმასწოროა, დიდი ზომის, შემოვლებული მურა ფერის არშიით. სარეცელი მრავალრიცხოვანია ლაქასზედა მხარეზე, მუქი მურა ფერის, თავდაპირველად დაფარულია ეპიდერმისით, შემდეგში ამოწეული. კონიდიოტარები მოკლეა, პირდაპირი, უფერული. კონიდიუმები მოგრძო კვერცხისებური, ბოლოებზე დაბლაგვებული, პირდაპირი, მოყვითალო-მომწვანო, $14,5 - 16, 5 \times 3,5 - 4,5 \mu$.

Hedera helix L., ფოთლებზე, შუახევი, ზომლეთი, 12.10.1990.

12. *Gloeosporium opuntiae Ell. et Ev. Sacc* [1], 10:447.

ლაქა პატარაა, მომრგვალო, მოჭუჭყო შეფერილობის. სარეცელი საკმაოდ დიდია, გაფანტული, უფერული. კონიდიოტარები შეუმჩნეველია. კონიდიუმები მოგრძოა, დაბლაგვებული, $12, 5 - 18, 5 \times 4 - 4,5 \mu$.

Opuntia ficus indika Mill, ღეროზე, ჩაქვი, 13.12.1995.

13. *Gloeosporium paradoxim (De not) Fuck. Sacc.* [1], 3:707.

ლაქა შეუმჩნეველია, უფერული. სარეცელი არამრავალრიცხოვანია უმთავრესად ფოთლის ქვედა მხარეზე, $95-240 \mu$ დიამეტრით. კონიდიოტარები ჯოხისებურია, პირდაპირი ან ოდნავ მოხრილი, $10 - 19 \times 3 - 4 \mu$.

Hedera colchica Koch., ფოთლებზე, მტირალა, 20.06.1994.

14. *Gloeosporium phormium (P. Henn.) SACC. Sacc.* [1], 25:548.

ფოთლის ორივე მხარეზე სარეცელი არამრავალრიცხოვანია, გაფანტული ან ჭგუფური, მრგვალი ან მოგრძო, შავი. კონიდიოტარები ცილინდრული, ბოლოები მომრგვალებული, დატოხრული, ქვედა ნაწილი შეფერილი, $15 - 48 \times 2,5 - 5 \mu$. კონიდიუმები ფორმითა და ზომით ძლიერ ცვალებადია: მოგრძო ელიფსისებური, მოგრძო ცილინდრული, თითისტარისებური, ქვედა დაბლაგვებული, პირდაპირი ან უსწორმასწორო 2 გვერდით, $11,5 - 28 \times 3,5 - 6 \mu$.

Phormium tenax Forst, დამჭენარ ფოთლებზე, ბათუმის ბოტანიკური ბაღი, 10.09.1988.

15. *Gloeosporium polystigmaticola Bond. Sacc.* [1], 25:555.

კონიდიოტარები ჯოხისებური, პირდაპირი ან მოხრილი, უფერული ან ოდნავ შეფერილი, $3 - 5 \mu$ სისქეში. კონიდიუმები უფერული, ცილინდრული, მომრგვალებული ბოლოებით, პირდაპირი ან ოდნავ მოხრილი. $12,5 - 25,5 \times 4 - 5,5 \mu$.

Polystigma rubrum-ის სტრომაში, *Prunus domestica L.*,

ფოთლებზე, ხულო, თაგო, 23.09.1991.

16. *Gloeosporium trifoliorum Rotherst.* ვასილევსკი და კარაკულინი [2], 2:110.

ლაქა მოგრძოა, განლაგებულია ფოთლის მთავარი ძარღვის გასწვრივ, თავდაპირველად ღია ყავისფერია, მოგვიანებით თითქმის შავი, კიდევები უფრო ნათელი, სარეცელი ამოწეულია ეპიდერმისზე, მომრგვალოა, $135 - 230 \times 95 - 15 \mu$ დიამეტრი. კონიდიუმები ცილინდრისებურია, მომრგვალებული ბოლოებით, $4 - 8,5 \times 2,5 \mu$.

Trifolium pratense L., ფოთლებზე, კინტრაში, 23.08.1995.

17. *Gloeosporium Variabilis Laub.*, ვასილევსკი და კარაკულინი [2], 2:180.

ლაქა დიდია, მოგრძო-მომრგვალო, ზედა მხარე მოშავო, ქვედა უფერული ან მურა. სარეცელი ხშირად ლაქას ქვედა მხრიდანაა, ერთეული თავდაპირველად



დაფარულია ეპიდერმისით, მოყვითალო, დისკოსებური, $200 - 800 \mu$ დიამეტრი. კონიდიატმტარები ძალზე პატარაა, მჭიდროდაა შეკრებილი. კონიდიუმები თითისტარისებური, მეტ-ნაკლებად მოხრილი, $15,5 - 28 \times 3,5 - 7 \mu$.

Ribes alpinum L., ფოთლებზე, ხულო, ხიხაძირი, 19.09.1988.

18. *Gloeosporium victoriense* D. SACC. P. Sacc. Allescher [3], 7:510.

ლაქა ბუნდოვანია, სარეცელი გვუფურადაა ფოთლის ორივე მხარეზე, თითქმის მრგვალია, $280 - 300 \mu$ დიამეტრით. ცენტრში უფერული. კონიდიატმტარები ცილინდრულია, წვერზე დაბლაგვებული, $32 - 35 \times 6 \mu$, გაურკვეველი ტიხრებით. კონიდიუმები ელიფსური, ბოლოები დაბლაგვებული, $18,5 - 20, 5 \times 5 - 7 \mu$.

Yucca aloifolia L., ფოთლებზე, ჩაქვი, მწვანე კონცხი, 11.08.1994.

Gloesporium yuccae Gutner. ვასილევსკი და კარაკულინი [2], 2:114.

სარეცელი ფოთლის ქვედა მხარეზე არამრავალრიცხოვანია, გაფანტული, ბრწყინავი, შავი, ბურთისებური. კონიდიატმტარები შეუმჩნეველია. კონიდიუმები კვერცხისებური, წაგრძელებული, $7,2 - 10,5 \times 3 - 4,5 \mu$.

Yucca aloifolia L., ფოთლებზე, ბათუმის ბოტანიკური ბაღი, 13.11.1995.

შ. რუსთაველის სახ. ბათუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტი.

ლიტერატურა

1. P. A. Saccardo. Sylloge fungorum, 3-1884; 10-1892; 22-1928; 25-2934. London.
2. Н. И. Васильевский, В. П. Каракулин. Паразитные несовершенные грибы. М.-Л., 1950.
3. A. Allescher. Die Pilze Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz, 7-1903, Leipzig.

ა. ბიორბობიანი, მ. კიკვიძე, შ. ჰანიშვილი

დონორული ძალის გავლენა ვაზის ფოთლებში ფოსფორის ფორმების შემცველობაზე

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ნ. ნუტუბიძემ 24.10.1996

მცენარეებში სახეობის ან ჯიშისთვის დამახასიათებელი დონორულ-აქცეპტორული ურთიერთობა ძირითადად მემკვიდრეობითაა განსაზღვრული. აღნიშნული ურთიერთობა შესაძინევად იცვლება მცენარის ვეგეტაციის განმავლობაში. პლასტიკურ ნაერთთა მწარმოებელ და მომხმარებელ ორგანოთა ურთიერთობის რეგულირება შესაძლებელია სხვადასხვა ფაქტორების მეშვეობით, რომელთა მოქმედებაც აპირობებს ასიმილატების გადანაცვლებას ორგანოთა შორის, რაც თავის მხრივ მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს მცენარეთა პროდუქტიულობას [1-6].

ასიმილატების მწარმოებელ და მომხმარებელ ორგანოთა შორის ჩვეული შეფარდების დარღვევისათვის მიმართავენ ღეროს ნაწილობრივ დეფოლაციას ან შემორგოლვას. ღეროს დეფოლაციის დროს მცირდება შეფარდება ასიმილატების მწარმოებელ და მომხმარებელ ორგანოთა შორის, რაც იწვევს ღეროზე დარჩენილი ფოთლების დონორული ძალის გაძლიერებას. ღეროს შემორგოლვა კი წყვეტს კავშირს ასიმილატების მწარმოებელ და მომხმარებელ ორგანოებს შორის, რასაც მოსდევს ფოთლის დონორული ძალის შესუსტება. მოსალოდნელია, რომ ფოთლების დონორული ძალის ასეთი ცვლილებები იწვევს რიგი ბიოქიმიურ-ფიზიოლოგიური მაჩვენებლების შეცვლას.

ჩვენს მიზანს შეადგენდა შეგვესწავლა ღეროს ნაწილობრივი დეფოლაციისა და შემორგოლვის გავლენა ვაზის ფოთლებში ფოსფორის ნაერთთა ფორმების შემცველობაზე აქტიური ვეგეტაციის დროს. ფოსფორის ნაერთთა ფორმებიდან ესწავლობდით საერთო, მინერალური, მჟავაში ხსნადი ორგანული, ნუკლეინის მჟავების და ფოსფოლიპიდების ფოსფორის შემცველობას. საანალიზო მასალიდან ფოსფორის ნაერთთა ფორმების ფრაქციონირება ხდებოდა ი. კულაევისა და თანაავტორთა მიერ მოწოდებული მცირე მოდიფიცირებული მეთოდით [7,8].

ღეროს ნაწილობრივი დეფოლაცია ტარდებოდა შემდეგი სქემით: ღეროზე დატოვებული იყო მხოლოდ – 1. ახალგაზრდა ზრდადამთავრებული ფოთლები, 2. ზედა ზონის ზრდადამთავრებული ფოთლები და 3. მტევნის ზონის ფოთლები. ამრიგად, საცდელი ვაზები ერთმანეთისაგან განსხვავდებოდა ვაზის ღეროზე დატოვებული ფოთლების ასაკით და შესაბამისად მათი დონორული ძალით.

საცდელად აღებული გეჰონდა ვაზის ჯიში რქაწითელი. დეფოლაცია ჩავატარეთ ყვავილობის ფაზის შემდეგ და მარცვლის ზრდის ფაზაში. საცდელ ვაზებს ენარჩუნდებოდა კენწერო და მტევანი. საანალიზოდ მასალა ავიღეთ დეფოლაცი-

იდან სამი დღის შემდეგ.

მიღებული შედეგების განხილვა გვიჩვენებს (ცხრილი 1), რომ ყვავილობის ფაზის შემდეგ დეფოლაციის გავლენით კენწეროს ფოთლებში ნაკლებია საერთო, მინერალური, ნმ-ის და ფოსფორიპიდების ფოსფორის შემცველობა, მეტია მჟავაში ხსნადი ორგანული ფოსფორის შემცველობა. დეფოლაციის გავლენით ვაზის ზედა ზონის ფოთლებში ფოსფორის საერთო შემცველობის უცვლელ ფონზე მომატებულია მჟავაში ხსნადი ორგანული ფოსფორი და აგრეთვე ნმ ფოსფორი. ნაკლებია მინერალური და ფოსფორიპიდების ფოსფორი. ქვედა-მტევნის ზონის ფოთლებში იმატებს მხოლოდ მინერალური ფოსფორი, ფოსფორის საერთო რაოდენ-

ცხრილი 1

დეფოლაციის გავლენა ვაზის ფოთლებში ფოსფორის ნაერთთა შემცველობაზე (P_2O_5 მგ %-ში)

ფაზა	ფოსფორის ფორმები	კენწერო		ზედა ზონა		მტევნის ზონა	
		კონტროლი	დეფოლაცია	კონტროლი	დეფოლაცია	კონტროლი	დეფოლაცია
ყვავილობის შემდეგ	საერთო	918	898	615	617	440	419
	მინერალური	169	164	169	165	110	114
	მჟავაში ხსნადი	112	117	36	45	33	27
	ორგანული ნმ	369	387	236	243	161	152
	ფოსფორიპიდები	241	230	174	164	136	126
მარცვლის ზრდის	საერთო	640	763	473	503	355	362
	მინერალური	148	161	117	119	100	100
	მჟავაში ხსნადი	45	68	45	48	17	22
	ორგანული ნმ	260	315	187	209	131	143
	ფოსფორიპიდები	187	219	124	127	107	97

ნობა და მისი ყველა სახის ნაერთის ფორმები კი ნაკლებია.

მარცვლის ზრდის ფაზაში ჩატარებული დეფოლაციის გავლენით საცდელი ვაზების კენწერული და ზედა ზონის ფოთლებში მომატებულია როგორც ფოსფორის საერთო რაოდენობა, ასევე მისი ყველა ნაერთის შემცველობა. აღნიშნული მატება უფრო მკვეთრად არის გამოხატული კენწეროს ფოთლებში. ქვედა-მტევე-

ღეროს შემორგოლის გავლენა ვაზის ფოთლებში ფოსფორის ნაერთთა შემცველობაზე მარცვლის ზრდის ფაზაში (P₂O₅ მგ %-ში)

ფოსფორის ფორმები	5 დღის შემდეგ		10 დღის შემდეგ		20 დღის შემდეგ	
	კონტროლი	შემორგოლება	კონტროლი	შემორგოლება	კონტროლი	შემორგოლება
საერთო	452	368	426	309	434	333
მინერალური	91	67	96	53	91	64
მყავაში ხსნადი	74	60	61	38	48	30
ორგანული ნმ	162	144	150	128	162	140
ფოსფოლიპიდები	125	97	119	90	133	97

ნის ზონის ფოთლებში დეფოლაციის გავლენით მომატებულია საერთო, მყავაში ხსნადი ორგანული და ნმ ფოსფორის შემცველობა, შემცირებულია ფოსფოლიპიდების ფოსფორის რაოდენობა, მინერალური ფოსფორის შემცველობა უცვლელია.

ამრიგად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ დეფოლაციის გავლენით ნაწილობრივ დეფოლირებული ვაზის ფოთლებში ფოსფორის ნაერთთა ფორმების შემცველობის ცვლილება დამოკიდებულია როგორც შესასწავლად აღებულ ფოთლების ასაკზე, ასევე ვაზის ვეგეტატიური განვითარების ფაზაზე.

ცდების შემდეგ სერიაში ვაზში ჩვეული დონორ-აქტივებული ურთიერთობის დარღვევისათვის ვახდენდით ვაზის ღეროს შემორგოლებას. ამ შემთხვევაში საცდელ მცენარეებზე დატოვებული იყო კენწერო, მტევანი და ყველა ფოთოლი. მხოლოდ მტევნის ზემოთ ოთხი ფოთოლი (თითოეული ცალ-ცალკე) შემორგოლეთ ღეროზე ყუნწის მიმაგრების ადგილიდან ორივე მხარეს.

ამრიგად, დარღვეულია კავშირი ასიმილაციის მწარმოებელ და მომხმარებელ ორგანოებს შორის. ცდა ჩატარდა მარცვლის ზრდის ფაზაში. საანალიზოდ მასალა ავიღეთ ღეროს შემორგოლებიდან 5, 10 და 20 დღის შემდეგ. გარეგნულად საცდელი მცენარეების ფოთლები შესამჩნევად განსხვავდება საკონტროლო ფოთლებისაგან. კერძოდ, შემორგოლილი ღეროს ფოთლის ფირფიტა საგრძნობლადაა გასქელებული და გაუხეშებული.

ფოსფორის ნაერთთა ფორმების შესწავლამ (ცხრილი 2) გვიჩვენა, რომ ღეროს შემორგოლის გავლენით საცდელი მცენარეების ფოთლებში გაცილებით ნაკლებია ფოსფორის საერთო რაოდენობა და მისი ყველა ფორმის შემცველობა.



საკონტროლოსთან შედარებით ფოსფორის ამა თუ იმ ნაერთის მაქსიმალური შემცირება ხდება შემორგოლიდან ათი დღის შემდეგ. მსგავსი შედეგები მიღებული იყო სიმინდის ჰიბრიდებზეც, როცა ასიმილატების მომხმარებელი ორგანოს – ტარობის მოცილება იწვევდა მცენარეში მშრალი მასის, აზოტისა და ფოსფორის შემცველობის შემცირებას [9].

ამრიგად, შეიძლება დაეასკვნათ, რომ დეფოლაციის შედეგად, როდესაც გაძლიერებულია დონორული ფუნქცია, ყვავილობის შემდგომ ფაზაში აღინიშნება ფოსფორის ფორმათა რაოდენობის კლება, ხოლო მარცვლის ზრდის ფაზაში კი ფოსფორის ფორმათა საგრძნობი მატება. შემორგოლის შედეგად ფოთლების დონორული ფუნქციის შესუსტება კი იწვევს ფოსფორის ნაერთთა შემცველობის შესამჩნევ შემცირებას.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

ბ. კეცხოველის სახელობის ბოტანიკის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *А. Л. Курсанов*. Передвижение ассимилятов в растениях и проблема сахаронакопления. Фрунзе, 1986.
2. *А. Т. Макронос*. Сб. Физиология фотосинтеза. М., 1982.
3. *А. К. Сулейманов, Н. Ф. Климашевская*. Физиология и биохимия культурных растений, 22, 4, 1990.
4. *М. В. Туркина*. Новые направления в физиологии растений. М., 1985.
5. *J. L. Bonnetain*. C. R. Des Sciences de l'Academie d' agriculture de France. 68, 1982.
6. *R. V. King, J. W. Patric*. Pflanzenphysiol., 106, 4, 1982.
7. *И. С. Кулаев, А. Н. Белозерский, Д. Н. Островский*. Биохимия, 26, в. 1, 1961.
8. *Д. М. Седенко, К. Е. Овчаров*. Физиология растений, 6, 5, 1969.
9. *S. J. Crafts-Brandner, F. E. Belou, J. I. Hamper, R. H. Hageman*. Plant Physiol., 74, 2, 1984.



თ. იოსელიანი (აკადემიკოსი), ა. მითაიშვილი

ალიმენტარული დაყოვნებული რეაქციების შესწავლა თეთრ პირთაბვებში

წარმოდგენილია 28.10.1996

უმადლეს ხერხმლიანთა მოკლევადიანი მეხსიერების ტესტირებისათვის უპირატესად გამოიყენება ე. წ. „დაყოვნებული რეაქციის“ მეთოდი, რომელიც ფაქტიურად წარმოადგენს ადამიანის „დაგვეგმილი ქცევის“ მარტივ მოდელს [1-3]. აღნიშნული მეთოდი პირველად თეთრ ვირთაგვებზე იქნა გამოცდილი [4]. მიუხედავად ამისა, ბუბუშოვართა შორის სწორედ მღრღნელები წარმოადგენენ იმ ცხოველებს, რომელთა დაყოვნებული რეაქციები ნაკლებადაა შესწავლილი. არსებული მცირერიცხოვანი მონაცემების საფუძველზე კი ძნელია ერთიანი აზრის შექმნა მათში მოკლევადიანი მეხსიერების ნერვული მექანიზმების განვითარების ხარისხზე. მით უმეტეს, რომ ლიტერატურის მონაცემები ხშირად ურთიერთსაწინააღმდეგოა. ასე მაგალითად, ზოგი მკვლევრის აზრით, თეთრ ვირთაგვებს მოკლევადიანი მეხსიერების მხოლოდ ის ფორმა აქვთ კარგად განვითარებული, რომელიც ეფუძნება საკვების პირდაპირ კომპლექსურ აღქმას. გვხვდება ისეთი ექსპერიმენტებიც, რომლებშიც ვირთაგვები წარმატებით ახორციელებენ როგორც ალიმენტარულ, ისე თავდაცვით დაყოვნებულ რეაქციებს არაპირდაპირი მეთოდით ტესტირების პირობებშიც [5-7]. აქედან გამომდინარეობს აღნიშნული საკითხის შემდგომი კვლევის აუცილებლობა.

წინამდებარე გამოკვლევა ისახავდა რამდენიმე მიზანს: ა) შეგვემოწმებინა, თუ რამდენად სარწმუნოა დებულება, რომ თეთრ ვირთაგვებს შეუძლიათ დაყოვნებული რეაქციის შესრულება არაპირდაპირი მეთოდით ტესტირების პირობებშიც; ბ) დადებითი შედეგის შემთხვევაში განგვესაზღვრა ვირთაგვების მიერ აღქმული პირობითი სიგნალების დამახსოვრების ხანგრძლივობა, ანუ მოკლევადიანი მეხსიერება; გ) გაგვერკვია, რატომ ასრულებენ თეთრი ვირთაგვები დაყოვნებულ რეაქციებს უკეთ პირდაპირი მეთოდით ტესტირებისას.

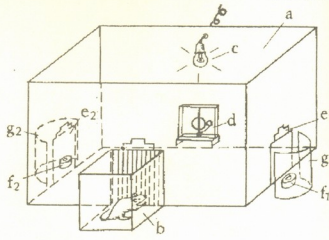
საექსპერიმენტო კაბინაში, (80×80×60 სმ³), რომელიც ორ განყოფილებას შეიცავდა: ა) სატესტოს და ბ) სასტარტოს (სურ. 1), მიმანიშნებელ პირობით გამოღობიანებლად [მპგ] ვიყენებდით სასტარტო განყოფილების მოპირდაპირე კედლის ცენტრში ფიქსირებულ ელექტრონათურას (გ, 12 ვ) და ელექტროზარს (დ). გამოკვლევა ჩავატარეთ ორ ეტაპად.

I ეტაპის ცდებში გამჭვირვალეკარიან სასტარტო განყოფილებაში მყოფი ვირთაგვა ელექტრონათურის ანთების საპასუხოდ უნდა გამოსულიყო სატესტო განყოფილებაში და წასულიყო მარჯვენა გვერდითი კარისაკენ. სწორი რეაქციის შემ-

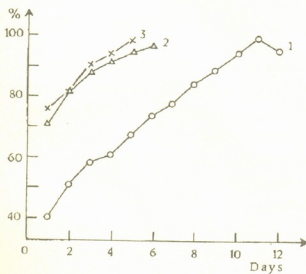


თხვევაში მიიღებდა პურის ბურთულას კარს უკან მოთავსებული საკვებურიდან [3]. ბგერითი გაღიზიანების (ელექტროზარის) საპასუხოდ მას ასეთივე რეაქცია უნდა გაემეორებინა მარცხენა მიმართულებით. მხედველობითი და ბგერითი გამღიზიანებლების მონაცვლეობა ხდებოდა გელერმანის ცხრილის მიხედვით. დასწავლის, ანუ პირობითი გამღიზიანებლების დიფერენცირების კრიტერიუმად ითვლებოდა 9 დადებითი პასუხი 10 სინჯიდან. ცდების შედეგებს ვამუშავებდით სტიუდენტის კრიტერიუმით [8].

I ეტაპის ექსპერიმენტები ჩავატარეთ 7 ვირთაგვაზე. მკგ-ის დიფერენცირების პირველ დღეებში ვირთაგვები საკვებურებს ირჩევდნენ შემთხვევითი გადაწყვეტილების დონეზე. მე-4 დღიდან აღინშნა სწორი პასუხების რაოდენობის პრევალირება შეცდომებზე, ხოლო მე-8, მე-9 დღეს ყველამ მიიღწია კრიტერიულ მაჩვენებელს (90 % დადებითი პასუხები). დიფერენციაციის გამო მუშავების შემდეგ ექსპერიმენტში შემოვიტანეთ 0-წამიანი დაყოვნება. ამან ცხოველებში გამოიწვია მოტორული აქტივობის გაზრდა. მკგ-ის მოქმედების პერიოდში ისინი ცდილობდნენ სასტარტო



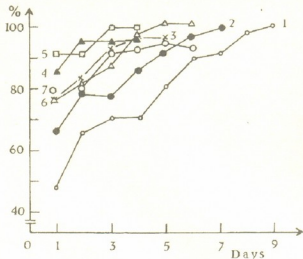
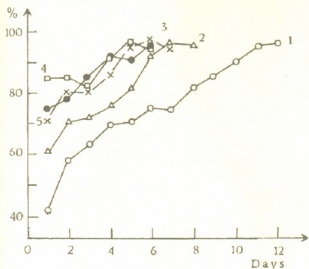
სურ. 1 ← ალიმენტარული დაყოვნებული რეაქციების (აღრ) შესასწავლი კაბინა: ა - სატესტო კაბინა; ბ - სასტარტო გალია; გ - ელექტრონათურა (12ვ); დ - ელექტროზარი; ე₁ და ე₂ - აგვერდითი კარები; ვ₁ და ვ₂ - საკვებურები; ზ₁ და ზ₂ - შირმები



სურ. 2. ვირთაგვების საპასუხო რეაქციები აღრ-ის შესრულებისას. აბსცისათა ღერძზე - ცდის დღეები; ორდინატთა ღერძზე - დადებითი პასუხების საშუალო მაჩვენებლები. 1 - დიფერენციაცია; 2 - 0-წამიანი აღრ; 3 - 5-წამიანი აღრ-ის შესრულება.

განყოფილების კარის გაღებას და გამოსვლას. მიუხედავად ამისა, სწორი პასუხების საშუალო რაოდენობამ პირველ დღეებშივე შეადგინა $7,4 \pm 0,5$, ხოლო მე-4 დღეს ყველა ვირთაგვამ მიიღწია კრიტერიულ მაჩვენებელს $[9,1 \pm 0,35]$. დაყოვნების გაზრდას 5 წამამდე ვირთაგვებისათვის არ შეუქმნია შესამჩნევი სიძნელეები ამოცანის გადაწყვეტაში - მიუხედავად ცხოველთა ჰიპერაქტივობისა, უკვე მე-4 მე-5 დღიდან სწორი დაყოვნებული რეაქციები სრულდებოდა კრიტერიუმის დონეზე. (დადებითი პასუხების საშუალო მაჩვენებელი იყო $9,3 \pm 0,4$) (სურ. 2).

II ეტაპზე კვლევის მიზანი იყო: დაყოვნების ინტერვალის თანდათანობითი გაზრდით განგვესაზღვრა აღქმული მკგ-ის კვალის შენახვის მაქსიმალური ხანგრძლივობა, აგრეთვე კვებითი „ჯილდოს“



სურ. 3. ვირთაგვების საპასუხო რეაქციები ადრ-ის შესრულებისას საკვების მცირე ულუფის მიწოდების პირობებში. აბსცისათა ღერძზე - ცდის დღეები; ორდინატთა ღერძზე - სწორი პასუხების საშუალო მაჩვენებლები: 1 - დიფერენცია; 2 - 5-წამიანი ადრ; 3 - 10-წამიანი ადრ; 4 - 15-წამიანი ადრ; 5 - 20-წამიანი ადრ.

სურ. 4. ვირთაგვების საპასუხო რეაქციები ადრ-ის შესრულებისას საკვების დიდი ულუფის მიწოდებისას. აბსცისათა ღერძზე - ცდის დღეები; ორდინატთა ღერძზე - სწორი პასუხების საშუალო მაჩვენებლები. 1 - დიფერენცია; 2 - 5-წამიანი ადრ; 3 - 10-წამიანი ადრ; 4 - 15-წამიანი ადრ; 5 - 20-წამიანი ადრ; 6 - 25-წამიანი ადრ; 7 - 30-წამიანი ადრ.

ოდენობის მნიშვნელობა დაყოვნებული რეაქციების განხორციელებისათვის. ამ მიზნით, საცდელი ცხოველები გავყავით ორ ჯგუფად. I ჯგუფის ვირთაგვები სწორი პასუხების შემთხვევაში ღებულობდნენ საკვების ჩვეულებრივ ულუფას; მეორე ჯგუფის ვირთაგვები კ - 2-3-ჯერ მეტ საკვებს.

პირობით გამოიზიანებულთა (ელნათურისა და ზარის) დიფერენცირების განმტკიცების შემდეგ I ჯგუფის ვირთაგვებისათვის ცდამი შემოვიტანეთ 5-წამიანი დაყოვნება. როცა სწორი დაყოვნებული რეაქციების რაოდენობამ მიაღწია კრიტიკულ მაჩვენებელს, დავიწყეთ დაყოვნების თანდათანობით გაზრდა. ჩატარებული ცდებით გაირკვა, რომ ამ ჯგუფის ვირთაგვები, რომლებიც სწორი პასუხის შემთხვევაში ჯილდოვდებოდნენ საკვების სტანდარტული ულუფით, სწორად რეაგირებდნენ 15-20-წამიანი დაყოვნების შემთხვევაში, 25-წამიანი დაყოვნება კი მათთვის დაუძლეველი აღმოჩნდა (სურ.3).

II ჯგუფის ვირთაგვებსაც იგივე პირობითი რეაქციები დავასწავლეთ, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ სწორი რეაქციების შემთხვევაში მათ ვაჯილდოვებდით 2-3-ჯერ მეტი საკვებით. ჩატარებული ცდებით გაირკვა, რომ კვებითი ჯილდოს ოდენობის გაზრდამ დადებითი გავლენა მოახდინა ცხოველთა დასწავლის პროცესზე. უკვე მე-5 დღეს სწორი პასუხების რაოდენობამ 5-წამიანი დაყოვნების შემთხვევაშიც კი ზოგი ვირთაგვისათვის 100%-ს მიაღწია, ასეთივე შედეგი იქნა მიღებული ამ ვირთაგვებზე 25-30-წამიანი დაყოვნების პირობებშიც (სურ. 4). ამასთან, მნიშვნელობა არ ჰქონდა სასტარტო გალიაში ცხოველის თავის მიმართულებას დაყოვნების პერიოდში.

ამრიგად, მეორე ეტაპის ცდების ურთიერთდაპირისპირება ცხადყოფს, რომ

მე-2 ჯგუფის ვირთაგვები უკეთ იმახსოვრებდნენ წარდგენილ პირობით გამლიზიანებლებს, ვიდრე პირველი ჯგუფის ვირთაგვები. ზემოთ აღნიშნული იყო, რომ ორივე ჯგუფის ცხოველების ტესტირება ძირითადად ერთნაირად ხდებოდა. განსხვავება მხოლოდ ის იყო, რომ მე-2 ჯგუფის ვირთაგვები, სწორი პასუხების შემთხვევაში, 2-3-ჯერ მეტ საკვებს იღებდნენ.

