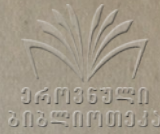


15
1949



სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის

შრომები

Т Р У Д Ы

ТБИССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА
ИМЕНИ СТАЛИНА

XXXVI

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის

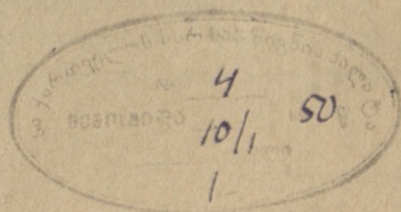


შ რ თ ე ბ ი

Т Р У Д Ы

ТБИЛИССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА
ИМЕНИ СТАЛИНА

XXXVI



სტალინის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა
Издательство Тбилисского государственного университета им. Сталина

თ ბ ი ლ ი ს ი

1949

დაიბეჭდა სტალინის სახელობის თბილისის სახელმწიფო
უნივერსიტეტის სამეცნიერო საბჭოს დადგენილებით

პასუხისმგებელი რედაქტორი პროფ. ნ. კეცხოველი
საჭ. მეცნ. აკადემიის ნამდვილი წევრი

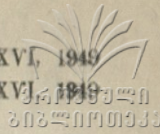
XXXVI ტომის

შინაარსი

1. შ. ბებიაშვილი, რეაქტიულ მილაკებზე მომუშავე სიხშირის მოდულატორის სიხშირითი მახასიათებლები	1
2. ალ. იშხნელი, პოლიკრისტალური ბარიუმის ტიტანატის დიელექტრიკული თვისებები	15
3. თ. მღებრიანი, მეტალების სიმტკიცის თეორიული ზღვრის შესახებ	35
4. ა. ბაკალიაძე, ერთადერთობის თეორემები დრეკადობის თეორიის სივრცის სასაზღვრო ამოცანებისათვის მდგრადი რხევების შემთხვევაში	47
5. ი. გვერდწითელი და ს. ვაშაკიძე, დიაცეტილენის რიგის გლიკოლების კატალიზური ჰიდროგენიზაცია	63
6. ა. ჯანელიძე, ოროგენის დაბადება	71
7. გ. ზარიძე, დედა შავმისა და მისი დიფერენციაციის შესახებ კავკასიის მაგმური ქანების შესწავლასთან დაკავშირებით	91
8. ალ. ასლანიკაშვილი, კარტოგრაფია და მისი საფაზი	113
9. გრ. ზარდალიშვილი, კლუხოვის რაიონის ზოგიერთი გეოგრაფიული სახელწოდების დადგენისათვის	143
10. ეკ. ჭიაბერაშვილი, მასალები თალგამის თეთრულას (<i>Pieris rapae</i> L.) ბიოლოგია-ეკოლოგიის საკითხების შესწავლისათვის	151
11. ქს. გიკაშვილი, აბრეშუმის ჭიის (<i>Bombyx mori</i>) ახალი მონოვოლტინური ჯიშის გამოყვანა	179

СОДЕРЖАНИЕ

1. Ш. А. Бебиашвили, Частотные характеристики частотного модулятора на реактивных лампах 9
 2. А. К. Ишхнели, Диэлектрические свойства поликристаллического титаната бария 15
 3. О. И. Мгебриян, О теоретическом пределе прочности металлов 35
 4. А. С. Бакаляев, Теоремы единственности в пространственных граничных задачах теории упругости в случае установившихся колебаний 47
 5. И. М. Гвердцители и С. Г. Вашакидзе, Каталитическое гидрирование гликолей диацетиленового ряда 63
 6. А. И. Джанелидзе, Зарождение орогена 71
 7. Г. М. Заридзе, О родоначальной магме и ее дифференциации в связи с изучением магматических пород Кавказа 91
 8. А. Ф. Асланикашвили, Картография и ее предмет . . . 113
 9. Г. И. Зардалишвили, К изучению некоторых географических наименований Клухорского района 143
 10. Ек. Чиаберашвили, Материалы по изучению вопросов биоэкологии репной белянки (*Pieris garae* L.) 151
 11. Кс. Гикашвили, Выведение новой моновольтинной породы тутового шелкопряда 179
-



მ. ც. გავიაშვილი

რეაქტიულ მილაკებზე მომუშავე სიხშირის სიხშირითი მახასიათებლები

შესავალი

გარდამავალი რეჟიმის კვლევამ რეაქტიულ მილაკებზე მომუშავე სიხშირის მოდულატორში გვიჩვენა [1] ერთი უჯრედისაგან შემდგარ გამფილტრავ მოწყობილობის გამოყენების მიზანშეწონილობა დისკრიმინატორსა და მოდულატორს შორის.

სიხშირის მოდულატორის დროის მუდმივა ამოიჩვენა იმ მუშაობის ხასიათთან დამოკიდებულებით, რომლისთვისაც დადგმულებაა განკუთვნილი (ფართომაუწყებლობა, ტელეგრაფია და სხვა).

მხოლოდ ერთუჯრედიან გამფილტრავ მოწყობილობის არჩევა სქემის მუშაობის მდგრადობისა და გარდამავალ რეჟიმის ხასიათის ნიშნებით არ არის მთლიანი, ვინაიდან სისტემის სწრაფმოქმედების მოთხოვნილებათა შესრულებას მივყავართ ამგზნებ გენერატორის გამოსავალზე წრფივ დამახინჯებათა წარმოშობამდე, ვინაიდან გამფილტრავ მოწყობილობას სიხშირითი დამოკიდებულება ახასიათებს. ეს მდგომარეობა იმ პირობათა განსაზღვრის აუცილებლობას იწვევს, როდესაც გამფილტრავ მოწყობილობას მინიმალური წრფივი დამახინჯებები შეეკვს კრული სისტემის საკმაოდ მცირე დროის მუდმივას პირობებში.

სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, აუცილებელია აგრეთვე განვიხილოთ მალალი სიხშირის დევიაციის სიხშირითი მახასიათებელი. სიხშირითი მახასიათებლად იგულისხმება ამგზნებ გენერატორის სიხშირის ვადახრის დამოკიდებულება მოდულაციის სიხშირესთან მამოდულირებელი ძაბვის ამპლიტუდის მუდმივობის პირობებში.

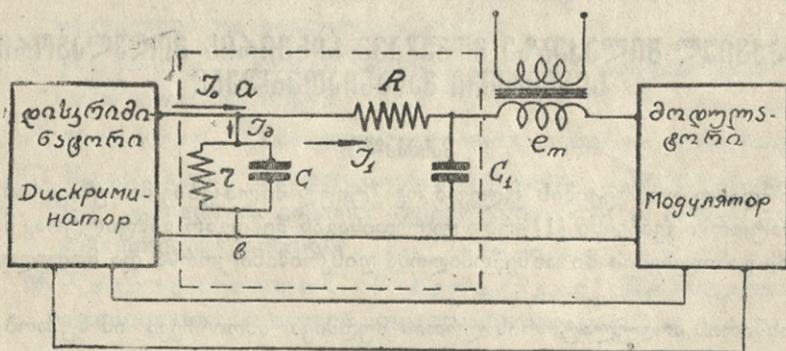
იმის გამო, რომ კრული სისტემის თანაბარი დროის მუდმივას პირობებში სხვადასხვა სქემის მქონე გამფილტრავ მოწყობილობებს სხვადასხვა სიდიდის დროის მუდმივები აქვთ, შეიძლება სრულიად ნათლად ვამტკიცოთ, რომ სისტემათა სიხშირითი მახასიათებლებიც სხვადასხვა იქნება.

ამის გამო, ამა თუ იმ სქემის გამფილტრავი მოწყობილობის არჩევის დროს სხვა მოსაზრებებთან ერთად სიხშირითი მახასიათებლით ნაკარნახევი მოსაზრებაც უნდა იქნეს მხედველობაში მიღებული.

სისვამათა სისპირითი მახასიათებლები

სურ. 1-ზე წარმოდგენილ სქემის წონასწორობის განტოლებათა შედგენით შეიძლება იძულებითი რხევების დენის J_{0b} დამოკიდებულება მამოდულირებელ e_m ძაბვასთან შემდეგი სახით მივიღოთ

$$J_{0b} = \frac{S_M S_\vartheta [\text{j}\Omega r C_1 + (\text{j}\Omega R C_1 + 1) (1 + \text{j}\Omega r C)]}{S_M S_\vartheta + \text{j}\Omega r C_1 + (\text{j}\Omega R C_1 + 1) (1 + \text{j}\Omega R C)} \dot{E}_m.$$



სურ. 1.

ამ განტოლების დახმარებით შეიძლება ვიპოვოთ ას წერტილებზე მოდებული ძაბვის მნიშვნელობა იძულებითი რეჟიმისათვის შემდეგი სახით:

$$\dot{U}_{0b} = J_{0b} Z, \quad (1)$$

სადაც Z — წყვეტილი ხაზებით შემოვლებული სქემის უბნის წრედის წინა-ლობა, ე. ი.

$$Z = \frac{r (\text{j}\Omega R C_1 + 1)}{\text{j}\Omega r C_1 + (1 + \text{j}\Omega R C) (\text{j}\Omega R C_1 + 1)}$$

J_{0b} და Z -ის მნიშვნელობათა (1) განტოლებაში ჩასმით მივიღებთ

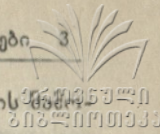
$$\dot{U}_{0b} = - \frac{S_M S_\vartheta (R \text{j}\Omega C_1 + 1)}{S_M S_\vartheta + \text{j}\Omega r C_1 + (\text{j}\Omega R C_1 + 1) (1 + \text{j}\Omega R C)} \dot{E}_m$$

გვაქვს რა \dot{U}_{0b} ძაბვის მნიშვნელობა, შეგვიძლია განვსაზღვროთ კონდენსატორში გამაფალ J_1 დენისა და მასზე არსებული ძაბვის მნიშვნელობები შემდეგი სახით:

$$J_1 = - \frac{S_M S_\vartheta \text{j}\Omega C_1}{S_M S_\vartheta + \text{j}\Omega r C_1 + (\text{j}\Omega R C_1 + 1) (\text{j}\Omega R C + 1)} \dot{E}_m$$

და

$$\dot{U}_{c1} = - \frac{S_M S_\vartheta}{S_M S_\vartheta + \text{j}\Omega r C_1 + (\text{j}\Omega R C_1 + 1) (\text{j}\Omega R C + 1)} \dot{E}_m.$$



კონდენსატორზე ძაბვის მყისა მნიშვნელობა $e_m = E_m \cos(\Omega t + \varphi_0)$ სახის მარტივ დულირებელ ძაბვის შემთხვევაში უდრის

$$U_{c1} = \frac{S_M S_\Phi}{V(1 + S_M S_\Phi - rR\Omega^2 CC_1)^2 + (\Omega rC_1 + \Omega RC_1 + \Omega rC)^2} E_m \cos(\Omega t + \varphi_0 + \xi),$$

სადაც

$$\operatorname{tg} \xi = - \frac{r\Omega C_1 + \Omega RC_1 + r\Omega C}{1 + S_M S_\Phi - rR\Omega^2 CC_1}. \quad (2)$$

საწყის მომენტში ($t=0$) ძაბვა კონდენსატორზე ნულს უნდა უდრიდეს [2], ე. ი.

$$|U_{c1}|_{t=0} = |U_{c1b}|_{t=0} + |U_{c1cb}|_{t=0} = 0.$$

ეს განტოლება საშუალებას იძლევა განვსაზღვროთ კონდენსატორზე ძაბვის მნიშვნელობა თავისუფალი რეჟიმის საწყისი მომენტისათვის:

$$|U_{c1cb}|_{t=0} = -|U_{c1b}|_{t=0} = \frac{S_M S_\Phi E \cos(\varphi_0 + \xi)}{V(1 + S_M S_\Phi - rR\Omega^2 CC_1)^2 + (\Omega rC_1 + \Omega rC + \Omega RC_1)^2}$$

თავისუფალი რეჟიმის რხევები თავის მხრივ ერთმანეთის მიმართ $\Psi = \operatorname{arctg} \frac{\omega}{\delta}$

კუთხით ფაზაგადაწყვეთს ორი რხევისაგან შედგებიან. იძულებითი და თავისუფალი რეჟიმის მდგენელების შეჯამებით მივიღებთ კონდენსატორზე ძაბვის განტოლებას დროსთან დანოკიდებულებით გარდამავალ პერიოდში:

$$U_{c1} = U_{c1b} + U_{c1cb} = - \frac{S_M S_\Phi E_m}{A} \cos(\Omega t + \varphi_0 + \xi) + \frac{S_M S_\Phi E_m \cos(\varphi_0 + \xi)}{A \sin \Psi} e^{-\delta t} \sin(\omega t + \Psi) - \frac{\Omega}{\omega} \frac{S_M S_\Phi E_m \sin(\varphi_0 + \xi)}{A} e^{-\delta t} \sin \omega t,$$

სადაც $A = \sqrt{(1 + S_M S_\Phi - rR\Omega^2 CC_1)^2 + (\Omega rC_1 + \Omega rC + \Omega RC_1)^2}$

და ω — თავისუფალი რხევების კუთხური სიხშირეა და განისაზღვრება ფორმულით

$$\omega = \frac{1}{T} \sqrt{\frac{1 + S_M S_\Phi}{n} - \frac{1}{4} \left(1 + \frac{1}{n} + \frac{1}{m_1}\right)^2},$$

Ψ — მიღვის კოეფიციენტი და განისაზღვრება გამოთქმით

$$\delta = - \frac{1}{2T} \left(1 + \frac{1}{n} + \frac{1}{m_1}\right),$$

$$\xi = - \operatorname{arctg} \frac{r\Omega C_1 + \Omega RC_1 + r\Omega C}{K - rR\Omega^2 CC_1}, \quad n = \frac{RC_1}{rC}, \quad m_1 = \frac{R}{r},$$

$T=rC$, S_M და S_Φ სამოდულაციო და დისკრიმინატორული მახასიათებლების დახრილობებია სათანადოდ.

რეაქტიული მილაკის ბადე-ძაფის მომჭერებზე მოდებული ძაბვა U ორი U_{c1} და მამოდულირებულ e_m ძაბვისაგან შედგება, ე. ი.

$$U = U_{c1} + e_m = -\frac{S_M S_\Phi E_m}{A} \cos(\Omega t + \varphi_0 + \xi) + \frac{S_M S_\Phi E_m}{A} \frac{\cos(\varphi_0 + \xi)}{\sin \Psi} e^{-\beta t} \sin(\omega t + \Psi) - \frac{S_M S_\Phi E_m}{A} \sin(\varphi_0 + \xi) e^{-\beta t} \sin \omega t + E_m \cos(\Omega t + \varphi_0). \quad (4)$$

ამგზნები გენერატორის სიხშირის გადახრა U ძაბვის პროპორციულია და გამოიხატება

$$\Delta f = S_M U.$$

მაშასადამე,

$$\Delta f = -\frac{S_M^2 S_\Phi E_m}{A} \cos(\Omega t + \varphi_0 + \xi) + \frac{S_M^2 S_\Phi E_m}{A} \frac{\cos(\varphi_0 + \xi)}{\sin \Psi} e^{-\beta t} \sin(\omega t + \Psi) - \frac{S_M^2 S_\Phi E_m}{A} \sin(\varphi_0 + \xi) e^{-\beta t} \sin \omega t + S_M E_m \cos(\Omega t + \varphi_0). \quad (5)$$

(5) განტოლება გვიჩვენებს, რომ სისტემაში $e_m = E_m \cos(\Omega t + \varphi_0)$ მამოდულირებულ ძაბვის პროპორციულ $S_M E_m \cos(\Omega t + \varphi_0)$ სიხშირის გადახრის გარდაგამფილტრავ მოწყობილობას გამოყენებასთან დაკავშირებით არსებობენ ამგზნები გენერატორის გამოსავალზე დამახინჯებების შემქმნელი სიხშირის გადახრები.

პირველი მდგენელი, როგორც გარდამავალ, ისე სტაციონალურ რეჟიმში არსებობს. მისი სიდიდე გამფილტრავი მოწყობილობის ფილტრაციის კოეფიციენტზეა დამოკიდებული. Δf -ის მეორე და, მესამე საკრებები გარდამავალი რეჟიმის მდგენელებს წარმოადგენენ და, ვინაიდან თავისუფალ რხევებს იძლევათი რხევებისაგან განსხვავებული სიდიდე აქვთ, ისინი გარდამავალ რეჟიმში ჰქმნიან სიგნალის ფორმის დამახინჯებას. ეს დამახინჯებანი მოკლედროისანი არიან და მით ნაკლებად საშიშარნი, რაც დიდია მიღება სისტემაში.

დამყარებულ რეჟიმისათვის (საკმაოდ დიდი t -ს პირობებში) თავისუფალ რხევათა მდგენელები შეიძლება უგულვებელყოთ. მაშინ სიხშირის გადახრა დამოკიდებული იქნება მხოლოდ მამოდულირებულ ძაბვაზე:

$$\Delta f = -\frac{S_M^2 S_\Phi E_m}{A} \cos(\Omega t + \varphi_0 + \xi) + S_M E_m \cos(\Omega t + \varphi_0). \quad (6)$$

გარდაქმნების შედეგად მივიღებთ სისტემის სიხშირითი მახასიათებლის სანგარიშიო ფორმულას:

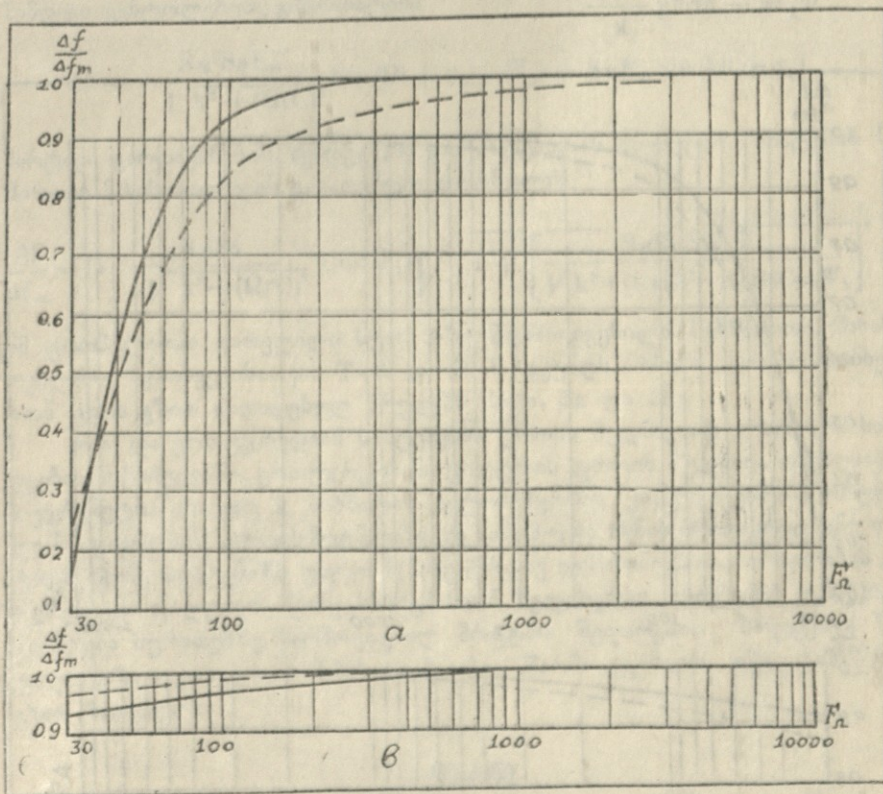
$$\frac{\Delta f}{\Delta f_m} = \left(1 - \frac{S_M S_\Phi}{A} \cos \xi \right) \sqrt{1 + \left[\frac{S_M S_\Phi \sin \xi}{A - S_M S_\Phi \cos \xi} \right]^2} \quad (7)$$

სადაც

$$\Delta f_m = S_M E_m.$$

მიღებული განტოლება საშუალებას იძლევა გათვალათ სიხშირის მოდულატორის სიხშირითი მახასიათებელი, მასში ორუჯრედიანი ფილტრის გამოყენების შემთხვევაში.