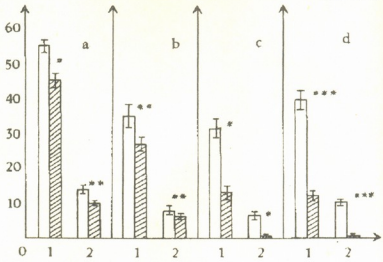
აქედან გამომდინარე ეჭვს გარეშეა, რომ სწორედ უხვი კვებითი ჯილდო წარმოადგენს იმ ფაქტორს, რომელიც იწვევს დაყოვნების მაქსიმუმის გაზრდას. ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ ნებისმიერი ინფორმაცია უკეთ აღიქმება და ფიქსირდება ადამიანის ემოციური აგზნების პირობებში.

ამასთან, რაც მეტია მიღებული ინფორმაციის ემოციოგენურობა, მით უფრო დიდხანს ნარჩუნდება ამ ინფორმაციის კვალი. აქედან გამომდინარე საფიქრებელია, რომ ზემოთ განხილულ ალიმენტარულ პირობით ქცევებში, საკვების დიდი ულუფებით გამოწვეული დადებითი ემოციის ბიოლოგიური მნიშვნელობა იმაშია, რომ იგი ერთგვარად აძლიერებს პირობითი გამლიზიანებლების მოტივაციურ ძალას [9] (სურ. 5).

ზემოთ აღნიშნულის მიხედვით გასაგები ხდება ლიტერატურის ის მონაცემები, რომელთა მიხედვითაც ალიმენტარულ დაყოვნებულ რეაქციებში, როცა თეთრი ვირთაგვების მიერ საკვების აღქმა კომპლექსურად ხდება, დაყოვნების მაქსიმუმი საკმაოდ ხანგრძლივია. იგი მერყეობს 3-4 წუთის ფარგლებში [5]. თეთრი ვირთაგვების ასეთი „ხანგრძლივი“ მოკლევადიანი მეხსიერება განპირობებული უნდა იყოს იმით, რომ საკვების მულტიმოდალური აღქმა ცხოველში იწვევს შედარებით ძლიერ ემოციურ აგზნებას.

მიღებული ექსპერიმენტული მასალის ანალიზი საშუალებას იძლევა დავასკვნათ, რომ:

1. თეთრ ვირთაგვებს ალიმენტარული დაყოვნებული რეაქციების შესრულება შეუძლიათ იმ შემთხვევაშიც, როცა მათი ტესტირება ხდება არაპირდაპირი მეთოდით.
2. დაყოვნების მაქსიმუმი თეთრი ვირთაგვებისათვის მერყეობს 15-20 წამის ფარგლებში, როცა ტესტირება ხდებოდა საკვებმოპოვებითი დაყოვნებული რეაქციის არაპირდაპირი ვარიანტით.
3. კვებითი ჯილდოს ოდენობის გაზრდა, რაც აძლიერებს ცხოველის ლტოლ-



სურ. 5. კრიტერიუმის მიღწევამდე 1 - ჩატარებულ სინჯთა საშუალო მაჩვენებლებისა და 2 - დაშვებულ შეცდომათა საშუალო მაჩვენებლების ამსახველი მისტოგრამა საკვების მცირე (□ - სვეტი) და დიდი (■ - სვეტი) ულუფების მიწოდებისას. ა) 5-წამიანი აღრ; ბ) 10-წამიანი აღრ; გ) 15-წამიანი აღრ; დ) 20-წამიანი აღრ. ორდინატთა ლერძზე - სიდიდეთა საშუალო მაჩვენებლები. * $P < 0,02$; ** $P < 0,05$; *** $P < 0,001$.



ეს საკვებურისაკენ, ანუ ზრდის მკგ-ის მოტივაციურ ძალას, დადებით გავლენას ახდენს თეთრი ვირთაგვების მიერ დაყოვნებული რეაქციების შესრულებაზე – ზრდის დაყოვნების მაქსიმუმს. 4. თეთრი ვირთაგვების მიერ დაყოვნებული რეაქციების უკეთ შესრულება საკვების კომპლექსური აღქმის პირობებში, რაც ვლინდება დაყოვნების მაქსიმუმის მნიშვნელოვანი გახანგრძლივებით (3-4 წუთი), განპირობებული უნდა იყოს ცხოველის უფრო ძლიერი ემოციური აგზნებით საკვების მულტიმოდალური აღქმის გამო.

ი. ჯავახიშვილის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. Ю. Конорски. Интегративная деятельность мозга, М., 1970.
2. И. С. Бериташвили. Память позвоночных животных, ее характеристика и происхождение, М., 1974.
3. W. Lawicka, Acta. Biol. Exp., 19, 1959.
4. W. S. Hunter, Behav. Monogr., 2, 1, 1913.
5. И. М. Айвазашвили, Ц. А. Орджоникидзе. Журнал ВНД им. И. Павлова. 35, 1, 1985.
6. Т. Нагишвили, Н. Сихарулидзе, А. Кадагишвили. საქ. სსრ მეც. აკადემიის მოაზბე, 135, 1, 1989.
7. Т. К. Иоселиани, Н. Н. Сихарулидзе, А. Я. Кадагишвили, Е. Г. Митаншвил. Журнал ВНД им. И. Павлова. 45; 4, 1995.
8. П. Ф. Рокицкий. Основы вариационный статистики для биологов. М., 1961.
9. К. В. Судаков, М. Банч. Системные механизмы поведения. М., 1990.



ბ. ჰეპაზა

მოძრაობითი აქტიურობის დინამიკა უმაღლესი ნერვული
მოქმედების ინფორმაციული კათოლოგიის სხვადასხვა ეტაპზე

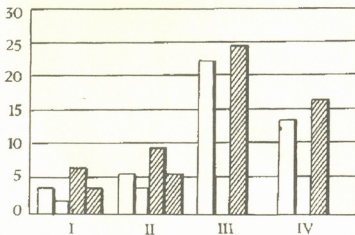
წარმოადგინა აკადემიკოსმა მ. ხანანაშვილმა 10.10.1996

ცნობილია, რომ თავის ტვინის მოქმედება ანალიზურ-სინთეზური ფუნქციის ხანგრძლივი გადატვირთვის პირობებში განსაზღვრულ სიტუაციაში შეიძლება გახდეს ნერვული მოქმედების (უნმ) პათოლოგიის მიზეზი [1]. ამავე დროს, პათოგენური მოქმედება იწვევს თვითმარეგულირებელი მექანიზმების აქტივაციას, რაც ეწინააღმდეგება პათოლოგიის განვითარებას. ამიტომ, უმაღლესი ნერვული მოქმედების ექსპერიმენტული პათოლოგიის კვლევაში მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს თავის ტვინის თვითრეგულაციის ფუნქციის შესწავლას.

მკვლევარების მიერ დღეისათვის აღწერილია თავის ტვინის თვითრეგულაციური მოქმედების განსხვავებული ემოციურ-ქცევითი გამოვლინებანი სხვადასხვა რიგის ცხოველებში. ზოგი მკვლევარი ვირთაგვებში თვითრეგულაციის ერთ-ერთ ქცევით გამოვლინებად მიიჩნევს მოძრაობითი აქტიურობის გადიდებას. ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა ვირთაგვების მოძრაობითი აქტიურობის დინამიკის შესწავლა უმაღლესი ნერვული მოქმედების ინფორმაციული პათოლოგიის სხვადასხვა ეტაპზე.

ექსპერიმენტი ჩატარდა 250-300 გ წონის ზრდასრულ მამრ, ლაბორატორიულ თეთრ ვირთაგვებზე. კვლევა მიმდინარეობდა თავდაცვითი პირობითი რეფლექსების მეთოდიკით. ვირთაგვას გამოუქმუშავებდით ორ თავდაცვით პირობით რეფლექსს განსხვავებული ძალისა და სიხშირის ბგერით გამღიზიანებელზე ერთმანეთისაგან იზოლირებულად, სხვადასხვა დროს. შემდეგ თავის ტვინის ანალიზურ-სინთეზური მოქმედების დატვირთვის გადიდების მიზნით რეფლექსებს „ვაერთიანებდით“, ანუ – ორივე პირობით სიგნალს ვაძლევდით ერთ ცდაში ე. წ. გელერმანის სტოქასტური სქემის მიხედვით. პირობით სიგნალებად ვიყენებდით მეტრონომის კაკუნს (სიხშირით 100 დარტყმა წამში) და ტონს (500 ჰც). უარყოფითი უპირობო გამღიზიანებლის სახით ცხოველებს თავებს ვუღიზიანებდით ელექტრომტკივნეული გამღიზიანებლით. მოძრაობითი აქტიურობის შეფასების მიზნით ვაწარმოებდით სიგნალთა შორის ინტერვალში ცხოველის ვერტიკალური დგომების (უკანა თათებზე დგომა) და კამერის სხვადასხვა განყოფილებაში გადასვლების რაოდენობის რეგისტრაციას.

ტონზე პირობითი რეფლექსის ფორმირებას დასჭირდა საშუალოდ 149-180 შეუღლება (7-9 დღე). მეორე თავდაცვითი პირობითი რეფლექსი მეტრონომის კაკუნზე ყველა ცხოველს გამოუქმუშავდა მესამე დღეს (40-60 შეუღლება).



სურ. სიგნალთაშორისი გადასვლებისა და უკანა თათებზე დგომის რაოდენობის ცვლილება ორი თავდაცვითი პირობითი რეფლექსის გამომუშავების და „გაერთიანების“ პერიოდში.

1. პირველი თავდაცვითი პირობითი რეფლექსის გამომუშავება-განმტკიცების პერიოდი.
2. მეორე თავდაცვითი პირობითი რეფლექსის გამომუშავება-განმტკიცების პერიოდი.
3. „გაერთიანების“ საწყისი ეტაპი.
4. ხანგრძლივი „გაერთიანების“ პერიოდი (1,5-2 თვე)

■ - სიგნალთაშორისი გადასვლები
□ - უკანა თათებზე დგომის რაოდენობა

პირობითი რეფლექსების გამომუშავების პირველივე დღიდან შეინიშნებოდა ჩვენს მიერ რეგისტრირებული ორივე ქვევითი აქტი. შემდგომ დღეებში მათი რაოდენობა მატულობს, ხოლო რეფლექსების განმტკიცების სტადიაში მცირდება (სურ.). პირობითი რეფლექსების „გაერთიანების“ ადრეულ ეტაპზე (16-18 დღე) ორივე მაჩვენებლის რაოდენობრივი მნიშვნელობა საგრძნობლად იზრდება (სურ.) „გაერთიანების“ პირველი 15 დღის განმავლობაში 2,5-ჯერ გაიზარდა უკანა თათებზე დგომის რიცხვი და 3-ჯერ გადიდდა კამერის სხვადასხვა განყოფილებაში სიგნალთაშორისი გადასვლები (სურ.) „გაერთიანებიდან“ 18-20 დღის შემდეგ ვირთავების მოძრაობითი აქტიურობა საგრძნობლად კლებულობს. მცირდება როგორც უკანა თათებზე დგომის, ასევე სიგნალთაშორისი გადასვლების რაოდენობა (სურ.). ხშირია შემთხვევები, როცა ცხოველები დგებიან კამერის განყოფილებებს შორის არსებულ ბარიერზე და მორიგი სიგნალის მიცემამდე იქ იმყოფებიან.

პირობითი რეფლექსების „გაერთიანებიდან“ 15 დღის შემდეგ ერთკვირიანი დასვენება იწვევს მოძრაობითი აქტიურობის შემცირებას, ხოლო ხანგრძლივი „გაერთიანების“ შედეგად ქვეითდება მოძრაობითი აქტიურობა. ცხოველებს უძლიერდებათ შიშისა და შფოთვის ემოცია. ეწყებათ ბეწვის ცვენა, უვითარდებათ უკანა კიდურების პარეზები. ერღვევათ პირობითრეფლექსური მოქმედება. ხანგრძლივი (1,5-2 თვე) დასვენება ვერ იწვევს ფუნქციითა რეაბილიტაციას.

ექსპერიმენტული და კლინიკური მონაცემები უჩვენებენ, რომ დოზირებული კუნთური დატვირთვა აძლიერებს ნერვული სისტემის მდგრადობას პათოგენური ფაქტორის ზემოქმედების მიმართ, აუმჯობესებს დაავადებული ცხოველის საერ-



თო მდგომარეობას [2,3], აჩქარებს ნევროზით დაავადებული პაციენტების რეკონსტიტუციის პროცესს და იძლევა მკაფიოდ გამოხატულ თერაპიულ ეფექტს. თავის ტვინის ფუნქციონირებისათვის არახელსაყრელ პირობებში მოძრაობითი აქტიურობის ზრდა და მისი დადებითი გავლენა უნმ-ზე სხვა ექსპერიმენტული გამოკვლევებითაც დასტურდება [3].

ამრიგად, უნმ-ის პათოლოგიის ადრეულ ეტაპზე ვირთაგვევში მოძრაობითი აქტიურობის გადიდება მიმართულია პათოგენური აგენტის ზემოქმედების მიმართ ნერვული სისტემის მდგრადობის გაძლიერებისაკენ და შეიძლება განხილულ იქნეს როგორც თავის ტვინის თვითმარეგულირებელი მექანიზმების გააქტიურების ქცევითი გამოვლენა.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 ი. ბერიტაშვილის სახ. ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *М. М. Хананашвили*. Экспериментальная патология высшей нервной деятельности. М., 1978.
2. *Ц. Ш. Чхиквишвили и др.* В кн. Матер. научной сессии Тбилисского института усовершенствования врачей, Тбилиси, 1983.
3. *მ. ლოლობერიძე*. საკანდიდატო დისერტაციის ავტორეფერატი. თბილისი, 1994.



ბ. ღვინჯია, ც. ორჯონიძე, მ. ლოლოზაძე

„არასპეციფიკური ბრუნვის“ დინამიკა ფსიქო-ემოციური
სტრესის პირობებში

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ვ. მოსიქემ 11.10.1996

გართულებულ გარემო პირობებში ადამიანზე სხვადასხვა სტრესული ფაქტორის ზემოქმედებისას ინდივიდის ადაპტაციური ქცევის ფორმირებისათვის არსებითი მნიშვნელობა ტვინის მარეგულირებელ, კომპენსატორულ მექანიზმებს ენიჭება. ამ მექანიზმების გამოვლენა და შესწავლა თანამედროვე ფიზიოლოგიის ერთ-ერთი აქტუალური პრობლემაა.

ჩვენი გამოკვლევის მიზანი იყო დაგვედგინა თავის ტვინის რეგულატორული მექანიზმების შესაძლო ქცევითი გამოვლენები მტკივნეულ გაღიზიანებაზე თავდაცვითი პირობითი ქცევის ფორმირების პროცესში.

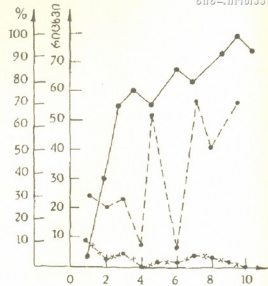
ცდებს ვატარებდით მამრობითი სქესის თეთრ ლაბორატორიულ ვირთაგვებზე (20 ვირთაგვა). ელექტოფიცირებული იატაკის მქონე საექსპერიმენტო გალია (20-20-30 სმ), 15 სმ სიმაღლის ტიხარით გაყოფილი იყო ორ თანაბარი ზომის (სასტარტო და გვერდით) განყოფილებად. გვერდითი განყოფილების კედელზე დამაგრებული იყო პირობითი სიგნალის წყარო (მეტრონომი – 100/წუთში). ექსპერიმენტის მსვლელობისას ცხოველებს ვუშუშავებდით თავდაცვით პირობით რეფლექსს: პირობითი სიგნალის იზოლირებული მოქმედების 5 წამის განმავლობაში ცხოველი სასტარტო განყოფილებიდან უნდა გადამტარიყო სიგნალიზირებულ გვერდით განყოფილებაში და 10 წამში დაბრუნებულიყო უკან, სასტარტო განყოფილებაში. წინააღმდეგ შემთხვევაში იგი ისჯებოდა ზღურბლოვანი ძალის ელექტრული დენით. ერთ ცდამი ცხოველს ეძლეოდა 20 ანალოგიური სინჯი. სინჯებს შორის ინტერვალი იყო 1 წუთი.

ცდის მსვლელობისას აღვრიცხავდით პირობით სიგნალზე სწორი პასუხების, თავის აწევის, ვერტიკალური და ჰორიზონტალური დგომების, ფეკალური ბოლუსების რაოდენობას, გრუმინგის ხანგრძლივობას.

თავდაცვითი პირობითი რეფლექსების ფორმირების დინამიკის მიხედვით ცხოველები სამ ჯგუფად დაიყო. პირველი ჯგუფის ცხოველებს პირობითი რეფლექსის გამომუშავებისათვის მხოლოდ 60 შეუღლება დასჭირდა. სწორი პასუხების რაოდენობა ვირთაგვების ამ ჯგუფში მესამე ცდაზე 70%-ს შეადგენდა, ექსპერიმენტის მეექვსე დღეს კი 80% მიაღწია. აღნიშნული მაჩვენებელი სტაბილურად იყო შენარჩუნებული შემდგომ ცდებშიც (სურ. 1). ცხოველების მეორე ჯგუფში პირობითი რეფლექსის გამომუშავების სისწრაფე ორჯერ ნაკლები იყო. 60 შეუღლების შემდეგ სწორი პირობითრეფლექსური რეაქციების რაოდენობა

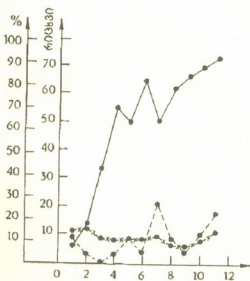
დენობა 40% არ აღემატებოდა, 80%-იანი დონე კი მხოლოდ მეცხრე ცდამი (180 შეუღლება) აღინიშნა (სურ. 2). ვირთაგვების მესამე ჯგუფში თავდაცვითი ქცევის ფორმირებას კიდევ უფრო მეტი დრო დასჭირდა. კერძოდ, 60 შეუღლების შემდეგ ცხოველები 20 სინჯიდან მხოლოდ სამზე რეაგირებდნენ სწორად (სწორი პასუხების 15%). სტაბილურ პირობითრეფლექსურ ქცევას კი ისინი მხოლოდ მეთოთხმეტე ცდიდან (180 შეუღლება) ავლენდნენ. ექსპერიმენტის მოცემულ ეტაპზე ადეკვატური რეაქციების რაოდენობა 80%-ს შეადგენდა და სტაბილურად იყო შენარჩუნებული შემდგომ ცდებშიც (სურ. 3).

ცხოველების ქცევის ანალიზმა გვიჩვენა, რომ პირველი, მეორე და მესამე ჯგუფების ვირთაგვები ერთმანეთისაგან მხოლოდ გრუმინგის ხანგრძლივობითა და ვერტიკალური ღგომების რაოდენობით განსხვავდებოდნენ. ცხოველების პირველ ჯგუფში გრუმინგი პირველსავე ცდაზე გამოვლინდა და მთელი ექსპერიმენტის განმავლობაში მისი ხანგრძლივობა საშუალოდ ცდის სუმა რული დროის 70%-ს შეადგენდა (სურ. 1). მეორე და მესამე ჯგუფებში კი გრუმინგის პროცენტული მაჩვენებელი ვირთაგვების პირველ ჯგუფებთან შედარებით დაბალი იყო. იგი ერთ ცდამი საშუალოდ 12-15% უტოლდებოდა. ამასთანავე, ცხოველების მესამე ჯგუფში

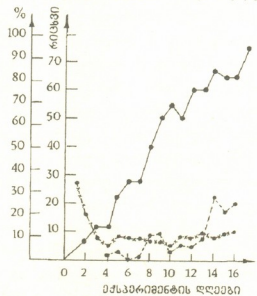


სურ. 1. ქცევის დინამიკა ვირთაგვების პირველ ჯგუფში

აბსცისათა ღერძზე – ექსპერიმენტის უღებები; ორდინატთა ღერძზე მარცხნივ – სწორი პასუხებისა და გრუმინგის პროცენტული მაჩვენებელი; ორდინატთა ღერძზე მარჯვნივ – ვერტიკალურ ღგომათა რიცხვი. უწყვეტი ხაზი – სწორი პასუხები; წყვეტილი ხაზი – გრუმინგი; ხაზი ჯერებით – ვერტიკალური ღგომები.



სურ. 2. ქცევის დინამიკა ვირთაგვების მეორე ჯგუფში
აღნიშვნები სურათზე ემთხვევა აღნიშვნებს პირველ სურათზე



სურ. 3. ქცევის დინამიკა ვირთაგვების მესამე ჯგუფში
აღნიშვნები სურათზე ემთხვევა აღნიშვნებს პირველ სურათზე

გრუმინგი მხოლოდ მეოთხე ცდამი გამოვლინდა. ექსპერიმენტის შემდგომ ემშიც მისი ხანგრძლივობა მინიმალური იყო და ცდის სუმარული დროის 1,1% არ აღემატებოდა (სურ. 2,3).

რაც შეეხება ვერტიკალურ დგომათა რიცხვს, აქ ასეთი სურათია: ცხოველების პირველ ჯგუფში ეს მაჩვენებელი პირობითი რეფლექსის გამომუშავების პერიოდში ერთ ცდამი საშუალოდ 8 ერთეულს უტოლდებოდა. რეფლექსის განმტკიცების შემდეგ ვერტიკალური დგომები მინიმუმამდე შემცირდა, ბოლოს კი საერთოდ გაქრა (სურ. 1). ცხოველების მეორე და მესამე ჯგუფებში ვერტიკალური დგომების რიცხვი მაღალი იყო და 7-10-მდე მერყეობდა (სურ. 2,3).

არსებული ლიტერატურის მიხედვით მღრღნელებისათვის დამახასიათებელი რეაქცია – გრუმინგი ხშირად აღინიშნება უცნობ გამლიზინებლებთან შეხვედრის დროს [1]. ზოგი მკვლევარი გრუმინგს განიხილავს, როგორც საერთო ადაპტაციურ სინდრომს, ჩანაცვლებული აქტიურობის გამოვლენას [2-4]; მიიჩნევს მას აგზნებულობის შესუსტებისა და ინფორმაციული ნაკადის ბლოკირების საშუალებად [5]. რიგი სამეცნიერო შრომების მიხედვით გრუმინგი განმუხტავს ემოციურ დაძაბულობას და თავის ტვინის თვითრეგულაციურ მოქმედებას ასახავს [6-9]. მეორე მხრივ, აქტიური განრიდების რეაქცია აგებულია მღრღნელებისათვის დომინირებულ თავდაცვით მოტივაციაზე. ამ მოტივაციის რეალიზაციას ყოველთვის თან სდევს უარყოფითი ემოციური დაძაბულობა, აქტიური განრიდების ფორმირებისათვის კი აუცილებელია ემოციური დაძაბულობის გარკვეული ოპტიმალური დონე. ვითვალისწინებთ რა ზემოთ მოყვანილ ლიტერატურულ მონაცემებს, ზეენს მიერ მიღებული ექსპერიმენტული შედეგების საფუძველზე ვვარაუდობთ, რომ „არასპეციფიკური გრუმინგი“ უარყოფითი ემოციური დაძაბულობის შემცირების გზით ქმნის ოპტიმალურ ემოციურ ფონს ადეკვატური თავდაცვითი ქცევის ფორმირებისათვის, რითაც ხელს უწყობს აქტიური განრიდების პირობითი რეაქციის გამომუშავებას.

ზოგი გამოკვლევის მიხედვით ისეთი ქცევა, როგორიცაა ვერტიკალური დგომა, თავს იჩენს რთულ სიტუაციაში და მით უფრო ინტენსიურად ვლინდება, რაც უფრო მაღალია ემოციური დაძაბულობის დონე [10]. ჩვენი ექსპერიმენტის მსვლელობისას გრუმინგის მაღალი ინტენსიურობის პირობებში ვერტიკალური დგომების რიცხვი მინიმუმამდე იყო შემცირებული, იმ ცხოველებს კი, რომლებსაც გრუმინგი სუსტად ჰქონდათ გამოხატული, ახასიათებდათ ვერტიკალური დგომების მაღალი სიხშირე. ეს გარემოება კიდევ ერთხელ ადასტურებს „არასპეციფიკური გრუმინგის“ მარეგულირებელი ფუნქციის შესახებ ზემოთ გამოთქმული მოსაზრების მართებულობას.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

ი. ბერიტაშვილის სახ. ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. P. Хайнд. Поведение животных. М., 1975, 389.
2. W. Gispen. J. Pharmacol. Therap., 12, 1981, 209-246.

3. R. Kats, K. Both. *Neurosci, let.*, 13, 2, 1979, 209-212.
4. Л. В. Крушинский, А. Ф. Семиохина. *Журн. высш. нервн. деят.*, 23, вып. 6, 1973, 1286-1291.
5. А. Ф. Семиохина, М. П. Плексачева. *Журн. высш. нервн. деят.*, 39, вып. 2, 1989, 284-290.
6. М. М. Гогоберидзе. *Журн. высш. нервн. деят.*, 39, вып. 3, 1985, 493-498.
7. Г. Реберг. *Журн. высш. нервн. деят.*, 32, вып. 4, 1982, 658-664.
8. შ. ხანაშვილი. *საქართველოს სამედიცინო მოაზრება*, 3, 1993, 22-26.
9. М. М. Хананашвили. *Журн. эволюционной биохимии и физиологии*, 20, 2, 1986, 129-13410.
10. შ. ლოლობერიძე. *სადისერტაციო მაცნე*. თბილისი, 1994, 209-212.



დ. ლომაძე, თ. ყიფიანი

მხედველობით-სივრცითი პროცესები ეპილეფსიით
დაავადებულ ბავშვებში

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ვ. ოქუჯავამ 17.09.1996

მხედველობით-სივრცითი პროცესების დარღვევა ვლინდება ტვინის სხვადასხვა წარმოშობის დაზიანებების შემთხვევაში. ეპილეფსიამაც შეიძლება გამოიწვიოს ფსიქიკის დეფექტები [1,2], მაგრამ ეპილეფსიით დაავადებულთა მხედველობით-სივრცითი პროცესების დარღვევები შესწავლილი არ არის.

გეოგრაფიული ორიენტაცია ითვლება მხედველობით-სივრცითი აზროვნების ერთ-ერთ გამოვლენად [3]. გეოგრაფიული (ტოპოგრაფიული) ორიენტაციის მოშლა გამოიხატება ნაცნობ ქუჩებში, ერთი ადგილიდან მეორისაკენ მიმავალ გზაში გარკვევის ან რუკაზე ნაცნობი ადგილების მდებარეობის აღნიშვნის უუნარობაში.

წინამდებარე ნაშრომი ეხება ეპილეფსიით დაავადებული პაციენტების გეოგრაფიული ორიენტაციის პრობლემებს. კონკრეტულად, შევისწავლეთ ამ ავადმყოფების დეზორიენტაციის გამოვლენის სიხშირე და ხსენებული დარღვევის კავშირი პაციენტების კლინიკური მდგომარეობის სიმძიმესთან.

ავადმყოფები (20 კაცი) დიაგნოზით – ლენოქს-გასტოს სინდრომი (სერიული აბსანსები და ატონური კრუნჩხვები) და ჯანმრთელი ცდის პირები (20 კაცი) 10-12 წლის ასაკისა იყვნენ.

„რუკაზე ორიენტაციის“ ტესტი შედგებოდა 15 შეკითხვისაგან. პაციენტებს ვეკითხებოდით, თუ სად მდებარეობს თბილისის რუკაზე (30 სმ სიგანისა და 30 სმ სიმაღლისა) მათთვის ნაცნობი სკოლა, ოპერა, მალაზიები, ქუჩები, სტადიონი და ა. შ. ორიენტაციის გასაადვილებლად ერთ ობიექტზე უთითებდა თავად ექსპერიმენტატორი.

შეცდომების რაოდენობით ვმსჯელობდით პაციენტების მხედველობით-სივრცითი პროცესის დონეზე. ტესტის შესრულებას ვაფასებდით ხარისხობრივად. თუ პაციენტი ობიექტს უთითებდა რეალური ადგილმდებარეობის სიახლოვეს, იწერებოდა ერთი ქულა, მოშორებული ლოკალიზაციისას – 2 ქულა. უხეში შეცდომა ფასდებოდა 3 ქულით.

გამოკვლევის შედეგები ასახულია ტაბულაზე.

ცდის პირების შედეგების შედარება ავლენს მნიშვნელოვან სხვაობას ჯანმრთელი და ეპილეფსიით დაავადებული ბავშვების მიერ რუკაზე ორიენტაციის ტესტის შესრულებისას დაშვებული შეცდომების რაოდენობასა და ხარისხს შორის.

როგორც მოსალოდნელი იყო, ტესტის შესრულების დონე გაცილებით დაბალი იყო ეპილეფსიით დაავადებულებში. განსაკუთრებით მძიმე დარღვევები (3

საკონტროლო და ეპილეფსიით დაავადებული ბავშვების შედეგები

შეფასება	საკონტროლო ჯგუფი	ეპილეფსიით დაავადებულები
შეცდომების რიცხვი	100	215
შეფასება 1 ქულით	97 შეცდომა	190 შეცდომა
2 ქულით	3 შეცდომა	5 შეცდომა
3 ქულით	—	20 შეცდომა

ქულით შეფასებული) აღენიშნა 5 პაციენტს. ამავე ავადმყოფებმა მიიღეს ყველაზე მეტი 1-(51 შეცდომა) და 2-ქულიანი (4 შეცდომა) შეფასება. ამ პაციენტებს გამოკვლევიდან ერთი კვირის შემდეგ განუვითარდათ *petit mal* სტატუსი.

გეოგრაფიული ორიენტაციის დარღვევა შეიძლება ავსხნათ ეპილეფსიის გამო პაციენტების ფსიქიკური განვითარების შეფერხებით [2]. არ უნდა უგულვებლევყოთ მათი განათლების დაბალი დონეც, რამდენადაც ხშირი აბსანსებისა და გულყრების გამო ბავშვები სკოლაში არ დადიოდნენ. სავარაუდოა, რომ განსაკუთრებით მძიმე დარღვევები, რომლებიც აღენიშნა 5 პაციენტს, მიუთითებდნენ ამ ბავშვების კლინიკური მდგომარეობის მომავალ დამძიმებაზე.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

ი. ბერიტაშვილის სახ. ფიზიოლოგიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. A. L. Benton. In: Hand book of Clinical Neurology, 1969, 305 p.
2. B. A. Карлов. Эпилепсия. М., 1990, 336 с.
3. E. Г. Симертницкая. Человеческий мозг и психические процессы в онтогенезе. М., 1985, 190 с.



ნ. მატრეველი, თ. მძინარაშვილი ბ. მრავლიწვილი

კოლაგენის ლლოზის თერმოლინამიკური პარამეტრების მიკროტალორიმეტრული კვლევა განზავებულ წყალხსნარებში სკანირების სხვადასხვა სიჩქარეებისას

წარმოადგინა აკადემიკოსმა მ. ზაალიშვილმა 4.03.1997

განსაკუთრებული თავისებურება წყალხსნადი ფიბრილარული ცილების არის ის, რომ ისინი წარმოადგენენ სუპერსპირალურ სტრუქტურას. კოლაგენი - შემთავრებული ქსოვილის ფიბრილარული ცილა წარმოადგენს პოლიპროლინის ტიპის სამმაგ სუპერსპირალს. ტემპერატურის გაზრდისას გარკვეული კრიტიკული დონის შემთხვევაში კოლაგენის მოლეკულის რეგულარული სტრუქტურა ირღვევა, ჯაჭვები განცალკევდებიან და წარმოიქმნება ე.წ. სტატისტიკური (შემთხვევითი) გორგალი [1]: $\alpha 3$ (სპირალი) - 3α (გორგალი).

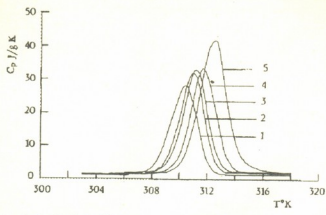
კოლაგენის ლლობა უმარტივო წყალხსნარებში გახურებისას მიმდინარეობს ექსტრემალურად ინტენსიური სითბოს შთანქმით [1,2]; ეს გადასვლა არის ბევრად უფრო მკვეთრი ვიდრე სხვა ნებისმიერი ცილისა, რომლებიც შეისწავლებოდა აქამდე [1].

საკითხი კოლაგენის ხსნარებში სითბოტევადობის დენატურაციული ინკრემენტის შესახებ პირველად განხილულ იქნა ე. ანდრონიკაშვილის და სხვ. მიერ [3,4]; ავტორები აღგენდნენ სპირალურ და გორგლის მდგომარეობაში მყოფი კოლაგენის სითბოტევადობის ტემპერატურულ დამოკიდებულებას ფართო ტემპერატურულ ინტერვალში 4-350K. დენატურირებული (გორგალი) და ნატიური (სპირალი) კოლაგენის სითბოტევადობების დენატურაციული სხვაობის ტემპერატურული დამოკიდებულება ამჟღავნებს თავისებურებას 15, 120 და 230-240K-ზე; დეჰიდრატირებული კოლაგენის სითბოტევადობა სპირალურ და გორგლის მდგომარეობაში განსხვავდება $\Delta C_p = C_{p,გორგ.} - C_{p,სპირ.} = 15 \text{ ჯ } K^{-1} M^{-1}$. მნიშვნელოვანია, რომ ეს შედეგები მიღებულია ადიაბატური, აბსოლუტური კალორიმეტრის მეშვეობით სითბური წონასწორობის პირობებში.

წინამდებარე ნაშრომში ჩვენ ვიკვლევდით განზავებულ წყალხსნარებში კოლაგენის პარციალური სითბოტევადობის ფუნქციის გახურების სხვადასხვა სიჩქარეებისათვის.

გამოყენებულ იქნა ვირთავგას კანის მკვებხსნადი კოლაგენი 0,1 ციტრატის ბუფერში, $PH = 3,7$ -თვის, მარილების არარსებობისას. კოლაგენის კონცენტრაციის (2-2,5 მგ/მლ) განსაზღვრა ხდებოდა პოლარიმეტრული ანალიზის მეშვეობით (406-53).

გამოყენებულ იქნა დიფერენციალური, ადიაბატური, სკანირებადი მიკროკა-



სურ.1. ხსნარებში კოლაგენის პარციალური სითბოტევადობის ტემპერატურული დამოკიდებულება სკანირების სხვადასხვა სიჩქარისათვის: (1-0,125; 2-0,25; 3-0,5; 4-1,0; 5-2,0 K/წთ).

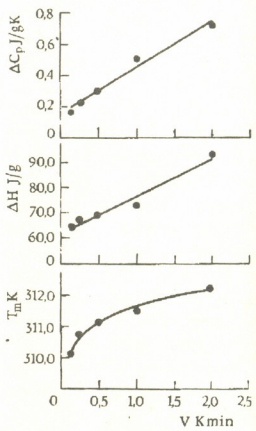
რების სიჩქარის მიმართ (გადასვლის სიგანე მოცემულ შემთხვევაში მუდმივია $\Delta T = 2,2^\circ C$. გადასვლის ტემპერატურისა და ენტალპიის "წონასწორული" მნიშვნელობებია:

$T_m = 36,8 \pm 0,5^\circ C$ და $\Delta H_m = 60 \pm 3$ ჯ/გ, რაც კარგად ეთანადება [1]-ში მიღებულ მნიშვნელობებს. ეს შედეგები მიგვაჩვენებენ იმაზე, რომ კოლაგენის ხსნარებში სპირალ-გორგალი გადასვლის აღწერისათვის აუცილებელია ამ პროცესის დეტალური კინეტიკური ანალიზის გამოყენება [5, 6].

დაკვირვებული ენტალპიის შემცირება სკანირების სიჩქარის ცვლილებისას შესაძლებელია ნაწილობრივ იყოს შედეგი გადასვლის ტემპერატურის შემცირებისა. პირდაპირი გაზომვები კოლაგენის სითბოტევადობისა ნამდვილად ამჟღავნებენ ღლობისას სითბოტევადობის ცვლილებას. მნიშვნელობები სითბოტევადობის დენატურაციული ცვლილებისა, რომელიც აგრეთვე დამოკიდებულია სკანირების სიჩქარეზე, კარგად ეთანადება ცნობილ თერმოდინამიკურ დამოკიდებულებას: $\Delta C_p = d(\Delta H)/dT$ (სურ.2 და 3); ΔC_p -ს ექსტრაპოლირებული მნიშვნელობაა $\Delta C_p = 0,22 \pm 0,05$ ჯ გ⁻¹ K⁻¹ (15-20 ჯ M⁻¹ K⁻¹). ეს მნიშვნელობა ემთხვევა ΔC_p -ს მნიშვნელობას გაზომილს ადიამატური კალორიმეტრის მეშვეობით წონასწორულ პირობებში [3,4].

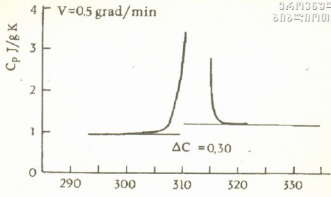
ლორიმეტრი DASM-4 (ქ. პუშჩინო, რუსეთი). ეს კარგად ცნობილი ხელსაწყო (კაპილარული მიკროკალორიმეტრი) ხასიათდება მაღალი მგრძობიარობით და აქვს სტაბილური საბაზისო ხაზი; ხელსაწყოს მართვა და მონაცემების აღრიცხვის ავტომატიზაცია შესაძლებელია კომპიუტერის მეშვეობით.

სურ.1 წარმოადგენს კოლაგენის პარციალური სითბოტევადობის ფუნქციას მიღებულს გახურების სხვადასხვა სიჩქარეებისას. სურ.2 - დამოკიდებულებებს გადასვლის ტემპერატურის, ენტალპიის და სითბოტევადობის ნახტომისა სკანი-



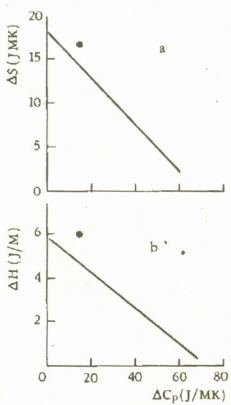
სურ.2. კოლაგენის ხსნარებში სპირალ-გორგალური გადასვლის ტემპერატურის (T_m), ენტალპიის (ΔH_m) და სითბოტევადობის ნახტომის (ΔC_p) დამოკიდებულება სკანირების სიჩქარეზე.

მეტრის და სხვ. ვარაუდით [7] ცილის დენატურაციისას ჰიდროფობული ბუნების მქონე ნივთიერებების (მათ შორის მყარი, თხევადი და გაზები) გახსნა წყალში ხასიათდება წრფივი კორელაციით ენტროპიის ცვლილებასა და სითბოტევადობის ცვლილებას შორის. ერთი და იმავე დახრილობის მქონე ეს დამოკიდებულება დამზერილია სხვადასხვა კლასის ნივთიერებებისათვის, მაშინ როცა გადაკვეთის წერტილები დამოკიდებულია იმაზე, თუ რომელ კლასს განეკუთვნება ნივთიერება. მოდელური მყარი შენაერთებისა და ცილების თვისებების თანხვედრა მოწმობს იმას, რომ ცილის ინტერიერი, როგორც მყარი სხეულის მქონე თვისებების წარმონაქმნი, თამაშობს მნიშვნელოვან როლს ცილის დახვეული (ნატიური) მდგომარეობის წარმოქმნაში.



სურ.3. ფრაგმენტი კოლაგენის პარციალური სითბოტევადობის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების გადიდებული გამოსახულებიდან (0,5K /წთ სკანირების სიჩქარეზე).

სურ. 4 წარმოგვიდგენს დამოკიდებულებებს $\Delta H=f(C_p)$ და $\Delta S=f(\Delta C_p)$



სურ.4. კოლაგენის დენატურაციის ენტროპიის (ა) და ენტალპიის (ბ) დამოკიდებულება სითბოტევადობის ცვლილებიდან 25°C -ისათვის. აგრეთვე წარმოდგენილია 25°C -ისათვის გლობულარული ცილების დენატურაციის თერმოდინამიკური პარამეტრების წრფივი კორელაციები (წრფეები).

კოლაგენისათვის 25°C -თვის, აგრეთვე – თერმოდინამიკური მახასიათებლების წრფივ კორელაციას გლობულარული ცილების დენატურაციის პროცესისათვის. ჩვენ ვხედავთ, რომ მონაცემები კოლაგენისათვის არ ეთავსება კორელაციას, ტაბულირებულს გლობულარული ცილებისათვის; რაც მიგვითითებს იმაზე, რომ მათი სტრუქტურული მდგრადობის მექანიზმები ფუნდამენტურად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან.

კოლაგენის ლლობის პროცესის სპეციფიკური თერმოდინამიკური მახასიათებლები განხილული იყო ჩვენს ადრინდელ გამოკვლევებში (დაბალ-ტემპერატურული სითბოტევადობების მონაცემებისა [3,4,8] და ბმრ-გაზომვების ჩათვლით). ნაჩვენებია, რომ შეუძლებელია მათი გააზრება წყლის სპეციფიკური როლის განხილვის გარეშე, რომელიც, როგორც ჩანს, სტრუქტურულად აერთიანებს კოლაგენის სამმაგ სუბერსპირალს [9,10]. მსგავსი დასკვნები აქვს გაკეთებული პ.პრივალოვს [1] კოლაგენის თერმოდინამიკური გამოკვლევების



საფუძველზე, რომელიც ვარაუდობს, რომ „წყალი, არ არის მხოლოდ უბრალო გამხსნელი კოლაგენისათვის“.

ი. ჯავახიშვილის სახ.

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,

ლიტერატურა

1. *P.L. Privalov*: Adv. Prot. Chem., 35, 1, 1982, and references cited there in.
2. *Дж. Р. Монаселидзе, Н. Г. Бакрадзе*. ДАН, СССР, 189, 1969, 899.
3. *E.L. Andronikashvili, G.M. Mrevlishvili et al.*, Biopolymers, 15, 1976, 1991.
4. *Г. М. Мревлишвили*. Усп. Сов. Физики, 22, 6, 1979, 433.
5. *Н. О. Метревели, Т. Д. Мдзинаришвили, Г. М. Мревлишвили*. Биофизика, 42, 2, 1997.
6. *J.R. Lepock, K.P. Ritchie. et al.*, Biochemistry, 31, 1992, 12706.
7. *K.P. Murphy, P.L. Privalov and S.J. Gill*. Science, 4, 1990, 565.
8. *Г. М. Мревлишвили*, Низкотемпературная калориметрия биологических макромолекул, Тбилиси, 1984.
9. *I.V. Lim*, FEBS Lett., 132, 1981, 1.
10. *J. Bella, M. Eaton, B. Brodsky and H. Berman*. Science 266, 1994, 75.



ბ. ბარამიძე, ბ. ჰუმბურძიძე

აცეტილკოდეინის და აცეტილმორფინის სტანდარტული ნიმუშების მიღება

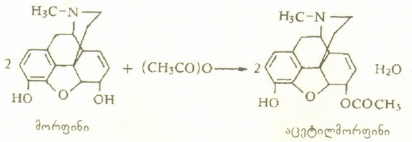
წარმოადგინა აკადემიკოსმა მ. ზაალიშვილმა 30.12.1996

ამფიონს საქართველოში უძველესი დროიდან იცნობდნენ. ჯერ კიდევ პონტოს მეფემ, მითრიდატე პონტოელმა მოამზადა წამალი მითრიდატუმი, რომლის მთავარი შემადგენელი კომპონენტი ამფიონი იყო და დიდი პოპულარობით სარგებლობდა ევროპაში, განსაკუთრებით XV-XVIII საუკუნეებში. დიდმა ტაჯიკმა მოაზროვნემ აბუ-ალი იბნ სინამ თავის ცნობილ „კანონში“ აღწერა ოპიომანია და ამფიონის აბსტინენციის სინდრომის გამოვლენის თავისებურებები [1]. უძველესი დროიდან მოყოლებული ამფიონი და მისი ინდივიდუალური ალკალოიდები არასამედიცინო მიზნითაც გამოიყენებოდა და ერთ-ერთ ყველაზე გავრცელებულ ნარკოტიკთა ჯგუფს წარმოადგენდა. ბოლო წლებში კი, საქართველოში ნარკომათა მიერ ძირითადად გამოიყენებოდა არა ამფიონი და მისი ინდივიდუალური ალკალოიდები, არამედ მათი აცეტილნაწარმები: დიაცეტილმორფინი, აცეტილმორფინი, აცეტილკოდეინი. მათი ნარკოტიკული მოქმედება 7-10-ჯერ უფრო ძლიერია, ვიდრე შესაბამისი ალკალოიდების; მორფინსა და კოდეინთან შედარებით ნაკლები პოლარობის და ლიპიდებში უკეთ ხსნადობის გამო მათ შედარებით ხანგრძლივი მოქმედებაც ახასიათებთ.

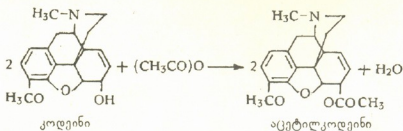
ლიტერატურაში არის მონაცემები დიაცეტილ მორფინის ანალიზის მეთოდებისა და სტანდარტის შესახებ [2], მაგრამ არ არის – აცეტილმორფინისა და აცეტილკოდეინის სტანდარტებისა და ანალიზის მეთოდების შესახებ, რაც იურიდიულ საფუძველს უკარგავს ლაბორატორიულ დასკვნას ნარკომანიის დიაგნოსტიკის შესახებ.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, მიზანშეწონილად ჩავთვალეთ აცეტილმორფინისა და აცეტილკოდეინის მიღება, რასაც ვახორციელებდით მორფინიდან და კოდეინიდან ტექნოლოგიური სქემის მიხედვით, რომლებიც სტექჟომეტრიულად შემდგენიარად გამოისახება:

აცეტილმორფინისათვის:



აცეტილკოდეინისათვის:



პრაქტიკული გამოსავალი თეორიულის მიმართ აცეტილმორფინისათვის 95,6%-ია, აცეტილკოდეინისათვის – 97,4%.

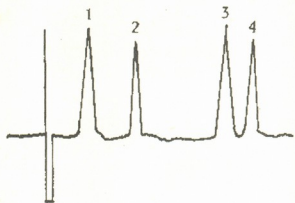
მიღებული პროდუქტების იდენტიფიცირებას და სტანდარტიზაციას ვახდენ- დით ჩვენ მიერ დამუშავებული მეთოდებით [3]:

– თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიული მეთოდით – გამხსნელთა სისტემაში – ეთილაცეტატი – ბუთანოლი – აცეტონი – ამიაკი 30:30:40:10, დეტექტირებისათ- ვის ვიყენებდით ჩვენ მიერ მოდიფიცირე- ბულ დრაგენდორფის რეაქტივს [4].

– მაღალეფექტური სითხოვანი ქრომა- ტოგრაფიული მეთოდით Altex-ის ფირმის ქრომატოგრაფზე, λ -254, სვეტი სფერი- სორბი C₁₈, მოძრავი ფაზით – მეთანოლი- აცეტონიტრილი-ამიაკის ხსნარი მეთანოლ- ში (1:1) – ძმარძეავას ხსნარი მეთანოლში (1:1) – 80:20:0,4:0,2 (სურ. 1).

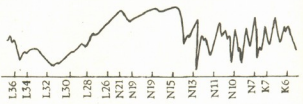
– ინფრაწითელი სპექტროსკოპული მე- თოდით UR-20-ზე, ნაპრალის პროგრამა – 4, რეგისტრაციის მაქსიმალური სიჩქარე 160 სმ⁻¹, ჩაწერის დრო – 4, მგრძნობე- ლობა 9 (სურ. 2,3).

მას-სპექტროსკოპული მეთოდით – იონ- ნურ წყაროში ნივთიერებათა პირდაპირი შეყვანით ნიმუშები ცხელდებოდა 40-238⁰C ინტერვალში; წყაროს ტემპერატურას ვცვლიდით 160-240⁰C ფარგლებში; სტა- ციონარულ ფაზად ვიყენებდით SE-30,3%-ს ინერტონ სუპერზე და OV-17,3%-ს ინერ- ტონ სუპერზე; სვეტის სიგრძე იყო 2 მ, დი- ამეტრი 2 და 4 მმ, აირ-მატარებლად გამო- ვიყენეთ ჰელიუმი, რომლის წნევას სისტე- მაში შესასვლელთან ვცვლიდით 1-2,5 ბარ ინტერვალში. სვეტები ექვემდებარებოდა პროგრამირებულ გაცხელებას 130-290⁰C შესაბამისად (სურ 4,5).

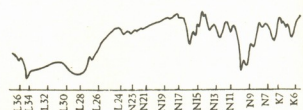


სურ. 1. აცეტილმორფინის და აცეტილ- კოდეინის მაღალეფექტური სითხოვანი ქრომატოგრამა

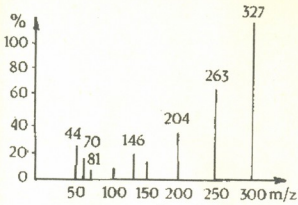
- 1. მორფინი, 2. აცეტილმორფინი,
- 3. კოდეინი, 4. აცეტილკოდეინი



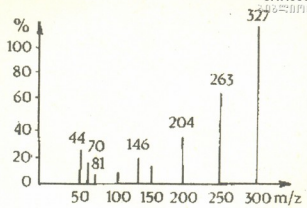
სურ. 2. აცეტილმორფინის ინფრაწითელი სპექტრი ვახვინის ზეთში



სურ. 3. აცეტილკოდეინის ინფრაწითელი სპექტრი ვახვინის ზეთში



სურ. 4. აცეტილმორფინის მას-სპექტრი ელექტრონული დარტყმის პირობებში



სურ. 5. აცეტილკოდეინის მას-სპექტრი ელექტრონული დარტყმის პირობებში

მიღებული შედეგების საფუძველზე ჩვენ მიერ შედგენილი და საქართველოს ჯანმრთელობის დაცვის სამინისტროსთან არსებული ფარმაცოპეის კომიტეტის მიერ დამტკიცებულია აცეტილმორფინის და აცეტილკოდეინის სტანდარტები.

თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *Абу-Али Ибн Сина*. Канон врачебной науки. Книга II. Ташкент, 1982, 96.
2. Государственная фармакопея, изд. IX.
3. *ქ. ბარამიძე*. ეფედრონის, ამფიონის ალკალოიდების აცეტილნაწარმების მიღება, სტანდარტიზაცია, მეთაბოლიტების გამოყოფა და შესწავლა, თბილისი, 1996.
4. *К. Н. Барамидзе, Б. И. Чумбуридзе, З. Ломсианидзе*. А. С. 1462995, 1989.



თ. არაბიძე, ბ. ფრუიძე, მ. სილაბაძე, ა. ყიფიანი, ლ. ფაჩუაშვილი

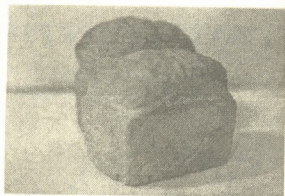
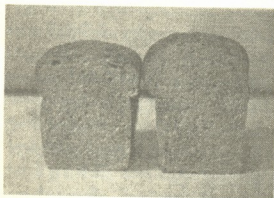
ჩაის ნატურალური კონცენტრატები, როგორც პურის ხარისხის
გამაუმჯობესებლები

წარმოადგინა აკადემიკოსმა გ. კვეციტაძემ 10.03.1996

ტექნოლოგიური პროცესების რეგულირების და მზა ნაწარმის ხარისხის ამაღლების მიზნით პურის ცხობაში ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა სახის დანამატები, მათ შორის კომპლექსური გამაუმჯობესებლები. განსაკუთრებით ყურადსაღებია ადგილობრივი მცენარეული ნედლეულის ბაზაზე შექმნილი გამაუმჯობესებლები, რომელთა გამოყენებაც შესაძლებლობას იძლევა, დაბალი კონდიციის ფქვილისაგან მიღებულ იქნეს მაღალი ხარისხის ნაწარმი.

ამ მხრივ მეტად მნიშვნელოვანია საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ღერმშიძის სახელობის მცენარეთა ბიოქიმიის ინსტიტუტის მცენარეთა ბიოტექნოლოგიის ლაბორატორიაში მიღებული ჩაის ნატურალური კონცენტრატები, რომლებიც გამოირჩევა მაღალი ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებათა კომპლექსის შემცველობით, როგორცაა: ფენოლური ნაერთები, მათ შორის კატეხინები, ამინომჟავები, პეპტიდები, მარედუცირებელი შაქრები, საქაროზა, პექტინოვანი ნივთიერებები, მიკროელემენტები. აღსანიშნავია ადამიანის ორგანიზმზე ჩაის კატეხინების ძლიერ გამონატული P-ვიტამინური ზემოქმედება, რითაც დანამატი შეიძლება განხილულ იქნეს, როგორც P ვიტამინის წყარო. ამასთანავე, აღნიშნულ კონცენტრატებს აქვთ მაღალი რადიოპროტექტორული და ანტიკანცეროგენული თვისებები [1].

ამ მიზნით გამოყენებულ იქნა ყვითელი და ყავისფერი კონცენტრატები, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან ქანგვის ხარისხით [2].



სურ. 1.

I – საკონტროლო ნიმუში I ხარისხის ფქვილისაგან

II – საცდელი ნიმუში I ხარისხის ფქვილისაგან ჩაის ყავისფერი კონცენტრატით.

სურ. 2.

I – საკონტროლო ნიმუში I ხარისხის ფქვილისაგან.

II – საცდელი ნიმუში I ხარისხის ფქვილისაგან ჩაის ყავისფერი კონცენტრატით.

ნახევარფაბრიკატისა და მზა ნაწარმის ხარისხის მაჩვენებლები

მახასიათებლები	უმაღლესი ხარისხი		ხარისხი		ხარისხი	
	საკონტ-როლო	საცდელი	საკონტ-როლო	საცდელი	საკონტ-როლო	საცდელი
ნახევარფაბრიკატი						
მევიანობა, გრად.	2,8	2,8	3	3	3,5	3,5
ტენიანობა, %	41,4	41,4	41,5	41,6	41,2	41,3
წებოგვარას დეფორმაციის სიმკვრივე,	82	76	83	77	84	77
წებოგვარას გაჭიმულობა სახაზავზე, სმ	19	17,3	19	17,3	19,2	18
მზა ნაწარმი						
მევიანობა, გრად.	4,2	4	4,2	4	4,8	4,6
ტენიანობა, %	39,8	40	40,2	40,5	39,2	39,6
ფორიანობა,	77	79	75	77	70	75
წონა, გ.	816	844	820	850	810	830
სიმაღლე, სმ	16,2	17,5	15,5	17	14,7	15,6
დაძველებისადმი მდგრადობა, სთ	36	60	24	48	24	48
კარტოფილის დაავადებისადმი მდგრადობა, სთ	36	60	24	48	24	48

ცხრილი 2

ჩაის კონცენტრატის გავლენა აირწარმოქმნაზე ცომის დუღილის დროს 5 სთ განმავლობაში მლ/100გ

დროის ხანგრძლივობა სთ	გამოყოფილი აირის რაოდენობა მლ					
	უმაღლესი ხარისხი		ხარისხი		ხარისხი	
	საკონტ-როლო	საცდელი	საკონტ-როლო	საცდელი	საკონტ-როლო	საცდელი
0,5	50	65	48	63	49	60
1	128	150	128	150	130	148
1,5	228	250	226	250	226	230
2	348	375	345	370	342	352
2,5	498	515	497	510	480	490
3	651	695	650	678	648	660
3,5	819	860	815	855	810	848
4	974	1045	970	1035	964	1023
4,5	1134	1205	1127	1190	1115	1165
5	1286	1360	1272	1330	1250	1300

დადგენილ იქნა ჩაის ყვითელი კონცენტრატის გამოყენების მიზანშეწონილობა უმაღლესი და I ხარისხის პურში, ხოლო ყავისფერი კონცენტრატის დანამატი-სა - II ხარისხის პურში, რადგან ყავისფერმა კონცენტრატმა გამოიწვია მალალი



ხარისხის ფქვილების შემთხვევაში პურის გაბუქება (სურ. 1). თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ მზა ნაწარმის ხარისხის დანარჩენი მაჩვენებლების მიხედვით საცდელი ნიმუში საკმაოდ გამოირჩეოდა (სურ. 2) [3],

როგორც ნიმუშების შედარებითა ანალიზმა გვიჩვენა (ცხრ. 1), ჩაის კონცენტრატის დამატებისას წებოვარას დეფორმაციის სიმკვრივე იზრდება ხარისხების მიხედვით შესაბამისად 6, 8 და 7 ერთეულით. სახაზავზე წელვადობა მცირდება შესაბამისად 17, 17 და 12 მმ-ით. აღნიშნული შეიძლება აიხსნას ფენოლური ნაერთების მიერ პროტეინაზას აქტივობის ინჰიბირებით, რის შედეგადაც მაგრდება წებოვარა, რაც ხელს უწყობს პურის გულის წვრილფოროვანი და ერთგვაროვანი სტრუქტურის ჩამოყალიბებას.

ნახევარფაბრიკატის დუღილის პროცესის გამოკვლევის შედეგები მოყვანილია 2 ცხრილში. ცომის დუღილი მიმდინარეობდა 32-35°C ტემპერატურაზე. ცხრ. 2-ის მონაცემებიდან ჩანს, რომ ფქვილის დაბალი აირწარმოქმნის უნარი ჩაის ნატურალური კონცენტრატის დანამატის გამოყენებით იზრდება არადაამაკმაყოფილებლიდან დამაკმაყოფილებლამდე, შესაბამისად: 1286-1360 მლ, 1272-1330 მლ, 1250-1300 მლ 5 სთ განმავლობაში. ეს შეიძლება აიხსნას საკვებ არეში დამატებითი წყაროს შეტანით ჩაის კონცენტრატში შემავალი აზოტოვანი ნივთიერებისა და ნახშირწყლების სახით.

გამოყოფილი გაზის სიჩქარის მიხედვით თუ ვიმსჯელებთ, ჩაის კონცენტრატის დამატებისას ცომის დუღილის სიჩქარე მაქსიმუმს თითქმის 30 წთ-ით აღწევს საკონტროლოსთან შედარებით, რაც იწვევს მშრალი ნივთიერებების დაწკარავების შემცირებას. მზა ნაწარმის მედეგობა დაფაშრებისადმი და კარტოფილის დაავადებისადმი იზრდება 24-36 სთ-ით (ცხრ. 1).

ამრიგად, ჩატარებული კვლევების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ჩაის ნატურალური კონცენტრატი შესაძლოა გამოყენებულ იქნეს საშუალო და დაბალი პურის ცხობის თვისებების მქონე ხორბლის ფქვილის შემთხვევაში პურის ხარისხის გაუმჯობესების მიზნით. ამასთანავე, შეიძლება მიღწეულ იქნეს გარკვეული ეკონომიკური ეფექტი.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

ს. ღურშიშიძის სახ. მცენარეთა ბიოქიმიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. გ. ფრუიძე, მ. ბოკუჩავა, გ. კვესიტაძე საკვები საღებავის წარმოების ხერხი. საქართველოს რესპუბლიკის პატენტის გაცემაზე დადებითი გადაწყვეტილება № 000459. 6.05. 1993.
2. М. А. Бокучава, Г. Н. Пруидзе, М. С. Улянова. Биохимия производства растительных красителей. Тбилиси, 1976.
3. Л. И. Пучкова. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства. М., 1982.