ამ ფორმულითაა გათვლილი ორუჯრედიანი ფილტრის მქონე სისტემის სიხშირითი მახასიათებლები n -ის სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის. სურ. 2-ზე მოცემულია ექსპერიმენტალური და გათვლილი მახასიათებლები შემთხვევისათვის $n=0,1$; $T_y=10$ და 50 მილისეკუნდს (სურ. 2ა და 2ბ სათანადოდ).



სურ. 2.

როგორც ჩანს, სიხშირითი მახასიათებელი (7) იძლევა არა მარტო კარგ ხარისხობრივ სურათს, არამედ კარგ რიცხობრივ თანხვედრასაც.

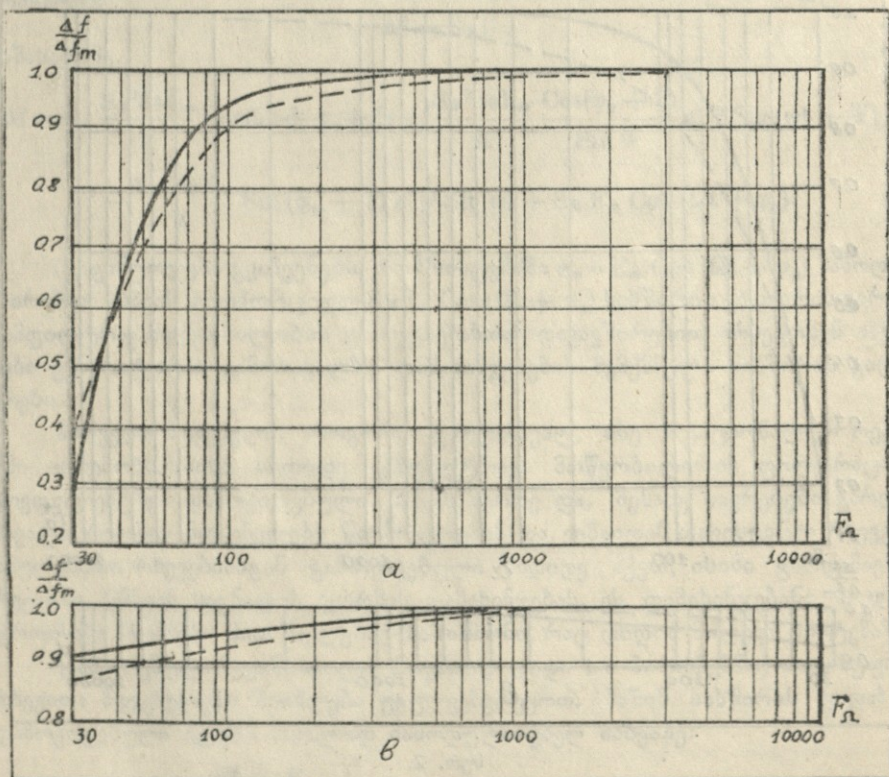
აქვე დავსძენთ, რომ სიხშირითი მახასიათებლის სახე, როგორც წინათაც აღვნიშნეთ, განისაზღვრება სისტემის დროის მუდმივას სიდიდით. როდესაც $T_y=50$ მსეკ-ს, მამოდულირებელ სიხშირეთა სპექტრის დაბალ სიხშირეებზე მახასიათებლის ჩაწევა უფრო მცირეა ვიდრე, როდესაც $T_y=1$ მილი სეკუნდს.

თუ გადავალთ ერთუჯრედიანი ფილტრის მქონე სისტემის და გამოვუშვებთ საშუალებდო მსჯელობას ამგზნები გენერატორის გადახრისათვის, შეიძლება შემდეგი გამოთქმა მივიღოთ:

$$\Delta f = -\frac{S_M^2 S_{\Phi} E_m}{\sqrt{k^2 - (\Omega RC)^2}} \sin(\Omega t + \varphi_0 + \Psi_1) + \frac{S_M^2 S_{\Phi} E_m \sin(\varphi_0 + \Psi_1)}{\sqrt{k^2 + (\Omega RC)^2}} e^{-\frac{K}{T} t} + S_M E_m \sin(\Omega t + \varphi_0), \quad (8)$$

სადაც φ_0 — საწყისი ფაზაა

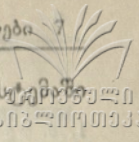
$$\Psi_1 = -\arctg \frac{\Omega RC}{k}$$



სურ. 3

$T=RC$ — ფილტრის დროის მუდმივაა. სხვა სიდიდეები იგივეა, რაც ორუჯრედიანი ფილტრის მქონე სისტემისათვის.

(8) განტოლების $S_M E_m \sin(\Omega t + \varphi_0)$ მდგენელი წარმოადგენს მამოღებული ძაბვის პროპორციულ ამგზნებ გენერატორის სიხშირის გადახრას.



მაგრამ, როგორც (8) გვიჩვენებს, ამ გადახრის გარდა არსებობენ სისტემის გამფილტრავი მოწყობილობის გამოყენებით გამოწვეული გადახრები.

ამ გამოთქმის პირველ მდგენელს მოდულაციის პროცესში მუდამ აქვს ადგილი და ფილტრის არჩეულ ტევადობის შემთხვევაში მცირდება მამოდულირებელი სიხშირის გაზრდასთან ერთად. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, სიხშირის ამ გადახრის არსებობა იწვევს სისტემაში წრფივ დამახინჯებებს.

სიხშირის გადახრის მეორე მდგენელის არსებობა გარდამავალ რეჟიმითაა გამოწვეული და იგი მით უფრო სწრაფად მიიღევა, რაც ნაკლებია სისტემის დროის მუდმივა.

დამყარებულ რეჟიმისათვის ამგზნები გენერატორის სიხშირის გადახრა შემდეგი ვანტოლებით გამოიხატება

$$\Delta f = -\frac{S_M S_{\Phi} E_m}{\sqrt{k^2 + (\Omega r C)^2}} \sin(\Omega t + \varphi_0 + \Psi_1) + S_M E_m \sin(\Omega t + \varphi_0). \quad (9)$$

მარტივი გარდაქმნების შემდეგ (9) ვანტოლებიდან მივიღებთ სისტემის სიხშირითი მახასიათებლის გასათვლელ ფორმულას

$$\frac{\Delta f}{\Delta f_m} = \left(1 - \frac{S_M S_{\Phi}}{\sqrt{k^2 + (\Omega r C)^2}} \cos \Psi_1\right) \sqrt{1 + \left[\frac{S_M S_{\Phi} \sin \Psi_1}{\sqrt{k^2 + (\Omega r C)^2} - S_M S_{\Phi} \cos \Psi_1}\right]^2} \quad (10)$$

ამ ფორმულითაა გათვლილი სურ. 3-ზე წარმოდგენილი სიხშირითი მახასიათებლები, შემთხვევისათვის $T=2$ და 20 მ სეკუნდს. ისინი კარგად თანხვდებათ ცდის გზით გადაღებულ მრუდებს (სურ. 3ა და 3ბ).

ორ- და ერთუჯრედიან სისტემების დროის მუდმივათა ერთნაირი სიდიდეების შემთხვევაში, ერთუჯრედიანი ფილტრის დროის მუდმივა დაახლოებით k -ჯერ მეტია (სადაც k სიხშირის ავტომოწყობის კოეფიციენტი) ორუჯრედიანი ფილტრის დროის მუდმივაზე. ეს გარემოება ხსნის ერთუჯრედიანი ფილტრის მქონე სისტემაში უფრო მცირე წრფივ დამახინჯებათა არსებობას ორუჯრედიანი ფილტრის მქონე სისტემასთან შედარებით. ნათქვამის დამტკიცება შეიძლება სურათებზე წარმოდგენილ მრუდთა შედარებით. მრუდებზე წყვეტილი ხაზით გათვლილი მახასიათებლებია წარმოდგენილი, უწყვეტით—ცდის გზით მიღებული.

დასკვნა

ამგვარად, საშუალო სიხშირის ავტომატური სტაბილიზაციის მქონე რეაქტიულ მილაკებზე მომუშავე სიხშირის მოდულატორის თეორიაში გარდა რეჟიმის მდგრადობისა და გარდამავალი პროცესების ხასიათის საკითხებისა ფრიად საყურადღებო მნიშვნელობა აქვს სიხშირითი მახასიათებლის საკითხს.

პირველი ორი საკითხის ჩვენ მიერ აღრე [1] ჩატარებული ანალიზი და უკანასკნელისა მოცემულ შრომაში გვიჩვენებს განხილულ სისტემაში ერთუჯრედიან გამფილტრავ მოწყობილობის გამოყენების მიზანშეწონილობას.



ლიტერატურა

1. შ. ბებიაშვილი, გარდამავალი რეჟიმის კვლევა რექტიფულ მილაკებზე შიშის მონიტორის მოდულატორში: სტალინის სახელობის თბილისის სახ. უნივერსიტეტის შრომები, XXXIII ა, 1949 გვ. 1—16.
2. К. А. Круг, Основы электротехники. Госэнергоиздат. 1946 г. Москва—Ленинград 2—т.
3. Ш. Л. Бебиашвили, Исследование стационарного состояния и переходного режима в частотном модуляторе на реактивных лампах. Кандидатская диссертация. ЛЭТИС им. проф. Бонч-Буревича, Ленинград, 1948 г.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
რადიოფიზიკის კათედრა

(შემოვიდა რექტორის მიერ 1949. II. 8.)

Ш. Л. Бебиашвили

Частотные характеристики частотного модулятора на реактивных лампах

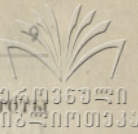
Введение

Исследование переходного режима в частотном модуляторе на реактивных лампах показало [1] целесообразность применения фильтрующего устройства, состоящего из одного звена между дискриминатором и модулятором.

Постоянная времени частотного модулятора выбирается в зависимости от характера работы, для которой предназначается установка (широковещание, телеграфия и т. д.).

Однако выбор однозвенного фильтрующего устройства по признакам устойчивости работы схемы и по характеру переходного режима не является полным, так как выполнение требований быстродействия системы приводит к появлению линейных искажений на выходе задающего генератора, так как фильтрующее устройство обладает частотной зависимостью. Это обстоятельство вызывает необходимость определения условий, при которых фильтрующее устройство вносило бы минимальные линейные искажения при достаточно малой постоянной времени замкнутой системы.

Другими словами, необходимо также рассмотреть частотную характеристику девиации высокой частоты. Под частотной характеристикой пони-



мается зависимость отклонения частоты задающего генератора от частоты модуляции при неизменной амплитуде модулирующего напряжения.

Ввиду того, что при одинаковых постоянных времени замкнутой системы фильтрующие устройства различной схемы имеют постоянную времени различной величины, можно с совершенной очевидностью утверждать, что и частотные характеристики систем будут различны.

Вследствие этого, при выборе той или иной схемы фильтрующего устройства наряду с другими соображениями должны быть приняты во внимание также соображения, диктуемые частотной характеристикой.

Частотные характеристики систем.

Составляя уравнения равновесия схемы, приведенной на рис. 1, можно получить зависимость тока вынужденных колебаний J_{ob} от модулирующего напряжения e_m в следующем виде

$$J_{ob} = - \frac{S_M S_\Phi [j\Omega r C_1 + (j\Omega R C_1 + 1) (1 + j\Omega r C)]}{S_M S_\Phi + j\Omega r C_1 + (j\Omega R C_1 + 1) (1 + j\Omega r C)} E_m.$$

С помощью этого уравнения можно найти значение напряжения, приложенного к точкам аb для стационарного режима в виде

$$\dot{U}_{ob} = J_{ob} Z, \quad (1)$$

где Z — сопротивление цепи участка схемы обведенного пунктирными линиями, т. е.

$$Z = \frac{r(j\Omega R C_1 + 1)}{j\Omega r C_1 + (1 + j\Omega r C) (j\Omega R C_1 + 1)}.$$

Подставляя значение J_{ob} и Z в уравнение (1), получим

$$\dot{U}_{ob} = - \frac{S_M S_\Phi (R j\Omega C_1 + 1)}{S_M S_\Phi + j\Omega r S_1 + (j\Omega R C_1 + 1) (1 + j\Omega r C)} E_m.$$

Имея значение напряжения \dot{U}_{ob} , можно определить значение тока J_1 через конденсатор C_1 и напряжения на нем в виде

$$J_{1b} = - \frac{S_M S_\Phi j\Omega C_1}{S_M S_\Phi + j\Omega r C_1 + (j\Omega R C_1 + 1) (j\Omega r C + 1)} E_m$$

$$\dot{U}_{c1b} = - \frac{S_M S_\Phi}{S_M S_\Phi + j\Omega r C_1 + (j\Omega R C_1 + 1) (j\Omega r C + 1)} E_m.$$

Мгновенное значение для напряжения на конденсаторе при модулирующем напряжении вида

$$e_m = E_m \cos(\Omega t + \varphi_0)$$

будет равно



$$U_{c1} = \frac{S_M S_\Phi E_m}{\sqrt{1 + S_M S_\Phi - r R \Omega^2 C C_1} + (\Omega r C_1 + \Omega R C_1 + \Omega r C)^2} \cos(\Omega t + \varphi_0 + \xi) \quad (2)$$

где

$$\operatorname{tg} \xi = - \frac{r \Omega C_1 + \Omega R C_1 + r \Omega C}{1 + S_M S_\Phi - r R \Omega^2 C C_1}.$$

В начальный момент ($t=0$) напряжение на конденсаторе должно равняться нулю [2], т. е.

$$U_{c1cb}'|_{t=0} = |U_{c1}|_{t=0} + |U_{c1cb}|_{t=0} = 0.$$

Это уравнение позволяет определить значение напряжения на конденсаторе для начального момента свободного режима:

$$|U_{c1cb}'|_{t=0} = - |U_{c1}'|_{t=0} = \frac{S_M S_\Phi E_m \cos(\varphi_0 + \xi)}{\sqrt{(1 + S_M S_\Phi - r R \Omega^2 C C_1)^2 + (\Omega r C_1 + \Omega R C + \Omega C C_1)^2}}$$

Колебания свободного режима в свою очередь состоят из двух колебаний [2], сдвинутых по фазе на угол $\Psi = \operatorname{arctg} \frac{\omega}{\delta}$. Складывая слагающие вынужденного и свободного режимов, получим уравнение для напряжения на конденсаторе в переходный период в зависимости от времени

$$\begin{aligned} U_{c1} = U_{c1v} + U_{c1cb} = & - \frac{S_M S_\Phi E_m}{A} \cos(\Omega t + \varphi_0 + \xi) + \\ & + \frac{S_M S_\Phi E_m \cos(\varphi_0 + \xi)}{A \cdot \sin \Psi} e^{-\delta t} \sin(\omega t + \Psi) - \\ & - \frac{\Omega}{\omega} \frac{S_M S_\Phi E_m \sin(\varphi_0 + \xi)}{A} e^{-\delta t} \sin \omega t, \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{где } A = \sqrt{(1 + S_M S_\Phi - r R \Omega^2 C C_1)^2 + (\Omega r C_1 + \Omega R C + \Omega R C_1)^2}$$

и ω — круговая частота свободных колебаний и определяется формулой

$$\omega = \frac{1}{T} \sqrt{\frac{1 + S_M S_\Phi}{n} - \left(1 + \frac{1}{n} + \frac{1}{m_1}\right)^2},$$

δ — коэффициент затухания, определяемый выражением

$$\delta = - \frac{1}{2T} \left(1 + \frac{1}{n} + \frac{1}{m_1}\right),$$

$$\xi = -\operatorname{arctg} \frac{r\Omega C_1 + R\Omega C_1 - r\Omega C}{k - rR\Omega^2 C C_1}, \quad \mu = \frac{RC_1}{rC}, \quad m_A = \frac{R}{r},$$

$T=rC$, S_M и S_Φ крутизна модуляционной и дискриминаторной характеристики соответственно.

Напряжение U , приложенное к зажимам сетка-нить реактивной лампы, будет складываться из двух напряжений U_{c1} и модулирующего напряжения e_m , т. е.

$$U = U_{c1} + e_m = -\frac{S_M S_\Phi E_m}{A} \cos(\Omega t + \varphi_0 + \xi) +$$

$$\frac{S_M S_\Phi E_m}{A} \frac{\cos(\varphi_0 + \xi)}{\sin \Psi} e^{-\beta t} \sin(\omega t + \Psi) - \frac{S_M S_\Phi E_m}{A} \sin(\varphi_0 + \xi) e^{-\beta t} \sin \omega t +$$

$$+ E_m \cos(\Omega t + \varphi_0). \quad (4)$$

Отклонение частоты задающего генератора пропорционально напряжению U и выражается

$$\Delta f = S_M U$$

следовательно

$$\Delta f = -\frac{S_M^2 S_\Phi E_m}{A} \cos(\Omega t + \varphi_0 + \xi) + \frac{S_M^2 S_\Phi E_m}{A} \frac{\cos(\varphi_0 + \xi)}{\sin \Psi} e^{-\beta t} \sin(\omega t + \Psi) -$$

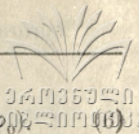
$$-\frac{S_M^2 S_\Phi E_m}{A} \sin(\varphi_0 + \xi) e^{-\beta t} \sin \omega t + E_m \cos(\Omega t + \varphi_0). \quad (5)$$

Уравнение (5) показывает, что в системе, кроме отклонения частоты $S_M E_m \cos(\Omega t + \varphi_0)$, пропорционального модулирующему напряжению $e_m = E_m \cos(\Omega t + \varphi_0)$, в связи с применением фильтрующего устройства существуют частотные отклонения, создающие искажения на выходе возбудителя.

Первое из слагаемых существует как в переходном так и в стационарном режиме. Его величина зависит от коэффициента фильтрации фильтрующего устройства.

Второе и третье слагаемые Δf являются составляющими переходного режима и так как свободные колебания имеют отличную от вынужденных колебаний величину, они в переходный момент создают искажения формы сигнала. Эти искажения кратковременны и тем менее опасны, чем больше затухание в системе.

Для установившегося режима (при достаточно большом t) составляющими свободных колебаний можно пренебречь. Тогда отклонение частоты будет зависеть только от модулирующего напряжения.



$$\Delta f = -\frac{S_M^2 S_\Phi E_m}{A} \cos(\Omega t + \varphi + \xi) + S_M E_m \cos(\Omega t + \varphi_0) \quad (6)$$

Производа преобразования, получим формулу для расчета частотной характеристики системы:

$$\frac{\Delta f}{\Delta f_m} = \left(1 - \frac{S_M S_\Phi}{A} \cos \xi\right) \sqrt{1 + \left[\frac{S_M S_\Phi \sin \xi}{A - S_M S_\Phi \cos \xi}\right]^2} \quad (7)$$

где $\Delta f_m = S_M E_m$

Полученное уравнение разрешает рассчитать частотную характеристику частотного модулятора в случае применения в нем двухзвенного фильтра.

По этой формуле рассчитаны частотные характеристики системы с двухзвенным фильтром для различных значений n . На рис. 2 даны экспериментальные и расчетные характеристики для $n = 0,1$ и для $T_\Phi = 1$ и 50 мсек.

Как видно, уравнение частотной характеристики (7) дает не только правильную качественную картину, но и хорошее количественное совпадение.

Здесь же отметим, что вид частотной характеристики определяется, как было указано ранее, величиной постоянной времени системы. При $T_\Phi = 50$ мсек завал на низких частотах спектра модулирующих частот меньше, чем при $T_\Phi = 1$ мсек.

Переходя к анализу системы с однозвенным фильтром и опуская промежуточные рассуждения, для отклонения частоты задающего генератора можно получить следующее выражение:

$$\Delta f = -\sqrt{\frac{S_M^2 S_\Phi E_m}{k^2 - (\Omega r C)^2}} \sin(\Omega t + \varphi_0 + \Psi_1) + \frac{S_M^2 S_\Phi E_m \sin(\varphi_0 + \Psi_1)}{\sqrt{k^2 - (\Omega r C)^2}} e^{-\frac{K}{T} t} + S_M E_m \sin(\Omega t + \varphi_0), \quad (8)$$

где φ_0 — начальная фаза,

$$\Psi_1 = \text{arctg} \frac{\Omega r C}{k},$$

$T = rC$ — постоянная времени фильтра. Остальные величины те же, что и для случая системы с двухзвенным фильтром.

Составляющая уравнения (8) $S_M E_m \sin(\Omega t + \varphi_0)$ представляет отклонение частоты задающего генератора, пропорциональное модулирующему напряжению, но, как показывает (8), кроме этого отклонения частоты суще-



ствуют отклонения, вызванные применением в системе фильтрующего устройства.

Первая составляющая этого выражения в процессе модуляции всегда имеет место и при выбранной емкости фильтра уменьшается с увеличением модулирующей частоты. Иными словами, существование этого частотного отклонения вызывает линейные искажения в системе. Вторая составляющая частотного отклонения обязана своим существованием переходному режиму и тем быстрее затухает, чем меньше постоянная времени системы.

Для установившегося режима значение отклонения частоты задающего генератора выражается уравнением

$$\Delta f = -\frac{S_m^2 S_\Phi E_m}{\sqrt{k^2 + (\Omega T C)^2}} \sin(\Omega t + \varphi_0 + \Psi_1) + S_m E_m \sin(\Omega t + \varphi_0) \quad (9)$$

После несложных преобразований из уравнения (9) получим формулу для расчета частотной характеристики системы

$$\frac{\Delta f}{\Delta f_m} = \left(1 - \frac{S_m S_\Phi}{\sqrt{k^2 + (\Omega T C)^2}} \cos \Psi_1\right) \sqrt{1 + \left[\frac{S_m S_\Phi \sin \Psi_1}{\sqrt{k^2 + (\Omega T C)^2} - S_m S_\Phi \cos \Psi_1}\right]^2} \quad (10)$$

По этой формуле рассчитаны частотные характеристики, представленные на рис. 3 для $T_p = 2$ и 20 мек. Они хорошо согласуются с кривыми, снятыми опытным путем.

При одинаковых значениях постоянной времени систем с двух- и однозвенными фильтрами, постоянная времени однозвенного фильтра примерно в k раз больше (где k — коэффициент автоподстройки частоты) постоянной системы двухзвенного фильтра. Это обстоятельство объясняет существование меньших частотных искажений в системе с однозвенным фильтром, по сравнению с системой с двухзвенным фильтром. Сказанное можно подтвердить сравнением кривых, представленных на рисунках.

Заключение

Таким образом, в теории частотного модулятора на реактивных лампах с автоматической стабилизацией средней частоты кроме вопросов устойчивости режима и характера переходных процессов важное значение имеет вопрос частотной характеристики.

Анализ первых двух вопросов, проведенный нами ранее [1], и последнего вопроса в данной статье показывает целесообразность применения и рассматриваемой системы фильтрующего устройства, состоящего из одного звена.


 04035040
 202001033

ЛИТЕРАТУРА

1. Ш. Л. Бебнашвили, Исследование переходного режима в частотном модуляторе на реактивных лампах: Труды Тбилисск. гос. университета имени Сталина, XXXIII а 1949 стр. 17—32.
2. К. А. Бруг, Основы электротехники. Госэнергоиздат 1946 г. Москва — Ленинград II том.
3. Ш. Л. Бебнашвили, Исследование стационарного состояния и переходного режима в частотном модуляторе на реактивных лампах. Кандидатская диссертация. ЛЭТИС им. профессора Бонч-Бруевича. Ленинград 1948 г.

(Поступило в редакцию 2. II. 1949).

А. К. Ишхвели

Диэлектрические свойства поликристаллического титаната бария

1. Введение

Первое серьезное экспериментальное исследование свойств исторически первого сегнетоэлектрика — самой сегнетовой соли, было проведено в Ленинградском физико-техническом Институте группой И. В. Курчатова.

В этих же работах была предложена теоретическая интерпретация открытых явлений и было отмечено [1], что существенной и очень сложной задачей будущих исследований по сегнетоэлектричеству является вопрос о структуре тела, обеспечивающей возможность появления в нем сегнетоэлектрических свойств. Таковыми являются спонтанная поляризация, диэлектрический гистерезис, наличие резко выраженного максимума в зависимости диэлектрической проницаемости от температуры т. д.

Изучая диэлектрическую проницаемость титанатов металлов второй группы таблицы Менделеева, Б. М. Вул и И. М. Гольдман в 1944 г. установили [2], что кристаллическая решетка типа перовскит благоприятствует получению больших величин диэлектрической проницаемости. Из указанной группы решеткой типа перовскит обладают титанаты бериллия, кальция, стронция и бария, в то время, как титанаты других щелочноземельных металлов той же группы — магний, цинк и кадмий образуют кристаллическую решетку других типов и имеют диэлектрическую проницаемость сравнительно невысокую. Среди титанатов первой группы, имеющих решетку типа перовскит, резко выделяется титанат бария, диэлектрическая проницаемость которого, измеренная при комнатной температуре, превышает тысячу, в то время как у титаната стронция при той же температуре диэлектрическая проницаемость не больше двухсот, а у остальных титанатов она еще меньше. Этот факт Б. М. Вул связал с тем обстоятельством, что титанат бария единственный перовскит, у которого расстояние между ионами титана и кислорода больше суммы их радиусов (таблица 1).



Таблица 1

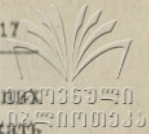
Титанат	Размер ребра элементарного куба в Å	Расстояние между ионами Ti и O в Å	Сумма радиу- сов ионов Ti и O в Å
Кальция	3,80	1,90	1,96
Стронция	3,89	1,95	1,96
Бария	3,97	1,99	1,96

После установления того факта, что титанат бария обладает большой диэлектрической проницаемостью, Б. М. Вул обнаружил характерную для сегнетоэлектриков зависимость диэлектрической проницаемости титаната бария от температуры и наличие диэлектрического гистерезиса, что позволило Б. М. Вулу считать титанат бария сегнетоэлектриком. Обнаружилось, что он сохраняет свои аномальные диэлектрические свойства в широком интервале температур — от 2° К (ниже не исследовалось) до 353° или 393° К и таким образом открывает большие возможности его применения в электро- и радиотехнике.

2. Изготовление образцов

Для изготовления поликристаллических образцов титаната бария брались порошки $BaCO_3$ и TiO_2 (рутил) в стехиометрическом отношении, соответствующем $BaTiO_3$ (метатитанат бария). После тщательного перемешивания и растирания порошков, прессовались круглые диски, а затем обжигались в платиновой или силиковой печи при температуре, меняющейся в интервале от 1370° до 1450° С. Этот интервал определяется количеством примеси. Они играют весьма важную роль в образовании той решетки, которая имеет сегнетоэлектрические свойства. Действительно при изготовлении образцов из химически чистых исходных продуктов была обнаружена [3] модификация титаната бария, не обладающая сегнетоэлектрическими свойствами. Эта модификация имела структуру близкой ромбоэдрической, а диэлектрическая проницаемость ϵ около 50.

Когда в качестве исходных материалов брались технические материалы, имеющие всегда некоторое количество примесей, то полученный титанат бария всегда обладал сегнетоэлектрическими свойствами и как показали рентгенографические исследования, имел при комнатной температуре тетрагональную структуру. Величина диэлектрической проницаемости сильно зависит от температуры обжига образца. Плохо обожженные образцы обладают большой пористостью и, следовательно, меньшим значением диэлектрической проницаемости. Они легко впитывают влагу, что можно выявить различными простыми способами.



После обжига, основания диска серебрились накладыванием на них серебряной пасты и проводился обжиг нанесенного слоя. Чтобы избежать растрескивания серебряного слоя, температура повышалась постепенно и в течение 5—6 часов доводилась до 780° — 810° С и эта температура выдерживалась от 20 до 30 минут [4], после чего понижалась также постепенно.

Вжиганием серебра осуществляется идеальный контакт между диэлектриком и обкладкой конденсатора, емкость которого при данном радиусе определяется только толщиной диска.

Цвет хорошо обожженного серебра — белый и слой прочный.

3. Работы Б. М. Вула по установлению сегнетоэлектрических свойств титаната бария*

а) зависимость диэлектрической проницаемости от температуры

Изучение зависимости диэлектрической проницаемости от температуры проводилось от температуры жидкого гелия (около 2° К) до температуры 200° С. При низких температурах измерения проводились с помощью диэлометра, позволяющим измерять емкость с точностью до $3-4 \cdot 10^{-2}$ μ F, на образцах из титаната бария с толщиной $d=0,218$ см и диаметром $D=1,28$ см [5]. Измерения показали, что титанат бария при температуре жидкого гелия 2 имеет диэлектрическую проницаемость, равную 100, а температурный коэффициент диэлектрической проницаемости $\frac{1}{\epsilon} \frac{d\epsilon}{dT}$ от 2° К до 4° К составляет $0,005$ градуса $^{-1}$, что примерно в 15 раз превышает температурный коэффициент емкости — $TK\epsilon$ каменной соли при комнатной температуре. (Температурный коэффициент диэлектрической проницаемости для керамических конденсаторов с воуженными электродами, можно считать равным температурному коэффициенту емкости из-за малости линейного коэффициента теплового расширения). При изучении зависимости от температуры (рис. 1) на образец подавалось напряжение в несколько вольт на частоте около миллиона периодов в секунду. Как видно из рис. 1, максимум диэлектрической проницаемости для измеренного образца соответствуют 80° С.

* После работ Б. М. Вула и его сотрудников в иностранной литературе появились ряд работ, которые повторяли полученные результаты и часто давали неправильное толкование обнаруженных явлений (см. например J. H. von Santen и C. Jonker: Nature, 159, 4036 (1947). Авторы применяют формулу Клаузиуса-Мосотти к тетрагональной решетке титаната бария, что заведомо неправильно.

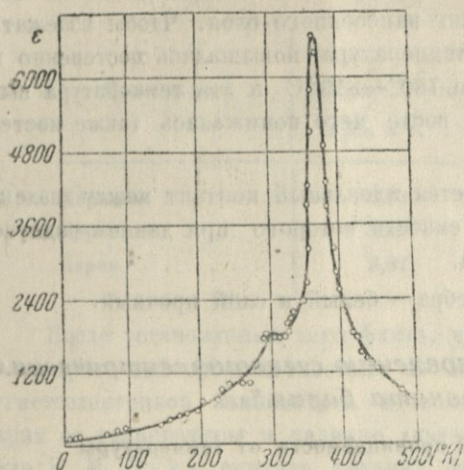


Рис. 1.

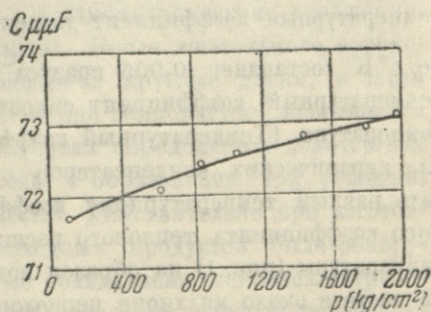
Зависимость диэлектрической проницаемости титаната бария от температуры (по Вулу и Гольдман).

б) зависимость диэлектрической проницаемости от давления P .

После изучения температурного хода диэлектрической проницаемости, Б. М. Вул и Верещагин изучили зависимость от давления [6]. В опытах, как видно из рис. 2, давление менялось от 300 до 2000 атмосфер и было установлено, что в этом диапазоне среднее относительное изменение

Рис. 2.

Зависимость емкости конденсатора из титаната бария от давления (по Вулу и Верещагину).



емкости составляло около 10^{-5} см²/кгр. Эту же величину можно считать за среднее относительное изменение диэлектрической проницаемости, так как $\frac{1}{\epsilon} \frac{d\epsilon}{dp} = \frac{1}{\epsilon} \frac{dc}{dp}$ из-за малости коэффициента двустороннего сжатия K . Действительно емкость плоского конденсатора

$$c = \frac{\epsilon}{4\pi} \frac{S}{d}$$

где S — площадь и d — толщина образца и при использованном способе измерения электродов

$$\frac{1}{\epsilon} \frac{d\epsilon}{dP} = \frac{1}{\epsilon} \frac{d\epsilon}{dP} + \frac{K}{3}$$

где K — коэффициент всестороннего сжатия для твердых тел порядка 10^{-4} см²/кг и следовательно в нашем случае им можно пренебречь.

в) зависимость диэлектрической проницаемости от напряженности поля

Известно, что у обычных диэлектриков, обладающих небольшой диэлектрической проницаемостью, зависимость последней от напряженности поля выражена слабо и то в сравнительно больших полях. Представлял большой интерес провести соответствующие измерения с диэлектрической проницаемостью титаната бария, что и было предпринято Б. М. Вулом и И. М. Гольдман [7]. Результаты их опытов установили, что титанат бария выше 80°С ведет себя как обычный диэлектрик, а ниже выявилась сильная зависимость диэлектрической проницаемости от напряженности поля (см. рис. 3, 4). Измерения проводились на мосте Шеринга при частоте

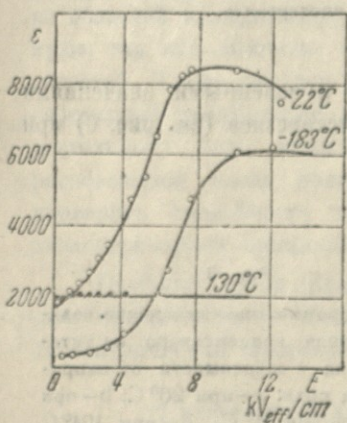


Рис. 3.

Зависимость диэлектрической проницаемости титаната бария от напряженности поля на 50 гц при разных температурах (по Вулу и Гольдман).

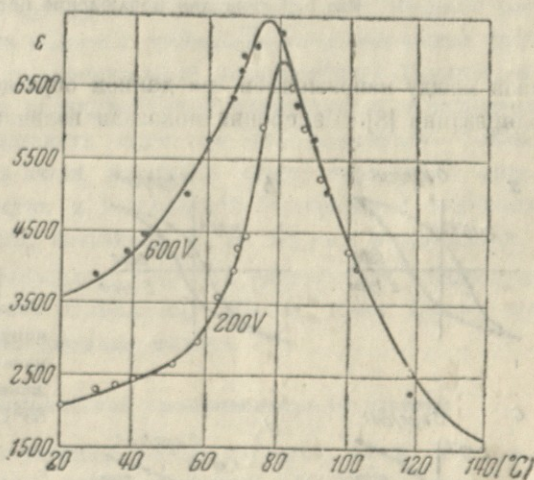


Рис. 4.

Зависимость диэлектрической проницаемости титаната бария от температуры при разных напряжениях (по Вулу и Гольдман).

50 герц (линейная зависимость емкости C от приложенного напряжения наблюдалась только в слабых полях, примерно от 10 до 150 вольт, аналогично поведению ферромагнетиков в слабых магнитных полях). Наличие зависимости диэлектрической проницаемости от напряженности поля указы-

вало на то, что поляризация в титанате бария должна была обладать особенностями. Для выявления последних, были сняты осциллограммы с помощью катодного осциллографа по схеме рис. 5, для установления

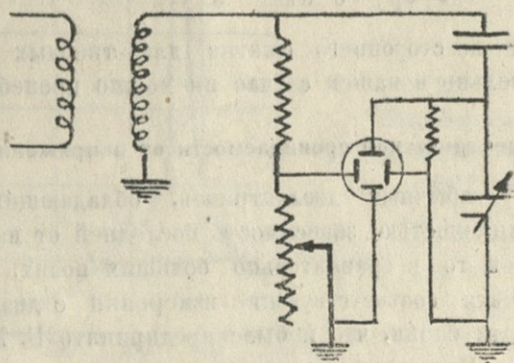


Схема для наблюдения гистерезиса в конденсаторах из титаната бария.

Рис. 5. Схема для наблюдения петель гистерезиса.

связи между напряжением на данном образце и мгновенными значениями поляризации [8]. Измерения показали наличие гистерезиса (см. рис. 6) при

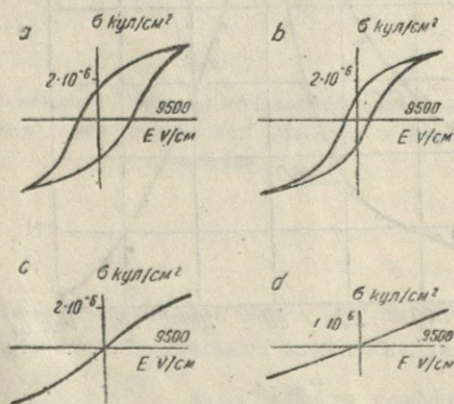


Рис. 6.

Осциллограммы, показывающие величину заряда конденсатора из титаната бария в зависимости от напряженности поля: а—при 20° С; б—при 65° С; с—при 84° С; д—при 104° С (по Вулу и Гольдман).

температуре ниже 80° С. Выше этой точки, в достаточном удалении от нее, гистерезисная петля превращалась в эллипс из-за наличия потерь. Обычный конденсатор без потерь как известно, дает прямую линию. Осциллограммы снимались при переменном напряжении в 910 вольт и при частоте 50 герц. Толщина образца равнялась 1,36 мм. Обнаруженный диэлектрический гистерезис вместе с температурным ходом ϵ позволили Б. М. Вулу



причислить титанат бария к сегнетоэлектрикам, которые как известно дают спонтанной поляризацией, т. е. поляризацией в отсутствие внешнего поля ($E=0$).

Как видно из вышеизложенного материала и из графиков, новый сегнетоэлектрик аномальными свойствами обладает только ниже 80°C (для других образцов, из других исходных материалов BaCO_3 и TiO_2 — ниже 120°C). Выше этой точки титанат бария не обладает особенностями, спонтанная поляризация становится равной нулю и он ведет себя как обычный диэлектрик за исключением резкой зависимости ϵ от температуры вблизи точки 80°C (см. рис. 1). Температуру, при которой спонтанная поляризация исчезает, называют, по аналогии с ферромагнитными явлениями, точкой Кюри. Следовательно, 80°C (для других образцов титаната бария — 120°C) для образцов, соответствующих рис. 1—6, является точкой Кюри.

Неполная, но все-таки далеко идущая аналогия между ферромагнетиками с сегнетоэлектриками дала возможность при изучении нового сегнетоэлектрика следовать учению о ферромагнетизме. Так, например, можно было считать, что при отсутствии внешнего электрического поля сегнетоэлектрик поляризован, но разбит на отдельные области (домены). Каждая из областей поляризована, но суммарная поляризация всех областей равна нулю, так как моменты одних областей нейтрализуются моментами других областей. Таким образом при включении поля поляризация складывается из спонтанной поляризации и из индуцированной поляризации. Приложением постоянного поля можно заставить сегнетик поляризоваться — (области расположатся вдоль поля), а затем наложить малое переменное поле и проверить способность вещества к дальнейшей поляризации измерением диэлектрической проницаемости, названной Б. М. Вулом реверсивной.

Опытным путем было установлено [9], что реверсивная диэлектрическая проницаемость зависит от напряжения вблизи точки Кюри, когда диэлектрическая проницаемость довольно велика.

г) зависимость диэлектрической проницаемости от частоты

Частотная зависимость ϵ титаната бария изучалась Б. М. Вулом [9] в интервале частот 50 гц — $150 \cdot 10^6$ гц (2 метра). П. Новосильцев и А. Ходаков [10] изучили эту же зависимость на длинах волн в 109, 58 и 16 м. Измерения показали, что диэлектрическая проницаемость практически не зависит от частоты.

Д. И. Маш [11] измерил диэлектрическую проницаемость при длине волны 23,7 см и оказалось, что для этой длины волны сохраняется высокое значение диэлектрической проницаемости, но потери сильно возрастают, и лучший образец титаната бария, находившийся в распоряжении Маша давал $\text{tg } \delta = 0,2$ (δ — угол потерь). Однако измерения на волнах $\lambda = 3$ см и

$\lambda = 1,25$ см [12] обнаружили заметную дисперсию в титанате бария, в то время как для других сегнетоэлектрических титанатов на этих волнах дисперсия была очень слабо выражена.