ნ. ბანსურაძე

არატრადიციული პროლუქტების ბავლინა ფუტკრის
ცხოველმეცოდნეობაზე

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ი. ელიავამ 16.09.1996

ფუტკრის იაფი საკვები საშუალებების ახალი, პერსპექტიული ტექნოლოგიის შემუშავებას დიდი პრაქტიკული და თეორიული მნიშვნელობა აქვს, რადგან მისი პროლუქციის თვითღირებულებაში საკვების წილად 55-60% მოდის. გარდა ამისა, ეს ღონისძიება საშუალებას იძლევა, გამოთავისუფლდეს საკვები თაფლის მნიშვნელოვანი ნაწილი სასურსათო დანიშნულებით.

ფუტკრის ხელოვნურ, ანუ არატრადიციულ საკვებ საშუალებებს მიეკუთვნება სასურსათო შაქარი ან მისი გადამუშავების პროდუქტები, სახამებლის ჰიდროლიზატი, სხვადასხვა ხილეულის წვენები და სხვ.

სახამებლის ჰიდროლიზატის გამოყენება იმით არის გამართლებული, რომ შაქართან შედარებით უფრო იაფია, ფუტკრის ნორმალური ზამთრობისათვის სასურველი შედგენილობა აქვს, პროტეინისა და მინერალური ნივთიერებების დაბალი შემცველობით. შემუშავებულია სახამებლის დამლის პროდუქტებიდან საკვები თაფლის შემცველის მიღებისა და გამოყენების ტექნოლოგია სხვადასხვა ჰიდროლიზური ფერმენტული პრეპარატების (α , β და გლუკოამილაზები) გამოყენებით [1,2].

თაფლის შემცველის მიღებისათვის ჩვენს მიერ შერჩეულ იქნა კარტოფილის სახამებელი, რომელიც გლუკოზის პოლიმერს წარმოადგენს. ბუნებრივი სახით ფუტკარი მას ვერ ითვისებს. უფრო მარტივი ნაერთების მისაღებად ჩვენ გამოვიყენეთ მიკრობული წარმოშობის α -ამილაზის ქარხნული პრეპარატი — ამილოსუბტილინი გ 10x (ვილნიუსის ფერმენტების ქარხანა), აგრეთვე გაალო-ებული ქერი, რომელიც გააქტიურებული ამილაზების სხვადასხვა ფორმებს შეიცავს (α , β და გლუკოამილაზა). ამ ფერმენტების ზემოქმედებით სახამებლის სუსპენზიიდან მიღებული ჰიდროლიზატი პრინციპულად ვარგისია ფუტკრის საკვებად, თუმცა ფუტკრისათვის მიმზიდველი არ არის მასში ფრუქტოზის არარსებობის გამო. მას ემატება სასურსათო ან ინვერსიული შაქარი, მაღალფრუქტოზიანი იზომერაზა (20% საკვების მშრალი ნივთიერებიდან).

ჩვენი კვლევის მიზანს შეადგენდა სახამებლიდან დამზადებული ხელოვნური საკვების მიმზიდველობის გაზრდა. წინასწარი საძიებო სამუშაოების ჩატარების შემდეგ არომატული ნივთიერებებიდან შერჩეულ იქნა კამის ეთერზეთი. მისი შედგენილობა (ციტრონელი, გერანიოლი და სხვ.) უახლოვდება თაფლის არომატული ეთერზეთების სპექტრს [3,4]. აღნიშნული ეთერზეთი წინასწარი ემულგი-



რების შემდეგ ემატებოდა კარტოფილის სახამებლის ჰიდროლიზატს, რომელიც ერთ შემთხვევაში (I ჯგუფი) მიღებული იყო გაალაოებული ქერით, ხოლო მეორე შემთხვევაში (II ჯგუფი) – მიკრობული წარმოშობის α -ამილაზით. საკონტროლო III ჯგუფი სასურსათო შაქრის 60%-იან ხსნარს ლებულობდა.

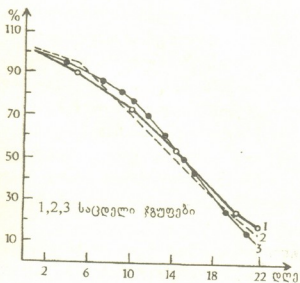
მიღებული საკვების საზრდოობის შესწავლა იდენტური წარმოშობისა და ასაკის ფუტკარზე თავდაპირველად ჩატარდა ენტომოლოგიურ გალიებში, თითოეულში 120-135 ცალის რაოდენობით, თითოეულ ჯგუფში იყო ორი გალია. საცდელ ფუტკარს ვინახავდით თერმოსტატში $30 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე. დაკვირვება ხდებოდა ფუტკრის კლების დინამიკასა და მორფოლოგიურ მაჩვენებლებზე [5]. ცდის ბოლოს (ექსპერიმენტის დაწყებიდან 22-ე დღე) დარჩენილ ფუტკარზე განისაზღვრა ხახის ჭირკვლისა და ცხიმოვანი სხეულის განვითარება, უკანა ნაწლავის დატვირთულობა (საკვების მოუნელებელი მასა). მასალები დამუშავდა ბიომეტრიულად. შედეგები მოცემულია I ცხრილში და – სქემატურად. ცდის ბოლოს ფუტკრის თავდაპირველი რაოდენობიდან I ჯგუფში დარჩენილი იყო 11,8, II – 13,5, III – 8,7 პროცენტი.

ცხრილი 1

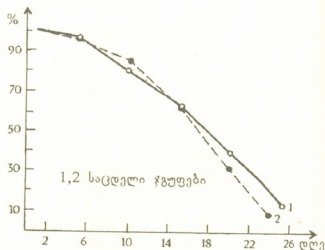
საცდელი ფუტკრის ფიზიოლოგიური მაჩვენებლები ($M \pm m$)

ჯგუფის №	ხახის ჭირკვალი, ბალი	ცხიმოვანი სხეული, ბალი	უკანა ნაწლავის დატვირთულობა, მგ
I	$2,76 \pm 0,22$	$3,3 \pm 0,20$	$26,2 \pm 1,75$
II	$2,73 \pm 0,20$	$2,99 \pm 0,19$	$26,5 \pm 1,73$
III	$2,49 \pm 0,20$	$2,95 \pm 0,17$	$32,0 \pm 1,55$

ფუტკრის კლების დინამიკა ენტომოლოგიურ გალიებში



სურ. 1



სურ. 2

ექსპერიმენტის შედეგად მიღებული მონაცემების ანალიზიდან ნათლად ჩანს, რომ ხახის ჭირკვლის განვითარების მაჩვენებელი უკეთესია საცდელ ჯგუფში საკონტროლოსთან შედარებით 0,25-0,27 ბალით, ხოლო უკანა ნაწლავის დატვირთულობა უფრო ნაკლებია ($p < 0,05$), რაც ამ საკვების უფრო მაღალ ფიზიოლოგიურ ღირებულებაზე მიუთითებს (მაღალია მონელებადობა) განსხვავება სტატისტიკურად სარწმუნო არის. I ჯგუფში საკონტროლოს აღმატებოდა (0,35 ბალით) ცხიმოვანი სხეულის განვითარებით, თუმცა განსხვავება სტატისტიკურად არ არის დამაჯერებელი.

სამეურნეო პირობებში ფუტკრის საცდელ ჯგუფებზე ექსპერიმენტი ჩატარდა ზემოთ მოყვანილი სქემით, 1995 წლის ადრე გაზაფხულიდან აქტიური სეზონის ბოლომდე. დაკვირვება ხდებოდა ფუტკრის პროდუქტიულობაზე, ცოცხალი მასის დინამიკასა და მუშა ინდივიდების მორფოლოგიურ და ბიოქიმიურ მაჩვენებელზე (ცხრ.2)

ცხრილი 2

საცდელი ფუტკრის ოჯახების ბიოლოგიური და სამეურნეო მაჩვენებლები

მაჩვენებლები	კარტოფლის სახამებლის ჰიდროლიზატი, მიღებული ქერის ალაოთი	კარტოფლის სახამებლის ჰიდროლიზატი, მიღებული მიკრო- ბული ამილაზით	60%-იანი შაქრის სიროფი
ფუტკარი ჩარჩოზე საკვები	8,4 ± 0,61	7,8 ± 0,57	7,4 ± 0,69
სადღელამისო კვერცხმდებლობა	6,3 ± 0,64	5,8 ± 0,54	5,3 ± 0,77
სადღელამისო კვერცხმდებლობა	1422 ± 164	1408 ± 168	1391 ± 195
თაფლის რაოდენობა	15,7 ± 3,8	14,2 ± 3,1	13,8 ± 3,9
ხორთუმის სიგრძე, მმ	6,82 ± 0,013	6,79 ± 0,020	6,77 ± 0,021
ფრთის სიგრძე „-“	9,41 ± 0,024	9,39 ± 0,024	9,37 ± 0,026
ფრთის სიგანე „-“	3,25 ± 0,009	3,21 ± 0,010	3,19 ± 0,015
კუბიტალური ინდექსი %	47,8 ± 0,90	46,6 ± 1,01	45,8 ± 0,77
III თერატი			
სიგრძე, მმ	2,13 ± 0,023	2,11 ± 0,008	2,09 ± 0,009
სიგანე, მმ	4,51 ± 0,029	4,48 ± 0,019	4,45 ± 0,019

სათაფლე პროდუქტიულობა თითოეულ ოჯახზე მერყეობდა 13,8-15,7 კგ ფარგლებში და სტატისტიკურად დამაჯერებელი არ იყო. მაქსიმალური სადღელამისო კვერცხმდებლობა შეადგენდა 1391-1422 ერთეულს, ფუტკრის მაქსიმალური რაოდენობა აღინიშნებოდა მაისის თვეში და ჯგუფების მიხედვით განსხვავება დაკვირვების ცდომილების ფარგლებში იყო, თუმცა აღინიშნება ქერის ალაოთი მომზადებული ხელოვნური საკვების რამდენადმე უკეთესი ფიზიოლოგიური მოქმედება ფუტკრის ოჯახებზე, მაგრამ განსხვავება სტატისტიკურად სარწმუნო არ არის. მორფოლოგიური შედეგების ანალიზიდან ჩანს, რომ საცდელსა და საკონტროლო ჯგუფებს შორის არსებითი განსხვავება არ შეიმჩნევა, თუმცა აღსანიშნავია, რომ საცდელი ჯგუფის მაჩვენებლები შედარებით მაღალია.

გამოიცადა აგრეთვე ახალი ატრაქტანტული ნივთიერება, რომელიც მიღებუ-



ლია პარაგვაიდან ინტროდუცირებული მცენარის სტივიას ექსტრაქტის სახით. ექსტრაქტი შეიცავს მხოლოდ ატრაქტანტს, რომელსაც ენერგეტიკული ღირებულება არ გააჩნია. სახამებლის ჰიდროლიზატზე მისი დამატებით არსებითად იზრდებოდა ხელოვნური საკვების მიმზიდველობა, ამ უკანასკნელის ამჟავების შემთხვევები დაკვირვების პერიოდში აღნიშნული არ ყოფილა, თუმცა მიცემული საკვების დოზისაგან დამოკიდებით მისი ათვისება ზოგჯერ 3-4 დღეს გრძელდებოდა.

ამ ატრაქტანტის ფიზიოლოგიური მოქმედების შესასწავლად 1995 წლის აგვისტოში დასაკვირვებლად ენტომოლოგიურ გალიებში აყვანილ იქნა მუშა ფუტკრის ორი ჯგუფი, თითოეულში იყო ორი გალია, საშუალოდ ფუტკრის რაოდენობა 130-140 ცალს შეადგენდა. პირველი ჯგუფის ფუტკარს საკვებად ეძლეოდა კარტოფილის სახამებლის ჰიდროლიზატი, დამუშავებული ქერის ალაოთი, რომელსაც ემატებოდა სტივიას ექსტრაქტი, ხოლო მეორე ჯგუფის ფუტკარს კარტოფილის სახამებლის ჰიდროლიზატი დამუშავებული ქერის ალაოთი.

დაკვირვება ხდებოდა ფუტკრის კლებაზე ჯგუფების მიხედვით. ცდის ბოლოს დარჩენილ ფუტკარზე განისაზღვრა ხახის ჭირკვლისა და ცხიმოვანი სხეულის განვითარება, უკანა ნაწლავის დატვირთულობა. დაკვირვების ხანგრძლივობამ შეადგინა 23-25 დღე. ცდის ბოლოს I ჯგუფში ფუტკრის შენარჩუნების პროცენტი იყო 13,9, II – 12,3. ეს განსხვავება სტატისტიკურად სარწმუნო არ აღმოჩნდა (ცხრ. 3; სურ. 2).

ცხრილი 3

საცდელი ფუტკრის ფიზიოლოგიური მაჩვენებლები

გალიის №	ხახის ჭირკვალი, ბალი	ცხიმოვანი სხეული, ბალი	უკანა ნაწლავის დატვირთულობა, მგ
I	2,7 ± 0,2	3,065 ± 0,15	25,05 ± 1,55
II	2,63 ± 0,1	2,9 ± 0,1	26,45 ± 1,55

ექსპერიმენტის შედეგად მიღებულ მონაცემებს შორის განსხვავებანი ბიომეტრიულად სარწმუნო არ არის, თუმცა რამდენადმე უკეთესი ტენდენცია აღენიშნება საცდელი ჯგუფის ფუტკარს. ეს იმაზე მიუთითებს, რომ კარტოფილის სახამებლიდან მიღებულ ხელოვნურ საკვებზე სტივიას ექსტრაქტის დამატება უარყოფითად არ მოქმედებს ფუტკრის ცხოველმყოფელობაზე. ამასთან, ეს პროდუქტი არსებითად აღმჯობესებდა საკვების მიმზიდველობას (საკვებურიდან აღების ინტენსიურობა).

ჩატარებული კვლევის შედეგებს იმ დასკვნამდე მივყავართ, რომ ხელოვნური საკვების წარმოებისათვის კარტოფილის სახამებლის ჰიდროლიზისათვის წარმატებით შეიძლება გამოვიყენოთ როგორც მიკრობული წარმოშობის ამილოლიზური ფერმენტები, ისე გაალაოებული ქერი, რომლის წარმოება ჩვენი რესპუბლიკის პირობებში რამე არსებით სირთულეს არ წარმოადგენს. ხელოვნური საკვების მიმზიდველობის გაზრდისათვის ჩვენს მიერ გამოყენებული კამის ეთერზეთის

პერსპექტიულობა ექვეს არ იწვევს სხვა, ანალოგიურ ეთერზეთებთან შედარებით დაბალი ღირებულების გამო. გარდა წმინდა ეკონომიკური მოსაზრებისა, ეთერზეთების გამოყენება დაზოგავს შაქრის მნიშვნელოვან რაოდენობას სასურსათოდ, რაც ამჟამინდელ ვითარებაში ყურადსაღები ფაქტორია მიწის რესურსების მიზნობრივი განაწილების დროს.

საქართველოს ზოოვეტერინარული
 სასწავლო-სამეცნიერო ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. H. Weikmann, K. Fincke, F. Weickmann, B. Muber. Bienen fut. ter. Aktenzeichen N 26, 26, 283, int. cl. A23k I/18, 1976.
2. Г. Д. Мадзгарашвили. Доклады Васхнил, 9, 1980, 32-43.
3. ვ. ქობლანიძე, შ. ჩოგოვაძე. ქართული თაფლი - თბილისი, 1980.
4. Л. Г. Персидская, А. П. Чишига. Справочник для работников лабораторий эфиромасличных предприятия. М., 1981.
5. А. Маурицно. В кн. Новое в пчеловодстве. М., 1958, 372-444.
6. Г. А. Аветисян. Разведение и содержание пчел. М., 1983.

ა. ზვინაძე, ნ. საფარიშვილი, ნ. ბალოჯანი

ზრდის ფაქტორების მოქმედება აფიზიოზის თვალის ფერადი ბარსის უჯრედებზე

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ბ. ყურაშვილმა 11.09.1996

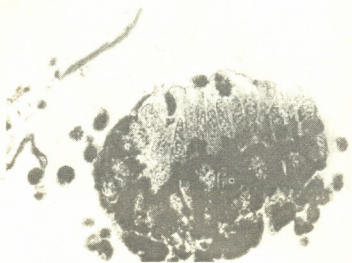
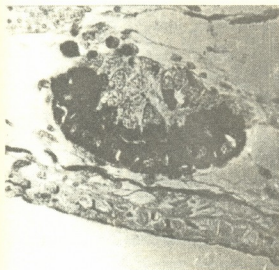
უახლესი გამოკვლევებით ნაჩვენებია იქნა, რომ ზრდის ფაქტორები არ წარმოადგენენ მხოლოდ ზრდის სტიმულატორებს – მიტოგენებს, არამედ ასრულებენ მნიშვნელოვან როლს რეგენერაციის, მორფოგენეზისა და დიფერენცირების პროცესებში. ცნობილია, რომ ფიბრობლასტების ზრდის ფაქტორი იწვევს გასტრულის ექტოდერმის მეზოდერმალისხატიას [1 - 3].

ამ ფაქტორების ანალოგი – თვალის ზრდის ფაქტორი მონაწილეობს ბროლის ვოლფისეულ რეგენერაციაში [4]. ნერვის ზრდის ფაქტორი იწვევს გასტრულის ექტოდერმის სუსტ ნეირალისხატიას [5] და ბროლის ვოლფისეულ რეგენერაციას [6], რომლის დროსაც ხდება ტრიტონის თვალის ფერადი გარსის უჯრედების გარდაქმნა-ტრანსდიფერენცირება ბროლის უჯრედებად. ამ მონაცემების გათვალისწინებით, ჩვენ გადავწყვიტეთ შეგვეწყავლა ზრდის ფაქტორების როლი თვალის ფერადი გარსის ტრანსდიფერენცირების პროცესში. ჩვენს მიერ გამოყენებულ იქნა ორი ზრდის ფაქტორი: ნერვის ზრდის ფაქტორი (ნზფ), რომელიც აქტიურად მონაწილეობს ნერვული ქსოვილის რეგენერაციაში [7] და ტრანსფერინი, რომელიც წარმოადგენს პოტენციურ მიტოგენს, მონაწილეობს რკინის გადატანის პროცესში.

მასალა და მეთოდიკა. კვლევის ობიექტად გამოყენებული იყო ტრიტონები *Triturus taeniatu*s და ბაყაყები *Rana ridibunda*, *Rana temporaria*.

ანესთეზირებულ, ზრდასრულ ცხოველებს ვაცილიდით თვალებს, ვავლებდით ეთილის სპირტში, შემდეგ რამდენჯერმე ვავლებდით ანტიბიოტიკებიან არე 199-ში, ვაცალკევებდით ფერადი გარსის დორზალურ კიდეს, რომელსაც 3 დღით ვათავსებდით *in vitro* ორგვარ არეში: 1) 70% არე 199+ნზფ 50 მკგ/მლ+ ანტიბიოტიკები. ნზფ მიღებული იყო გველის შხამიდან ესტონეთის მეცნიერებათა აკადემიის ქიმიური და ბიოლოგიური ფიზიკის ინსტიტუტის თანამშრომლების მიერ; 2) 70% არე 199+ ტრანსფერინი (*Transferin, human, Serva*) 50 მკგ/მლ+ ანტიბიოტიკები. 3 დღის შემდეგ ვახდენდით ფერადი გარსის მონაკვეთების იმპლანტაციას თავკომბალას თვალის ორბიტაში, საიდანაც წინასწარ ვიღებდით თვალს. ყველა ოპერაციას ვაწარმოებდით მიკროქირურგიულად. *In vivo* კულტივირება თვალის ორბიტაში გრძელდებოდა ფიქსაციამდე. ფიქსაციას ვახდენდით ბუენის სითხეში იმპლანტაციიდან მე-7, მე-15 და 25-ე დღეს. ანათლებს ვღებავდით აზანით ჰაიდენჰაინის მიხედვით.

კვლევის შედეგების განხილვა. ნერვის ზრდის ფაქტორის გამოყენებით ტრიტონებზე ჩატარებულმა ცდებმა გვიჩვენა, რომ აღნიშნული ფაქტორი იწვევს ფერადი გარსის უჯრედების ტრანსდიფერენცირებას ბროლის უჯრედებად. პროცე-



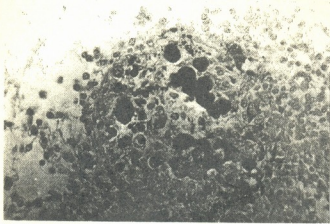
სურ. 1. ტრიტონის თვალის ფერადი გარსის უჯრედების დეპიგმენტაცია ნზფ-ს მოქმედებით იმპლანტაციიდან მე-7 დღეს, X250

სურ. 2. ბროლის წაგრძელებული უჯრედების წარმოქმნა ტრიტონის ფერადი გარსის უჯრედებისაგან ნზფ-ს მოქმედებით. იმპლანტაციიდან მე-15 დღე, X250.

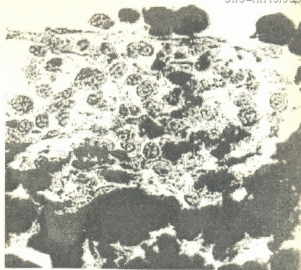
სი იწყება უჯრედების დეპიგმენტაციით მე-7 დღეს იმპლანტაციიდან (სურ. 1). ამ სტადიაზე გვხვდება როგორც ნაწილობრივ, ისე მთლიანად დეპიგმენტირებული უჯრედები. ისინი წარმოადგენენ მომრგვალო ფორმის მოზრდილ უჯრედებს. იმპლანტაციიდან მე-15 დღეს შეიმჩნევა ამ უჯრედების ფორმის მკაფიო ცვლილება, რაც მათ წაგრძელებაში გამოიხატება (სურ. 2). ასეთი ფორმის უჯრედები დამახასიათებელია ბროლის ბოჭკოებისთვის.

განსხვავებული შედეგი იქნა მიღებული იმ ცდებში, რომლებშიც ვიკვლევდით ნზფ-ს მოქმედებას ბაყაყის ფერადი გარსის დორსალური კიდის უჯრედებზე. კერძოდ, ცდების შედეგებმა გვიჩვენა, რომ ნზფ არ იწვევს ფერადი გარსის უჯრედების ლიფერენცირების მიმართულების ცვლილებას, მისი მასტიმულირებელი მოქმედება გამოიხატება მხოლოდ უჯრედების დეპიგმენტაციასა და პროლიფერაციაში. ტრანსლიფერენცირების პროცესი თითქოს იწყება, მაგრამ ბოლომდე არ მიდის. ბაყაყის ფერადი გარსის მონაკვეთის ორბიტაში იმპლანტაციიდან მე-7 დღეს აღინიშნება ფერადი გარსის უჯრედების დეპიგმენტაციის დასაწყისი, ხოლო კულტივირების ბოლო ვადაზე, 25-ე დღეს გვხვდება დეპიგმენტირებული უჯრედების ღიდი გროვები (სურ. 3). ეს უჯრედები მცირე ზომისანი არიან (განსხვავებით ტრიტონის ფერადი გარსის დეპიგმენტირებული უჯრედებისაგან (სურ. 1) და გააჩნიათ მკაფიოდ გამოხატული გამონაზარდები. ამგვარი უჯრედები დამახასიათებელია ბადურის შრეებისათვის, მაგრამ მხოლოდ ამ ნიშნის მიხედვით ძნელია მსჯელობა ბადურის ლიფერენცირებაზე.

ამგვარად, ნერვის ზრდის ფაქტორის მოქმედება სხვადასხვა კომპეტენციის უჯრედებზე იწვევს განსხვავებულ შედეგებს. ტრიტონის ფერადი გარსის უჯრედებისათვის დამახასიათებელია მკვეთრად გამოხატული მიდრეკილება ბროლის წარმოქმნისა, რომელიც ვლინდება როგორც ბუნებრივი, ბროლის ვოლფისეული რეგენერაციის პროცესში, ასევე ცდის პირობებში სხვადასხვა მაინდუცირებელი ზე-



სურ. 3. ბაყაყის ფერადი გარსის უჯრედების დეპიგმენტაცია ნზფ-ს მოქმედებით. იმპლანტაციიდან 25-ე დღე. შეინიშნება უჯრედები მცირე ზომის გამონაზარდებით. X250.



სურ. 4. ბაყაყის ფერადი გარსის უჯრედების დეპიგმენტაცია. ტრანსფერინის მოქმედების შემდეგ. X250.

გავლენის მოქმედებით [9] და კლონალური კულტივირებისას [10] ყოველგვარი ზემოქმედების გარეშე. ეს გვაფიქრებინებს, რომ ტრიტონის ფერადი გარსის უჯრედები შეიცავენ ბროლის მაინდუცირებელ უჯრედშიდა ფაქტორებს, რომელთა არსებობაც განსაზღვრავს მათ კომპეტენციას წარმოქმნან ბროლის უჯრედები ზემოთ ჩამოთვლილ შემთხვევებში. შესაძლებელია, რომ ნზფ, ისევე როგორც სხვა ფაქტორები სწორედ ამ კომპეტენციის რეალზაციას უწყობს ხელს.

ტრიტონებისაგან განსხვავებით, ბაყაყის ფერადი გარსის უჯრედების ბროლის უჯრედებად გარდაქმნა გაცილებით ძნელია. ჩვენს მიერ ადრე გამოკვლეული იყო ამ უჯრედების პოტენციური შესაძლებლობანი და ნაჩვენები იქნა, რომ სამი მაინდუცირებელი მოქმედებიდან (ბადურა, თვალის ბუმტი, ბროლის ეპითელი) პირველი ორი იწვევდა ბადურის წარმოქმნას და მხოლოდ მესამე – ბროლის ეპითელი, ისიც ცდის განსაკუთრებულ პირობებში – ბროლის წარმოქმნას [11]. ეს გვაძლევს იმის დამტკიცების საფუძველს, რომ ბაყაყის ფერადი გარსის უჯრედებში სჭარბობს ბადურის წარმოქმნელი უჯრედშიდა ფაქტორები. ნზფ-ის მოქმედება იწვევს გამოსაკვლევი უჯრედების დეპიგმენტაციას, დედიფერენცირებას, პროლიფერაციას, მაგრამ პროცესი არ მთავრდება დიფერენცირების ტიპის ცვლილებით.

ტრანსფერინის მოქმედების შესწავლის შედეგებმა გვიჩვენა, რომ ის ერთნაირ შედეგებს იწვევს განსხვავებული კომპეტენციის უჯრედებში. როგორც ტრიტონის, ისე ბაყაყის ფერადი გარსის უჯრედები ტრანსფერინის მოქმედების შემდეგ იწყებენ აქტიურ დეპიგმენტაციას იმპლანტაციიდან მე-5, მე-7 დღეს. შემდგომში შესაძლებელია მხოლოდ დეპიგმენტირებული უჯრედების რიცხვის მცირე მატება (სურ. 4), მაგრამ უჯრედული ტიპის ცვლილებებს კი ადგილი არა აქვს. შესაძლებელია, რომ დეპიგმენტირებული უჯრედები ვერ გადაიან საკმარისი რაოდენობით მიტოზურ ციკლებს, რაც ზოგიერთი ავტორის აზრით [12] აუცილებელია ტრანსდიფერენცირების დაწყებული პროცესის დასრულებისათვის. გარდა ამისა, ლიტერატურაში გაჩნდა მონაცემები იმის თაობაზე, რომ ზოგიერთი ზრდის

ფაქტორი იწვევს მხოლოდ ზოგადი გენების ჩართვას და არა სპეციფიკურისას, რაც იწვევს ზოგად პასუხს [13], პროლიფერაციას, რომელიც ჩვენს შემთხვევაში შესაძლებელია დეპიგმენტაციისა და დედიფერენცირებისას.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 ზოოლოგიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. *J. C. Smith*. Development, 99, 1987, 3-14.
2. *J. M. W. Slack, B. G. Darlington, J. K. Heath, S. F. Godsave*. Nature, 326, 1987, 197-200.
3. *D. Kimelman, M. Kirshner*. Cell, 51, 1987, 869-877.
4. *R. Cuni, P. C. Jeanny, Y. Courtois*. Differentiation, 32, 1986, 221-229.
5. *А. Н. Михайлов, Т. Э. Неуман, Н. А. Горголюк, Ю. П. Сыбер*, ДАН СССР, 170, 1983, 3, 712-714.
6. *L. A. Williams, M. Mcglinn*. Amer. Zool. 19, 923, 1979.
7. *S. Varon, R. Adler*. Cur. Top. Dev. Biol., 16, 1980, 207-252.
8. *P. Eklom*. Development, 1984, 173-206.
9. *T. Yamada*. Monographs in Developmental Biology (ed. by Wolsky). Basel. v. 13, 1977.
10. *G. Eguchi*. Mechanisms of Cell Changes. (J. D. Ebert & T. Okada eds) Willey, New York, 1979, 273-291.
11. *К. Г. Звиаддзе*. Автореф. канд. дисс. М., 1982.
12. *T. Yamada*. Zoological Science. 1, 1984, 333-348.
13. *M. Mercola, C. D. Stiles*. Development, 102, 1988, 451-460.



ბ. გობილაშვილი

პარიესის პროფილაქტიკა

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა თ. ლეკანოსიძემ 18.11.1996

კარიესი კბილის მაგარ ქსოვილთა დაზიანებაა, რომელიც მიმდინარეობს მინანქრის, დენტინის და ცემენტის დაშლით და დეფექტის წარმოქმნით. კარიესით ზიანდება როგორც სარძევე (დროებითი), ისე მუდმივი კბილები.

კარიესის პირველ კლინიკურ ნიშანს წარმოადგენს თეთრი ფერის ლაქა. მისი კლინიკა მიმდინარეობს უსიმპტომოდ, რის გამოც აღმოჩენა ხდება შემთხვევით, პირის ღრუს დათვალიერებისას. თეთრი ლაქა მინანქრის დემინერალიზებული უბანია. იგი შეიძლება გაქრეს (ამ დროს ხდება უკუგანვითარება) ან გახდეს პიგმენტირებული (ყავისფერი ან შავი), მაგრამ ყველაზე ხშირად კი გარდაიქმნება ზედაპირულ კარიესად [1].

კარიესული პროცესის განვითარების აუცილებელ პირობას წარმოადგენს პირის ღრუში ნახშირწყლების და მიკროორგანიზმების არსებობა. მათი როლი დადასტურებულია კლინიკურად და დამტკიცებულია ექსპერიმენტულად.