д) зависимость теплоемкости титаната бария от температуры

В сегнетоэлектриках также, как и в ферромагнитных материалах, распад спонтанной поляризации вблизи точки Кюри связан с добавочным поглощением тепла и действительно на опыте наблюдался скачок удельной теплоемкости (см. рис. 7). Используя связь между спонтанной поляризацией:

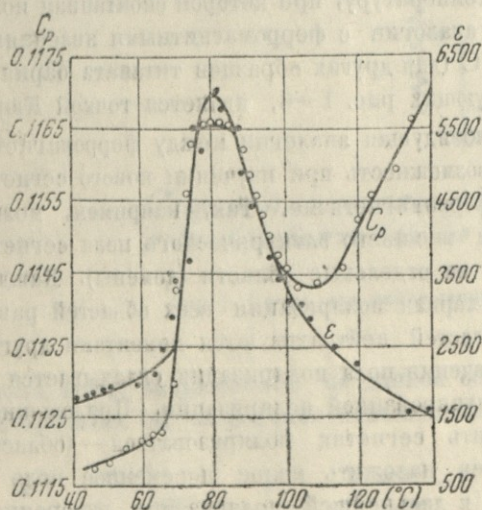


Рис. 7.

Зависимость удельной теплоемкости C_p и диэлектрической проницаемости ϵ титаната бария от температуры вблизи точки Кюри (по Вулу).

и скачком теплоемкости, данной В. Л. Гинзбургом [13], Б. М. Вул определил количественно спонтанную поляризацию, которая достаточно хорошо совпала с ее значением, определенным другим путем. — непосредственным измерением спонтанной поляризации с помощью катодного осциллографа.

4. Пьезоэффект титаната бария

Пьезоэффект поликристаллических образцов титаната бария впервые был обнаружен А. В. Ржановым [14] при исследовании температурной зависимости спонтанной поляризации и пьезоэффекта. Он же показал, что, как и следовало ожидать, в нормальном, неполяризованном состоянии поликристаллические образцы не имеют пьезоэффекта. Измерения А. В. Ржанова в динамическом и статическом режиме установили, что пьезомодуль поляризованных образцов зависит как по величине, так и по стабильности во времени от напряженности и длительности приложения поляризующего поля. После снятия поля, величина пьезомодуля падает в течение несколь-



ких дней и достигает стабильной величины, составляющей от 50 до 80% от первоначальной величины в зависимости от типа образца. При этом оказалось, что чем больше поляризующее поле, тем меньше времени поляризации требуется для получения стабильного значения модуля данной величины.

В этих опытах статистического режима было показано, что значения пьезомодуля при сжатии в направлении, совпадающем с направлением поляризации — d_{11} , примерно в два раза больше пьезомодуля d_{12} , соответствующего сжатию в перпендикулярном к поляризации направлении, т. е.

$$d_{11} \cong 2 d_{12}$$

где

$$d_{11} \cong 3 \cdot 10^{-6} \text{ egs E.}$$

Заряд, получаемый при механическом сжатии в обоих случаях (при определении d_{11} и d_{12}) измерялся на обкладках конденсатора — пьезоэлемента в направлении поляризации. Изучение температурного хода d_{11} дало результаты, приведенные на рис. 8. Ход кривой $d_{11} = f(T)$ где T темпера-

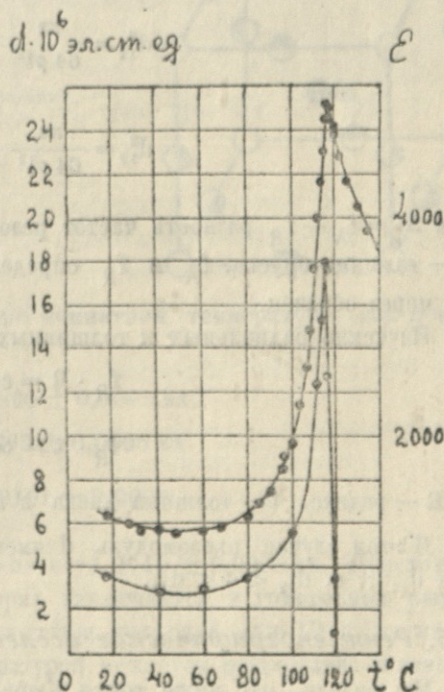


Рис. 8.

Температурная зависимость диэлектрической проницаемости и пьезомодуля при статистическом методе измерения (по Ржанову).

тура, вблизи точки Кюри, довольно хорошо подтверждает качественную теорию В. Л. Гинзбурга (см. ниже).



Приготовление образцов для измерения пьезомодулей производилось накладыванием поля в 25 кВ/см в течение 1 часа. Изучение продольных колебаний тонких и узких брусков разной длины показало, что скорость распространения механических колебаний с точностью до 1% при изменении длины брусков остается постоянной и равной $4,3 \cdot 10^3$ см/сек.

Как известно, собственная резонансная частота бруска, в котором возбуждаются продольные колебания

$$f_R = \frac{1}{2l} \cdot \sqrt{E/\rho} = \frac{1}{2l} \cdot v$$

где l — длина бруска, E — модуль Юнга, ρ — плотность и v — скорость распространения механических колебаний.

Следовательно $v = 2 f_R \cdot l = \text{const}$, что было подтверждено, как уже отмечалось выше, и для брусков из титаната бария, модуль Юнга которого равен $1,15 \cdot 10^{12}$ дин/см², а плотность около 6.

Измерения в динамическом режиме, при изучении колебаний брусков показали, что и здесь $d_{11} \cong 2d_{12}$

где

$$d_{11}^2 = \frac{\pi \varepsilon}{64 \rho l^2} \cdot \frac{\Delta f}{f_R^3} *$$

и

$$d_{12}^2 = \frac{\pi \varepsilon}{64 \rho l^2} \cdot \frac{\Delta f}{f_R^3}$$

здесь $\Delta f = f_A - f_R$ разность частот резонанса и антирезонанса, l — длина и t — толщина бруска. f_A и f_R определялись по частотной зависимости тока через образец.

Изучение радиальных и толщинных колебаний дисков показали, что

$$f_R \cdot R = \text{const} \quad \text{в первом случае}$$

и

$$f_R \cdot t = \text{const} \quad \text{во втором случае}$$

где R — радиус, t — толщина диска и f_R — резонансная частота.

В этом случае пьезомодуль d имеет промежуточное значение между d_{11} и d_{12} т. е. $d_{12} < d < d_{11}$.

5. Рентгенографические исследования титаната бария

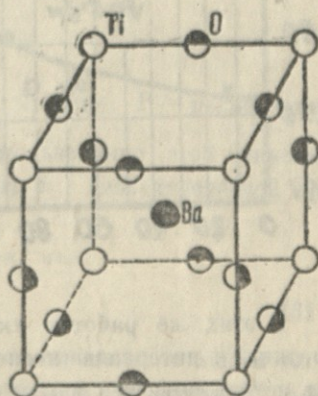
Мы видели, что ниже точки Кюри титанат бария является сегнетоэлектриком т. е. обладает спонтанной поляризацией и следовательно он пироэлектрик.

* См., например: Саду, „Piezoelectricity“, 1946.

Таким образом точку Кюри можно рассматривать, как точку из пьезоэлектрического состояния в непьезоэлектрическое. При этом, как показали опыты, этот переход является переходом второго рода (см. ниже); это следует из тех фактов, что ϵ при приближении к точке перехода с любой ее стороны стремится к бесконечности (практически ϵ принимает значение в несколько тысяч) и теплоемкость C_p имеет характерный для этого перехода ход (см. рис. 7). Наличие пьезоэлектрического момента указывает на тот факт, что симметрия решетки титаната бария при $T < \Theta$ где Θ — температура Кюри, должна быть ниже симметрии решетки выше точки Кюри, где спонтанная поляризация отсутствует. Действительно, рентгенографические исследования порошков поликристаллического титаната бария [15—17], с помощью снятия Дебаграмм высокотемпературной камерой показали, что выше точки Кюри решетка была идеально кубической типа перовскит (рис. 9), а ниже тетрагональной.

Рис. 9.

Кристаллическая решетка типа перовскит.



Размеры основной ячейки при комнатной температуре, как показала Megaw, следующие

$$a = b = 3.9860 \pm 0.0005 \text{ кх}, *$$

$$c = 4.0263 \pm 0.0005 \text{ кх}$$

$$\frac{c}{a} = 1.0101 \pm 0.0002.$$

При температуре 200°C $a = b = c = 4.0040 \pm 0.0005 \text{ кх}$. Переход, происходящий при 120°C (точка Кюри), заключается в гомогенном расширении вдоль одной из осей (она становится полярной осью C) и сжатии вдоль других осей. Длина осей с температурой меняется непрерывно и изменение носит нелинейный характер; оно становится более быстрым при приближении к точке перехода. Коэффициент линейного расширения вдоль оси C

* $\text{кх} = 10^8 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ см}$.

и перпендикулярно к ней, имеет разные знаки, а коэффициент объема расширения невелик и имеет положительный знак (см. рис. 10).

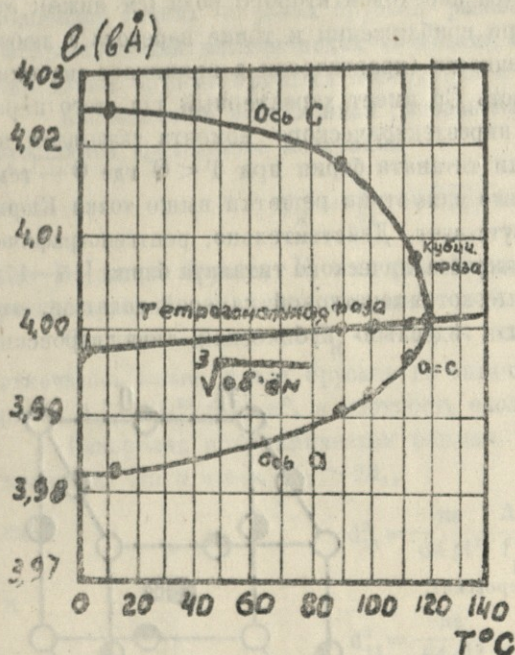


Рис. 10.

Размеры элементарной ячейки в зависимости от температуры.

В этих же работах указывалось на сосуществование обеих типов решетки, в интервале нескольких градусов около точки перехода. Этот факт истолковывается как результат наличия местных напряжений, которые в зависимости от направления, облегчают или, наоборот, затрудняют переход между двумя типами структуры, разницы энергий которых в этом интервале температуры весьма незначительны.

6. Феноменологическая теория диэлектрических свойств сегнетоэлектриков В. Л. Гинзбурга [13, 18]

В теории фазовых переходов 2-го рода Л. Д. Ландау [19] изменение состояния тел описывается некоторым параметром ξ , который определяет степень отклонения одного состояния от другого. При этом этот параметр в неупорядоченном состоянии равен нулю, а в упорядоченном — положителен. Основываясь на теории фазовых переходов 2-го рода, В. Л. Гинзбург создал феноменологическую теорию диэлектрических свойств сегнетоэлектриков. В этой теории роль упорядоченного состояния играет пирозлектрическая фаза, существующая при $T < \Theta$, где Θ температура Кюри, а роль неупорядоченного состояния — непирозлектрическая, существующая при температуре $T \geq \Theta$.



В качестве параметра упорядоченности ξ здесь выбирается P_0 — спонтанная поляризация. Тогда, при наличии внешнего поля E , термодинамический потенциал Φ вблизи точки Кюри записывается в следующем виде:

$$\Phi = \Phi_0 + \alpha P^2 + \beta/2 P^4 - EP \quad (1)$$

где Φ_0 — термодинамический потенциал в точке Кюри при $E = 0$, α и β — коэффициенты при разложении Φ в ряд по степеням P , являются функциями давления и температуры.

При $E = 0$, полная поляризация $P = P_0$, причем $P_0^2 > 0$ при $T < \Theta$ и $P_0^2 = 0$ при $T \geq \Theta$. Коэффициент $\alpha < 0$ при $T < \Theta$ и $\alpha > 0$ при $T > \Theta$, а в самой точке Кюри $d\Theta = 0$; $\beta > 0$ и очень слабо зависит от температуры.

В отсутствие внешнего поля и при $T < \Theta$ условие минимума термодинамического потенциала дает:

$$P_0^2 = -\frac{\alpha}{\beta} \quad (2)$$

Как известно $\frac{\partial F}{\partial P} = E$, где F — свободная энергия, P — поляризация, а E — напряженность электрического поля. Использование этой зависимости дает возможность легко связать коэффициент α с диэлектрической проницаемостью.

Действительно $F = \Phi + EP$ и из (1) имеем, что

$$E = 2\alpha P + 2\beta P^3 \quad (3)$$

Выше точки Кюри ($T > \Theta$), вдали от нее, поляризации в слабом электрическом поле мала (состоит только из индуцированной — «истинной» поляризации) и, пренебрегая кубическим членом, можем написать:

$$E = 2\alpha P.$$

Но так как

$$\varepsilon = 1 + 4\pi \frac{P}{E}$$

то при

$$T > \Theta$$

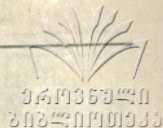
$$\alpha = \frac{2\pi}{\varepsilon - 1} = \frac{2\pi}{\varepsilon} \quad (\text{так } \varepsilon \gg 1). \quad (4)$$

Для температур $T < \Theta$ поляризация P состоит из двух частей, из спонтанной поляризации P_0 и из поляризации P_1 , связанной с индуцированной диэлектрической проницаемостью, т. е.

$$P = P_0 + P_1.$$

В этом случае

$$E = 2\alpha (P_0 + P_1) + 2\beta (P_0 + P_1)^2. \quad (5)$$



В слабых полях $P_0 \gg P_1$ и можем написать, что

$$2\alpha \frac{dP}{dE} + 6\beta P_0^2 \frac{dP}{dE} = 1$$

и пользуясь (2) окончательно получаем при $T < \Theta$

$$\alpha = -\frac{\pi}{\varepsilon - 1} \cong -\frac{\pi}{\varepsilon} \quad (\varepsilon \gg 1). \quad (6)$$

Из (4) и (6) следует, что $\alpha_\Theta = 0$; следовательно, при подходе к точке Кюри с обеих сторон, ε стремится к бесконечности, что, как мы видели, подтверждается экспериментально (рис. 1).

Вблизи точки Кюри можно положить:

$$\alpha = \left(\frac{\partial \alpha}{\partial T} \right)_\Theta (T - \Theta) \quad (\alpha_\Theta = 0)$$

что дает нам для ε законы типа Кюри-Вейсса:

$$\frac{1}{\varepsilon} = \frac{1}{2} \pi \left(\frac{\partial \alpha}{\partial T} \right)_{T=\Theta} (T - \Theta) \quad (\text{при } T > \Theta) \quad (7)$$

$$\frac{1}{\varepsilon} = -\frac{1}{\pi} \left(\frac{\partial \alpha}{\partial T} \right)_{T=\Theta} (T - \Theta) \quad (\text{при } T < \Theta) \quad (8)$$

$$P_0^2 = -\frac{\left(\frac{\partial \alpha}{\partial T} \right)_{T=\Theta} (T - \Theta)}{\beta_\Theta} \quad (\text{при } T < \Theta) \quad (9)$$

Экспериментальные данные, полученные на поликристаллических образцах, подтверждают в большинстве случаев соблюденных выражений (7) и (8), т. е. наклон кривой $1/\varepsilon = f(T)$ ниже пика $\varepsilon (T < \Theta)$ действительно, примерно вдвое больше наклона выше пика $\varepsilon (T > \Theta)$ (см. рис. 11 и уравнения (7) и (8)). Отметим, что изучение смесей титаната бария с его изоморфными веществами [20] показало, что для этих соединений являющихся также сегнетоэлектрическими, не оправдывается утверждение, что наклон с левой стороны пика для кривой $\frac{1}{\varepsilon} = f(T)$, вдвое больше наклона с правой стороны. Однако, учет анизотропии, упругих напряжений и пьезоэффекта в следующей работе Глинзбурга [18] объясняет возможность такого отклонения.

Так как энтропия $S = -\frac{\partial \Phi}{\partial T}$, то для упорядоченной фазы вблизи точки Кюри получим:

$$S = S_0 + \frac{\alpha}{\beta} \frac{\partial \alpha}{\partial T} = S_0 - P_0^2 \frac{\partial \alpha}{\partial T} \quad (10)$$

где S_0 — энтропия непиэроэлектрической фазы.

Мы знаем, что теплоемкость при постоянном давлении

$$C_P = \tau \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_P$$

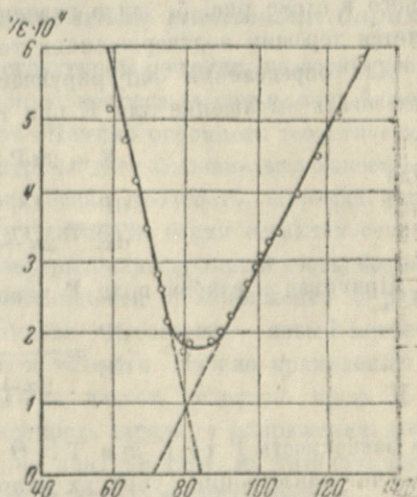
и в нашем случае скачок теплоемкости в точке Кюри равен

$$\Delta C_\theta = C_P - C_{P_0} = \frac{T}{\beta_\theta} \left(\frac{\partial \alpha}{\partial T} \right)^2 \quad (11)$$

что следует непосредственно из (10) с учетом того, что $\alpha_\theta = 0$. Здесь C_{P_0} — теплоемкость неупорядоченной фазы.

Рис. 11.

Зависимость обратной диэлектрической проницаемости от температуры вблизи точки Кюри (по Вулу).



Нетрудно видеть, что

$$S - S_0 = \frac{\alpha}{\beta} \frac{\partial \alpha}{\partial T} = - \int_T^\theta \frac{\Delta C_\theta}{T} dT \quad (12)$$

Но $\frac{\alpha}{\beta} = -P_0^2$ и следовательно

$$P_0^2 = \frac{\int_T^\theta \frac{\Delta C_\theta}{T} dT}{\left(\frac{\partial \alpha}{\partial T} \right)} \quad (13)$$

Измерение [9] теплоемкости на образце титаната бария дало, что

$$\int_T^\theta \frac{\Delta C_\theta}{T} dT = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ кал/г}^\circ,$$

где

$$T = 339^\circ \text{K} \text{ и } \Theta = 353^\circ \text{K}$$

а по данным измерения зависимости диэлектрической проницаемости от температуры

$$\frac{\partial \alpha}{\partial T} = 7,2 \cdot 10^{-5}.$$

Расчет величины спонтанной поляризации показал, что $P_0 = 6 \cdot 6 \cdot 10^{-6}$ кул/см² (удельный вес титаната бария $\rho \cong 6$ г/см³).

Непосредственное измерение с помощью катодного осциллографа, включенного в схему рис. 5, дало значение [21] для $P_0 \cong 5 \cdot 10^{-6}$ кул/см²; что является хорошим подтверждением теории.

Для определения фигурирующего в теории коэффициента β нужно использовать выражение для E при температуре выше точки Кюри:

$$E = 2\alpha P + 2\beta P^3$$

откуда

$$\frac{dP}{dE} = \frac{1}{2\alpha + 6\beta P^2}.$$

Принимая в слабом поле P равным $E/2\alpha$ получим:

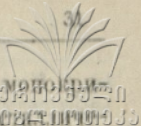
$$\frac{dP}{dE} = \frac{1}{2\alpha + \frac{3\beta}{\alpha^2} E^2}$$

э эта зависимость P от E при $T > \Theta$ дает возможность для определения β .

Учет анизотропии, упругих напряжений и пьезоэффекта показал, что упругие напряжения смещают точку Кюри и ниже нее появляется квадратичный пьезоэффект. Из этой теории, в случае линейности пьезоэффекта, получается следующее выражение для пьезомодуля:

$$d_{\text{эфф.}} = \frac{\gamma_1}{2\beta_1 P_{z_0}}$$

где γ_1 и β_1 зависящие от температуры коэффициенты разложения термодинамического потенциала Φ в ряд по степеням поляризации P , а P_{z_0} — z компонента спонтанной поляризации. Таким образом т. н. выше точки Кюри ВаТiО₃ непьезоэлектрик и $d_{\text{эфф.}} = 0$, а в самой точке перехода $P_{z_0} = 0$, то, $d_{\text{эфф.}}$ при $T = \Theta$ должен быть бесконечно большим, а при $T > \Theta$, в непосредственной близости к точке Кюри, должен резко спадать к нулю, что и было подтверждено опытами А. В. Ржанова (см. рис. 8). Действительно опыты Ржанова подтвердили предсказывание теории. Кроме того, теорией была предсказана возможность дисперсии, что было также подтверждено экспериментом [12].



Наконец, отметим, что развитая теория Гинзбурга касается кристаллов, в то время, как опыты проводятся обычно на поликристаллических материалах. Однако, оказалось, что, если пренебречь рассеянием внутренних полей, то как показали В. Л. Гинзбург и А. В. Ржапов, в максимально поляризованном поликристалле $P_{max} = 0,78 P_0$, где P_0 — спонтанная поляризация монокристалла.

Таким образом, в некотором приближении можно считать образец из поликристаллического титаната бария монокристаллом и применять к нему теорию В. Гинзбурга.

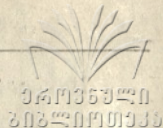
7. Некоторые технические применения титаната бария

Установленные факты в связи со структурой решетки, позволяют наметить путь, который приведет к разрешению вопроса — среди каких веществ должны искать новых сегнетоэлектриков. Помимо огромного теоретического значения, открытие нового сегнетоэлектрика дает большие возможности его применения в технике. Высокая механическая прочность, широкий интервал температуры, в котором образцы из титаната бария остаются сегнетоэлектриками, чрезвычайно высокая диэлектрическая проницаемость, большой пьезоэффект, нелинейность в зависимости емкости от напряжения до радиочастот и другие свойства позволяют широко использовать новый материал в различных областях промышленности и техники. Начало применения образцов из $BaTiO_3$ в качестве умножителя частот, положено проф. П. В. Володким [22]. Нелинейная зависимость заряда от напряжения, позволяет при синусоидальном напряжении на конденсаторе из титаната бария выделить нечетные — высшие гармоники и этим умножить частоты.

Большой пьезоэффект поляризованных образцов поликристаллического титаната бария, которым, кстати сказать, можно придать любую форму, в отличие от монокристалла, дает возможность их применения в качестве пьезоэлемента и т. д.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. В. Курчатов, Сегнетоэлектрики: ГГТИ, 1933 г.
2. Б. М. Вул и И. М. Гольдман: ДАН, 46, 154, 1945 г.
3. Б. М. Вул и И. М. Гольдман: ДАН, 60, 41, 1948 г.
4. Г. И. Сканини, Докторская диссертация: ФИАН, 1946 г.
5. Б. М. Вул, ЖЭТФ, 15, 735, 1945 г.
6. Б. М. Вул и А. Верещагин: ДАН, 48, 692, 1945 г.
7. Б. М. Вул и И. М. Гольдман: ДАН, 49, 179, 1945 г.
8. Б. М. Вул и И. М. Гольдман: ДАН, 51, 21, 1946 г.
9. Б. М. Вул, Электричество, 3, 12, 1946 г.
10. Н. Новосильцев и А. Ходаков: ЖТФ, 17, 651, 1947.
11. Д. И. Маш: ЖЭТФ, 17, 537, 1947.



12. J. Rowles. 162, 614, 1947.
13. В. А. Гинзбург: ЖЭТФ, 15, 739, 1945 г.
14. А. В. Ржанов: ЖЭТФ (в печати)
15. H. Megaw: Nature, 155, (1945) 484.
16. H. Megaw: Experientia, 2, 5, 1945 г.
17. Rooksby: Nature, 155 (1945) 481.
18. В. А. Гинзбург: ЖЭТФ, 19, 36, 1949 г.
19. Л. Ландау и Е. Лифшиц, Статистическая физика, гл. XI, 1940 г.
20. А. К. Ишхели (в печати).
21. А. В. Ржанов. Диссертация. ФИАЧ, 1948 г.
22. В. П. Вологдин, Электричество. 8, 28, 1946 г.

Тбилисский Государственный Университет
имени Сталина
Кафедра экспериментальной физики

(Поступило в редакцию 25 V. 1949).

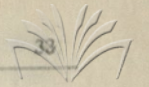
ა. იშხელი

პოლიკრისტალური ბარიუმის გიგანავის დიელექტრიკული თვისებები რეზიუმე

ბარიუმის ტიტანატი ($BaTiO_3$), რომლის შესანიშნავი დიელექტრიკული თვისებები აღმოჩენილი იყო 1944 წ. ბ. მ. ვულის მიერ, მიეკუთვნება იმ შედარებით მცირერიცხოვან დიელექტრიკებს, რომელნიც იწოდებიან სეგნეტო-ელექტრიკებად. ამ უკანასკნელთათვის დამახასიათებელია არსებობა ე. წ. სპონტანური პოლარიზაციისა, დიელექტრიკული ჰისტერეზისისა, დიელექტრიკული განვლადობის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების თავისებურებისა და ა. შ.

ეს ანომალური თვისებები თავს იჩენენ მხოლოდ გარკვეულ ტემპერატურულ ინტერვალში, რომელიც სხვადასხვა სეგნეტოელექტრიკისათვის სხვადასხვაა. ბარიუმის ტიტანატისათვის იგი საკმარისად დიდია და განისაზღვრება სათანადოდ აბსოლუტური ნულითა და $120^{\circ}C$ ტემპერატურით. (ზოგიერთი ნიმუშისათვის ზედა საზღვარი აღმოჩნდა $80^{\circ}C$ და, როგორც ჩანს, ეს ფაქტი — სხვადასხვა კიურის წერტილის არსებობა, — აიხსნება იმ მცირე მინარევებით, რომელთაგანაც არ არიან თავისუფალი ძირითადი შემადგენელი ნივთიერებანი ბარიუმის ტიტანატისა).

ნიმუშების მიღების ტექნოლოგიის გამომუშავების შემდეგ, უმთავრესად ბ. მ. ვულისა და მისი თანამშრომლების მიერ საკ. მეცნიერებათა აკადემიის პ. ნ. ლებედევის სახ. ფიზიკის ინსტიტუტში, შესწავლილ იქნა $BaTiO_3$ -ს ძირითადი თვისებები, სახელდობრ, დიელექტრიკული განვლადობის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე, წნევაზე, დაძაბულობაზე, სიხშირეზე. შესწავლილი იყო



დიელექტრიკული ჰისტერეზისი, რევერსიული დიელექტრიკული განვლადობა აღმოჩენილ იქნა პიეზოფექტი და გაიზომა პიეზომოდულები სტატიკური და დინამიკური რეჟიმის დროს სხვადასხვა ხასიათის რხევებისა ნიმუშების ფორმასთან დაკავშირებით. ნაპოვნი იყო ხვედრითი სითბოტევადობის ნახტომი კიურის წერტილის მახლობლობაში, შესწავლილი იყო სპონტანური პოლარიზაციის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე და ა. შ. [2—9, 14] (იხ. ნახ. 1—8).

ყველა მიღებული შედეგი შედარებული იყო ვ. ლ. გინზბურგის სეგნეტოელექტრიკების დიელექტრიკული თვისებების თეორიასთან [13, 18], რომელიც აგებულია თერმოდინამიკის ზოგად კანონებზე დამყარებით. აღმოჩნდა, რომ თეორია საკმარისად კარგ თანხმობაშია ცდასთან, მაგრამ მის ძირითად ნაკლს, ისევე როგორც ყველა ფენომენოლოგიური თეორიისა, წარმოადგენს იმ ელემენტარული, შინაგანი პროცესების უაღრიცხველობა, რომელთა გამოვლინებასაც წარმოადგენენ შენიშნული ფაქტები.

რენტგენოგრაფიული გამოკვლევების შედეგად დადგენილია [15—17], რომ იმ ტემპერატურული ინტერვალის გარეთ, სადაც ხსენებული ნივთიერება უკვე აღარ იჩენს თავის ანომალურ დიელექტრიკულ თვისებებს, ე. ი. ე. წ. კიურის წერტილის ზევით, ბარიუმის ტიტანატს მოეპოვება კუბიკური კრისტალური მესერი, ხოლო კიურის წერტილის ქვევით კი მესერი ტეტრაგონალურია. ამრიგად, კიურის წერტილში (120°C) ხდება მესერის სიმეტრიის შეცვლა და, როგორც ცდებმა გვიჩვენეს, აქ ხდება მეორე გვარის ფაზური გადასვლა, რომელიც ბარიუმის ტიტანატისათვის არის გადასვლა არაპიროველექტრული მოდიფიკაციიდან პიროველექტრულში და იმავე დროს, თუ გავითვალისწინებთ პიეზოფექტსაც, არაპიეზოელექტრული მოდიფიკაციიდან (მესერი — კუბიკური, სპონტანური პოლარიზაცია $P_0=0$) პიეზოელექტრულში.

დადგენილი ფაქტები, მესერის სტრუქტურასთან დაკავშირებით, იძლევიან საშუალებას დავსახოთ ის გზები, რომელთაც შეუძლიათ გვიპასუხონ, თუ რომელ ნივთიერებებში უნდა ვეძებოთ ახალი სეგნეტოელექტრიკები. როგორც ჩანს, პეროვსკიტის ტიპის კრისტალური მესერი ჰქმნის ხელსაყრელ პირობებს დიდი დიელექტრიკული განვლადობის არსებობისათვის.

ახალი სეგნეტოელექტრიკის — ბარიუმის ტიტანატის აღმოჩენა, გარდა იმისა, რომ წარმოადგენს გარკვეულ თეორიულ ინტერესს ზემოთ აღნიშნულ გარემოებასთან დაკავშირებით, იძლევა აგრეთვე დიდ შესაძლებლობებს მის ტექნიკაში გამოყენებისა. მართლაც, BaTiO_3 ნიმუშების დამზადების შედარებითი სიადვილე (მარტივი ტექნოლოგია), მათი დიდი მექანიკური მდგრადობა, სეგნეტოელექტრული არის სიდიდე, დიელექტრიკული განვლადობის ძალიან დიდი მნიშვნელობა, როგორც კიურის წერტილის მახლობლად ისე ოთახის ტემპერატურაზედაც, დიდი პიეზოფექტი, არაწრფივი დამოკიდებულება ნიმუშთა ელექტროტევადობისა ძაბვისაგან სიხშირეთა დიდ ინტერვალში — თითქმის რადიოსიხშირემდე და სხვა თვისებანი იძლევიან ამ ახალი მასალის, როგორც იყო ნათქვამი, ფართო გამოყენების შესაძლებლობას. საკმარისია თუნდაც იმის აღნიშვნა, რომ ხსენებული არაწრფივი დამოკიდებულება ელექტროტევადობასა და ძაბვას შორის იძლევა სიხშირეთა გაზრდის საშუალებას [22].



დიდი პიეზოფექტის არსებობა დაპოლარიზებული პოლიკრისტალური ბარიუმის ტიტანატისა, რომელსაც შეიძლება განსხვავებით მონოკრისტალისა ვან მიეცეს ნებისმიერი ფორმა, იძლევა საშუალებას მისი პიეზოელემენტად გამოყენებისა და ა. შ.

პრაქტიკისათვის მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე კიურის წერტილის მართვას; დიელექტრიკული განვლადობის დიდ მნიშვნელობათა გადატანას სასურველ ტემპერატურულ ინტერვალში. ეს ამოცანა გადაწყვეტილ იქნა ჩვენ მიერ ბარიუმის იზომორფული შენარჩევების შესწავლის შედეგად [20].

გამოირკვა, რომ ზოგიერთი იზომორფული ნივთიერება ბარიუმის ტიტანატისა ამ უკანასკნელთან შერევის შემდეგ ანაცვლებს კიურის წერტილს (დიელექტრიკულ განვლადობის მაქსიმუმს) დაბალი ტემპერატურებისკენ და ეს გადაანაცვლება აღმოჩნდა პროპორციული შენარჩევში მყოფ არასეგნეტოელექტრულ კომპონენტის რაოდენობისა.

მ. ი. შვანიძე

მეტალის სიმკაცის თეორიული ზღვრის შესახებ

სიმკაცის თეორიული ზღვარი განისაზღვრება იმ ძალით, რომელიც მოადის ფართის ერთეულზე და რომელიც საჭიროა იდეალური კრისტალური მესერის გასაგლეჯად.

როგორც ცნობილია, რეალური კრისტალი შეიცავს მთელ რიგ დეფექტებს, რომელთა წარმოშობა დაკავშირებულია არა მარტო დისაკრისტალური ნივთიერების სისუფთავესთან, არამედ თვით კრისტალიზაციის პროცესთანაც. (მოზაიკური სტრუქტურა). კრისტალის სიმკაცე ძალიან მგრძობიარეა დეფექტების მიმართ, რის ძალითაც მისი ექსპერიმენტალური მნიშვნელობა წარმოგვიდგება სამი რიგით უფრო მცირე თეორიულზე. ასეთი ძლიერი არა თანხვედრა თეორიულ და პრაქტიკულ სიმკაცის ზღვრებს შორის გვაძლევს საფუძველს ვიფიქროთ, რომ შინაგანი ძაბვები დეფექტთან ადგილებში აღწევენ კოლოსალურ სიდიდეებს. ამ თვალსაზრისით სიმკაცის თეორიული ზღვარი წარმოადგენს მნიშვნელოვან ინტერესს.

მეტალების ქვანტურ-მექანიკური თეორია, წარმოდგენილი ვაგნერის და ზეიტცის [1], გომბასის [2, 3] და სხვების მიერ, იძლევა შესაძლებლობას გამოვთვალოთ ენერჯია და მესერის მუდმივა ტუტე მეტალისათვის. მათ მიერ მიღებული შედეგები კარგ თანხმობაშია ცდის მონაცემებთან, ხოლო ზღვრები მეტალების სიმკაცისა ამ თეორიის საფუძველზე ჯერ კიდევ არ არის გაანგარიშებული.

ჩვეულებრივად შეფასება სიმკაცის თეორიული ზღვრისა წარმოებს პოლიანის ფორმულის მიხედვით [4], რომელიც გამოყვანილია იმ წინადადებიდან, რომ ნაწილი მუშაობისა, რომელიც იხარჯება კრისტალის დარღვევაზე, მიდის ახალი ზედაპირების წარმოშობაზე და რომ გასაგლეჯი ნიმუშის ნაწილებს შორის მიმზიდველობის ძალის მთავარი ნაწილი მოქმედებს მანძილზე, რომელიც არის ატომთაშორისი მანძილის რივისა.

მაშინ თეორიული ზღვარი F_p სიმკაცისა შეიძლება გამოვითვალოთ განტოლებიდან

$$F_p = \frac{2\sigma}{d} \tag{1}$$

სადაც σ — ზედაპირული ენერჯიაა, d — ატომებს შორის მანძილი.



F_p სიდიდე, გამოთვლილი (1)-ით, ითვლება მის ქვედა საზღვრად. ზედა საზღვარს სიმტკიცის ზღვრისას სთვლიან იმ დაშვებით, რომ კონონიდან გადახრა ატომთა შორის მოქმედი ძალებისათვის იდეალურ კრისტალურ მესერში იწყება 0,5 რიგის გაჭიმვის დროს, ე. ი.

$$F_p = 0,5 E \quad (2)$$

სადაც E — იუნგის მოდულია.

იდეალური კრისტალების სიმტკიცის ზღვრის მსგავსი განსაზღვრა რასაკვირველია ძალიან სქემატურია და (1) და (2) ფორმულებიდან მიღებული შედეგები შეიძლება არსებითად განსხვავდებოდნენ ჭეშმარიტი მნიშვნელობებისაგან.

ხოლო მეტალების სიმტკიცის თეორიული ზღვარი შესაძლებელია გამოითვალოს ზუსტად ყოველმხრივი კუმშვის კოეფიციენტისა და მესერის ენერჯიის ექსპერიმენტალური მონაცემების დახმარებით, რადგანაც ეს სიდიდეები არ არიან მგრძობიარე დეფექტების მიმართ, რომლებიც არსებობენ რეალურ კრისტალში.

მართლაც, თუ რეალური კრისტალის დეფექტები ახდენდნენ არსებით გავლენას ყოველმხრივი კუმშვის კოეფიციენტზე და მესერის ენერჯიაზე, მაშინ ამ სიდიდეების ექსპერიმენტალური მნიშვნელობები არ იქნებოდნენ კარგ თანხმობაში თეორიულ მონაცემებთან [2, 3] (თუნდაც ტუტე მეტალებისათვის). იდეალური კრისტალების სიმტკიცის ზღვრის გამოთვლისათვის ყოველმხრივი კუმშვის კოეფიციენტის და მესერის ენერჯიის ექსპერიმენტალური მონაცემების საშუალებით აუცილებელია ვიპოვოთ მათ შორის კავშირი.

ამისათვის ჩვენ გამოვალთ მესერის ენერჯიისათვის არსებული საერთო ფორმულიდან, რომელიც კავშირშია ატომურ მოცულობასთან.

$$U = -\frac{A}{V^x} + \frac{B}{V^y}, \quad (3)$$

სადაც A , B , x და y მუდმივებია, რომლებიც უნდა განისაზღვროს. პირველი წევრი (3) განტოლების მარჯვენა ნაწილისა შეესაბამება მიმზიდველობის ძალებს, მეორე წევრი კი — განზიდვის ძალებს.

მესერების თეორიის თანახმად x შეგვიძლია მივიღოთ $\frac{1}{3}$ -ის ტოლად.

დანარჩენი მუდმივების A , B და y -ის განსაზღვრისათვის ვსარგებლობთ შემდეგი განტოლებებით:

ა) მესერის ენერჯიის მინიმალური მნიშვნელობის პირობით ნორმალურ მდგომარეობაში

$$\left(\frac{dU}{dV} \right)_{V=V_0} = 0. \quad (4)$$

ბ) ყოველმხრივი კუმშვის კოეფიციენტის μ -ს გამოსახულებით

$$\frac{\mu}{V_0} = \left(\frac{d^2 U}{dV^2} \right)_{v=v_0} \quad (5)$$

გ) მესერის ენერჯის გამოსახულებით ნორმალურ მდგომარეობაში

$$-U_0 = -\frac{A}{V_0^y} + \frac{B}{V_0^y} \quad (6)$$

(4) განტოლება იძლევა საშუალებას გამოვრიცხოთ (3)-დან B კოეფიციენტი.

$$\left(\frac{dU}{dV} \right)_0 = \frac{A}{3V_0^{y+1}} - \frac{By}{V_0^{y+1}} = 0, \quad B = \frac{AV_0^{y+1}}{3yV_0^{y+1}} \quad (7)$$

(5) განტოლებიდან განისაზღვრება $y = f(A)$

$$\left(\frac{d^2 U}{dV^2} \right)_0 = -\frac{4A}{9V_0^{y+1}} + \frac{A(y+1)}{3V_0^{y+1}} = \frac{\mu}{V_0}$$

საიდანაც

$$y = \frac{9\mu V_0^{y+1} + A}{3A} \quad (8)$$

(6) განტოლებიდან B და y-ის მნიშვნელობების ჩასმის გზით (7)-დან და (8)-დან მივიღებთ:

$$A = \frac{9\mu V_0^{y+1} U_0}{9\mu V_0 - U_0} \quad (9)$$

ანდა, თუ ჩავსვათ A-ს მნიშვნელობას (8)-ში, მივიღებთ:

$$y = \frac{3\mu V_0}{U_0} \quad (10)$$

ძალა, რომელიც საჭიროა კრისტალის გასაგლეჯად, ანდა სიმტკიცის ზღვარი, იქნება ის მაქსიმალური ძალა, რომელიც შეიძლება მოვდოთ კრისტალს.

$$F_p = \left(\frac{dU}{dV} \right)_{v=v_{max}} \quad (11)$$

ძალის მაქსიმუმის პირობა იქნება

$$\frac{d^2 U}{dV^2} = 0 \quad (12)$$

ამ განტოლებიდან განისაზღვრება V_{max} .

თუ ჩავსვათ U-ს მნიშვნელობას (3)-დან, ვიპოვით

$$V_{max} = V_0 \left[\frac{4}{3(y+1)} \right]^{\frac{3}{3y-1}} \quad (13)$$

თუ ჩავსვამთ V_{max} -ს (11)-ში, მივიღებთ:

$$F_p = \frac{\mu}{y+1} \left[\frac{4}{3(y+1)} \right] \frac{4}{3y-1} \quad (14)$$

სადაც

$$y = \frac{3\mu V_0}{U_0}$$

ამრიგად, თუ გვეცოდინება μ -სა და U_0 -ის ექსპერიმენტალური მნიშვნელობები, შეიძლება გამოვთვალოთ შეტალების სიმტკიცის ზღვრები (14) ფორმულით. ამ ფორმულით გამოთვლილი სიმტკიცის ზღვრები ზოგიერთი მეტალებისათვის მოყვანილია ცხრილში.