კარიესის განვითარების პირველ ეტაპად შეიძლება ჩაითვალოს მინანქრის ზედაპირზე კბილის ბალთის წარმოქმნა. კბილის ბალთა რთული ორგანული წარმონაქმნია. იგი წარმოადგენს მიკროორგანიზმების, ნახშირწყლების, ფერმენტების, ტოქსინების დაგროვების ადგილს. ბალთას გააჩნია ფოროვანი სტრუქტურა, რაც საშუალებას აძლევს ნახშირწყლებს თავისუფლად შეაღწიონ მინანქრის ღრმა ფენებში, იგი სწრაფად წარმოიქმნება და იზრდება რბილი საკვების მიღებისას და ადვილად ფერმენტირებადი ნახშირწყლების დიდი რაოდენობით გამოყენებისას.

კარიესის განვითარების მეორე ეტაპი ორგანული მჟავების წარმოქმნაა. კბილის ბალთის სტრუქტოკოკები ქიმიური გარდაქმნების გზით ახდენენ ნახშირწყლების ფერმენტაციას და წარმოქმნიან ორგანულ მჟავებს – რძის, პიროყურძნის, ძმრის, ვაშლის და სხვ., რომლებიც იწვევენ მინანქრის შემოსაზღვრულ უბანზე pH-ის დაქვეითებას 4,5-5,0-მდე.

კბილის მინანქრის მდგომარეობაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს პირის ღრუს სითხე. სანერწყვე ჭირკვლების სეკრეტი სადინარდან გამოყოფისას მდიდარია კალციუმით და ფოსფორით, რაც უზრუნველყოფს ამ ნივთიერებათა მინანქარში მოხვედრას და განაპირობებს მათ სიმტკიცეს. მინანქარში მინერალურ ნივთიერებათა მოხვედრა, სხვაგვარად რომ ვთქვათ, მისი რემინერალიზაცია წარმოადგენს დამცველობით მექანიზმს. ნერწყვის დამცველობით ფაქტორთა შორის საჭიროა აღვნიშნოთ მასში ფაქტორის შემცველობა – მკვეთრად გამოხატული კარიესის საწინააღმდეგო მოქმედებით.

მნიშვნელოვანი როლი პირის ღრუს, და მათ შორის, კბილების ჯანსაღ მდგომარეობაში შესანარჩუნებლად ენიჭება ნერწყვის ბუფერულ ტევადობას (მევათა და ტუტეთა განეიტრალება). იგი განისაზღვრება სამი სისტემით: ბიკარბონატული, ფოსფატური და ცილოვანი. ნერწყვის ბუფერული ტევადობა იცვლება მთელი რიგი ფაქტორების ზემოქმედებით. უნდა აღინიშნოს, რომ საკვებში ცილების და ბოსტნეულის გამოყენებისას ბუფერული ტევადობა იზრდება, ნახშირწყლების მიღებით კი – მცირდება [2].

კბილის ქსოვილზე გავლენას ახდენს პირის ღრუს სითხის რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ცვლილება. ჩატარებულმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ ნერწყვის და, მშასადამე, პირის ღრუს სითხის გამოყოფის დარღვევამ შეიძლება განაპირობოს მინანქრის განახლების პროცესის ცვლილება იონური ცვლის დონეზე, რასაც საბოლოოდ მიყვავართ კბილთა ქსოვილებში ცვლილებების გაჩენამდე. კლინიკურმა დაკვირვებებმა აჩვენა, რომ ჰიპოსალივაციას ყოველთვის თან ახლავს კბილთა კარიესით დაზიანება.

კარიესის შესახებ თანამედროვე შეხედულების საფუძველზე იქმნება აღნიშნული პათოლოგიური პროცესის თავიდან აცილების რეალური შესაძლებლობები.

პირველი ღონისძიება სტომატოლოგიურ დაავადებათა პროფილაქტიკის მიზნით იწყება ორსულ ქალებზე ზრუნვით. ქალთა კონსულტაციის ექიმებმა ყურადღება უნდა მიაქციონ მათი რეჟიმის დაცვას, სრულფასოვან კვებას. პირის ღრუს ჰიგიენის დაცვას.

დაბადების შემდეგ ბავშვის კბილის ქსოვილთა სრულფასოვანი სტრუქტურის შექმნა მთლიანად არის დამოკიდებული მის ჯანმრთელობასა და სწორ კვებაზე. დიდი მნიშვნელობა ენიჭება თანმზღები დაავადებების არსებობას (ჰიპოვიტამინოზი, დისპეპსიური მოშლილობანი, ენდოკრინული დარღვევები), რომლებსაც, როგორც წესი, მიყვავართ კბილის ქსოვილთა ჰიპოპლაზიამდე [3]. მათი თავიდან აცილება მუდმივი კბილების ქსოვილთა ფორმირების მთავარი პირობაა. აუცილებელია ვიზრუნოთ ცილების, ვიტამინებისა და განსაკუთრებით მინერალურ ნივთიერებათა ორგანიზმში მოხვედრაზე. ყველაზე მნიშვნელოვან საკვებს ახალშობილთათვის წარმოადგენს დედის რძე, რაციონალური უნდა იყოს მეძუძურე ქალის კვება. ლაქტაციის პერიოდში ქალებს ესაჭიროებათ მინერალური კომპონენტები, ვიტამინები, მიკროელემენტები, აქედან გამომდინარე, საკვებ რაციონში უნდა შედიოდეს – ბოსტნეული, ხილი, რძე და რძის პროდუქტები.

დადგენილია, რომ ახლად ამოჭრილი კბილის მინანქარი შეიცავს მინერალური კომპონენტების (კალციუმი, ფოსფორი და სხვ.) 2-3%-ით ნაკლებ რაოდენობას მოზრდილთა კბილებთან შედარებით [4]. კბილთა ამოჭრის შემდეგ პირველი წელი ხასიათდება კარიესისადმი უდიდესი ათვისების უნარით. მათი მდგრადობის ასამაღლებლად საჭიროა საკვებში იყოს საკმარისი რაოდენობით რძის პროდუქტები, ბოსტნეული, ხილი და, შესაძლებელია, მცირე რაოდენობით ნახშირწყლებიც. განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა ენიჭება კვებითი რეჟიმის დაცვას, რამეთუ მასზე დიდად არის დამოკიდებული ორგანიზმის მიერ საკვები ნივთიერებების შეთვისება. დიდი მნიშვნელობა ენიჭება აგრეთვე ორგანიზმში საკვები ნივთიერებების მიწოდების თანმიმდევრობას და მათ შეთვისებას. ნახშირწყლოვანი



საკვები მაღალკალორიულია. იგი აბრკოლებს ორგანიზმის მიერ ამინომჟავების, ვიტამინების, მიკროელემენტების შეთვისებას. გარდა ამისა, ხელს უწყობს საკვები ნარჩენებით პირის ღრუს დაბინძურებას და მჟავების წარმომქმნელი მიკროფლორის განვითარებას. ამის გამო ნახშირწყლების ორგანიზმში მოხვედრა სასურველია ხილის, ბოსტნეულის, ნატურალური წვენების სახით.

ცილების დეფიციტი კბილის განვითარების პერიოდში იწვევს მის ზომში და წონაში შემცირებას, მინაქრის სტრუქტურულ ცვლილებებს. მთავარი როლი ენიჭება შეუცვლელ ამინომჟავებს (ანგინინი, ლიზინი, ალანინი, გლიცინი, პროლინი, თიროზინი), რომელთა რაოდენობრივი თანაფარდობა ირღვევა კარიესის დროს. მათ შეიცავს ყველა ცხოველური ცილა, მაგრამ ყველაზე დიდი რაოდენობით კი გვხვდება კურდღლის, ქათმის, ინდაურის, საქონლის ხორცში. მცენარეული პროდუქტებიდან ყველაზე დიდი რაოდენობით ანგინინი და ლიზინი გვხვდება ჭარხალში.

ფოსფორის და ცხიმების ჭარბი რაოდენობა აქვეითებს კალციუმის შეთვისებას, ხოლო ცილების და მაგნიუმისა კი — ააქტიურებს მას.

ყველაზე უფრო მდიდარი კალციუმით, ფოსფორითა და ცხიმოვანი მჟავებით არის თხის რძე და მისი პროდუქტები; კალციუმით, ფოსფორით და მაგნიუმით — ვაშლი, სტაფილო, ლობიო, გოგრა, ბოლოკი; კალციუმით და მაგნიუმით — სალათი, კიტრი, კვერცხი, სარდინი, სტავრიდა; კალციუმით და ფოსფორით — გარგარი, ატამი, ალუბალი, ქლიავი, ჭარხალი, ბალი, სოია, ორაგული, მინერალური წყალი — ბორჯომი [5].

მიკროელემენტთა შორის კარიესოსტატიკური ეფექტით ყველაზე მეტად გამოირჩევა ფტორი. დიდი რაოდენობით ფტორის წყალში ხსნად ნაერთს შეიცავს უმაღლესი ხარისხის ჩაი და ზღვის კომპოსტო.

თუთიას შეიცავს — ხორცი, ზღვის თევზი, კვერცხი, ხილი, ბოსტნეული, კურდღლის ხორცი, მწვანე ბარდა, ჭარხალი, სტაფილო, მსხალი, ფორთოხალი, ყოლო.

მანგანუმის ყველაზე დიდი რაოდენობა არის — შვრიაში, სოიაში, ჭარხალში, ხახვში, გარგარში, ყოლოში, თევზში, ხორბალში.

სპილენძი დიდი რაოდენობითაა — მდნარ ყველში, წიწიბურაში, ჭარხალში, კარტოფილში, ლიმონში, შავ მოცხარში, პარკოსნებში.

ვანადიუმს შეიცავს ყველა მარცვლოვანი და პარკოსანი მცენარე, კარტოფილი. ვიტამინები ორგანიზმში ხედებიან მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის პროდუქტებით.

საკვები ნივთიერებების სრულფასოვნება დიდად არის დამოკიდებული კულინარულ დამუშავებაზე. მისი ძლიერი დაჭეცმა ცეხვა და ხანგრძლივი დამუშავება აქვეითებს საკვები პროდუქტების კვებით ღირებულებას.

კარიესის პროფილაქტიკაში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება პირის ღრუს ჰიგიენის დაცვას. პირის ღრუს ჰიგიენის დაცვისათვის მოწოდებულია სხვადასხვა საშუალებები: კბილის პასტები, კბილის ძაფები (ფლოსები), ელიქსირები.

კბილის პასტები პირობითად დაყოფილია ჰიგიენურ და სამკურნალო-პროფილაქტიკურ პასტებად.

შიგიენტური კბილის პასტები ძირითადად გამოიყენება კბილის მექანიკური გაწმენდისათვის. მათ შემადგენლობაში შედის: აბრაზიული შემავსებელი, პლასტიფიკატორი, ქაფის წარმომქმნელი ზედაპირულად აქტიური ნივთიერება და სხვა.

სამკურნალო-პროფილაქტიკურ კბილის პასტებში, გარდა ზემოთ აღნიშნული ინგრედიენტებისა შედის ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები (ვიტამინები, ფერმენტები, სამკურნალო მცენარეთა ნაყენი და ექსტრაქტები, მიკროელემენტები, მარილები).

მინანქრის რეზისტენტობის ამაღლების მიზნით ფართოდ გამოიყენება ფტორის შემცველი პასტები. ჩვენს ქვეყანაში გაყიდვაშია: „ფტორდენტი“, „სიგნალი“, „კოლგეთი“, „აქვა-ფრეში“.

მრავალრიცხოვანმა კლინიკურმა დაკვირვებებმა გვიჩვენა, რომ ბავშვთა ასაკში პირის ღრუს ინდივიდუალური შიგიენტის ჩვევების სწორად ათვისება, ამ ჩვევების კონტროლი სტომატოლოგების მიერ, დროული და მიზანმიმართული პროფესიონალური შიგიენტა საწინდარია კბილის დაზიანების მკვეთრად შემცირებისა.

ჯაგრისით კბილების ხეხვა შესაძლებელია უკვე 4-5 წლის ასაკიდან. 2,5 წლიდან კი რეკომენდებულია ბავშვთა შეგუება ჯაგრისის გამოყენებასთან დასაწყის პერიოდში პასტების გარეშე, შემდგომში კი სპეციალური სასიამოვნო სუნისა და გემოს პასტების გამოყენებით.

კარიესის პროფილაქტიკისათვის რეკომენდებულია მინერალიზებული ხსნარების გამოყენება. ერთ-ერთ მათგანს წარმოადგენს კალციგლუკონატის 10%-იანი ხსნარი. როგორც ჩატარებულმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, მისი აპლიკაციები მუდმივ კბილთა ზედაპირზე საგრძნობლად აფერხებს კარიესული პროცესის გაღრმავებას. აპლიკაციების ჩატარება უნდა მოხდეს წელიწადში 2-ჯერ. კბილის მინანქრის რეზისტენტობის ასამაღლებლად გამოიყენება რემოდენტის 1-3%-იანი ხსნარის აპლიკაციები. მის შემადგენლობაში შედის – ფოსფორი, მაგნიუმი, კალციუმი, ნატრიუმი, ქლორი და სხვა კომპონენტები [6].

კბილის ქსოვილთა რეზისტენტობის ასამაღლებლად მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება ფტორს. ორგანიზმში მისი ოპტიმალური მოხვედრა იწვევს კარიესის საწინააღმდეგო მოქმედებას.

მარტივად, კარიესის პროფილაქტიკის სამუალებად შეიძლება ჩაითვალოს სასმელი წყლის ხელოვნური ფტორირება 1 მგ კონცენტრაციამდე. სამწუხაროდ, ჩვენს ქვეყანაში სასმელი წყლის ფტორირება არ ხდება. მაგრამ მიუხედავად ამისა, ორგანიზმში ფტორის მოხვედრა მაინც შეიძლება ტაბლეტების სახით (1,2-1,6 მგ დღეში). ფტორისშემცველი ტაბლეტების კარიესის საწინააღმდეგო ეფექტი მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებულია მისი მიღების რეგულაციასა და ხანგრძლივობაზე. სასმელ წყალში ფტორის დაბალი შემცველობისას ტაბლეტების დანიშნა უნდა მოხდეს 1 წლის ასაკიდან და გაგრძელდეს 15-17 წლამდე. კლინიკურმა დაკვირვებებმა აჩვენა, რომ 2,5 წლის განმავლობაში ტაბლეტების ყოველდღიურმა მიღებამ 7-8 წლის ბავშვებში შეამცირა მუდმივ კბილთა კარიესის ინტენსივობა დაახლოებით 57%-ით.

კარგ შედეგს იძლევა ფტორის ადგილობრივი გამოყენებაც: აპლიკაციების, პირის ღრუს გამოსაყვების, კბილის ლაქით ან გელით დაფარვის, კბილების



ფტორშემცველი პასტებით გამოხეხვის სახით. ყველაზე ხშირად გამოიყენება 2%-იანი ნატრიუმის ფტორის ხსნარი. ამ ხსნარში გაჟღენთილი ტამპონი თავსდება კბილთა მშრალ ზედაპირზე 10-20 წუთით. ჩვეულებრივ, ტარდება 2-3 აპლიკაცია 2-3 დღის ინტერვალით. კურსის ჩატარება სასურველია წელიწადში 1-2-ჯერ (ნატრიუმის ფტორიდის 2%-იანი ხსნარის შემთხვევით გადაყლაპვის შემთხვევაში საჭიროა მისი ანტიდოტის — კალციგლუკონატის 5%-იანი ხსნარის გამოყენება).

ფტორლაქი შეიცავს ნატრიუმის ფტორიდის 20%-ს. მისი აპლიკაცია მინანქრის ზედაპირზე წარმოქმნის გარსს, რომელიც ჩერდება რამდენიმე საათის განმავლობაში. ამ ხნის განმავლობაში ხდება ფტორის იონების დიფუზია მინანქრის ღრმა ფენებში. ლაქის მოთავსება ხდება კარგად გამშრალებულ კბილთა ზედაპირზე ფუნჯის საშუალებით. 3-5 წთ-ის შემდეგ კი მაგრდება და შესაძლებელია პირის დახურვა. კბილთა დამუშავება ლაქით რეკომენდებულია 5 თვეში ერთხელ.

კბილის საღეჭი ზედაპირის კარიესის პროფილაქტიკისათვის დღესდღეობით ფართო გამოყენება პოვა ჰერმეტიკებმა, ანუ სილანტებმა [7].

სილანტების დანიშნულებაა შექმნან ფიზიკური ბარიერი, რომელიც ხელს შეუშლის მინანქრის რეტენციულ უბნებში პირის ღრუს მიკროორგანიზმებისა და ცხოველმყოფელობის პროდუქტების მოხვედრას და შეკავებას. კბილთა ფისურების ჩაბეჭდვა სილანტების გამოყენებით წარმოადგენს კარიესის მაღალეფექტურ პროფილაქტიკურ საშუალებას.

სამკურნალო პროფილაქტიკური მიზნით საღეჭი რეზინის გამოყენების შესაძლებლობა მიიქცია სტომატოლოგთა ყურადღება.

საინტერესოა, როგორია საღეჭი რეზინის ფიზიოლოგიური ეფექტი?

ერთ-ერთი მთავართაგანი არის სანერწყვე ჯირკვლების ხანგრძლივი სტიმულაცია, ნერწყვდენის გაძლიერება. ცნობილია, რომ გაძლიერებული ნერწყვდენისას ხდება პირის ღრუს ორგანოების გაწმენდა საკვები ნარჩენებისაგან, საკვები დეტრიტისა და ნადებისაგან. ჰიპერსალივაციის დროს ნერწყვი იზრდება კალციუმის, ფოსფორის და სხვა მინერალური ნივთიერებების იონთა რაოდენობა, ცილოვან ნივთიერებათა, საქმლის მომწვლელ ფერმენტთა და ანტიმიკრობულ აგენტთა შემცველობა, მაგრამ საყურადღებოა ის ფაქტი, რომ საღეჭ რეზინებში კარგი არომატისათვის ხშირად გამოიყენება საქაროზა, გლუკოზა, ფრუქტოზა და სხვა ნახშირწყლები. სტომატოლოგთათვის კი კარგად არის ცნობილი ნახშირწყლების კარიესოგენული როლი: კარიესოგენულ მიკროფლორას შესწევს უნარი ძალიან სწრაფად მოახდინოს საქაროზის მეტაბოლიზმი, აღძრას მთავე პროდუქცია და ნახშირწყლების დეპოს წარმოქმნა კბილის ნადების სახით. თუ ასეთი სიტუაცია არ კონტროლდება და ხშირად მეორდება, მაშინ შაქრის შემცველი საღეჭი რეზინის კარიესოგენური ეფექტი შეიძლება იყოს ძალიან მაღალი.

საღეჭი რეზინის გამომშვები სხვადასხვა ფერმები კარიესის პროფილაქტიკისათვის გვთავაზობენ ახალ კომპოზიციებს, რომელთა შემადგენლობაში არ შედის შაქარი, ხოლო კარგი არომატისათვის გამოიყენება შაქრის შემცველები: ქსილიტი, სორბიტი და სხვ. ასეთი შენაცვლება პრაქტიკულად მთლიანად აქრობს შაქრის შემცველ ნეგატიურ ეფექტებს.

ისმის კითხვა: რომელი სადეჭი რეზინები შევურჩიოთ პაციენტებს? კარიესული პროცესის პროფილაქტიკისათვის ეჭიმის რჩევით სასურველია საქვეყნოდ ცნობილი ფირმა “Wrigly”-ის მიერ გამოშვებული კარგად ცნობილი ნაწარმი “Orbit” შაქრის გარეშე და შაქრის შემცველებით [8].

ამრიგად, პედიატრ-სტომატოლოგები, რომლებიც შედარებით გამოცდილი არიან ბავშვთა ასაკში პროფილაქტიკურ და აღდგენით ღონისძიებათა ჩატარებაში, ვალდებული არიან აქტიური როლი ითამაშონ კარიესის წინააღმდეგ ბრძოლაში.

თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. *E. V. Боровский*. Терапевтическая стоматология. М., 1994, 187.
2. *В. Я. Яковлева и др.* Диагностика, лечение и профилактика стоматологических заболеваний. Минск, 1994, 137.
3. *L. Aline, M. Makel, P. Collin, O. Keyrilainen*. J. Oral. Pathol. Med. 19, 6 1990, 241-245.
4. *T. Magnusson*. Acta Odontol. Scand., 42, 3, 1984, 137-139.
5. *Е. Бармский*. Квинтэссенция, 4, 1994.
6. *D. E. Barmes*. In: 4th World Congress on Preventive Dentistry, 1993, 20.
7. *ჭ. გოგილაშვილი, მ. მამალაძე* თერაპიული სტომატოლოგია – სიტუაციური, საკონტროლო ამოცანები და ტესტკონტროლი სტომატოლოგიური ფაკულტეტის სტუდენტებისათვის, თბილისი, 1996.
8. *А. К. Леонтьев*. Позиция стоматологов, 10, 1996, 63-65.



ბ. გორგოზიძე

თირკმელზედა ჯირკვლის ულტრასტრუქტურის ცვლილებები
ანტიბიოტიკური სტიმულაციის დროს ქვეყნიური მედიცინის

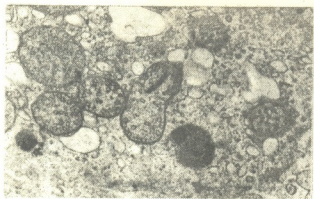
წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. ჯავახიშვილმა 9.01.1997

ენდოკრინული ჯირკვლების კომპენსატორული რეაქციების ლაბილობა და მათი ჰისტოჰემატური ბარიერის განვლადობის თავისებურებანი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ინფექციის აღმოცენებისა და მიმდინარეობის პროცესში.

წარმოადგინა თირკმელზედა ჯირკვლის (თჯ) ცვლილებათა მორფოფუნქციური ანალიზი ექსპერიმენტული სტაფილოკოკური ინფექციის დროს. გამოყენებული იყო 50 უჯიშო მამრი ვირთაგვა, მასით 150,0 გ. დასნეობენება წარმოებდა "Staphylococcus epidermidis - 9198" ჰოსპიტალური შტამით, რომელიც ამოიღესა ჩირქოვანი ქირურგიული ინფექციით დაავადებულთა კერებიდან (ფლეგმონა, ფურუნკული, კარბუნკული და სხვ.). წინასწარ ცხოველებში განსაზღვრული იყო ანტისტაფილოკოკური ანტიბიოტიკების არსებობა. დასნეობენება ხდებოდა ინექციით ინტრაპერიტონალურად 48 სთ მიკრობული კულტურით, რომელიც დამზადებული იყო სტანდარტული წესით ფიზიოლოგიურ ხსნარში სუსპენზიის სახით (2 მლ მიკრობული სხეული 1 მლ ხსნარში). ცოცხალი და აგონიაში მყოფი ცხოველებიდან მასალას ვიღებდით 2, 5, 10 და 15 დღის შემდეგ. მასალას ვამუშავებდით ჰისტოლოგიური და ელექტრონულ-მიკროსკოპული გამოკვლევებისათვის.

ყველა ცხოველს მიკრობის შეყვანის ადგილზე (მუცლის წინა კედელი) განუვითარდა ჩირქოვანი ან ჩირქოვან-ნეკროზული ხასიათის ანთება. დაკვირვებათა 70%-ში აღინიშნებოდა აგრეთვე კუდისა და ორბიტის ნეკროზი.

ჰისტოლოგიურმა ანალიზმა გვიჩვენა, რომ პროცესის მორფოლოგიური სუბსტრატია თჯ-ს ორივე შრეში შეესატყვისებოდა ექსპერიმენტული პათოლოგიის ხანგრძლივობას. საწყის ეტაპზე 2-დან 10 დღემდე გამოვლინდა თჯ-ს ქერქოვანი შრის უჯრედების აქტიური ფუნქციური მდგომარეობა მათი ულტრასტრუქტურის დონეზე. ქერქის ტრანსფორმაციის ინდექსი - გორგოვანი და ბადისებრი ზონების სისქის მიხედვით იყო მომატებული. უჯრედთა ჯგუფები ბაგირაკოვან ზონაში განიცდიდნენ ადენომატოზურ გარდაქმნებს. ადგილი ჰქონდა ადრენოკორტიკოციტებში სეკრეტორული და პრესეკრეტორული მარცვლების ზომისა და რაოდენობის მომატებას, მათ გადაადგილებას უჯრედების სუბემბრანულ უბნებში, ნუკლეოლემის კლაკნილობას, უმარცვლო ენდოპლაზმური ბადისა და მიტოქონდრიების თავმოყრას ლიპიდური ჩანართების ირგვლივ. ტვინოვანი შრის სიმკვრივე და ქრომაფინული უჯრედების გან-



სურ. ვირთაგვას თირკმელზედა ჯირკვლის ქერქის ბაგირაკოვანი ზონის ადრენოკორტიკოციტი დასნებოვნებიდან მე-15 დღეს. ციტოპლაზმის „ქაფიება“, მიტოქონდრიების და უმარცვლო ენდოპლაზმური ბადის ცისტერნების ჰიდროპული დისტროფია. X 5.000.

პროცესს, შესაძლოა, აჩქარებდნენ უჯრედის პლაზმოლემის ნაოქები, რომლებიც ციტოპლაზმის სიღრმეში იჭრებოდნენ.

დასნებოვნებიდან 10-15 დღის შემდეგ გამოვლინდა *მზჯ*-ს ადრენოკორტიკოციტებში ლიპიდების შემცველი ნივთიერების რაოდენობის შემცირება, ქერქის ტრანსფორმაციის ინდექსის დაქვეითება, ადრენოკორტიკოციტებს შორის „ქაფიანი“ უჯრედების – სპონგიოციტების წარმოქმნა (სურ.) განსაკუთრებით, ბაგირაკოვან ზონაში, აღინიშნებოდა ციტოპლაზმის გამოფიტვა ორგანულებისა და სეკრეტორული გრანულებისაგან. რიგ შემთხვევებში, ქერქოვან შრეში აღინიშნებოდა ლიმფოიდური ინფილტრატის კერები, დამახასიათებელ ნიშანს წარმოადგენდა ქერქოვანი და ტვინოვანი ნივთიერების სტრომის და ჯირკვლის კაფსულის გასქელება, მიკროსკოპული სისხლჩაქცევები. ენდოკრინულ ჯირკვლებში კეროვან სკლეროზს და სტრომის ბოქვოების გასქელებას აღნიშნავენ არა მარტო ინფექციური პროცესის, არამედ ხანგრძლივი ჰიპოქსიური მდგომარეობის დროსაც კლინიკასა და ექსპერიმენტში [3, 4]. თირკმელზედა ჯირკვალში აღინიშნებოდა სისხლძარღვთა განვლადობის დარღვევის გამოხატული ნიშნები – ერითროსტაზისა და პლაზმორაგიის, შემუპებისა და სისხლჩაქცევების სახით.

ჩატარებულმა გამოკვლევებმა გვიჩვენეს, რომ თირკმელზედა ჯირკვლის ქერქოვანი და ტვინოვანი შრის უჯრედების ცვლილებები სტაფილოკოკური ინფექციის საწყის ეტაპზე შეიძლება შეფასდეს როგორც კომპენსატორულ-ადაპტაციური რეაქცია, ხოლო მოგვიანებით ვადებზე 10-15 დღემდე კი – ჯირკვლის პარენქიმული ელემენტების გამოფიტვა და დისტროფია.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

ა. ნათიშვილის სახ. ექსპერიმენტული მორფოლოგიის ინსტიტუტი

ლაგების სიმქიდროვე იყო შემცირებული. ვენური სინუსოიდები გაგანიერებული და სისხლსავსე.

ქრომაფინულ უჯრედებში ეპინეფრინის შემცველი გრანულები იყო გადიდებული, ზოგიერთი შერწყმული, – მკაფიოდ გამოხატული მემბრანით, რომელიც როგორც ცნობილია, წარმოადგენს დოფამინ – β ჰიდროქსილასას ფრაქციას [1, 2] კატექოლამინების ძირითად აქტიურ სუბსტანციას. გრანულების პერიკაპილარულ სივრცეში გადაადგილება მიუთითებდა კატექოლამინების უტილიზაციის გაძლიერებაზე, რასაც ადასტურებდა აგრეთვე აქტიური ეგზოციტოზი. ამავე

ლიტერატურა

1. *N. Weiner*. Norepinephrine, Epinephrin and the Sympath. Amines I Pharmacological Basis of Therapeutics, ed. 7, 1985, 145-180. (Eds. Gillman A-G., Goodman I. S. et al).
2. *D. Njus, P. M. Kelley, G. Y. Harnadek*. J. Physiologist, 28. 1985, 24.
3. *С. А. Степанов, А. А. Григоренко*. Архив патологии, 3. 1982, 79-83.
4. *А. С. Ходасевич*. Архив патологии, 12, 1990, 19-24.



ი. წამათელი

არნოლდ გელენი ფილოსოფიური ანთროპოლოგიის შესახებ

წარმოადგინა წევრ-კორესპონდენტმა ნ. ქავკავაძემ 12.12.1996

არნოლდ გელენი ფილოსოფიური ანთროპოლოგიის ერთ-ერთი თვალსაჩინო წარმომადგენელია. მისი თეორიის ჩამოყალიბებაზე გამოჩენილი გავლენა იქონია შელერის ანთროპოლოგიის იდეებმა. გარდა გელენის ფილოსოფიურ-ანთროპოლოგიური კონცეფციის თავისთავადი მხარეებისა, საინტერესოა მისი შეხედულებანი ფილოსოფიური ანთროპოლოგიის, როგორც მეცნიერების შესახებ.