ჩვენ მიერ მიღებული შედეგების შედარებისათვის თეორიულთან ვისარგებლებთ ტუტე მეტალების მესერის ენერჯის გამოსახულებით, რომელიც მიღებული იყო გომბასის მიერ [3], და განვსაზღვრავთ სიმტკიცის ზღვარს.

გომბასის მიერ მიღებული გამოსახულება ტუტე მეტალების მესერის ენერჯისათვის შემდეგია:

$$U = N \left[-\frac{2,7803 \varepsilon^2}{\delta} + \frac{4,5547 \varepsilon^2 a_H}{\delta^2} - \frac{0,0300 \varepsilon^2}{a_H} \right], \quad (15)$$

სადაც δ — იონებს შორის მანძილი

ε — იონის მუხტია

a_H — წყალბადის ატომის რადიუსია

N — ლოშიმდტის რიცხვია.

კრისტალის ვაგლეჯისათვის საჭირო ძალა

$$F_p = \frac{1}{3N\gamma\delta_{max}^2} \left(\frac{dU}{d\delta} \right)_{\delta = \delta_{max}} \quad (16)$$

კრისტალის გამჭიმავი ძალის მაქსიმუმის პირობა იქნება

$$\frac{d^2U}{d\delta^2} - \frac{4}{\delta} \frac{dU}{d\delta} = 0. \quad (17)$$

ვიპოვით რა (15)-დან $\frac{d^2U}{d\delta^2}$ და $\frac{dU}{d\delta}$ ჩავსვამთ (17)-ში, მივიღებთ:

$$N \left(\frac{2 \cdot 2,7803 \varepsilon^2}{\delta^3} + \frac{3 \cdot 9,1094 \varepsilon^2 a_H}{\delta^3} \right) - \frac{4N}{\delta} \left(\frac{2,7803 \varepsilon^2}{\delta^2} - \frac{9,1094 \varepsilon^2 a_H}{\delta^2} \right) = 0 \quad (17)$$

მესერის ენერჯის მინიმუმის პირობიდან, ე. ი. $\frac{dU}{d\delta} = 0$, მიიღება

$$\delta_0 = 3,28 a_H. \quad (18)$$

ბოლო მესერის ენერჯია

$$U_0 = 0,4543 N \frac{z^2}{a_H} \quad (19)$$

თუ ჩავსვამთ a_H -ის მნიშვნელობას (18)-დან (17)-ში, მივიღებთ:

$$\delta_{max} = 1,16 \delta_0$$

და, ბოლოს, თუ ჩავსვამთ δ_{max} -ის მნიშვნელობას (16)-ში და მხედველობაში მივიღებთ (19), გვექნება

$$F_p = \frac{0,05 U_0}{V_0} \quad (20)$$

სადაც U_0 —მესერის ენერჯიაა

V_0 —ატომური მოცულობაა.

ცხრილში ჩატარებულია შედარება ზოგიერთი მეტალების სიმტკიცის თეორიული ზღვრებისა, რომლებიც გამოთვლილი არიან ფორმულებით (14), (20), (1) და (2).

მეტალების სიმტკიცის თეორიული ზღვრების მნიშვნელობა $\frac{კგ}{mm^2}$ -ში

მეტალი	V_0 სმ ³	$\mu \times 10^{10}$ კგ/სმ ²	U_0 კვ.კალ მოლზე	γ	F_p (14) ფორმულ- ლით	F_p (20) ფორმულ- ლით	F_p (1) ფორმულ- ლით	F_p (2) ფორმულ- ლით
Li	13.00	0,115	173	0,61	266	282	—	—
Na	23.70	0,064	143	0,745	157	128	172	—
K	45,20	0,028	122	0,73	67	61,2	165	—
Rb	56.20	0,193	116	0,65	48	44,3	—	—
Cs	71.00	0,143	109	0,655	35	32,8	—	—
Pb	9.85	0,442	255,20	2,1	740	—	261	800
Al	10.03	0,745	394,41	1,33	1520	—	372	3000
Au	17.22	1,73	324,80	6,5	1590	—	785	4000
Ag	10.27	1,01	324,80	2,25	1690	—	656	4000
Cu	7.10	1,39	313,20	2,22	2380	—	885	6060
W	9.63	3,12	278,40	7,45	2730	—	—	—
Mo	9.42	2,78	313,20	5,86	2740	—	—	—
Fe	7.10	1,80	324,80	2,62	2850	—	1200	10000
Ni	6,67	1,90	371,64	2,42	3040	—	—	—
Zr	13,97	0,91	236,64	3,74	1240	—	—	—

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ჩვენ მიერ მიღებული შედეგები კარგად ეთანხმება თეორიულად გამოთვლილებს ტუტე მეტალებისათვის და მნიშვნელოვნად განსხვავდება (1) და (2) ფორმულებით მიღებულ შედეგებისაგან. კერძოდ, კალიუმისათვის (1) ფორმულით გამოთვლილი სიმტკიცის თეორიული ზღვრის მნიშვნელობა აღმოჩნდა ვაცილებით მეტი, ვიდრე თეორიულად გამოთვლილი.

განსხვავება ჩვენ მიერ მიღებულ შედეგებსა და (2) ფორმულით გამოთვლილ მნიშვნელობებს შორის, რასაკვირველია, მოულოდნელი არ არის. გან (1) და (2) ფორმულები გამოყვანილია ძალიან უხეში დაშვებებიდან.

ყველა ზემოთქმულიდან ცხადია, რომ (14) ფორმულის გამოყენება (1) და (2) ფორმულების მაგივრად მეტალების სიმტკიცის თეორიული ზღვრების შესაფასებლად უფრო მიზანშეწონილია.

სიხირკაული ლიგირაჟურა

1. F. Wigner and F. Seitz, On the constitution of metallic sodium: *Physik. Rev.* 43. 1933. u 46. 1934.
2. P. Gombas, Zur Theorie der metallischen Bindung I: *Z. für Physik*, 99. 11—12. 1936.
3. P. Gombas, Zur Theorie der metallischen Bindung II: *Z. für Physik*, 100. 9—10. 1936.
4. Ф. Зейтц, Физика металлов, 187—197. Москва, 1947.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ექსპერიმენტული ფიზიკის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1949. I. 3).

О. И. Мгебрян

О теоретическом пределе прочности металлов

Резюме

Теоретический предел прочности определяется силой (отнесенной к единице площади), необходимой для разрыва идеальной кристаллической решетки.

Как известно, реальный кристалл содержит ряд дефектов, возникновение которых связано не только с чистотой кристаллизующегося вещества, но и самым процессом кристаллизации (мозаичная структура).

Прочность кристалла очень чувствительна к этим дефектам, в силу чего экспериментальное ее значение оказывается на три порядка меньше теоретического. Такое сильное расхождение между теоретическим и практическим пределом прочности дает основание предполагать, что внутренние напряжения в дефектных местах достигают колоссальных размеров. С этой точки зрения теоретический предел прочности представляет значительный интерес.

Квантово-механическая теория металлов, предложенная Вагнером и Зейтцем [1], Гомбасом [2, 3] и др., дает возможность вычислять

энергию и постоянную решетки для щелочных металлов. Полученные результаты находятся в хорошем согласии с экспериментальными данными, однако, пределы прочности металлов на основании этой теории еще не рассчитаны.

Обычно, оценка теоретического предела прочности производится по формуле Поляни [4], которая выведена из предположения, что часть работы разрушения кристалла затрачивается на образование новых поверхностей и что главная часть сил притяжения между двумя половинками разрываемого образца действует на протяжении порядка межуатомного расстояния.

Тогда теоретический предел прочности F_p можно вычислить из уравнения

$$F_p = \frac{2\sigma}{d}, \quad (1)$$

где σ — поверхностная энергия,

d — межуатомное расстояние.

Величина F_p , определяемая из (1), считается нижней ее границей.

Верхнюю границу предела прочности определяют из предположения, что отклонение от закона Гука для сил действующих между атомами в идеальной кристаллической решетке начинается при растяжении порядка 0,5, т. е.

$$F_p = 0,5 E, \quad (2)$$

где E — модуль Юнга.

Подробное определение предела прочности идеальных кристаллов конечно весьма схематично, и результаты, полученные из (1) и (2), могут существенно отличаться от истинного значения.

Однако, теоретический предел прочности металлов может быть вычислен точно, с помощью экспериментальных значений коэффициента всестороннего сжатия и энергии решетки, так как эти величины не чувствительны к дефектам, присущим реальному кристаллу.

В самом деле, если дефекты реального кристалла оказывали существенное влияние на энергию решетки и коэффициента всестороннего сжатия, то экспериментальные значения этих величин не находились бы в хорошем согласии с теоретическими данными [2, 3] (хотя бы для щелочных металлов).

Для вычисления предела прочности идеальных кристаллов с помощью экспериментальных значений коэффициента всестороннего сжатия и энергии решетки необходимо установить связь между ними.

При этом мы будем исходить из общего выражения для энергии решетки U в зависимости от атомного объема

$$U = -\frac{A}{V^x} + \frac{B}{V^y}, \quad (3)$$

где A , B , x и y постоянные, подлежащие определению.



Первый член правой части уравнения (3) соответствует силе притяжения, а второй член силе отталкивания.

Согласно теории решеток x можно принять равным $1/3$.

Для определения остальных постоянных A , B и y воспользуемся следующими уравнениями:

а) Условием минимума энергии решетки в нормальном состоянии

$$\left(\frac{dU}{dV} \right)_0 = 0. \quad (4)$$

б) Выражением для коэффициента всестороннего сжатия μ

$$\frac{\mu}{V_0} = \left(\frac{d^2 U}{dV^2} \right)_0. \quad (5)$$

в) Выражением для энергии решетки в нормальном состоянии

$$-U_0 = -\frac{A}{V_0^x} + \frac{B}{V_0^y}. \quad (6)$$

Уравнение (4) дает возможность исключить из (3) коэффициент B .

$$\left(\frac{dU}{dV} \right)_0 = \frac{A}{3V_0^{4/3}} - \frac{By}{V_0^{y+1}} = 0; \quad B = \frac{AV_0^{y+1}}{3yV_0^{4/3}}. \quad (7)$$

Из уравнения (5) определяется $y = f(A)$

$$\left(\frac{d^2 U}{dV^2} \right)_0 = -\frac{4A}{9V_0^{7/3}} + \frac{A(y+1)}{3V_0^{4/3}} = \frac{\mu}{V_0},$$

откуда

$$y = \frac{9\mu V_0^{4/3} + A}{3A}. \quad (8)$$

Из уравнения (6) путем подстановки B и y из (7) и (8) получаем:

$$A = \frac{9\mu V_0^{4/3} U_0}{9\mu V_0 - U_0}. \quad (9)$$

или, подставляя значение A в (8), получим

$$y = \frac{3\mu V_0}{U_0}. \quad (10)$$

Сила необходимая для разрыва кристалла или предел прочности будет максимальной силой, которую можно приложить кристаллу.

$$F_p = \left(\frac{dU}{dV} \right)_{V=V_{max}}. \quad (11)$$

Условие максимума для силы F будет

$$\frac{d^2 U}{dV^2} = 0 \quad (12)$$

из этого уравнения определяется V_{max} .

Подставляя вместо U свое значение из (3), получим

$$V_{max} = V_0 \left[\frac{4}{3(y+1)} \right]^{\frac{3}{3y-1}} \quad (13)$$

Подставляя значение V_{max} в (11), получим

$$F_p = \frac{\mu}{y+1} \left[\frac{4}{3(y+1)} \right]^{\frac{3}{3y-1}} \quad (14)$$

где

$$y = \frac{3\mu V_0}{U_0}$$

Таким образом, зная экспериментальные значения μ и U_0 , можно вычислить теоретический предел прочности металлов с помощью формулы (14). Вычисленные по этой формуле пределы прочности некоторых металлов приведены в таблице.

Для сравнения полученных нами результатов с теоретическими, воспользуемся выражением для энергии решеток щелочных металлов, полученным Гомбасом [3], и определим предел прочности.

Выражение для энергии решетки щелочных металлов, полученное Гомбасом, имеет вид:

$$U = N \left[-\frac{2,7803 \varepsilon^2}{\delta} + \frac{4,5547 \varepsilon^2 a_n}{\delta^2} - 0,0300 \frac{\varepsilon^2}{a_n} \right] \quad (15)$$

где δ — расстояние между ионами,

ε — заряд иона,

a_n — радиус атом водорода,

N — число Лошмидта.

Сила, необходимая для разрыва кристалла

$$F_p = \frac{1}{3 N_V \delta_{max}^2} \left(\frac{dU}{d\delta} \right)_{\delta = \delta_{max}} \quad (16)$$

Условие максимума для силы, растягивающей кристалл, будет

$$\frac{d^2 U}{d\delta^2} - \frac{4}{\delta} \frac{dU}{d\delta} = 0 \quad (17)$$



Найдя из выражения (15) $\frac{d^2 U}{d\delta^2}$ и $\frac{dU}{d\delta}$ и подставляя в (17):

$$-N \left(\frac{2 \cdot 2,7803 \cdot \varepsilon^2}{\delta^3} + \frac{3 \cdot 9,1094 \varepsilon^2 a_n}{\delta^4} \right) - \frac{4N}{\delta} \left(\frac{2,7803 \varepsilon^2}{\delta^2} - \frac{9,1094 \varepsilon^2 a_n}{\delta^3} \right) = 0. \quad (17)$$

Из условия минимума энергии решетки, т. е. $\frac{dU}{d\delta} = 0$ получается

$$\delta_0 = 3,28 a_n \quad (18)$$

Энергия решетки

$$U_0 = 0,4543 \frac{\varepsilon^2}{a_n}. \quad (19)$$

Подставляя значение a_n из (18) в (17'), получим

$$\delta \text{ max} = 1,16 \delta_0$$

и, наконец, подставляя значение $\delta \text{ max}$ в (16) и учитывая (19), получаем

$$F_p = \frac{0,05 U_0}{V_0}, \quad (20)$$

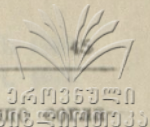
где U_0 — энергия решетки,

V_0 — атомный объем.

В таблице проведено сравнение теоретических пределов прочности некоторых металлов, вычисленных по формулам (14), (20), (1) и (2).

Теоретическое значение предела прочности металлов в кг/мм²

Ме- талл	V_0 в см ³	$\mu \times 10^4$ в кг/см ²	U^0 в % кал. мол.	γ	F_p по форм. (14)	F_p по форм. (20)	F_p по форм. (1)	F_p по форм. (2)
Li	13,00	0,115	173	0,61	266	282	—	—
Na	23,70	0,064	143	0,745	157	128	122	—
K	45,50	0,028	122	0,73	67	61,2	165	—
Rb	56,20	0,193	116	0,65	48	44,3	—	—
Cs	71,00	0,143	109	0,655	35	32,8	—	—
Pb	9,85	0,442	255,20	2,1	740	—	261	800
Al	10,03	0,745	394,41	1,33	1520	—	372	3000
Au	17,22	1,73	324,80	6,5	1590	—	785	4000
Ag	10,27	1,01	324,80	2,25	1690	—	656	4000
Cu	7,10	1,39	313,20	2,22	2380	—	885	6000
W	9,63	3,12	278,40	7,45	2730	—	—	—
Mo	9,42	2,78	313,20	5,86	2740	—	—	—
Fe	7,10	1,80	324,80	2,62	2850	—	1200	10.000
Ni	6,67	1,90	371,20	2,42	3040	—	—	—
Zr	13,97	0,91	236,64	3,74	1240	—	—	—



Полученные нами результаты, как видно из таблицы, хорошо согласуются с теоретически вычисленными (для щелочных металлов) и значительно расходятся с результатами, полученными по формулам (1) и (2). В частности, для калия минимальное значение теоретического предела прочности, вычисленное по формуле (1), оказалось значительно больше теоретического.

Расхождение между полученными нами результатами и вычисленными по формулам (1) и (2) не является конечно неожиданным, так как формулы (1) и (2) выведены из весьма грубых предположений.

Из всего сказанного становится очевидной целесообразность применения формулы (14) для оценки теоретического предела прочности металлов вместо формул (1) и (2).

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. E. Wigner and F. Seitz, On the constitution of metallic sodium: *Physik Rev.* 43 (1933) и 46 (1934).
2. P. Gombas, Zur Theorie der metallischen Bindung, I: *Z. für Physik* 99, 11–12, 1936.
3. P. Gombas, Zur Theorie der metallischen Bindung, II: *Z. für Physik* 100, 9–10, 1936.
4. Ф. Зейтц, *Физика металлов*. Москва, 1947, стр. 187–197.

Тбилисский Государственный Университет
имени И. В. Сталина
Кафедра экспериментальной физики

(Поступило в редакцию 3. I. 1949).

А. С. Бакаляев (Запорожье, УССР)

Теоремы единственности в пространственных граничных задачах теории упругости в случае установившихся колебаний¹

§ 1. Мы имеем в виду показать в этой работе, что внешние основные краевые задачи динамической теории упругости, при установившемся синусоидальном режиме заданной частоты, допускают единственные решения, удовлетворяющие на бесконечности условиям:

$$\frac{\partial u}{\partial R} + iku = 0 \quad (R^{-1}) \dots \dots \dots (1)$$

$$u = 0 \quad (R^{-1}), \dots \dots \dots (2)$$

при $R \rightarrow \infty$, причем эти условия должны быть выполнены при любом выборе начала радиусов-векторов R и равномерно относительно их направлений.

В дальнейшем условия (1) и (2) будем называть «условием излучения».

Теоремы единственности для плоской задачи еще в 1935 году были доказаны В. Д. Купрадзе [1].

Следуя методу В. Д. Купрадзе мы доказываем в настоящей работе теоремы единственности для пространственных задач.

Дана поверхность S . Пусть она есть поверхность Ляпунова. Пусть, кроме того, $S = S_1 + S_2$, где значение S_1 и S_2 очевидно.

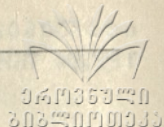
Обозначим область, внешнюю по отношению к S , простирающуюся в бесконечность, через T_∞ . Требуется доказать, что: вектор \bar{u} в области T_∞ , удовлетворяющий уравнению

$$\Delta \bar{u} + \frac{\lambda + \mu}{\mu} \text{grad div } \bar{u} + \frac{\rho \omega^2}{\mu} \bar{u} = F(x, y, z), \dots \dots (3)$$

граничным условиям

а) на S_1 : $\bar{u} = \bar{f}, \dots \dots \dots (4)$

¹ Извлечение из кандидатской диссертации автора, защищенной в ученом Совете Тбилисского Математического Института им. А. М. Размадзе в 1946 г.



б) на S_2 :

$$\left. \begin{aligned} & \left(\lambda \theta + 2\mu \frac{\partial u}{\partial x} \right) \cos \bar{n}, x + \mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \cos \bar{n}, y + \mu \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \cos \bar{n}, z = g_1 \\ & \mu \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) \cos \bar{n}, x + \left(\lambda \theta + 2\mu \frac{\partial v}{\partial y} \right) \cos \bar{n}, y + \mu \left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) \cos \bar{n}, z = g_2 \\ & \mu \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \cos \bar{n}, x + \mu \left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) \cos \bar{n}, y + \left(\lambda \theta + 2\mu \frac{\partial w}{\partial z} \right) \cos \bar{n}, z = g_3 \end{aligned} \right\} (5)$$

где u, v, w — компоненты вектора \bar{u} , $\theta = \operatorname{div} \bar{u}$, λ, μ — постоянные Ляме, g_1, g_2, g_3 — компоненты заданного на S_2 вектора, \bar{f} — заданный на S_1 вектор и

в) условию излучения (1) и (2),

будет определен единственным образом.

Очевидно достаточно доказать, что однородная задача, соответствующая поставленной выше, будет иметь решение тождественно равное нулю. Очевидно, также, что в случае $S_2 = 0$ мы имеем первую краевую задачу, при $S_1 = 0$ — вторую краевую задачу.