განვიხილავს რა ფილოსოფიური ანთროპოლოგიის შექმნის განსხვავებულ ცდებს, გელენი მიუთითებს, რომ მკვლევართა ნაწილი ადამიანს ხსნიდა ღმერთის სამუალებით, ნაწილი კი, ცხოველის სამუალებით. მისთვის პირველი შეხედულება არამეცნიერულია, მეორე კი „მეცნიერულად ორაზროვანი“, თუმცა ორივეს აერთიანებს წინასწარდაშვება, რომ ადამიანი არ შეიძლება განისაზღვროს თავის თავიდან ([1], გვ. 10). ერთადერთი ვარაუდი, რომელიც გელენის აზრით, წინდა უძღოდეს ფილოსოფიურ ანთროპოლოგიას, არის ის, რომ მეცნიერება ადამიანის შესახებ, ამ სიტყვის სრული მნიშვნელობით, შესაძლებელია ([2], გვ. 156).

გელენი საუბრობს „ანთროპოლოგიის“ ცნების განსაზღვრის სიზუსტეზე, მის ისტორიულ კავშირზე ზოოლოგიასთან, მედიცინასა და ბოტანიკასთან. ანთროპოლოგიის საგანი ძირითადად განაწილებული იყო საბუნებისმეტყველო და სამედიცინო მეცნიერებებს შორის, ამიტომ სიტყვა „ანთროპოლოგია“ არც ისე მკაცრად იყო განსაზღვრული. ავტორი ცდილობს ერთმანეთს შეადაროს ის განსხვავებული მნიშვნელობები, რომლითაც ამ სიტყვას გამოიყენებდნენ. აქვე საუბარია კიდევ ერთ მეცნიერებაზე, რომელიც თავის თავს სოციალურ ანთროპოლოგიას უწოდებს, განხილულია ბიოლოგიური და სოციოლოგიური საკითხების ურთიერთმიმართება, სოციალური ანთროპოლოგიის და მედიცინის კავშირი. ყველაფერი ეს კეთდება იმის საილუსტრაციოდ, თუ რას გულისხმობენ ცდისეული მეცნიერებანი „ანთროპოლოგიის“ ცნებები ([3], გვ. 10).

გარდა ანთროპოლოგიის ზოგადი გაგებისა, არსებობს ფილოსოფიური ანთროპოლოგია და სწორედ ის შეადგენს გელენის ინტერესის სფეროს. იგი წერს, რომ „ფილოსოფიურ ანთროპოლოგიას ნაბიჯი არ გადაუდგამს წინ ჰერდერის დროიდან“ ([1], გვ. 84). ჰერდერი დაახასიათებს სწორედ ადამიანს, როგორც „ნაკლოვან არსებას“ და ამ დასკვნას იგი აკეთებს ადამიანის ცხოველთან შედარების საფუძველზე.

არნოლდ გელენი წარმოადგენს ფილოსოფიურ ანთროპოლოგიის მოკლე ისტორიას. იგი საოცარ შემობრუნებად მიიჩნევს და „ეპოქის შემქმნელს“ უწოდებს



შელერის შრომას „ადამიანის ადგილი კოსმოსში“. მასში ადამიანი განხილულია არა ღმერთთან მიმართებაში, არამედ ადამიანის და ცხოველის არსებით განსხვავებას ექცევა ყურადღება. გელენი მოკლედ ჩამოაყალიბებს შელერის ანთროპოლოგიის ძირითად ასპექტებს და დაასკვნის, რომ შელერი მხოლოდ გადაადგილებს დუალიზმს. დუალიზმი ახლა არის არა სხეულსა და სულს, არამედ სხეულსა და გონს შორის. არ იქნა ნაპოვნი გასაღები, რომელიც სხეული-სული-გონის დაპირისპირებას მოხსნიდა ([3], გვ. 15). სწორედ ამ ამოცანას დააკისრებს შემდგომში გელენი „მოქმედებას“.

ავტორი თვლის, რომ არ შეიძლება სრულყოფის გარეშე მივიღოთ საუკუნეთა მანძილზე ადამიანის შესახებ შემუშავებული თვალსაზრისები. უნდა მოხდეს მათი შედეგების გათვალისწინება და სრულყოფა იმისათვის, რომ გონივრული მოძღვრება შეიქმნას ([3], გვ. 46).

საყურადღებოა ის აზრიც, რომ არნოდ გელენი ადამიანის შესახებ ყოველ თეორიას ღროით განპირობებულად მიიჩნევს და გამართლებულად მიაჩნია მათი ღროსთან მიმართებაში განხილვა ([3], გვ. 54).

გელენი შენიშნავს, რომ ყველა მეცნიერება წამოაყენებს ჰიპოთეზას, რომლის შესაბამისობა ფაქტებთან დადგენილი უნდა იქნეს. მეცნიერებამ თავისი ცნებები ფაქტებიდან უნდა აიღოს და არა პირიქით – დადგენილი ცნებების მიხედვით მოახდინოს ფაქტების კომპონირება. თუ ეს მეცნიერება ფილოსოფიურია, ეს იმას ნიშნავს, რომ იგი არამეტაფიზიკურია, მაგრამ ყოველსმომცველი. თუ მორფოლოგია, ფიზიოლოგია, ფსიქოლოგია შეისწავლის ადამიანის განსაზღვრულ მხარეს და სხვა მხარეთა იგნორირებას ახდენენ, ფილოსოფიური მეცნიერება ადამიანის შესახებ თავის თავში მოიცავს ცდას, გამოთქვას აზრი ადამიანის, როგორც მთელის შესახებ, ამასთან ისარგებლოს ცალკეული მეცნიერებების მონაცემებით და მასალით, მაგრამ გავიდეს მათ ფარგლებს გარეთ. გელენი აქვე დააზუსტებს, რომ ეს შეხედულებანი მაინც მეცნიერულ-ემპირიული უნდა იყოს ([2], გვ. 157).

ასეთი მეცნიერების შესაძლებლობა უკვე გულისხმობს ჰიპოთეზას, რომ ადამიანი არის ერთიანი და ერთი მეცნიერებისათვის მისაწვდომი საგანი ([2], გვ. 158).

გელენი დარწმუნებულია, რომ თუ ადამიანის ცალკეულ ნიშნებს ან თვისებებს განვიხილავთ, ვერაფერს სპეციფიკურ-ადამიანურს ვერ ვიპოვით. იგი თვლის, რომ „თუ მთელ სიმძიმეს გადავიტანთ სახეობათა წარმოშობის თეორიაზე, ანთროპოლოგია იქნება მხოლოდ ზოოლოგიის ბოლო ნაწილი. სანამ არ გვექნება ადამიანის შესახებ ზოგადი თვალსაზრისი, იძულებული ვიქნებით შემოვიფარგლოთ ცალკეული თვისებების განხილვითა და შედარებით და, სანამ ასე იქნება, არ იარსებებს თავისთავადი ანთროპოლოგია, რამდენადაც არ გვექნება ადამიანის თავისთავადი არსება ([2], გვ. 13).

რამდენადაც ადამიანი ბუნების განსაკუთრებული ქმნილებაა, მისი ყოველი არასპეციფიკური განხილვა დასაწყისშივე უნდა შეწყდეს. არსებობს ანთროპობიოლოგიური მეთოდი, რომელიც ადამიანის განსაკუთრებულ სხეულებრივ თვისებებს ძალზე კომპლექსურ და რთულ შინაგანობასთან კავშირში განიხილავს და შეუძლია ამ კავშირს მიახლოებით მაინც ჩაწვდეს კატეგორიების საშუალებით ([2],

გვ. 15). გელენი აუცილებლად მიიჩნევს კითხვის ქვეშ დადგეს ადამიანის არსება. ამით მიიღება სრულიად ახალი, ადამიანის შესახებ ზოგადი მეცნიერების სფერო.

ავტორი ცდილობს მოგვეცეს ადამიანის ყველა არსებითი თვისების ურთიერთ-განმაპირობებელი კავშირი, რადგან ისინი ქმნიან სისტემას, რომელშიც ერთმანეთს განსაზღვრავენ. აქ საუბარი არ არის მიზეზობრივ დამოკიდებულებაზე. „მიზეზის“ ცნება, გელენის აზრით, მხოლოდ ექსპერიმენტულ მეცნიერებებში შეიძლება გამოვიყენოთ. ამის სანაცვლოდ მას შემოაქვს პირობათა კავშირზე დამოკიდებულება: A-ს გარეშე არ არსებობს B, B-ს გარეშე – C, C-ს გარეშე n და ა. შ. შემდეგ ეს რიგი ისევ უკან ბრუნდება, n-ის გარეშე არ არსებობს A და ასე მიიღწევა სისტემის მთლიანი, ტოტალური გაგება. წინააღმდეგ შემთხვევაში ჩვენ მივიღებდით ერთი ცალკეული მიზეზის მეტაფიზიკას ([2], გვ. 18).

ახდენს რა ცალკეულ მეცნიერებათა შედეგების რაციონალურ გააზრებას, ფილოსოფიური ანთროპოლოგია იძენს ორმაგ უპირატესობას: ჭერ ერთი, ეს არის მეცნიერება, რომელიც სხვა კერძო მეცნიერებებზე დაყრდნობით რამეს დაადგენს და მათი საშუალებით უფრო ღრმა კვლევას აწარმოებს და, მეორე მხრივ, ფილოსოფიურ ანთროპოლოგიას აქვს განზრახვა მოიცვას ადამიანის ორივე მხარე – სულიერი და სხეულებრივი ([3], გვ. 43) – ასეთია არნოლდ გელენის არგუმენტი, რომლითაც ის გაამართლებს ფილოსოფიური ანთროპოლოგიის, როგორც მეცნიერების არსებობას. ამით გელენი ქმნის თავისი ანთროპოლოგიური კონცეფციის საფუძველსაც.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია
 ფილოსოფიის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. Gehlen "der Mensch" Wiesbaden, 1978.
2. Проблема человека в западной философии. М., 1988.
3. Gehlen. Anthropologische Forschung. Rowohlt, 1965.

ა. კვაჭავიძე

ადამიანის ორგანოების და/ან ქსოვილების გადაწვევის
სამართლებრივი რეგულირების ზომიერითი საკითხი

წარმოადგინა აკად. წევრ-კორესპონდენტმა ლ. ალექსიძემ 22.01.1997

XX საუკუნე სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის აღმავლობის საუკუნედ შეიძლება იქნეს მიჩნეული.

მეცნიერების განვითარებასთან დაკავშირებული პრობლემები მედიცინასა და სამართალსაც შეეხო. განსაკუთრებით მწვავედ სამართლებრივი საკითხები მას შემდეგ წამოიჭრა, რაც 1967 წელს ექიმმა ბერნარმა განახორციელა ადამიანის გულის გადანერგვის ოპერაცია და დადებითი შედეგი მიიღო. ტრანსპლანტაციის შემდგომმა განვითარებამ ხელი შეუწყო არა მარტო გულის, არამედ სხეულის სხვადასხვა ორგანოების და ქსოვილების - ღვიძლის, თირკმლის, თვალის გუგის და სხვათა გადანერგვას. ტრანსპლანტაცია ადამიანის სიცოცხლის შენარჩუნებისა და მისი გამოჯანსაღების ერთ-ერთ ეფექტურ საშუალებად გადაიქცა. მაგრამ მედიცინის ამ დარგმა გაუთვალისწინებელი პრობლემების წინ დააყენა საზოგადოება.

ადამიანის ორგანოთა და ქსოვილთა გადანერგვის პრობლემა ფართო და მრავლისმომცველია. ის ეხება სამართლის სხვადასხვა დარგებს - სისხლის სამართალს, სამოქალაქო სამართალს, ადამიანის უფლებებსა და თავისუფლებებს და სხვა. ამიტომ საკითხი კომპლექსურ განხილვას მოითხოვს. საქართველოში ტრანსპლანტაციის განვითარება მოითხოვს ახლებურ და სერიოზულ მიდგომას სახელმწიფო დონეზე, სახელმწიფო პოლიტიკის შემუშავებას, საკანონმდებლო ბაზის შექმნას.

ტრანსპლანტაციასთან დაკავშირებული სამართლებრივი პრობლემები რეგულირდება მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის სახელმძღვანელო პრინციპებით [1]. აღნიშნული პრინციპები წარმოადგენს ბაზას იმ ქვეყნების ნაციონალური კანონმდებლობისათვის, რომლებშიც ტარდება ორგანოთა გადანერგვის ოპერაციები და რომელთაც მიღებული აქვთ სათანადო საკანონმდებლო აქტები ტრანსპლანტაციის სფეროში. მაგ. კანონი გვამის ნაწილების, ქსოვილთა და ორგანოთა ტრანსპლანტაციის შესახებ თერაპიული და სამეცნიერო კვლევების ჩატარების მიზნით (ბრაზილია); კანონი ორგანოთა და სხვა ანატომიურ მასალათა გადანერგვის შესახებ (ვენესუელა), კანონი თირკმელთა გადანერგვის შესახებ (შვედეთი); ორგანოთა ტრანსპლანტაციის აქტი (აშშ); კანონი ორგანოთა და ქსოვილთა ტრანსპლანტაციის შესახებ (რუსეთი) და სხვა.

ტრანსპლანტალოგიის განვითარება დაკავშირებულია ქვეყნის ეკონომიკურ მდგომარეობასთანაც. ეკონომიკურმა სიღრუხებმა შეიძლება ნაყოფიერი ნიადაგი

შეუქმნას არალეგალურ "დონორთა ბანკის" შექმნას, ორგანოთა და ქსოვილების უკანონოდ მოპოვებას და გადანერგვას, ხელი შეუწყოს ადამიანის სხეულის ნაწილებით ვაჭრობას, მითუმეტეს, რომ დღეს მსოფლიოში მკვეთრად გაიზარდა ადამიანის ორგანოებსა და ქსოვილებზე მოთხოვნა.

თანამედროვე მსოფლიოში ორგანოთა ტრანსპლანტაციასთან დაკავშირებულ ერთ-ერთ უმწვავეს პრობლემად ადამიანის ორგანოებით ვაჭრობა ითვლება. 1989 წლის მაისში, ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის ასამბლეის მე-40 სესიაზე განსაკუთრებული მსჯელობის საგნად იქცა ტრანსპლანტაციის კომერციალიზაციის საკითხი. 1991 წელს კი იმავე ორგანიზაციის 42-ე სესიაზე ხაზი გაესვა ორგანოთა ტრანსპლანტაციის საკითხში ბავშვთა და მოსახლეობის გაჭირვებული ფენების გამოყენების საშიშროებას. რეზოლუციის პრეამბულაში ნათქვამია, რომ დონორის ორგანოთა სიმცირე მსოფლიოში იწვევს ადამიანის ორგანოებით, განსაკუთრებით ცოცხალი ადამიანების სხეულიდან ამოღებული ორგანოებით ვაჭრობის შემთხვევათა ზრდას და ორგანოთა მოპოვებას დონორიდან, რომელსაც გენეტიკური კავშირი არ გააჩნია რეციპიენტთან. რეზოლუციაში აღნიშნულია, რომ არსებობს უტყუარ ფაქტები იმისა, რომ უკანასკნელ წლებში მსოფლიოში მიმდინარეობს ადამიანებით და ადამიანთა ორგანოებით დასან ქსოვილებით ვაჭრობა.

ამგვარმა უკანონო "ბიზნესმა" იმდენად დიდი მასშტაბები მიიღო, რომ ის ტრანსნაციონალური ორგანიზებული დანაშაულებრივი ჯგუფების საქმიანობის ერთ-ერთ სახედ იქცა. 1992-95 წლებში საკმაოდ ბევრი შემთხვევა იქნა აღრიცხული ადამიანთა ორგანოებით ვაჭრობისა [2].

კანონმდებელი იმდენად დიდ ყურადღებას უთმობს დონორისა და ორგანოების კომერციალიზაციის საკითხს, რომ სამედიცინო დაწესებულებებს და მედიცინის სხვა სპეციალისტებს უფლება აქვთ უარი განაცხადონ ორგანოთა იმპლანტაციასა და მათ შუალედურ დამუშავებაზე, ტრანსპლანტაციის ჩატარებაზე, თუკი მათთვის ცნობილი გახდა ან არსებობს ეჭვი იმის თაობაზე, რომ ორგანო უკანონოდ იქნა მოპოვებული, ან ადგილი აქვს ორგანოებით ვაჭრობას. როგორც ვხედავთ, კანონმდებელი ფაქტიურად მხოლოდ უმოქმედობა-ჩაურევლობას მოითხოვს და ეჭიმს არ სთხოვს განაცხადოს თავისი ეჭვი სამართალდამცავ ორგანოებში. აქ გარკვეულ წინააღმდეგობას ვხვდებით. თუკი ორგანო გადანერგვისათვის მოპოვებულია კანონის დარღვევით (დონორის მოტყუებით, იძულებით, დონორის თანხმობის გარეშე, გარკვეული გასამრჯელოს გადახდის დაპირებით, დონორის მკვლელობით და სხვა), ამგვარი ქმედებები უკვე დანაშაულია და შესაბამისად, დასჯადია. ხოლო როგორც სახელმძღვანელო პრინციპების მე-4 მუხლიდან გამომდინარეობს, კანონმდებელი ორგანოთა მოპოვებას დანაშაულად არ თვლის და, ე.ი. ეჭიმს არ ავალდებულებს დანაშაულის განცხადებას. დანაშაულის განუცხადებლობა კი ყველა ქვეყნის კანონმდებლობით დასჯადი ქმედებაა.

როგორც ვხედავთ, ტრანსპლანტაციის განვითარებამ ახალი პრობლემების წინაშე დაგვაყენა. ჩვენი აზრით, მიზანშეწონილი იქნებოდა, საქართველოს სისხლის სამართლის კოდექსში პიროვნების წინააღმდეგ მიმართულ დანაშაულთა თავში იმ ქმედებებისათვის სისხლის სამართლის პასუხისმგებლობის დაწესება, რომელიც ტრანსპლანტაციასთან არის დაკავშირებული. მიძიმე დანაშაულად უნდა იქნეს მიჩ-



ნეული ადამიანის მკვლელობა მისი ორგანოების დასან ქსოვილების გადაწყვეტის მიზნით. ამგვარი მუხლები შეტანილ იქნა რიგი ქვეყნების კანონმდებლობაში. მაგ. საფრანგეთი, რუსეთი და სხვა. ასევე მიზანშეწონილი იქნებოდა ჯანმრთელობის წინააღმდეგ მიმართული დანაშაულების მუხლში შესულიყო ცვლილება. იმ შემთხვევაში, როდესაც დანაშავე შემოიფარგლება მხოლოდ სხეულის რაიმე ორგანოს ამოღებით, სხეულის მძიმე დაზიანებათა მუხლში ერთ-ერთ დამამძიმებელ გარემოებად გათვალისწინებული ყოფილიყო სხეულის განზრახ მძიმე დაზიანება დაზარალებულის სხეულის ორგანოს ან ქსოვილის გამოყენების მიზნით [3].

დანაშაულად უნდა იქნეს მიჩნეული აგრეთვე ფიზიკური ან ფსიქიკური იძულებით, მოტყუებით ან დაზარალებულის უმწეო მდგომარეობის გამოყენებით მისი ორგანოს ან ქსოვილის ამოღება ტრანსპლანტაციის მიზნით.

ტრანსპლანტაციის განვითარებამ თავი მოუყარა ახალ პრობლემებს, რომლებიც კარდინალურადაა დაკავშირებული ადამიანის უფლებებისა და თავისუფლებების დაცვასთან. ყველა საკანონმდებლო აქტი, რომელიც არეგულირებს ორგანოთა მოპოვებას ცოცხალი დონორიდან (*ex vivo*), სხვა პირობებთან ერთად ითვალისწინებს დონორის მიერ თანხმობის გაცემის ნებას, შეგნებულად და წერილობითი ფორმით. დანაშაულად უნდა ჩაითვალოს დონორზე ფიზიკური ან ფსიქიკური ზემოქმედება, მუქარა. დონორს უნდა მიეწოდოს ამომწურავი ინფორმაცია ოპერაციის ხასიათის და მოსალოდნელი რისკის შესახებ, რათა მან მიიღოს სწორი გადაწყვეტილება.

სხვადასხვა ქვეყნების კანონმდებლობის ანალიზი საშუალებას იძლევა, რომ დავასკვნათ, ტრანსპლანტაციის ყოველგვარი ოპერაცია დონორის თანხმობის გარეშე (არასრულწლოვანი დონორის შემთხვევაში თანხმობას იძლევა მშობელი, ან კანონიერი წარმომადგენელი) უკანონოდ უნდა იქნეს მიჩნეული.

ყოველად დაუშვებელია ტყვეების და მსჯავრდებულთა გამოყენება ორგანოთა გადანერგვისათვის. ამაზე პირდაპირ მიუთითებს უენეის კონვენციის I დამატებითი ოქმის მე-11 მუხლის მე-2 ნაწ. "ე" პუნქტი, რომელშიც აღნიშნულია, რომ დაუშვებელია ტყვეების, ინტერნირებული ან მოწინააღმდეგე მხარის ხელში ჩაგარდნილი ან სხვაგვარად თავისუფლებააღკვეთილი პირების მიმართ განხორციელებულ "ქსოვილთა და ორგანოთა გადანერგვა", თუნდაც მათი თანხმობით.

გახშირდა შემთხვევები, როდესაც ხდება სპეციალურად ნაყოფის ჩასახვა მისი შემდგომი აბორტირებისათვის და სამედიცინო ექსპერიმენტებისათვის ან ტრანსპლანტაციის მიზნებისათვის გაყიდვა.

ნაყოფის ქსოვილების კომერციალიზაციის საკითხმა გერმანიაში, საფრანგეთში, რუსეთში ნეგატიური რეზონანსი გამოიწვია. ზემოთ მოყვანილმა მაგალითებმა გვიჩვენა, რომ ემბრიონის ქსოვილების გამოყენების საკითხი არა მარტო ეთიკურ და მორალურ მხარეს შეეხება, არამედ სამართლებრივსაც. თუკი ჩვენს კანონმდებლობას გადავხედავთ, დავინახავთ, რომ ჯერ არგაჩენილი ადამიანი სამართლებრივად არ არის დაცული. სამართალი გამონაკლისს უშვებს მხოლოდ სამოქალაქო სამართალში, როდესაც მემკვიდრეობის სუბიექტად აღიარებს ჯერ კიდევ არგაჩენილ ადამიანს. რაც შეეხება სისხლის სამართალს, აქ ადამიანი სამართლის სუბიექტად მხოლოდ დაბადების შემდეგ ითვლება.

კანონმდებელი იცავს ორსული ქალის ჯანმრთელობას და სიცოცხლეს (მაგ. განზრახ მკვლელობა წინასწარი შეცნობით ორსული ქალისა, აბორტის უკანონოდ გაკეთება - საქ. სსკ 123-ე მუხლი). ჩვენი აზრით, მიზანშეწონილი იქნებოდა ადამიანის სიცოცხლე დაცული ყოფილიყო არა მარტო მისი დაბადების შემდეგ, არამედ დაბადების პროცესამდეც. მითუმეტეს, რომ ამგვარი პრაქტიკა მსოფლიოში უკვე არსებობს.

მაგალითად, საფრანგეთის კანონმდებლობით დასჯად ქმედებად არის აღიარებული არაკანონიერი ზემოქმედება ადამიანის ემბრიონზე; ყოველნაირი ფასიანი გარიგება, ტექნოლოგიაში გამოყენება სამრეწველო და კომერციული მიზნებისათვის, ადამიანის ემბრიონებზე არაკანონიერი ექსპერიმენტის ჩატარება და სხვა.

ასევე დასჯადია ემბრიონისა და ნაყოფის სამეცნიერო კვლევაში უკანონოდ გამოყენება და გენეტიკური ხასიათის მანიპულაციები [4].

ზემოთქმულიდან გამომდინარე შეიძლება დავასკვნათ: მედიცინის და სამართლის ურთიერთობის საკითხები მოითხოვს ახლებურ და სერიოზულ მიდგომას სახელმწიფო დონეზე, იურისტების და ექიმების ერთობლივ მუშაობას ამ მიმართულებით. ჩვენ შორს ვართ იმ აზრისაგან, რომ კანონი უნდა არეგულირებდეს მედიცინასთან დაკავშირებულ ყველა საკითხს. სამართალს არა მარტო არ შესწევს ამის უნარი, არამედ ეს არც მოეთხოვება. ზემოთ ჩამოთვლილი საკითხების კანონმდებლობით რეგულირება ხელს შეუწყობს არა მარტო ამ პრობლემების გადაწყვეტას, არამედ მედ-პერსონალის უფლება-მოვალეობათა რეგლამენტირებას. ექიმმა და პაციენტმა ზუსტად უნდა იცოდნენ, რისი უფლება აქვთ, რისი გაკეთება შეუძლიათ და რისი გაკეთების უფლება არ გააჩნიათ.

ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ლიტერატურა

1. World Health Organization. Resolution. 2-4 May 1990, 10. WHA 1990 403, 13 p.9. WHA 1991, 425, p.10.
2. Основы борьбы с организованной преступностью. М., 1996, 203.
3. Закон Российской Федерации о трансплантации органов и/или тканей. 1993.
4. М. И. Ковалев. Государство и право. 4, 1994, 12.

ნ. კირვალიძე, ნ. ინაშვილი

ანთროპონიმიტა საზნობრივ-ლოგიკური ტიპოლოგია,
თანამედროვე ინგლისურ ენაში

წარმოდგინა აკადემიკოსმა გ. ციციშვილმა 13.12.1996

თანამედროვე ინგლისურ ენაში ანთროპონიმებს საკმაოდ მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია [1, 2]. კვლევის შედეგები ცხადყოფენ, რომ ლექსიკის ეს შრე წარმოადგენს ჰიპერო-ჰიპონიმიის პრინციპით ორგანიზებულ სისტემას, სადაც იერარქიულობა რეალიზებულია გვარობრივ-სახეობით ურთიერთობებზე დაყრდნობით, რომლის არსიც მდგომარეობს სემანტიკური ჩართვის პრინციპში. ჰიპერონიმებად გვევლინებიან ზოგადი მნიშვნელობის მქონე ის ანთროპონიმები, რომელთაც ფართო სემანტიკური ტევადობის გამო გააჩნიათ იდენტიფიკაციისა და ინტეგრაციის უნივერსალური თვისება, ხდება რა მათი საშუალებით ახალ მნიშვნელობათა შემოტანა სიტყვის დეფინიციამი. თითოეული ჰიპერონიმი-ანთროპონიმი წარმოადგენს სისტემის მარგანიზებულ ბირთვს, რამდენადაც იგი თავის ველში აერთიანებს შედარებით კონკრეტული სემანტიკის მქონე ჰიპერონიმებს – ადამიანის აღმნიშვნელ სახელებს, რომელთა აზრობრივ სტრუქტურაში ზოგადინტეგრალური ნიშან-თვისების გარდა ფიგურირებენ კერძო – დიფერენციალური მახასიათებლები, რომლებიც ველში შემავალ ანთროპონიმებს განასხვავებენ ერთმანეთისაგან, რის გამოც მათი ცნებითი მოცულობები არასდროს კვეთენ ერთმანეთს მთლიანად. ამასთან, დიფერენციალური მახასიათებელი ყოველთვის გვევლინება დასახელების მოტივაციად, რითაც იგი თითქმის გადასახავს და უკანა პლანზე გადასწევს უფრო ტევად და ზოგად ნიშან-თვისებებს როგორც ცნების თავისთავად ნაგულისხმებ კომპონენტებს.

ინგლისურ ენაში ადამიანის ცნება წარმოდგენილია უაღრესად ფართო სემანტიკის მქონე არსებითი სახელით human, რომელსაც The Concise Oxford Dictionary of Current English განმარტავს როგორც “of or belonging to the genus Homo, distinguished from animals by superior mental development, power of articulate speech, and upright posture” [3]. აღნიშნულ დეფინიციამი ექსპლიცირებულია ის ზოგადკატეგორიული ნიშან-თვისებები, რომლითაც ადამიანი განსხვავდება სხვა სახის ცოცხალი არსებებისაგან. ეს თვისებებია: აზროვნება, დანაწევრებული მეტყველება და სხეულის ვერტიკალური მდგომარეობა, რომელთა წყალობითაც ადამიანს შეუძლია განახორციელოს შრომითი, შემეცნებითი, ინტელექტუალური, კომუნიკაციური და ა. შ. სახის აქტივობა. აღნიშნული თვისებები ქმნიან სიტყვა „ადამიანის“ ცნებით შინაარსს და რამდენადაც ისინი უნივერსალური, ანუ ინვარიანტულია მთელი სისტემისათვის, იმდენად კომუნიკაციურად არარელევანტურია მათი ექსპლიცირება დანარჩენ ანთროპონიმთა დეფინიციურ ტექ-

სტემში. ზოგადკატეგორიულობის ხარისხის მიხედვით მეორე რანგის სახელწოდებები *son*, რომლის დეფინიციამაც იგი განმარტებულია, როგორც “a human being considered as having a character of his or her own, or as being different from all others” [3]. (აღამიანი, რომელიც პიროვნული თვისებებით განსხვავდება სხვა დანარჩენებისაგან). ეს ორი სიტყვა *human* და *person* გვევლინებიან უმთავრეს არქილექსემა-იდენტიფიკატორად, რომელთა სამუხალავითაც შესაძლებელი გახდა დაგვედგინა ანთროპონიმთა ინვენტარი ენის ლექსიკურ სისტემაში. ჩვენ ანთროპონიმებად მიგვაჩნია ყველა ის სახელი, რომლის ინვარიანტს წარმოადგენს ლექსემა „აღამიანი“ თავისი ზოგადკატეგორიული სემური შემადგენლობით. ჩვენს მიერ იდენტიფიკაციის პრინციპით დადგენილ ანთროპონიმთა რიცხვი შეადგენს 7480 ერთეულს, რაც თავისთავად მეტყველებს იმაზე თუ რაოდენ მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია აღამიანის ფაქტორს ენობრივ სივრცეში.