Доказательство единственности решения основных краевых задач статки упругого тела для областей, содержащих бесконечно удаленную точку, можно найти во многих курсах теории упругости. Например, в курсе Мухелишвили Н. И. [2].

Что касается теорем единственности для динамических краевых задач, то, насколько нам известно, — в литературе имеется лишь упомянутое выше доказательство для плоской стационарной краевой задачи, принадлежащее В. Д. Купрадзе.

§ 2. В 1912 году А. Зоммерфельд [3], исходя из физических соображений, указал, что решение колебательного уравнения

$$\Delta u + k^2 u = f(x, y) \quad \dots \dots \dots (1_0)$$

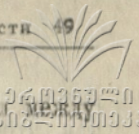
удовлетворяющее условиям:

$$u = 0 \left(r^{-\frac{1}{2}} \right) \quad \dots \dots \dots (2_0)$$

$$\frac{\partial u}{\partial n} + iku \frac{\partial r}{\partial n} = 0 \left(r^{-\frac{1}{2}} \right) \quad \dots \dots \dots (3_0)$$

и u или $\frac{\partial u}{\partial n} = 0$ на (γ) , $\dots \dots \dots (4_0)$

где γ простой контур, изнутри ограничивающий рассматриваемую бесконечную область, r — расстояние от фиксированной точки на γ до точки на



Σ — окружности достаточно большого радиуса и $\frac{\partial r}{\partial n} = \cos \overline{r, n}$ (r и внешней к Σ нормалью), при задании сингулярности этого решения, будет определено однозначно.

Высказанное Зоммерфельдом предложение оставалось недоказанным в течении 20 лет.

В 1933 году В. Д. Купрадзе [4] дал первое доказательство условия А. Зоммерфельда. Условие, Зоммерфельда, вошло в литературу под названием „Принципа или условия излучения“ и до настоящего момента продолжает привлекать внимание исследователей.

В 1935 году В. Д. Купрадзе в работе [1] показал достаточность условий, аналогичных условиям А. Зоммерфельда, в плоской краевой задаче теорией упругости.

В 1938 году другое доказательство принципа излучения дал Г. Фройденталь [5].

В 1940 году, при помощи условия излучения, Д. З. Авазашвили в работе [6] доказал единственность решения для системы уравнений Максвелла в неоднородной бесконечной среде.

Систематическое применение условия излучения показал И. Н. Векуа в теории метагармонического уравнения [7].

В настоящей работе мы показываем достаточность „условия излучения“ для единственности решения основных динамических (стационарных) пространственных краевых задач теории упругости.

§ 3. Положив в уравнении (3) \overline{F} равным нулю, будем иметь

$$\Delta \overline{u} + \frac{\lambda + \mu}{\mu} \text{grad div } \overline{u} + \frac{\rho \omega^2}{\mu} \overline{u} = 0 \quad \dots \quad (6)$$

Введем два новых вектора $\overline{\varphi} (\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z)$ и $\overline{\psi} (\psi_x, \psi_y, \psi_z)$ так, чтобы

$$\overline{u} = \overline{\varphi} + \overline{\psi} \quad \dots \quad (7)$$

Причем, как известно $\overline{\varphi}$ и $\overline{\psi}$ всегда можно выбрать так, чтобы

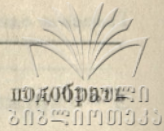
$$\text{rot } \overline{\varphi} = 0; \text{ div } \overline{\psi} = 0 \quad \dots \quad (8)$$

Подставляя \overline{u} из (7) в (6) и учитывая (8), получим:

$$\Delta \overline{\varphi} + \frac{\lambda + 2\mu}{\mu} \Delta \overline{\psi} + \frac{\rho \omega^2}{\mu} (\overline{\varphi} + \overline{\psi}) = 0 \text{ при}$$

$$(\Delta \overline{\varphi} + a^2 \omega^2 \overline{\varphi}) \cdot \frac{1}{a^2} + (\Delta \overline{\psi} + b^2 \omega^2 \overline{\psi}) \cdot \frac{1}{b^2} = 0 \quad \dots \quad (*)$$

где $\frac{\lambda + 2\mu}{\rho} = \frac{1}{a^2}$ и $\frac{\mu}{\rho} = \frac{1}{b^2}$.



Докажем, что $\bar{\varphi}$ и $\bar{\psi}$, удовлетворяющие (7) и (8), всегда можно подобрать так, чтобы из (*) следовало

$$\Delta \bar{\varphi} + a^2 \omega^2 \bar{\varphi} = 0$$

$$\Delta \bar{\psi} + b^2 \omega^2 \bar{\psi} = 0.$$

В самом деле, пусть $\Delta \bar{\varphi} + a^2 \omega^2 \bar{\varphi} = a^2 \omega^2 \bar{\chi}$

$$\Delta \bar{\psi} + b^2 \omega^2 \bar{\psi} = -b^2 \omega^2 \bar{\chi} \dots \dots \dots (**)$$

где $\bar{\chi} \neq 0$. Из (7) и (8) следует, что

$$\text{rot } \bar{\chi} = 0; \text{ div } \bar{\chi} = 0,$$

следовательно, $\Delta \bar{\chi} = 0$. Введем новые функции

$$\bar{\varphi}_* = \bar{\varphi} - \bar{\chi}; \quad \bar{\psi}_* = \bar{\psi} + \bar{\chi}.$$

Подставляя в (**) вместо $\bar{\varphi}$ и $\bar{\psi}$, будем иметь:

$$\Delta \bar{\varphi}_* + a^2 \omega^2 \bar{\varphi}_* = 0$$

$$\Delta \bar{\psi}_* + b^2 \omega^2 \bar{\psi}_* = 0.$$

Обозначим $a^2 \omega^2 = \frac{\rho \omega^2}{\lambda + 2\mu} = k_1^2$ и $b^2 \omega^2 = \frac{\rho \omega^2}{\mu} = k_2^2$ и, отбросив значок (*), будем иметь окончательно:

$$\left. \begin{aligned} \Delta \bar{\varphi} + k_1^2 \bar{\varphi} &= 0 \\ \Delta \bar{\psi} + k_2^2 \bar{\psi} &= 0 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (9)$$

$$\text{rot } \bar{\varphi} = 0, \text{ div } \bar{\psi} = 0 \dots \dots \dots (10)$$

§ 4. Как известно¹, кинетическая энергия T и потенциальная U упругого тела, ограниченного замкнутой поверхностью S , выражаются при помощи формул

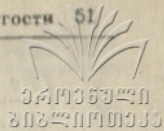
$$T = \iiint \rho \left[\dot{u}^2 + \dot{v}^2 + \dot{w}^2 \right] dV; \quad U = \iiint W dV,$$

$$\text{где } W = \frac{\lambda}{2} \left(\gamma_{xx} + \gamma_{yy} + \gamma_{zz} \right)^2 + \mu \left[\gamma_{xx}^2 + \gamma_{yy}^2 + \gamma_{zz}^2 + \frac{1}{2} \left(\gamma_{yz}^2 + \gamma_{zx}^2 + \gamma_{xy}^2 \right) \right].$$

При отсутствии массовых сил имеет место соотношение

$$\frac{d}{dt} (T + U) = \iint F_n ds \dots \dots \dots (11)$$

¹ См. например, А. Ляв [8].



где F_n нормальная составляющая вектора \bar{F} (F_x, F_y, F_z),

$$\begin{aligned} F_x &= - \left(\frac{\partial u}{\partial t} X_n + \frac{\partial v}{\partial t} Y_n + \frac{\partial w}{\partial t} Z_n \right) \\ F_y &= - \left(\frac{\partial u}{\partial t} X_n + \frac{\partial v}{\partial t} Y_n + \frac{\partial w}{\partial t} Y_n \right) \\ F_z &= - \left(\frac{\partial u}{\partial t} Z_n + \frac{\partial v}{\partial t} Y_n + \frac{\partial w}{\partial t} Z_n \right) \dots \dots \dots (12) \end{aligned}$$

Заменяя F_n в формуле (11) через компоненты вектора смещения, перепишем ее в следующем виде:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}(T+U) &= - \iint \left\{ \lambda \left[\frac{\partial u}{\partial t} \cos \bar{n}, x + \frac{\partial v}{\partial t} \cos \bar{n}, y + \frac{\partial w}{\partial t} \cos \bar{n}, z \right] \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) + \right. \\ &\quad + \mu \left(\frac{\partial u}{\partial t} \frac{\partial u}{\partial n} + \frac{\partial v}{\partial t} \frac{\partial v}{\partial n} + \frac{\partial w}{\partial t} \frac{\partial w}{\partial n} \right) + \\ &\quad + \mu \left(\frac{\partial u}{\partial x} \cos \bar{n}, x + \frac{\partial v}{\partial x} \cos \bar{n}, y + \frac{\partial w}{\partial x} \cos \bar{n}, z \right) \frac{\partial u}{\partial t} + \\ &\quad + \mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} \cos \bar{n}, x + \frac{\partial v}{\partial y} \cos \bar{n}, y + \frac{\partial w}{\partial y} \cos \bar{n}, z \right) \frac{\partial v}{\partial t} + \\ &\quad \left. + \mu \left(\frac{\partial u}{\partial z} \cos \bar{n}, x + \frac{\partial v}{\partial z} \cos \bar{n}, y + \frac{\partial w}{\partial z} \cos \bar{n}, z \right) \frac{\partial w}{\partial t} \right\} ds \dots \dots (13) \end{aligned}$$

Эта формула нам понадобится ниже в несколько измененном виде, который мы и выпишем здесь:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}(T+U) &= - \iint \left\{ \left[\lambda \theta \cos \bar{n}, x + \mu \frac{\partial u}{\partial n} + \mu \left(\frac{\partial u}{\partial x} \cos \bar{n}, x + \frac{\partial v}{\partial x} \cos \bar{n}, y + \right. \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{\partial w}{\partial x} \cos \bar{n}, z \right) \right] \frac{\partial u}{\partial t} + \left[\lambda \theta \cos \bar{n}, y + \mu \frac{\partial v}{\partial n} + \mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} \cos \bar{n}, x + \frac{\partial v}{\partial y} \cos \bar{n}, y + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{\partial w}{\partial y} \cos \bar{n}, z \right) \right] \frac{\partial v}{\partial t} + \left[\lambda \theta \cos \bar{n}, z + \mu \frac{\partial w}{\partial n} + \mu \left(\frac{\partial u}{\partial z} \cos \bar{n}, x + \frac{\partial v}{\partial z} \cos \bar{n}, y + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{\partial w}{\partial z} \cos \bar{n}, z \right) \right] \frac{\partial w}{\partial t} \right\} ds = \\ &= - \iint \left\{ \left[\left(\lambda \theta + 2\mu \frac{\partial u}{\partial x} \right) \cos \bar{n}, x + \mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \cos \bar{n}, y + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \mu \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \cos \bar{n}, z \right] \frac{\partial u}{\partial t} + \left[\left(\lambda \theta + 2\mu \frac{\partial v}{\partial y} \right) \cos \bar{n}, y + \right. \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + \mu \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) \cos \overline{n, x} + \mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \cos \overline{n, z} \left] \frac{\partial v}{\partial t} + \left[\left(\lambda \theta + 2\mu \frac{\partial w}{\partial z} \right) \cos \overline{n, z} \right. \right. \\
 & \left. \left. + \mu \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \cos \overline{n, x} + \mu \left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) \cos \overline{n, y} \right] \frac{\partial w}{\partial t} \right\} ds \dots (13')
 \end{aligned}$$

Учитывая (7), перепишем (13) еще следующим образом:

$$\begin{aligned}
 \frac{d}{dt} (T+U) = & - \iint_{(\Sigma)} \left\{ \lambda \left[\frac{\partial}{\partial t} (\varphi_{1x} + \psi_{1x}) \cos \overline{n, x} + \frac{\partial}{\partial t} (\varphi_{1y} + \psi_{1y}) \cos \overline{n, y} + \right. \right. \\
 & + \frac{\partial}{\partial t} (\varphi_{1z} + \psi_{1z}) \cos \overline{n, z} \left] \frac{\partial}{\partial x} (\varphi_{1x} + \psi_{1x}) + \lambda \left[\frac{\partial}{\partial t} (\varphi_{1x} + \psi_{1x}) \cos \overline{n, x} + \right. \right. \\
 & + \frac{\partial}{\partial t} (\varphi_{1y} + \psi_{1y}) \cos \overline{n, y} + \frac{\partial}{\partial t} (\varphi_{1z} + \psi_{1z}) \cos \overline{n, z} \left] \frac{\partial}{\partial y} (\varphi_{1y} + \psi_{1y}) + \right. \\
 & \left. + \lambda \left[\frac{\partial}{\partial t} (\varphi_{1x} + \psi_{1x}) \cos \overline{n, x} + \frac{\partial}{\partial t} (\varphi_{1y} + \psi_{1y}) \cos \overline{n, y} + \right. \right. \\
 & \left. \left. \frac{\partial}{\partial t} (\varphi_{1z} + \psi_{1z}) \cos \overline{n, z} \right] \frac{\partial}{\partial z} (\varphi_{1z} + \psi_{1z}) + \mu \left[\frac{\partial}{\partial x} (\varphi_{1x} + \psi_{1x}) \cos \overline{n, x} + \right. \right. \\
 & + \frac{\partial}{\partial x} (\varphi_{1y} + \psi_{1y}) \cos \overline{n, y} + \frac{\partial}{\partial x} (\varphi_{1z} + \psi_{1z}) \cos \overline{n, z} \left] \cdot \frac{\partial}{\partial t} (\varphi_{1x} + \psi_{1x}) + \right. \\
 & \left. + \mu \left[\frac{\partial}{\partial y} (\varphi_{1x} + \psi_{1x}) \cos \overline{n, x} + \frac{\partial}{\partial y} (\varphi_{1y} + \psi_{1y}) \cos \overline{n, y} + \right. \right. \\
 & \left. \left. + \frac{\partial}{\partial y} (\varphi_{1z} + \psi_{1z}) \cos \overline{n, z} \right] \frac{\partial}{\partial t} (\varphi_{1y} + \psi_{1y}) + \mu \left[\frac{\partial}{\partial z} (\varphi_{1x} + \psi_{1x}) \cos \overline{n, x} + \right. \right. \\
 & \left. \left. + \frac{\partial}{\partial z} (\varphi_{1y} + \psi_{1y}) \cos \overline{n, y} + \frac{\partial}{\partial z} (\varphi_{1z} + \psi_{1z}) \cos \overline{n, z} \right] \cdot \frac{\partial}{\partial t} (\varphi_{1z} + \psi_{1z}) + \right. \\
 & \left. + \mu \left[\frac{\partial}{\partial t} (\varphi_{1x} + \psi_{1x}) \cdot \frac{\partial}{\partial n} (\varphi_{1x} + \psi_{1x}) + \frac{\partial}{\partial t} (\varphi_{1y} + \psi_{1y}) \cdot \frac{\partial}{\partial n} (\varphi_{1y} + \psi_{1y}) + \right. \right. \\
 & \left. \left. + \frac{\partial}{\partial t} (\varphi_{1z} + \psi_{1z}) \cdot \frac{\partial}{\partial n} (\varphi_{1z} + \psi_{1z}) \right] \right\} ds \dots (14)
 \end{aligned}$$

Заметим, что так как через φ и ψ мы обозначили выше решения колебательных уравнений, а формула (13) относится к волновым, то в (14) мы сопровождаем φ и ψ индексом единица.

* Интеграл берется только по Σ , т. к. по S_1 и S_2 они обращаются в нуль, согласно граничным условиям.

Обозначим $\bar{\varphi} = \bar{p} + q$, и $\bar{\psi} = \bar{p}^* + q^*$

тогда, согласно известных соотношений

$$\bar{\varphi}_i = Re (e^{-i\omega t} \bar{\varphi}); \quad \bar{\psi}_i = Re (e^{-i\omega t} \bar{\psi})$$

будем иметь:

$$\begin{aligned} \varphi_{1x} &= p_x \cos \omega t + q_x \sin \omega t; & \psi_{1x} &= p_x^* \cos \omega t + q_x^* \sin \omega t \\ \varphi_{1y} &= p_y \cos \omega t + q_y \sin \omega t; & \psi_{1y} &= p_y^* \cos \omega t + q_y^* \sin \omega t \\ \varphi_{1z} &= p_z \cos \omega t + q_z \sin \omega t; & \psi_{1z} &= p_z^* \cos \omega t + q_z^* \sin \omega t. \end{aligned}$$

При этом очевидно, что

$$\operatorname{rot} \bar{p} = 0; \quad \operatorname{rot} \bar{q} = 0; \quad \operatorname{div} \bar{p}^* = 0; \quad \operatorname{div} \bar{q}^* = 0 \quad (16)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{и} \quad \frac{\partial q}{\partial t} + k_1 p \cos (R, l) &= 0 (R^{-1}) \\ \frac{\partial p}{\partial t} - k_1 q \cos (R, l) &= 0 (R^{-1}) \\ \frac{\partial q^*}{\partial t} + k_2 p^* \cos (R, l) &= 0 (R^{-1}) \\ \frac{\partial p^*}{\partial t} - k_2 q^* \cos (R, l) &= 0 (R^{-1}) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (17)$$

Подставляя эти значения в (14) получим:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} (T + U) &= - \iint_{(\Sigma)} \left\{ \lambda \omega \sum_{i=1}^3 \left[\left(\frac{\partial p_{xi}}{\partial x_i} \cos \omega t + \frac{\partial q_{xi}}{\partial x_i} \sin \omega t \right) + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \left(\frac{\partial p_{xi}^*}{\partial x_i} \cos \omega t + \frac{\partial q_{xi}^*}{\partial x_i} \sin \omega t \right) \right] \right\} + \\ &\quad + \mu \omega \sum_{i=1}^3 \left[\left(q_{xi} \cos \omega t - p_{xi} \sin \omega t \right) + \left(q_{xi}^* \cos \omega t - p_{xi}^* \sin \omega t \right) \right] \cdot \\ &\quad \cdot \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\sigma_1 \cos n, x_1 + \sigma_2 \cos n, x_2 + \sigma_3 \cos n, x_3 \right) + \\ &\quad + \mu \omega \sum_{i=1}^3 \left[\left(q_{xi} \cos \omega t - p_{xi} \sin \omega t \right) + \left(q_{xi}^* \cos \omega t - p_{xi}^* \sin \omega t \right) \right] \frac{\partial \sigma_i}{\partial n} \Big| ds \quad (18) \end{aligned}$$



где

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= (p_{x_1} \cos \omega t + q_{x_1} \sin \omega t) + (p_{x_1}^* \cos \omega t + q_{x_1}^* \sin \omega t) \\ \sigma_2 &= (p_{x_2} \cos \omega t + q_{x_2} \sin \omega t) + (p_{x_2}^* \cos \omega t + q_{x_2}^* \sin \omega t) \\ \sigma_3 &= (p_{x_3} \cos \omega t + q_{x_3} \sin \omega t) + (p_{x_3}^* \cos \omega t + q_{x_3}^* \sin \omega t) \end{aligned}$$

$$\Xi = \sum_{i=1}^3 \left[\left(q_{x_i} \cos \omega t - p_{x_i} \sin \omega t \right) \cos \overline{n, x_i} + \right. \\ \left. + \left(q_{x_i}^* \cos \omega t - p_{x_i}^* \sin \omega t \right) \cos \overline{n, x_i} \right] \dots \dots \dots (19)$$

Причем в (18) принято $x = x_1$; $y = x_2$; $z = x_3$.