წინამდებარე სტატიამში გთავაზობთ ანთროპონიმთა კორპუსის საგნობრივ ლოგიკურ დიფერენცირებას, რომელიც განპირობებულია ობიექტური რეალობისა და აღამიანის აზროვნების ლოგიკით. ისტორიის მანძილზე აღამიანი თავის თავს განიხილავდა, როგორც: გონიერ, მოაზროვნე არსებას (*Homo sapiens*), შრომისუნარიან სოციალურ არსებას (*Homo faber*) და მეტყველ არსებას (*Homo loquer*). ცნება „აღამიანის“ ენციკლოპედიურ განსაზღვრებაში დაფიქსირებულია ის ძირითადი ოპოზიციური პარამეტრები, რომელთა მიხედვითაც სტრუქტურირებულია ანთროპონიმთა ჰიპერ-ჰიპონიმური სისტემა, კერძოდ – „აღამიანი არის ცოცხალი სისტემა, რომელიც წარმოადგენს ფიზიკურისა და სულიერის ბუნებრივისა და სოციალურის, მემკვიდრეობითისა და შექმნილის ერთობლიობას“ [4]. შესაბამისად, გთავაზობთ ანთროპონიმთა მიერ აღნიშნული სემანტიკური სივრცის დანაწევრების შემდეგ ძირითად სფეროებს:

1. ბიოლოგიურ-ფიზიოლოგიური, ანუ აღამიანის ბუნებრივი და მემკვიდრეობითი თანდაყოლილი თვისებები, რომლებიც ქმნიან საგნობრივ სფეროს აღამიანის აღნიშნულ სახელთათვის. ამ სემანტიკური სფეროს ძირითადი პარამეტრებია: სქესი (*man* „კაცი“, *woman* „ქალი“, *boy* „ბიჭი“, *girl* „გოგონა“, *maiden* „ქალიშვილი“, *fellow* „ყმაწვილი“); ასაკი (*baby* „ჩვილი ბავშვი“, *child* „ბავშვი“, *youth* „ჭაბუკი“, *adolescent* „ახალგაზრდა“, *adult* „მოზარდი“, „მოწიფული“, *grown-up* „მოზრდილი“, „მოწიფული აღამიანი“); ფიზიკური მონაცემები (*dwarf* „ჯუჯა“, *pygmy* „ქონდრის კაცი“, *giant* „გოლიათი“, *blond* „ქერა“); ნათესაობითი ურთიერთობები (*brother* „ძმა“, *sister* „და“, *uncle* „ბიძა“, *aunt* „ბიცილა“, და სხვა);

2. სოციალურ-შრომითი ურთიერთობების სფერო, რომელიც დაფუძნებულია აღამიანის შექმნილ თვისებებზე და წარმოდგენილია შემდეგი პარამეტრებით: – აღამიანთაშორისი ურთიერთობები: მეგობრული (*friend* „მეგობარი“, *pal* „მხანაგი“, *mate* „ამხანაგი“, „შემამხანაგებული“); მტრული (*enemy* „მტერი“, *foe* „მტერი“, *antagonist* „ანტაგონისტი“, „მტერი“), სასიყვარულო (*lover* „საყვარელი“, *mistress* „საყვარელი, სატრფო“,), შრომითი (*employer* „დამქირავებელი“, *employee* „მოსამსახურე“, *master* „მეპატრონე“, *servant* „მსახური“), პარტნიორული (*partner* „პარტნიორი“, *colleague* „კოლეგა“), კოლექტივთან მიმართებაში (*member* „წევრი“, *representative* „წარმომადგენელი“, *participant*



„მონაწილე“), სამეტყველო-კომუნიკაციური ურთიერთობები: (I „მე, ის ვინც“ „პარაკობს ან წერს“, you „შენ, ის ვისაც ელაპარაკებიან ან წერენ“ და ა. შ.).

– ადამიანის სოციალური მდგომარეობის აღმნიშვნელი მახასიათებლები: ადამიანის მიკუთვნება სოციალურად მაღალი / დაბალი წრისათვის (aristocrat „არისტოკრატი“, nobleman „ზნაური“, peer „პერი“, proletariat „პროლეტარი“, beggar „მათხოვარი“, tramp „მაწანწალა“, და სხვ.).

– ადამიანის მიმართება შრომისადმი, ანუ მისი პროფესიული მახასიათებლები: (engineer „ინჟინერი“, driver „მძღოლი“, architect „არქიტექტორი“).

– ადამიანის მიმართება სახელმწიფო, პოლიტიკური, საკანონმდებლო და ა. შ. ინსტიტუტებისადმი, რაც გულისხმობს ადამიანის დახასიათებას მისი ფუნქციონალური როლით სახელმწიფო თუ კერძო სტრუქტურებში (president „პრეზიდენტი“, king „მეფე“, queen „დედოფალი“, monarch „მონარქი“, chancellor „კანცლერი“);

– ადამიანის მიმართება საკუთრებისადმი, რომლის ძირითადი პრინციპია კანონიერი (owner „მფლობელი“, „მეპატრონე“, landlord „მიწათმფლობელი“, landlady „სახლის მფლობელი, გამქირავებელი“) / უკანონო, ანუ დანაშაულებრივი მიმართება საკუთრებისადმი (corsair „მეკობრე“, burglar „ლამის ქურდი, სახლების, მალაზიების გამტეხი“, marauder „ქურდი, მარადიორი ომის დროს“);

– ადამიანის მიმართება საცხოვრებელ ადგილთან (Parisian „პარიზელი“, Londoner „ლონდონელი“, islander „კუნძულის მცხოვრები“, villager „სოფლელი“, citizen „ქალაქელი“).

3. ადამიანის ფსიქიკური მოღვაწეობის და მისი რაციონალურ-ემოციური შეფასების სემანტიკური სფერო, რომელიც ასახავს ადამიანის დახასიათებას მისი გონებრივი შესაძლებლობის, მორალურ-ზნეობრივი, რელიგიური ან პოლიტიკური მრწამსის მიხედვით (blusterer „მკეხხარა“, jester „ხუმარა“, lunatic „შეშლილი“, imbecile „ჭკუასუსტი“, coward „მშიშარა“, genius „გენიოსი“, atheist „ათეისტი“, liar „მატყუარა“, republican „რესპუბლიკელი“, და ა. შ.).

4. ადამიანის ერთობის გამოვლენის სფერო, რომლის ძირითადი სემანტიკური მახასიათებლებია: პირი, ერთობლიობა და ამ ერთობლიობის სპეციფიკა: (people „ხალხი“, army „არმია“, group „ჯგუფი“).

აღნიშნული სფეროები ქმნიან ანთროპონიმთა კორპუსის დიფერენცირების კონცეპტუალურ მოდელს, რომელიც ვარიირებას განიცდის ერთი ენიდან მეორეზე გადასვლისას.

თბილისის ი. ჭავჭავაძის სახელობის

დასავლურ ენათა და კულტურათა სახელმწიფო ინსტიტუტი

ლიტმრატშრა

1. Roget's Thesaurus, 1966.
2. Webster's New World Thesaurus, 1975.
3. The Concise Oxford Dictionary of Current English, 1977.
4. Большая Советская Энциклопедия. М., 1978, 137.

მ. ნაღარაიშვილი

განმეორების პრინციპის როლი XX საუკუნის მუსიკაში
(ჯაზის, როკის, რეპეტიტიული მუსიკის მაგალითზე)

წარმოადგინა აკად. წევრ-კორესპონდენტმა პ. ზაქარაიამ 21.01.1997

განმეორება და განახლება, იგივეობა და კონტრასტი — ესაა ორი ძირითადი მხარე, რომელიც წარმართავს მუსიკალური აზრის განვითარებას, რომელთა დი-ალექტიკური მთლიანობა განაპირობებს მუსიკალური მთელის ჩამოყალიბებას.

ცვალებადობასთან შედარებით, განმეორება მუსიკალური განვითარების პა-სიური მხარეა. ეს ორი საწყისი განუწყვეტელ ურთიერთქმედებაშია, თითოეულის ხარისხი მეტნაკლებად იცვლება გამომდინარე იქიდან, თუ რა ეპოქის, სტილის და ა. შ. მუსიკაა ყურადღების საგანი. თვით ერთი მუსიკალური ფორმის ფარგ-ლებში განმეორების და ცვალებადობის პრინციპები ან შერწყმულია (მაგალი-თად, ფიგურაციულ ვარიაციებში), ან მოთავსებულია ფაქტურის სხვადასხვა შრე-ებში (ოსტინატური ვარიაციები).

განმეორების ფენომენი განუყოფელი ნაწილია ზოგადად ჩვენი ყოფის, შემეც-ნების, რითაც აიხსნება მისი სხვადასხვა ფორმების არსებობა მეცნიერების სფე-როებში. თანამედროვე მუსიკისათვის დამახასიათებელი სწრაფვა სინთეზისადმი, მისი შესამჩნევი მათემატიზაცია და ფილოსოფიზაცია განაპირობებს მუსიკალურ ხელოვნებაში ზოგადად „შენარჩუნების“ აღმნიშვნელი ტერმინების დამკვიდრება-საც. მათ შორისაა სიმეტრიულობა, ინვარიანტულობა, იგივეობა და კონსტან-ტურობა, სადაც განმეორება სხვადასხვა სახითაა წარმოდგენილი.

ევროპული პროფესიული მუსიკის საწყის ეტაპებზევე განმეორების პრინციპს უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება, რაც აიხსნება ამ პერიოდში ოსტინატურობის, ზოგადად იგივეობის კატეგორიის პრიმატიით. მუსიკალური განვითარების ეს მხა-რე მომდევნო ეპოქებშიც წარმოადგენს ცალკეული ფორმების (მაგალითად, ფუ-გა, ვარიაციები და სხვა) კონსტრუქციულ საყრდენს.

განმეორების მხატვრული შესაძლებლობანი განსაკუთრებით აქცენტირებულია ჩვენს ეპოქაში. თანამედროვე მუსიკაში იგი (განსაკუთრებით ზუსტი განმეორება) გააზრებულია როგორც ანტიგანვითარება (დაკავშირებულია ცხოვრების კონს-ტანტურ მოვლენებთან), ასახავს ყოფიერების თავისებურებებს (ავტომატიზმს, მე-ქანიკას), ეხმიანება განსაკუთრებით არაევროპულ კულტურებში დამკვიდრებულ მედიტაციურობის იდეას. განმეორების პრინციპი მუსიკაში უამრავი სახით ვლინ-დება, რომელთა შორისაა იმიტაციურობა, სეკვენციურობა, ვარიაციულობა და ა. შ. წინამდებარე სტატიაში ყურადღება გამახვილებულია ზუსტ განმეორებაზე — ოსტინატოზე (ლათ. „ურჩი“, „ჩიუტი“).



ჯაზური მუსიკის განვითარების მთავარი სტიმულია იმპროვიზაციული ემყარება ცვალებადისა და უცვლელის ურთიერთმოქმედებას. შესაბამისად, მენესტრელების შოუს მუსიკაში (ის შეგვიძლია მივიჩნიოთ ჯაზის ერთ-ერთ სათავედ) ამ ორი საწყისის ერთობლიობა ვლინდება რეგულარული რიტმისა და ბანჯოს არარეგულარული იმპროვიზაციების სახით. აღსანიშნავია, რომ განვითარების ეს პრინციპი შემდგომ თავს იჩენს რეგტაიმში, ბლუზში, სეინგში.

ჯაზში განმეორებას ენიჭება როგორც ფორმაქმნადობის, ასევე მხოლოდ ვიწრო ტექნიკური ხერხის ფუნქციები. ზოგადად, ადრეული ჯაზის კომპოზიციებისათვის ტიპურია ისეთი ვარიაციული ფორმა ($A A_1 A_2$ და ა. შ.), სადაც უცვლელად ნარჩუნდება ჰარმონიული კარკასი. ამგვარ ფორმაში იწერება ბლუზი და მისი საფორტეპიანო ნაირსახეობა ბუგი-ვუგი. ბლუზში ოსტინატური ჰარმონიული აკორდული თანმიმდევრობის ყოველი შემდგომი განმეორება აყალიბებს ახალ ვარიაციას, რის საფუძველზე ზოგიერთი მკვლევარი [3] ამ ფორმას აღიქვამს როგორც კლასიკურ პასაკალიას. ვერ დავეთანხმებით ამ პოზიციას, რადგან მიზანშეწონილად არ მიგვაჩნია ჯაზური და კლასიკური მუსიკის ფორმაქმნადობის პრინციპების გაიგივება. ბუგი-ვუგში ბლუზური ჰარმონია მეორდება ფიგურირებულად და მოთავსებულია პიანისტის მარცხენა ხელში (ოსტინატური ბანის სახით). დავძენთ, რომ მკაცრი ვარიაციების ფორმა განვითარების უმაღლეს ეტაპს აღწევს ბიბოპის სტილში, სადაც ძირითადად უცვლელი ჰარმონიული მოდელის ფონზე მაქსიმალურად ვითარდება მელოდია (ხშირად ნახტომებით ოქტავაზე, ნონაზე).

ზუსტი განმეორება ჯაზში წარმოადგენს დინამიკური ზრდის საშუალებას (სტოპი) ან ფონს იმპროვიზაციული ხმებისთვის (ბექგრაუნდი). სტოპი (ინგლ. „ტკეპნა“) გულისხმობს ეპიზოდურად ჩართულ განმეორებად მოდელს, რომლებიც თავსდებიან ნებისმიერ ფაქტურულ შრეში. სტოპები არ უთანხმდებიან ძირითად ფრაზირებას, დროებით არღვევენ საერთო განვითარების ლოგიკას, რითაც დინამიკურობა შემოაქვთ ფორმაში.

ჯაზურ კომპოზიციებში განმეორების ერთ-ერთი ფორმაა რიფი (riff) – სოლოს თანხლების, ფონის ერთ-ერთი ნაირსახეობა. ამ ტერმინით აღინიშნება განმეორებადი მელოდიური საქცევები, რომლებიც სრულდება ანსამბლის ცალკეული საკრავის, საკრავთა ჯგუფის ან tutti-ს მიერ და, ასევე ხელს უწყობს დინამიკური ზრდის საერთო პროცესს.

საუკუნის მეორე ნახევარში მუსიკოსები განსაკუთრებით აქტიურად ითვისებდნენ ორიენტალური მუსიკის ტრადიციებს, სადაც დიდ ყურადღებას ანიჭებდნენ მედიტაციას. ამ პროცესში წამყვანი ადგილი უკავია ჯაზს (უმეტესწილად კი „თავისუფალ“ ჯაზს), რომელსაც უკავშირდება მუსიკალური მედიტაციის ახლებური გააზრება.

როკ-მუსიკის ერთ-ერთი მასშტაბიანი წყაროა აფრო-ამერიკული კულტურა ჯაზისა და ბლუზის სახით. აქედანაა რიფების ტექნიკაც – როკის ზემოქმედების ერთ-ერთი ძირითადი საშუალება. განსაკუთრებით კი ამ ტიპის მუსიკაში აქცენტირებულია რიტმული ოსტინატოს შესაძლებლობანი. როკის გენეტიკურ იმპულს-

სებს შორის გამოიკვეთება მაგიური რიტუალი მისთვის დამახასიათებელი ორებადი რიტმით. „კოლექტიური სულის“ იდეა, დინამიკური მზარდობა ექსტაზისაკენ, რასაც ქვეცნობიერის „გამიშვლებამდე“ მიყვარათ, და რიტმული განმეორებადობის მთავარი იდეის ხარისხში აყვანა — ყოველივე ამაში ვლინდება ორივე მოვლენის (როკისა და მაგიური რიტუალის) საერთო თვისებები. თუმცა, რეგულარული რიტმიკის ტრადიციები ევროპულ პროფესიულ მუსიკაშიც არსებობს (გავიხსენოთ ცეკვის მნიშვნელობა სხვადასხვა ეპოქებში, ვალსის, ტანგოს საოცარი პოპულარობის პერიოდები).

როკის ხანმოკლე ისტორიაში გამოკვეთილი სტილებიდან ზუსტი განმეორების ფენომენს განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება როკ-ნ-როლში, ჰარდ-როკში და მეტალ-როკში. როკ-ნ-როლში (ასევე რეპშიც) ეს განაპირობა ამ მიმართულებათა საცეკვაო-მოტორულმა ბუნებამ. ჰარდ-როკის, მეტალ-როკის საკონცერტო შესრულებისას კი აქცენტირებულია ადამიანზე ზემოქმედების ფაქტორები — მათ შორისაა ფსიქოფიზიოლოგიური (ხანგრძლივი განმეორებით გამოწვეული ჰიპნოზური მომენტურობის შეგრძნება) და ბიოფიზიოლოგიური (ჟღერადობის ხმა-მალალი დინამიკა, ხშირად სონორის პრესი, განათებისას „მყვირალა“ ფერების მონაცვლეობა).

ამერიკაში, 50-60-იანი წლების მიჯნაზე, მინიმალიზმის წიაღში ჩაისახა რეპეტიტიული მუსიკა. ხშირად ეს ორი ტერმინი გაიგივებულია, რაც ერთგვარ არეულობას იწვევს. „მინიმალიზმი“ წარმოადგენს ფილოსოფიურ-ესთეტიკურ მიმდინარეობას, რომელიც მუსიკაში კომპოზიციის სხვადასხვა მეთოდების, მათ შორის რეპეტიტიულობის მემკვიდრეობით გამოიხატება. ამავე დროს, ეს ორი მოვლენა არაა ერთმანეთთან მიჯაჭვული (რეპეტიტიულ ტექნიკას ხშირად ის კომპოზიტორები მიმართავენ, რომლებიც არ ეყრდნობიან მინიმალისტურ ესთეტიკას). ყურადსაღებია, რომ ტერმინი „repetitiv“ ნიშნავს არა მუსიკალურ რეპეტიციას, არამედ ზოგადად განმეორებას. შესაბამისად „repetitiv music“ სიტყვასიტყვით ითარგმნება როგორც „განმეორებადი მუსიკა“. გარკვეული მიზეზების გამო ჩვენ მივსდევთ ტრადიციას და მოვლენას აღვნიშნავთ როგორც „რეპეტიტიულს“¹).

რეპეტიტიული მუსიკის არსი (როგორც სახელწოდებიდან ჩანს) მდგომარეობს ჰარმონიული მოდელების თუ ინტონაციური ბირთვის განმეორებადობაში და „ღია“ ფორმის იდეაში, რომლის ტრადიციები უკვე არაევროპულ კულტურებსა და ჯაზში ყალიბდება.

უპირისპირდება რა სერიულ, ალგატორულ ტექნიკებს, რეპეტიტიულ ქმნილებებში ხშირად სახეზეა მათი ელემენტები. შეიმჩნევა პარალელები პოლიფონიურ მუსიკასთანაც (მაგალითად, ს. რაისის „ფაზური გადაწვეის“ მეთოდი და იმიტაციურობა).

ერთი შეხედვით უახლეს მეთოდს — რეპეტიტიულობას დიდი ტრადიციები გააჩნია ევროპული პროფესიული მუსიკის სხვადასხვა ჟანრების სახით. მათ შორისაა ორგანუმი (ჰარმონიული ოსტინატო), საცეკვაო კომპოზიციები (პასამე-

¹ გარდა ამისა, ტერმინი „განმეორებადი მუსიკა“ ბუნდოვანია, რადგან ის თავისუფლად შეიძლება გულისხმობდეს უსასრულო კანონს, კულტურ ფორმას, სადაც ასევე მთავარია განმეორების პრინციპი.



ცო, ფოლია და სხვ. განმეორებადი ბანის ფორმულებით), ზოგადად ფიგურაციული ოსტინატო, არსებული სხვადასხვა ჟანრებში. კონკრეტული მაგალითებიდან მეცნიერები ასახელებენ ი. ს. ბახის დო-მაჟორულ პრელუდიას „კარგად ტემპერირებული კლავირის“ I ტომიდან, რ. ვაგნერის ოპერა „რეინის ოქროს“ შესავალს [2].

აღვნიშნავთ, რომ ხსენებულ ეპიზოდში ვაგნერი Es-dur-ული სამხმოვანების განმეორების ხერხს მიმართავს პროგრამულ-სიუჟეტური მოთხოვნილებებიდან გამომდინარე. რეპეტიტიულ ქმნილებებში კი დომინირებს მედიტაციური საწყისი და, პირიქით, აქცენტირებულია შემთხვევითობის ფაქტორი, რითაც, ბუნებრივია, უარყოფილია პროგრამულობა.

რეპეტიტიულ კომპოზიციებში განსხვავებული მიდგომაა დროისადმი (გათანაბრებულია ონთოლოგიური და ფსიქოლოგიური დრო), აღქმის სპეციფიკისადმი (მსმენელი „იძირება“ მუსიკის ჟღერადობაში, თვითონ „თხზავს“ თავის ინდივიდუალურ ოპუსს). სპეციფიკურადაა გააზრებული მუსიკალური ნაწარმოების დრამატურგია (სახეზეა „ერთ მდგომარეობაში ყოფნა“ და არა ქმედება, მიმართული მიზნისაკენ), ფორმა („ღია“ ფორმის პრიმატი), ტონალობა (ნიველირებულია ტრადიციული ტონალურ-ჰარმონიული ფუნქციური კავშირები, ხშირად გამოიყენება მოდალობა).

XX საუკუნისათვის ესოდენ აქტუალური მედიტაციური მუსიკის იდეა სრულყოფილად განსხეულდა მინიმალიზმში (ასევე რეპეტიტიულ მუსიკაში), რომელიც საზრდოობს არაევროპული (აფრიკული, ბალიური და სხვ.) კულტურების ტრადიციებით. ციკლური განვითარების იდეა, რომელიც ჯაზში აფრიკული მუსიკიდან გადმოვიდა (ასევე ჯაზური რიფის, ბექგრაუნდის ტექნიკა), როკ-მუსიკის ადგენებულ-ექსტაზური ოსტინატო (ფსიქოაკუსტიკური ზემოქმედების გათვალისწინებით), „ღია“ ფორმა (დამახასიათებელი ზოგადად ვარიაციული ფორმისათვის, უსასრულო კანონისთვის) – ყოველივე ეს ახლოსაა რეპეტიტიულ მეთოდთან. ამიტომ, ბუნებრივად აღიქმება „რეპეტიტიული“ კომპოზიტორების არსებული მჭიდრო კონტაქტები ჯაზ- და როკ-მუსიკოსებთან (გავიხსენოთ, მაგალითად, ფ. გლასის შემოქმედება).

განმეორების ფენომენი უამრავი ფორმის სახით გამოვლინდა მუსიკალური ხელოვნების ისტორიულ ეტაპებზე. დიდი ისტორია აქვს მას პროფესიულ შემოქმედებაში. ასევე მნიშვნელოვანია ამ პრინციპის როლი ჯაზურ, როკ- და რეპეტიტიულ მუსიკაში, სადაც იგი მრავალფეროვან მხატვრულ დატვირთვას იძენს.

უძველესი მაგიური რიტუალი – შუა საუკუნეების პანოსტინატური ეპოქა – XX საუკუნის მუსიკის ცალკეული მიმართულებანი (განსაკუთრებით რეპეტიტიული მუსიკა) – აი, ის ძირითადი ისტორიული ეტაპები, სადაც ყველაზე მძლავრად გამოვლინდა ზუსტი განმეორების მხატვრულ და კონსტრუქციულ შესაძლებლობათა მთელი სპექტრი.

ლიტერატურა

1. *Б. Асафьев.* Музыкальная форма как процесс. Л., 1972.
2. *К. Байер.* Советская музыка, 1, 1994.
3. *У. Сарджент.* Джаз. М., 1987.
4. *И. Чижова.* Автореф. канд. дисс. М., 1993.
5. *R. Brindle.* The New Music. The Avant-Garde Since 1945. Oxford, 1987.
6. *D. Cope.* New Music Composition. New York, 1977.
7. *P. Griffiths.* Modern Music. The Avant-Garde Since 1945. London, 1981.



ა. წარმობა

სონატური ფორმის ზოგიერთი თავისებურება ბ. კვერნაძის
ინსტრუმენტულ კონცერტებში

წარმოადგინა აკადემიკოსმა ნ. ჯანბერიძემ 22.01.1997

ცნობილი ქართველი კომპოზიტორის ბიძინა კვერნაძის შემოქმედება გამოირჩევა მრავალფეროვნებით. მიუხედავად იმისა, რომ კომპოზიტორის შემოქმედების საფუძველს წარმოადგენს ეროვნული საწყისი, მის მუსიკალურ ენასა და სტილზე განმსაზღვრელი გავლენა მოახდინა უპირველეს ყოვლისა რაველის, ბარტოკის და პროკოფიევის შემოქმედებითა მიღწევებმა. ბ. კვერნაძის აზროვნებას ახასიათებს რა სინკრეტულობა, აქ ერთმანეთშია შერწყმული თვით სიმფონიური და თეატრალურ-დრამატურგიული აზროვნების თვისებები.

მუსიკალური აზროვნების ესოდენ მრავალფეროვანი წყაროების კავშირი გავლენას ახდენს გამომსახველობის სხვადასხვა კომპონენტებზე. ბ. კვერნაძის ინდივიდუალური სტილის ჩამოყალიბებაში გასაგებია, რომ განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს ფორმის საკითხი. მის შემოქმედებაში ვხვდებით მარტივ, რთულ-კონტრასტულ, ციკლურ ფორმებს. ამ უკანასკნელში სონატური ფორმა მოცემულია, ერთი მხრივ, ტრადიციული, მეორე მხრივ მოდიფიცირებული სახით. სონატურ ფორმას კომპოზიტორი მიმართავს იმ უარებასა და ნაწილებში, სადაც ეს ტრადიციული გახდა ისტორიულად. ეს ფორმა გამოყენებულია, მაგალითად, ისეთ მასშტაბურ უარებში, როგორიცაა სავიოლინო კონცერტის კიდურა ნაწილები, ასევე მეორე საფორტეპიანო კონცერტის და I სიმფონიის I ნაწილები.

მიუხედავად იმისა, რომ კომპოზიტორი მთლიანობაში ტრადიციულად იყენებს ამ ფორმას, მაინც აღინიშნება გარკვეული გადახრები. ეს დაკავშირებულია ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში ინდივიდუალური მხატვრული ჩანაფიქრის რეალიზაციის საჭიროებასთან, რაც გამოიხატება ან რეპრიზული ნაწილის მასშტაბურ შეკვეცაში, კონსტრუქციულ დამუშავებაში ან ტონალური გეგმის მოდიფიკაციაში.

თემატური განვითარების მხრივ (როგორც მთავარი ტენდენცია) ჭარბობს მუსიკალური თემატიზმის განახლება (ეს ეხება როგორც ექსპოზიციას, ასევე დამუშავებით ნაწილს, ზოგჯერ იგი გრძელდება რეპრიზაში), როდესაც თანმიმდევრობაში მოცემულია ზედინზედ რამდენიმე სხვადასხვა ერთმანეთისაგან ამოზრდილი თემა ან თემატური წარმონაქმნი, რომელიც პერიოდულად იფარგლება რეპრიზული თაღით, ან - ისეთი შემთხვევა, როცა თემას მოჰყვება საკმაოდ აქტიურად გარდაქმნილი ვარიანტები, რომლებიც რეპრიზულად შემოიფარგლებიან ხოლმე. ხშირად შერეული ვარიანტი, სადაც თემატური გამლის პროცესი აგებულია ახალ

და საწყისი თემის ვარიანტულ თანმიმდევრობაზე. რაც შეეხება კლასიკური სონატური ფორმისათვის დამახასიათებელ მოტივურ-თემატური დამუშავების პრინციპს (მოტივური გამოკვეთა, დანაწევრება, სეკვენცირება და ა. შ.) ნაკლებადაა წარმოდგენილი, ე. ი. ბ. კვერნაძისათვის ძალზე დამახასიათებელია ე. წ. მრავალფაზიანი გამჭოლი თემატური განვითარება. აღნიშნული თემატური განვითარების მეთოდები პირდაპირ კავშირშია კომპოზიტორის მუსიკალური აზროვნების სპეციფიკასთან, მის მხატვრულ სახეობრივ სამყაროსთან. შეიძლება ითქვას, რომ მისი აზროვნება იმპროვიზაციული ბუნებისაა. ეს თვისება (იმპროვიზაციულობა), ალბათ, უნდა მოვიძიოთ მის ეროვნულ ბუნებაში. იმპროვიზაციულობა ხომ ქართული ხალხური მუსიკისათვის სპეციფიკური თვისებაა. შეიძლება ითქვას, რომ მისი ნიჭი ისეთივე იმპროვიზაციული ბუნებისაა, როგორც თვით ხალხური მუსიკა.

ბ. კვერნაძისათვის დამახასიათებელი ასეთი იმპროვიზაციული აზროვნების თვისება მოქცეულია ადრევეროპულ კლასიკურ ქმნილებებში ჩამოყალიბებული ფორმებისა და ჟანრების ჩარჩოებში. მისი იმპროვიზაცია მკვეთრად ჩამოყალიბებული, ყოველთვის ლოგიკურად გააზრებული და მკაცრად ორგანიზებულია ხსენებული კლასიკური ფორმების ტრადიციებში, ამიტომაც რომ მის შემოქმედებაში წარმოდგენილია კლასიკური კონცერტი, სიმფონია, პოემა და ა. შ. თითოეული მათგანი გააზრებულია ძირითადად მათი ტრადიციული ნორმების დაცვით, თუმცა ამა თუ იმ ინდივიდუალური გადახრებით. ეს შეეხება უპირველეს ყოვლისა სონატურ ფორმას. მიუხედავად ხსენებული მუსიკალური ნაწარმოებების შედარებით ანალოზს ბ. კვერნაძის სონატური ფორმის წაკითხვის ზოგიერთი თავისებურებების გამოვლენის კუთხით.

სავიოლინო კონცერტის I ნაწილი დაწერილია სონატური ფორმით, მასშტაბურად შეკვეცილი და ამავედროულად სარკისებური რეპრიზით. თუ ექსპოზიციისაში მოცემული ენერგიულ-ქმედითი, მოტორული ხასიათის მთავარი პარტია წარმოდგენილია მრავალეუმენტიანი გამჭოლი განვითარებით რეპრიზული თაღით (რეპრიზა ვარიანტული განახლებითაა), მკვეთრად კვადრატული დანაწევრებით, სონატური ფორმის რეპრიზაში მთავარი პარტია წარმოდგენილია მხოლოდ და მხოლოდ რეატაქტიანი თემით. რაც შეეხება დამხმარე პარტიას, რომელსაც საფუძვლად უდევს ხალხური სიმღერა „ბერი კაცი ვარ“ ლირიკულ-ეპოკალური ბუნებისაა, დაწერილია სამნაწილიანი ფორმით, არაკვადრატული კიდურა ნაწილებით (იგი რამდენადმე უფრო ნელ ტემპშია მოცემული); ყურადღებას იქცევს ის ფაქტი, რომ მთავარი თემა გატარებულია იმავე ნელ ტემპში, რომელშიც – დამხმარე თემა. ამის შედეგად არა დამხმარე, არამედ პირიქით მთავარი თემა აღმოჩნდა მუსიკალურ სახეობრივად „დამორჩილებული“ დამხმარის მიერ; მოხვდა რა მთავარი დამხმარე პარტიის გარემოცვაში, ტემპის თვალსაზრისითაც ერთიანობაში აღმოჩნდა მასთან. ე. ი. თუ შევადარებთ დამხმარე პარტიას ექსპოზიციისა და რეპრიზაში, აღმოჩნდება, რომ ფაქტიურად კომპოზიტორმა ექსპოზიციური შუაგულის ნაცვლად რეპრიზაში მოათავსა მთავარი თემა, რაც, რასაკვირველია, გამოწვეული იყო პრინციპული მუსიკალური დრამატურგიული ჩანაფიქრით. გვევლინება რა რეპრიზში დასაწყისი დამუშავების ბოლო მონაკვეთში მნიშვნელოვანი



განვითარების კულმინაციად (ვამახვილებთ ყურადღებას ექსპოზიციასთან შედარებით უფრო ნელ ტემპზე Sostenuto-ზე), ამ ფაქტით დამხმარე პარტიის მუსიკალური სახე წამოწეულია წინა პლანზე, მასზე ხდება დრამატურგიული მახვილი და როგორც აღნიშნეთ დამხმარე პარტიის სტრუქტურულ-სახეობრივი მოდიფიკაცია მიმართულია მისი დრამატურგიული როლის დომინირებისაკენ. ამხე მეტყველებს არა მარტო ზემოთ აღნიშნული მთავარი თემის მოთავსება დამხმარე პარტიის შუაგულად ნელ ტემპში, არამედ მთავარი პარტიის რადიკალური მასშტაბური შეკვეცა (ნაცვლად 48 ტაქტისა 8 ტაქტი).

აღსანიშნავია, რომ რეპრიზაში გამოტოვებული მთავარი თემის მასალა კომპენსაციის სახით განვითარებულია კოდაში მოთავსებული სოლისტის კადენციაში.

დამუშავებაში (ისევე როგორც ექსპოზიციაში) ადგილი აქვს ახალი თემატური წარმონაქმნების დაშვებას, ე. ი. საქმე გვაქვს გამჭოლ თემატურ განახლებასთან. კერძოდ, ყალიბდება კიდევ სრულიად ახალი თემა. ესაა დამხმარე პარტიის ლირიკული სფეროს განვითარების ხაზი. ეპიზოდური ლირიკული თემის გამოჩენა დამუშავებაში გვევლინება დამხმარე თემის ნაცვლად.

ატრადიციულადაა დაწერილი სავიოლინო კონცერტის ფინალი. მასში განიხილება სონატური ფორმა შესავლითა და დიდი კოდით, მაგრამ სონატური ფორმისათვის დამახასიათებელი ატრადიციული ტონალური თანაფარდობა (დამხარე პარტია ექსპოზიციასა და რეპრიზაში არ განიცდის ტონალურ ტრანსპოზიციას) საშუალებას გვაძლევს განვიხილოთ ზერთული სამნაწილიანი ფორმის თვისებებიც.

ტიპურია სონატური ჟანრულ-სახეობრივი დამოკიდებულება მთავარი და დამხმარე პარტიებისა. ენერგიულ-მოტორული ხასიათის მთავარ პარტიას უპირისპირდება მღერადი და ამავე დროს ჟანრულ-საცეკვაო საწყისის მატარებელი დამხმარე პარტია. მთავარი პარტია თავისი სტრუქტურით ძალზე მოგვაგონებს კონცერტის პირველი ნაწილის მთავარ პარტიას. აქაც ადგილი აქვს მრავალეღემენტან თემატურ პროცესს, რომელიც იფარგლება რეპრიზული თაღით. დამხმარე პარტიაში (იგი ურეპრიზო სამნაწილიანი ფორმაა) გრძელდება თემატური განახლების პროცესი. მიუხედავად იმისა, რომ აქ არ არის დამოუკიდებელი შემაკავშირებელი პარტია, მთავარი პარტია ტონალურ-ჰარმონიული თვალსაზრისით ღიაა და ამიტომ გადასვლა ერთი პარტიიდან მეორეში მოგვაგონებს თვით სონატურ ექსპოზიციას და არა სამნაწილიანი ფორმის I ნაწილში მოთავსებული მონაკვეთების შეკავშირებას. მთავარ მომენტად გვევლინება რეპრიზაში დამხმარე პარტიის ტრანსპოზიციის გარეშე გამეორება, რაც სონატური ფორმის „ნორმების“ დარღვევაზე მიუთითებს (აქ, პირიქით, სამნაწილიანი ფორმის პრინციპი მოქმედებს). საყურადღებოა ის ფაქტიც, რომ კონცერტის I ნაწილში გარკვეულ ტონალურ პრეცედენტსაც ჰქონდა ადგილი (გავიხსენოთ, რომ სარკისებური რეპრიზა იწყებოდა იმავე ტონალობაში, რომელშიც ექსპოზიცია).

აღნიშნული სონატური ფორმის ტონალური ლოგიკის დარღვევები ძალზე იშვიათად, მაგრამ მაინც გვხვდება მსოფლიო მუსიკალურ ლიტერატურაში, საკმარისია გავიხსენოთ დ. შოსტაკოვიჩის ორივე სავიოლონჩელო, ხანატურიანის სა-

ვიოლინო და ა. შ. კონცერტები. შეიძლება გამოითქვას სხვადასხვა ვარაუდი იმის თაობაზე, თუ რატომ აარიდა თავი კომპოზიტორმა ტრადიციული სონატური ფორმისათვის დამახასიათებელ ტონალურ შეფარდებას. გამოვთქვამთ ასეთ აზრს – არ არის გამორიცხული, რომ კომპოზიტორისათვის უფრო მნიშვნელოვანი იყო ექსპოზიციონი არჩეული ტონალურ-კილოური ელფერის უცვლელობა რეპრიზულ გამეორებაში, ვიდრე დამხმარე პარტიის თემის ტონალური სახეცვლა, რაც დაკავშირებულია ტონალურ-კილოური ფაქტორის წამყვან მომენტთან. მიუხედავად დამხმარე პარტიის ტონალობის შენარჩუნებისა რეპრიზაში და შემაკავშირებელი და დასკვნითი პარტიების გამოტოვებისა, მაინც ვამტკიცებთ სონატური ფორმის არსებობას, რაც ვლინდება როგორც მუსიკალურ დრამატურგიაში, ასევე მუსიკალური სახეების გადაზრდაში, მათ დამუშავებასა (აქ არსებობს ნამდვილი სონატური დამუშავება) და ექსპოზიციური კონტრასტის განვითარებაში.

სონატური ფორმის ბ. კვერნაძის მიერ გააზრების კიდევ ერთ ვარიანტთან გვაქვს საქმე, მეორე საფორტეპიანო კონცერტის I ნაწილში, სადაც მკაფიოდ გამოვლინდა პროკოფიევის, ბარტოკის ზოგიერთი ნიშან-თვისება, ამ ნაწილის სონატური ფორმისათვის დამახასიათებელია სარკისებური, ანუ ინვერსული რეპრიზა თემატური მასალის აქტიური დინამიზაციით. ექსპოზიციონი საკმაოდ ნათლად და დაპირისპირებული ტოკატურ-ენერგიული მთავარი და ლირიკული დამხმარე პარტიები. ეს გამოვლენილია არა მარტო თემატური და ფაქტურული, არამედ ტემპური კონტრასტითაც კი. თუ ექსპოზიციონი თემატური მასალის სტროფული გამლა სრულიად ნათელია, დამუშავებაში გამოყენებულია ექსპოზიციონი ნაჩვენებში თემატიზმი. ახალი მასალა აქ ჩართულია ბოლოს, ე. ი. ხდება ექსპოზიციური მასალის აქტიური ვარიანტული განახლება. ეს ეხება მთავარი პარტიის მასალას, რომელიც პირველად აქედრდა მთავარ პარტიის, შემდეგ კი შემაკავშირებელში ვარიანტების სახით. ეს პროცესი გაგრძელდა დამუშავებაში, რომლის შუაში მოთავსებულია შედარებით ნელი ეპიზოდი – **Meno mosso**. აქ გრძელდება თემის განვითარება, რომელთანაც კონტრაპუნქტში მოცემულია მთავარი თემის მასალა და შემდგომ დამხმარე პარტიის თემის გამეორება.

რეპრიზა მკვეთრად შეკვეცილი და დინამიზირებულია. იგი სარკისებურია, ე. ი. იწყება ლირიკული დამხმარე პარტიით. რეპრიზის დაწყებამდე მიუთითებს იგივე ფაქტორი, რითაც იწყებოდა დამუშავება – კვლავ ჟღერს მარტო ორკესტრი, სადაც გაივლის დამხმარე თემა სამხიანი კანონის სახითა და მეტად დაძაბული ჟღერადობით.

თუ ექსპოზიციონი დამხმარე პარტიის ცენტრი იყო მი ბემოლი, აქ ტონალური ცენტრი შენიღბულია. დამხმარე პარტიას აგრძელებს შედარებით ახალ თემატურ მასალაზე აგებული 13-ტაქტიანი მონაკვეთი. მხოლოდ ამის შემდეგ [14]-დან მოკლედ ჩნდება მთავარი პარტიის თემატიზმი, რაც უფრო რემინისცენციის სახითაა წარმოდგენილი, ვიდრე მთელი პარტიის მასშტაბური რეპრიზული გამეორება.

ბოლო 17 ტაქტი [15], [16] შედარებით ახალ მუსიკალურ მასალაზე აღიქმება როგორც რეპრიზის გაგრძელებაც და ამავე დროს როგორც დაწყებული კოდა, იგი მთლიანად ენერგიულ-ტოკატური მთავარი პარტიის სახეობრივ სფეროშია.

აღნიშნული მკვეთრად შეკვეცილი სარკისებური რეპრიზის გამოყენება გამოწ-

ვეული იყო კომპოზიტორის მუსიკალურ-დრამატურგიული ჩანაფიქრით. იგი საშუალებას აძლევდა კომპოზიტორს, პრინციპულად განეხლებინა დამხმარე პარტიის სახე. ათავსებს რა დამხმარე პარტიას რეპრიზის დასაწყისში როგორც კულმინაციას, ამით ამ მუსიკალურ სახეზე ამახვილებს მსმენელის ყურადღებას, მთავარი პარტიის მასალის გამოჩენა რეპრიზის ბოლოს რემინისცენციის სახით, საშუალებას აძლევს კომპოზიტორს განამტკიცოს მთავარი პარტია, როგორც ჭეშმარიტად მთავარი სახე, რითაც იწყებს და ამთავრებს კიდევ მთელ კონცერტს.

თუ უფრო ადრე დაწერილი სავიოლინო კონცერტი გამოირჩეოდა მელოდიურობით, კლასიკურ მაჟორულ-მინორულ სისტემაზე დაყრდნობით, მეორე საფორტეპიანო კონცერტში შეინიშნება უფრო მკაცრი, თავისუფალი ტოკატური ჟღერადობა და სხვა სონატურ-ჰარმონიული ენა, სადაც ფართოდაა გამოყენებული კლასტერები, მრავალბგერიანი დისონირებული აკორდიკა. ხშირია მოძრაობა პარალელური მკვეთრი დისონანსებით (კვარტებით, სექუნდებით, ნონებით, სექტიმებით). ეს კონცერტი დაწერილია თანამედროვე მუსიკალური სტილის მკვეთრი გამოვლინებით.

გვგვჩვენებს, რომ მომდევნო ნაწარმოებებში ბ. კვერნაძე არაერთხელ მიმართავს განხილულ სონატურ ფორმას, სადაც ადგილი ექნება ამ ფორმის ახლებურ კომპოზიციურ-დრამატურგიულ წაკითხვას.

ს. ს. ორბელიანის სახ. სახელმწიფო პედაგოგიური უნივერსიტეტი



მ. ხანმოზილი

ვეინახები სამხრეთ სირიაში (გოლანი)

წარმოადგინა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტმა ა. გვახარია 15.10.1996

ჩრდილოკავკასიელი ხალხის მიგრაცია ახლო აღმოსავლეთის ქვეყნებში საუკუნეების სიღრმიდან იწყება. ის მნიშვნელოვან როლს თამაშობდა ამ ქვეყნების (მამლუქთა ეგვიპტე, ოსმალეთის იმპერია და ა. შ.) პოლიტიკურ ცხოვრებაში. ჩრდილოკავკასიელთა მიგრაცია განსაკუთრებით გაიზარდა XIX ს. მეორე ნახევარში და მან მუჭაჯირობის სახელწოდება მიიღო. ეს პროცესი დაკავშირებული იყო ცარიზმის კოლონიურ პოლიტიკასთან, რომელიც განსაკუთრებით აუტანელი გახდა შამილის (კავკასიური ომების) დამარცხების შემდეგ.

სხვა ჩრდილოკავკასიელთაგან განსხვავებით ვეინახები (ჩეჩენები და ინგუშები), მიუხედავად ოსმალეთის აგიტაციისა და ცარიზმის მოხელეთა მიზანდასახული მცდელობისა (კაზაკების ჩასახლება, მთიელთა განიარაღება, გაციმბირება და ა. შ.), დიდხანს იკავებდნენ თავს ემიგრაციისაგან [1]. მაგრამ 1865 წლის დასაწყისში რუსეთის ჯარში გაწვრთნილმა გენერალმა მუსა კუნდუხოვმა მოახერხა ზოგიერთი ვეინახური თეიფის (გვარი, ტომი) სასულიერო წინამძღოლის დათანხმება (აღუთქვა ოსმალეთის იმპერიაში საუკეთესო მიწები, კომპაქტური დასახლება, დამოუკიდებლობა და ა. შ.) და მაისის თვეში ვეინახთა ერთი ჯგუფი (5000 ოჯახზე მეტი) უკვე მზად იყო გამგზავრებისათვის [2]. პირველ ჯგუფს, რომელიც 3 ათასი ოჯახისაგან შედგებოდა, სათავეში თვით მ. კუნდუხოვი ჩაუდგა, ხოლო შედარებით გვიან (რამდენიმე დღის შემდეგ) გასულ მეორე ჯგუფს, რომელშიც 2 ათასზე მეტი ოჯახი იყო – შამილის ყოფილი ნაიბი სადალაჰი ხელმძღვანელობდა. ვეინახი მუჭაჯირობის მესამე დიდმა ჯგუფმა, 700 ოჯახის შემადგენლობით, 1898-1900 წწ. დატოვა სამშობლო და 1903 წ. (თურქეთისა და სირიის გავლით) იორდანიაში – ბალკას რაიონში დასახლდა.

კავკასიიდან გამოსული ვეინახი მუჭაჯირობის პირველი ტალღა საქართველოს გავლით ჩავიდა ოსმალეთში (ყარსში). აქ ოსმალთა მთავრობის მიერ 1860 წ. შექმნილმა ე. წ. „იდარეი-ი უმიმიე-ი მუჭაჯირუნ კომისიონუმ“ (ემიგრაციის ადმინისტრაციის მთავარმა კომისიამ) ერზიგანისა და დიარბექირის უდაბნოში გაანაწილა, მთიელებმა უარი განაცხადეს და უკან დაბრუნება მოითხოვეს. 1865 წ. ნოემბერში უკვე საზღვრებთან მისულ მუჭაჯირებს ალი ქემალ ფაშამ ცეცხლი გაუხსნა და ასობით უდანაშაულო ადამიანი დახოცა [3].

ვეინახ-მუჭაჯირთა ნაწილი თურქეთში დასახლდა, ხოლო ნაწილმა სირიისკენ აიღო გეზი. 1872-1875 წწ. ვეინახური დასახლებები შეიქმნა ჩრდილოეთ სირია-



ში – ალ-ჯაზირას ოლქში, (რის შესახებაც სხვა დროს გვექნება საუბარი) და 1878-1882 წწ. – სამხრეთ სირიაში – გოლანში ჩასულ მუშაჯირების ჯგუფს ხელმძღვანელობდა შამილის ყოფილი ნაიბის – თამუ შაჯის მურიდი ვეინახებში ნაყმბანდიების სუფიური ორდენის მურიდი (მეთაური) ბაჰალი [4].

სანამ გოლანში მოვიდოდნენ, მთიელებმა ერთი ზამთარი ალ-ჯაზირაში გაატარეს (ამის შესახებ და სხვა ცნობები მოვიპოვე ამჟამად ალ-ჯაზირას ოლქში ქრა'ს ალ-'აინში მცხოვრებ ვეინახებთან). გაზაფხულზე ისინი გზას დაადგნენ სამხრეთ სირიისკენ. გზაში გამოიარეს რაკა (აქაც ვეინახ მუშაჯირებს „ახალი რაკა“ დაეარსებინათ) და მოვიდნენ დამასკოში. აქ დამასკოს ვალიმ მათ დღევანდელი მუშაჯირინის უბანში დასახლება შესთავაზა. მაგრამ მთიელებს უფრო გრილი, მთიანი ადგილი უთხოვიათ. ოსმალმა მოხელეებმა ისინი სხვა ჩერქეზ მუშაჯირებთან ერთად გოლანში (კუნიატარის მუშაფაზათში) ჩაიყვანეს. (ამის შესახებ ინფორმაცია გადმომცა დღეს დამასკოში მცხოვრებმა, ამ მუშაჯირთა ერთ-ერთმა შთამომავალმა, მსცოვანმა ულემმა მაჰმუდ ვაფიმ. მისი აზრით, გოლანი ვეინახებს გრილი კლიმატის გამო აურჩევიათ. ამავე აზრს გამოთქვამს ჩერქეზ მუშაჯირთა შთამომავალი, სირიელი გეოგრაფი ადელ აბდელ სადამიც თავის ნაშრომში „სირიის გეოგრაფიული დარაიონების შესახებ“ [5]. გოლანის აღმოსავლეთით, შემადლებულ ადგილებში ჩრდილოკავკასიელმა მუშაჯირებმა ერთმანეთის მიყოლებით შემდეგი დასახლებები დააარსეს: კუნიატარა (შემდეგში ცენტრი), ალ-მანსურა, ალ-სარმანი (ამჟამად ალ-აღნანია), ბი'რ აჯამი, 'აინ ზივანი, ალ-ბარიკა, ალ-ჯუევიზა, ალ-მუდარია, ალ-რუვეიჰანია, ალ-ჰამიდია, ალ-ხიშნია, ალ-მუჰსია (დღეს ალ-ლასანია), ალ-სამდანია, ალ-ფაჰამი, ალ-ფარაჯი, ალ-ფაზარა და სხვ. აქედან ვეინახები ძირითადად კუნიატარაში, ალ-სამდანიაში და ალ-ხიშნიაში დასახლდნენ. ყველა ამ დასახლების ცენტრი გახდა კუნიატარა. კუნიატარა სირიის ფაშა მუსტაფა-ლალას დროს (XVI ს.) სირიასა და ეგვიპტეში მიმავალ სავაჭრო გზაზე მდებარე სავაჭრო-საქარავნო სადგური იყო თავისი კეთილმოწყობილი ფუნდუკებით, მეჩეთებითა და აბანოებით. მაგრამ როდესაც აქ მთიელებმა მოაღწიეს, მისგან მხოლოდ ნანგრევები იყო დარჩენილი [6]. ვეინახები მის აღმოსავლეთ ნაწილში დასახლდნენ და შექმნეს ე. წ. დაღესტნის უბანი. აქ დაღესტნელთა 2-3 ოჯახიც კი არ იყო, მაგრამ ეს სახელი, ალბათ იმიტომ გაჩნდა, რომ შამილის დროს ვეინახეთი და დღევანდელი დაღესტანი ერთი დროშის ქვეშ გაერთიანდა და მას დაღესტანი (მთების ქვეყანა) ეწოდებოდა. ვეინახი მუშაჯირებიც სამშობლოს დაღესტანს უწოდებდნენ და წლების მანძილზე მისტიროდნენ „ნანა დელისტს“ (დედა დაღესტანს). ბევრი მათგანი დღესაც გვარად დაღესტანი-ს ატარებს: მაგ. აქედან (გოლანი) გამოსული ცნობილი იორდანელი მეცნიერი, იორდანის მეცნიერებათა აკადემიის პრეზიდენტი ფახრუდინ დაღესტანი).

უფრო გვიან შექმნილი ვეინახური დასახლებები იყო ალ-სამდანია და ალ-ხიშნია. ალ-სამდანია ორ ნაწილად იყოფოდა: ძველი და ახალი სამდანია. ძველ სამდანიაში, ანუ სამდანის უფრო ადრეულ დასახლებაში ვეინახების ყველაზე დიდი ტომობრივი გაერთიანების – ნოხჩის (ჩენები) სხვადასხვა თეიფები, ანუ ქვეტომები ცხოვრობდნენ, ხოლო ახალში – ვეინახების მეორე ტომობრივი გაერთიანების – დალღაის (ინგუშები) ზოგიერთი თეიფის წარმომადგენლები. (რაც შე-



ეხება ვეინახების მესამე დიდ ტომობრივ გაერთიანებას – არმდხოი (რუსულ-ქართულ რუკებში კარაბულაკები), ისინი ძირითადად ალ-ჯაზირაში დასახლდნენ და გოლან-ში მათგან მხოლოდ რამდენიმე ოჯახი ცხოვრობდა).

ყველაზე გვიან შეიქმნა ალ-ხიშნია. იგი თერგის ოლქიდან მოსულმა ბითროის თეიფმა და ყაბარდოელმა მუჰაჯირებმა დააარსეს. ჩვენი საუკუნის დასაწყისში მათ მიწები გაყიდეს და კუნაიტარაში თავის თანამემამულეებთან გადავიდნენ. კუნაიტარაში ამ პერიოდისათვის, მუჰაჯირთა შთამომავლებში (მაგალითად, მაჰმუდ ვაფფი, მუსტაფა ზანდაკი, ალი დიშნი), რომლებიც დღეს დამასკოში იმყოფებიან, შემდეგი თეიფები ცხოვრობდნენ: ზანდაკოი, ვაფფი, ბელთოი, ბითროი, სიესნოი, ჭინხოი, ტოქოი, ფარჩხოი, შანროი, შუონოი, დიშნი, ქურჩლოი, ლუმხოი, თურქხოი, და ა. შ. ყველაზე დიდი რაოდენობით იყვნენ, ზანდაკოი და ვაფფი. ისინი დღესაც უმრავლესობას შეადგენენ და ძირითადად დღევანდელი ხასავ-იურთის და ნოჟაი-იურთის რაიონებიდან გამოვიდნენ ჰიჯრის დასაწყისში.

კუნაიტარის მუჰაფაზათში ახალმოსახლე მუჰაჯირებს ოსმალეთის მთავრობამ მიწები შემდეგი რაოდენობით გამოუყო: სამწვევრიანმა ოჯახმა მიიღო 70 დონუმი (დონუმი = 910 კვ.მ) მიწა, ოთხ-ხუთწვევრიანმა ოჯახმა – 100, ხოლო უფრო დიდმა ოჯახებმა კი – 130 დონუმი მიწა [7].

მთიელებმა მიღებული მიწების ნაწილი (განსაკუთრებით კუნაიტარას აღმოსავლეთით მდებარე ქვიანი მიწები) საძოვრებად, ხოლო ნაწილი კი (კუნაიტარის სამხრეთში) – სახნავ-სათესად გამოიყენეს. აქ მათ გაჩეხეს ტყეები, დაამუშავეს განთავისუფლებული ადგილები და დათესეს ხორბალი, სიმინდი, ქერი და სხვა. გააშენეს ბალ-ვენახები და დარგეს ხეხილი. ამასთანავე მისდევდნენ მეცხოველეობასაც. მოამრავლეს ცხვარ-ძროხა, ცხენები, თხები და სხვა.

გოლანში ჩასულ მუჰაჯირებს მათთვის სრულიად ახალი ხელობის ათვისება მოუწიათ (ბაზალტის ქვის თლა და მისგან სახლების აშენება). ისინი დღის პირველ ნახევარში მიწას ამუშავებდნენ, მოსავალს იღებდნენ, ხოლო მეორე ნახევარში კი – მთებში აღიოდნენ, თლიდნენ ბაზალტის ქვას და ურმებით ეზიდებოდნენ ახალმშენებში.

1885 წ. კუნაიტარას რაიონში მოხვედრილი გერმანელი მკვლევარი შუმახერი აღფრთოვანებული იყო კავკასიური ახალმშენებით: სახლების არქიტექტურითა და წესრიგით, სისუფთავით, რომელიც ჩრდილოეთ კავკასიელებს (განსაკუთრებით კი ვეინახებს) მკვეთრად გამოარჩევდა სხვა არაბი და თურქმანი ტომებისაგან, მათი ყოფისაგან [8]. სამწუხაროდ, მძიმე კლიმატურმა პირობებმა, მძიმე ყოფამ და ეპიდემიებმა ასობით ადამიანის სიცოცხლე შეიწირა და მათი რიცხვი ჩვენი საუკუნის დასაწყისისათვის მკვეთრად შემცირდა. განსაკუთრებით ბევრი მთიელი დაიღუპა ადგილობრივ ბედუინებსა (ალ-ფადლის და ალ-შავადიჯას ტომებთან) და დრუზებთან (ჯაბალ-შეიხიდან) შეტაკებების დროს. მთიელებსა და დრუზებს შორის ადგილი ჰქონდა უფრო სერიოზულ კონფლიქტებს, რომლებიც 1890 წ. ე. წ. „დიდ ომში“ გადაიზარდა. კარგად შეიარაღებულმა მუჰაჯირებმა (ვეინახები და ჩერქეზები) აინ ზივანელი ანშოყ ჩერქეზის მეთაურობით დრუზების ცენტრამდე – ნაჯდალ-შამსამდე მიაღწიეს, მაგრამ შემდეგ ოსმალეთის ჯარმა კალ'ათ ჯანდალში მათი წინსვლა შეაჩერა და გამარჯვებული მთიელები უკან და-



აბრუნა [9]. მომდევნო ხანებში მათ ურთიერთობაში რაიმე სერიოზულ ინციდენტს აღვლი აღარ პქონია (როგორც ამას მათი შთამომავალნი იუწყებიან).

ფრანგების კოლონიზაციის წლებში ვეინახები ძირითადად ვატანისტებს (კოლონიზატორების წინააღმდეგ მებრძოლ სირიელებს) მიემხრნენ. ფრანგების მხრიდან შევიწროების მიუხედავად (სასწავლებლად არ ავზავნიდნენ ახალგაზრდებს, უკრძალავდნენ მშობლიურ ენაზე ლაპარაკს და ა.შ.), ვეინახებმა მაინც მოახერხეს დაეარსებინათ სტამბა, გამოემუშათ მშობლიურ ენაზე რელიგიური და სხვა საერო ხასიათის წიგნები და ჟურნალ-გაზეთები (ერთ-ერთი მათგანი 1932 წელს კუნაიტარაში გამოცემული რელიგიური ხასიათის ტრაქტატი ვეინახურ ენაზე ამანში ყოფნის დროს მოვიპოვე).

1948 წ. ისრაელის პირველი აგრესიის დროს ვეინახებმა და ჩერქეზებმა შექმნეს ე. წ. „ჩერქეზთა დივიზია“ რაკელი ხანდამხული ჩერქეზი პოლკოვნიკის ჯავად ანზორის მეთაურობით. თელ-აზიზიასთან ბრძოლის დროს ბევრი მათგანი დაიღუპა, მათ შორის ჯავად ანზორიც.

არაბეთ-ისრაელის 1967 წ. ივნისის ომის შემდეგ, როცა ისრაელმა დაიკავა გოლანის მაღლობები, აქაური მუჰაჯირები სირიის დედაქალაქ დამასკოში გადასახლდნენ. ვეინახები დღეს დამასკოში ძირითადად „მასაქინ ბარზას“ უბანში ცხოვრობენ და გაერთიანებული არიან ქ. დამასკოში 1948 წ. შექმნილ ჩრდილოკავკასიელთა დიასპორაში. მათი რაოდენობა ზუსტად არ არის ცნობილი, მაგრამ ვარაუდობენ, რომ მხოლოდ გოლანიდან გადმოსახლებული ვეინახები დაახლოებით 2-3 ათას შეადგენს.

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

გ. წერეთლის სახ. აღმოსავლეთმცოდნეობის ინსტიტუტი

ლიტერატურა

1. ЦГИАГ фонд 545 оп I д. 64 и 91.
2. Г. А. Дзидзария. Мохаджерство и проблемы истории Абхазии в XIX столетии. Сухуми. 1982.
3. ნ. ბარზაჯ. თაჰჯირ ამ-შარაქისა I (ჩერქეზთა გადასახლება), ამან, 1987, 119.
4. ა. ვ. ზაქარია. აშირ ამ-შამ (სირიის ტომები), I-II, დიმაშქ, 1947.
5. ა. ა. ას-სალამ. ჯულრაფია სურია (სირიის გეოგრაფია), I, დიმაშქ, 1973, 376.
6. ა. ვ. ზაქარია. არ-რიფ ას-სური (სირიელი სოფელი), II, დიმაშქ, 1955, 542.
7. N. N. Lewis. Nomads and settlers in Syria and Jordan 1800-1980. London. 1980, 105.
8. Ibidem.
9. ან ქულუ. ტარიკ ალ-ხალის (თავისუფალი გზა), დიმაშქ, 1941, 33.