Выражение $\sum_{i=1}^3 \left(\frac{\partial p_{x_i}^*}{\partial x_i} \cos \omega t + \frac{\partial q_{x_i}^*}{\partial x_i} \sin \omega t \right)$, стоящее под интегралом

в (14) обращается в нуль, потому, что

$$\operatorname{div} p^* = 0, \operatorname{div} q^* = 0.$$

Если учесть, что:

$$\begin{aligned} & \left(q_{x_j} \cos \omega t - p_{x_j} \sin \omega t \right) \left(\frac{\partial p_{x_i}}{\partial x_i} \cos \omega t + \frac{\partial q_{x_i}}{\partial x_i} \sin \omega t \right) \cos \overline{n, x_j} \equiv \\ \equiv & \left\{ \left[\frac{\partial p_{x_i}}{\partial x_i} - k_1 q_{x_i} \cos \overline{n, x_i} \right] \cos \omega t x + \left[\frac{\partial q_{x_i}}{\partial x_i} + k_1 p_{x_i} \cos \overline{n, x_i} \right] \sin \omega t \right\} \cdot \\ & \cdot (q_{x_j} \cos \omega t - p_{x_j} \sin \omega t) \cos \overline{n, x_j} + \\ & + k_1 (q_{x_i} \cos \omega t - p_{x_i} \sin \omega t) \cdot (q_{x_j} \cos \omega t - p_{x_j} \sin \omega t) \cos \overline{n, x_i} \cos \overline{n, x_j} \quad (20) \end{aligned}$$

и

$$\begin{aligned} & \left(q_{x_i} \cos \omega t - p_{x_i} \sin \omega t \right) \cdot \left(\frac{\partial p_{x_i}^*}{\partial n} \cos \omega t + \frac{\partial q_{x_i}^*}{\partial n} \sin \omega t \right) \equiv \\ \equiv & \left\{ \left[\frac{\partial p_{x_i}^*}{\partial n} - k_2 q_{x_i}^* \right] \cos \omega t + \left[\frac{\partial q_{x_i}^*}{\partial n} + k_2 p_{x_i}^* \right] \sin \omega t \right\} \left(q_{x_i} \cos \omega t - p_{x_i} \sin \omega t \right) + \\ & + k_2 (q_{x_i} \cos \omega t - p_{x_i} \sin \omega t) (q_{x_i}^* \cos \omega t - p_{x_i}^* \sin \omega t), \dots \dots (21) \end{aligned}$$

то (18) переищется так:

$$\frac{d}{dt} (T+U) = - \iint \left\{ \lambda \omega \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \left[\left(\frac{\partial p_{x_i}}{\partial x_i} - k_1 q_{x_i} \cos \overline{n, x_i} \right) \cos \omega t + \right. \right.$$

$$\begin{aligned}
& + \left(\frac{\partial q_{xi}}{\partial x_i} + k_1 p_{xi} \cos \overline{n, x_i} \right) \sin \omega t \Big] \cdot \left[\left(q_{xj} \cos \omega t - p_{xj} \sin \omega t \right) \right. \\
& \quad \left. + \left(q_{xj}^* \cos \omega t - p_{xj}^* \sin \omega t \right) \right] \cos \overline{n, x_j} + \\
& + \mu \omega \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \left[\left(\frac{\partial p_{xi}}{\partial x_j} - k_1 q_{xi} \cos \overline{n, x_j} \right) \cos \omega t + \left(\frac{\partial q_{xi}}{\partial x_j} + k_1 p_{xi} \cdot \right. \right. \\
& \quad \cdot \cos \overline{n, x_j} \Big) \sin \omega t + \left(\frac{\partial p_{xi}^*}{\partial x_j} - k_2 q_{xi}^* \cos \overline{n, x_j} \right) \cos \omega t + \\
& \quad \left. + \left(\frac{\partial q_{xi}^*}{\partial x_j} + k_2 p_{xi}^* \cos \overline{n, x_j} \right) \sin \omega t \cdot \right. \\
& \quad \cdot \left[q_{xj} \cos \omega t - p_{xj} \sin \omega t + q_{xj}^* \cos \omega t - p_{xj}^* \sin \omega t \right] \cos \overline{n, x_i} + \\
& + \mu \omega \sum_{i=1}^3 \left[\left(\frac{\partial p_{xi}}{\partial n} - k_1 q_{xi} \right) \cos \omega t + \left(\frac{\partial q_{xi}}{\partial n} + k_1 p_{xi} \right) \sin \omega t + \right. \\
& \quad \left. + \left(\frac{\partial p_{xi}^*}{\partial n} - k_2 q_{xi}^* \right) \cos \omega t + \left(\frac{\partial q_{xi}^*}{\partial n} + k_2 p_{xi}^* \right) \sin \omega t \cdot \right. \\
& \quad \cdot \left. \left[q_{xi} \cos \omega t - p_{xi} \sin \omega t + q_{xi}^* \cos \omega t - p_{xi}^* \sin \omega t \right] \right\} ds - \\
& \quad - \omega \iint_{(\Sigma)} \left[\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 a_{ij} x_i x_j \right] ds \dots \dots \dots (22)
\end{aligned}$$

где

$$\left. \begin{aligned}
x_1 &= (q_x \cos \omega t - p_x \sin \omega t) \cos \overline{n, x}; & x_2 &= (q_x^* \cos \omega t - p_x^* \sin \omega t) \cos \overline{n, x} \\
x_3 &= (q_y \cos \omega t - p_y \sin \omega t) \cos \overline{n, y}; & x_4 &= (q_y^* \cos \omega t - p_y^* \sin \omega t) \cos \overline{n, y} \\
x_5 &= (q_z \cos \omega t - p_z \sin \omega t) \cos \overline{n, z}; & x_6 &= (q_z^* \cos \omega t - p_z^* \sin \omega t) \cos \overline{n, z}
\end{aligned} \right\} (23)$$

и

$$\begin{aligned}
a_{11} &= k_1 (\lambda + \mu) + k_1 \mu \sec^2 \overline{n, x}; & a_{22} &= k_2 \mu + k_2 \mu \sec^2 \overline{n, x} \\
a_{23} &= k_1 (\lambda + \mu) + k_1 \mu \sec^2 \overline{n, y}; & a_{44} &= k_2 \mu + k_2 \mu \sec^2 \overline{n, y} \\
a_{35} &= k_1 (\lambda + \mu) + k_1 \mu \sec^2 \overline{n, z}; & a_{66} &= k_2 \mu + k_2 \mu \sec^2 \overline{n, z} \\
a_{13} &= a_{41} = a_{15} = a_{61} = a_{23} = a_{22} = a_{35} = a_{63} = a_{45} = a_{54} = a_{25} = a_{52} = \\
&= \frac{1}{2} (\lambda k_1 + \mu k_1 + \mu k_2)
\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 a_{12} = a_{21} &= \frac{1}{2} \left(\lambda k_1 + \mu k_1 + \mu k_2 \right) + \frac{1}{2} \mu \left(k_1 + k_2 \right) \sec^2 \overline{n, x} \\
 a_{34} = a_{43} &= \frac{1}{2} \left(\lambda k_1 + \mu k_1 + \mu k_2 \right) + \frac{1}{2} \mu \left(k_1 + k_2 \right) \sec^2 \overline{n, y} \\
 a_{56} = a_{65} &= \frac{1}{2} \left(\lambda k_1 + \mu k_1 + \mu k_2 \right) + \frac{1}{2} \mu \left(k_1 + k_2 \right) \sec^2 \overline{n, z} \\
 a_{24} = a_{42} = a_{64} &= k_2 \mu \dots \dots \dots (24)
 \end{aligned}$$

В соотношении (22) радиус сферы Σ будем безгранично увеличивать, тогда, в силу условий излучения первые слагаемые правой части (22) будут стремиться к нулю. Рассмотрим интеграл:

$$\iint_{(\Sigma)} \left[\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 a_{ij} x_i x_j \right] ds \dots \dots \dots (25)$$

и докажем, что квадратичная форма, стоящая под интегралом, положительна.

Все члены квадратичной формы у которых i и j нечетные, в сумме будут равны

$$k_1 (\lambda + \mu) (x_1 + x_2 + x_3)^2 + k_1 \mu (x_1^2 \sec^2 \overline{n, x} + x_3^2 \sec^2 \overline{n, y} + x_5^2 \sec^2 \overline{n, z}).$$

Сумма всех членов с четными индексами будет равна

$$k_2 \mu [(x_2 + x_4 + x_6)^2 + x_2^2 \sec^2 \overline{n, x} + x_4^2 \sec^2 \overline{n, y} + x_6^2 \sec^2 \overline{n, z}],$$

остальные члены запишутся в виде суммы двух следующих выражений:

$$\begin{aligned}
 &(\lambda k_1 + \mu k_1 + \mu k_2) (x_1 + x_3 + x_5) (x_2 + x_4 + x_6) + \\
 &+ \mu (k_1 + k_2) (x_1 x_2 \sec^2 \overline{n, x} + x_3 x_4 \sec^2 \overline{n, y} + x_5 x_6 \sec^2 \overline{n, z}).
 \end{aligned}$$

Покажем, что

$$\lim_{R \rightarrow \infty} \iint_{(\Sigma)} (x_1 + x_3 + x_5) (x_2 + x_4 + x_6) ds = 0 \dots \dots \dots (26)$$

и

$$\lim_{R \rightarrow \infty} \iint_{(\Sigma)} (x_1 x_2 \sec^2 \overline{n, x} + x_3 x_4 \sec^2 \overline{n, y} + x_5 x_6 \sec^2 \overline{n, z}) ds = 0. (27)$$

Воспользуемся условием, $\operatorname{div} \bar{p}^* = 0$, $\operatorname{div} \bar{q}^* = 0$.

Умножив $\operatorname{div} \bar{p}^*$ на $\cos \omega t$, а $\operatorname{div} \bar{q}^*$ на $\sin \omega t$ и сложив, будем иметь:

$$\left\{ \left[\frac{\partial p_x^*}{\partial x} - k_2 q_x^* \overline{\cos n, x} \right] \cos \omega t + \left[\frac{\partial q_x^*}{\partial x} + k_2 p_x^* \overline{\cos n, x} \right] \sin \omega t \right\} +$$

$$\begin{aligned}
& + k_2 \left(q_x^* \cos \omega t - p_x^* \sin \omega t \right) \cos \overline{n, x} + \\
& + \left\{ \left[\frac{\partial p_y^*}{\partial y} - k_2 q_y^* \cos \overline{n, y} \right] \cos \omega t + \left[\frac{\partial q_y^*}{\partial y} + k_2 p_y^* \cos \overline{n, y} \right] \sin \omega t \right\} + \\
& + k_2 \left(q_y^* \cos \omega t - p_y^* \sin \omega t \right) \cos \overline{n, y} + \\
& + \left\{ \left[\frac{\partial p_z^*}{\partial z} - k_2 q_z^* \cos \overline{n, z} \right] \cos \omega t + \left[\frac{\partial q_z^*}{\partial z} + k_2 p_z^* \cos \overline{n, z} \right] \sin \omega t \right\} + \\
& + k_2 \left(q_z^* \cos \omega t - p_z^* \sin \omega t \right) \cos \overline{n, z} = 0 \dots \dots \dots (28)
\end{aligned}$$

Вводя обозначения (23) получаем:

$$\begin{aligned}
k_2 \left(x_2 + x_3 + x_5 \right) = & - \left\{ \left[\frac{\partial p_x^*}{\partial x} - k_2 q_x^* \cos \overline{n, x} \right] \cos \omega t + \right. \\
& + \left[\frac{\partial q_x^*}{\partial x} + k_2 p_x^* \cos \overline{n, x} \right] \sin \omega t + \left[\frac{\partial p_y^*}{\partial y} - k_2 q_y^* \cos \overline{n, y} \right] \cos \omega t + \\
& + \left[\frac{\partial q_y^*}{\partial y} + k_2 p_y^* \cos \overline{n, y} \right] \sin \omega t + \left[\frac{\partial p_z^*}{\partial z} - k_2 q_z^* \cos \overline{n, z} \right] \cos \omega t + \\
& \left. + \left[\frac{\partial q_z^*}{\partial z} + k_2 p_z^* \cos \overline{n, z} \right] \sin \omega t \right\} \dots \dots \dots (29)
\end{aligned}$$

Подставив (29) в (26) и учитывая, что $R \cdot (x_2 + x_3 + x_5)$ при $R \rightarrow \infty$ остается конечной, легко видеть, что предел (26) будет равен нулю.

Для доказательства (27) воспользуемся тем, что

$$\operatorname{rot} p = 0 \text{ и } \operatorname{rot} q = 0.$$

Умножив $\operatorname{rot} \bar{p}$ на $\cos \omega t$, а $\operatorname{rot} \bar{q}$ на $\sin \omega t$ не трудно видеть, что будут иметь место следующие соотношения:

$$\begin{aligned}
1) \quad \frac{\partial p_y}{\partial x} \cos \omega t + \frac{\partial q_y}{\partial x} \sin \omega t = & \left(\frac{\partial p_y}{\partial x} - k_1 q_y \cos \overline{n, x} \right) \cos \omega t + \\
& + \left(\frac{\partial q_y}{\partial x} + k_1 p_y \cos \overline{n, x} \right) \sin \omega t + k_1 \left(q_y \cos \omega t - p_y \sin \omega t \right) \cos \overline{n, x} \equiv \\
\equiv & \left(\frac{\partial p_x}{\partial y} - k_1 q_x \cos \overline{n, y} \right) \cos \omega t + \left(\frac{\partial q_x}{\partial y} + k_1 p_x \cos \overline{n, y} \right) \sin \omega t + \\
& + k_1 \left(q_x \cos \omega t - p_x \sin \omega t \right) \cos \overline{n, y}.
\end{aligned}$$



$$2) \frac{\partial p_x}{\partial z} \cos \omega t + \frac{\partial q_x}{\partial z} \sin \omega t \equiv \left(\frac{\partial p_x}{\partial x} - k_1 q_x \cos n, x \right) \cos \omega t + \left(\frac{\partial q_x}{\partial x} + k_1 p_x \cos n, x \right) \sin \omega t + k_1 \left(q_x \cos \omega t - p_x \sin \omega t \right) \cos n, x. \quad (30)$$

Учитывая (17) и (23), интеграл (27) можно переписать следующим образом:

$$\lim_{R \rightarrow \infty} \iint_{(\Sigma)} x_1 (x_2 + x_4 + x_6) \sec^2 n, x \, ds.$$

Напишем этот интеграл в полярных координатах.

$$\lim_{R \rightarrow \infty} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} R \left(q_x \cos \omega t + p_x \sin \omega t \right) R \left(x_2 + x_4 + x_6 \right) \frac{dx \, d\beta}{\cos \beta}; \dots \quad (31)$$

т. к. $R \cdot (q_x \cos \omega t - p_x \sin \omega t)$ при больших R конечная величина, а $\lim_{R \rightarrow \infty} R (x_2 + x_4 + x_6) = 0$, ясно, что интеграл (27) в пределе будет равен нулю.

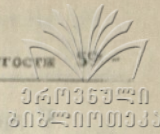
Таким образом, наше утверждение об интегралах (26) и (27) полностью доказано и, тем самым, доказана положительность квадративной формы в (25). Предел (25) теперь можем записать так:

$$\lim_{R \rightarrow \infty} \iiint_{(\Sigma)} \left[k_1 (\lambda + \mu) \left(x_1 + x_3 + x_5 \right)^2 + k_1 \mu \left(x_1^2 \sec^2 n, x + x_3^2 \sec^2 n, y + x_5^2 \sec^2 n, z \right) + k_2 \mu \left(x_2^2 \sec^2 n, x + x_4^2 \sec^2 n, y + x_6^2 \sec^2 n, z \right) \right] ds \dots \dots \dots (32)$$

Возвращаясь к (11) и учитывая (32), заключаем, что правая часть (11), при больших R , сохраняет постоянный знак, а так как левая часть, как периодическая функция t , может иметь любой знак, то $T + U$, при больших R не будет зависеть от t , т. е. будет постоянной величиной, а следовательно, производная по t будет равна нулю.

Таким образом мы пришли к заключению, что правая часть (11) будет равна нулю. Поэтому имеем:

$$\begin{aligned} & \lim_{R \rightarrow \infty} \iint_{(\Sigma)} x_i^2 \sec^2 x_i, n \, ds = \\ & = \lim_{R \rightarrow \infty} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \left(q_{xi} \cos \omega t - p_{xi} \sin \omega t \right)^2 R^2 \sin \alpha \, dx \, d\beta = 0. \end{aligned}$$



Так как $0 \leq \alpha \leq \pi$, то $\sin \alpha > 0$. И,

$$\lim_{R \rightarrow \infty} \int_0^{\pi} \int_0^{2\pi} (R \cdot q_{\alpha i})^2 \sin \alpha \, d\alpha \, d\beta = 0 \text{ и т. д.}$$

$$\lim_{R \rightarrow \infty} \int_0^{\pi} \int_0^{2\pi} (R q_{\alpha i}^*)^2 \sin \alpha \, d\alpha \, d\beta = 0.$$

§ 5. Докажем, наконец, лемму:

Регулярное в T_a решение уравнения $\Delta U + k^2 U = 0$ (1°), удовлетворяющее на бесконечности условиям:

$$\frac{\partial u}{\partial R} + ik u = 0 \quad (R^{-1}) \quad \dots \quad (2^\circ)$$

$$\lim_{R \rightarrow \infty} \int_0^{\pi} \int_0^{2\pi} (R |u|)^2 \sin \alpha \, d\alpha \, d\beta = 0,$$

тождественно равно нулю.

Доказательство:

Пусть Σ и Σ_1 — сферы радиусов R и R_1 , с центром в точке M . Область между сферами назовем Σ_{RR_1} ; тогда:

$$\begin{aligned} & \iiint_{\Sigma_{RR_1}} (v \Delta u - u \Delta v) \, dv = \\ & = \iint_{\Sigma_1} \left(v \frac{du}{dR_1} - u \frac{dv}{dR_1} \right) d\Sigma_1 - \iint_{\Sigma} \left(v \frac{du}{dR} - u \frac{dv}{dR} \right) d\Sigma, \end{aligned}$$

где u функция, удовлетворяющая условиям 1°, 2°, 3°, а v удовлетворяет условию 1° и условиям

$$v = 0 \quad (R^{-1}) \quad \dots \quad (4^\circ)$$

$$\frac{dv}{dR} = 0 \quad (R^{-1}) \quad \dots \quad (5^\circ)$$

Т. к. левая часть равна нулю,

$$\iint_{\Sigma_1} \left(v \frac{du}{dR_1} - u \frac{dv}{dR_1} \right) d\Sigma_1 = \iint_{\Sigma} \left(v \frac{du}{dR} - u \frac{dv}{dR} \right) d\Sigma$$

и интеграл по Σ_1 не зависит от R .



С другой стороны этот интеграл при $R_1 \rightarrow \infty$, обращается в $2^\circ, 3^\circ, 4^\circ, 5^\circ$, следовательно,

$$\iint_{\Sigma_1} \left(v \frac{du}{dR_1} - u \frac{dv}{dR_1} \right) d\Sigma_1 = 0.$$

Пусть

$$v = \frac{Hn + \frac{1}{2}(kR)}{\sqrt{kR}} P_n^{(1)}(\cos \theta) \cdot \frac{\sin m\varphi}{\cos m\varphi}.$$

Подставив, получим:

$$\iint_{\Sigma_1} \left[\frac{Hn + \frac{1}{2}(kR)}{\sqrt{kR}} P_n^{(1)}(\cos \theta) \cdot \cos m\varphi \frac{du}{dR_1} - u \left(\frac{Hn + \frac{1}{2}(kR)}{\sqrt{kR}} \right) P_n^{(1)}(\cos \theta) \cdot \cos m\varphi \right] d\Sigma_1 = 0 \quad (35)$$

Введем обозначение

$$A_{n,m}(R) = \int_0^{\pi} \int_0^{2\pi} U(R, \theta, \varphi) P_n^{(1)}(\cos \theta) \cos m\varphi \cdot \sin \theta d\theta d\varphi \quad (36)$$

очевидно $A_{n,m}(R)$ есть коэффициент Фурье функций U .

Теперь формула (35) переищется следующим образом:

$$\frac{Hn + \frac{1}{2}(kR)}{\sqrt{kR}} \left[A_{n,m}(R) \right] = \left[\frac{Hn + \frac{1}{2}(kR)}{\sqrt{kR}} \right] A_{n,m}(R)$$

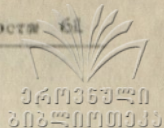
отсюда

$$A_{n,m}(R) = C_{n,m} \frac{Hn + \frac{1}{2}(kR)}{\sqrt{kR}}$$

следовательно,

$$A_{n,m}(R) = O(R^{-1}),$$

Отсюда и из условия (3°), по теореме Парсевали легко следует, что (см. напр. В. И. Смирнов. Курс в. мат. Т. IV), $C_{n,m} = 0$, но тогда $A_{n,m}(R) = 0$; доказав тоже самое для $B_{n,m}(R)$, будет иметь, $U = 0$, что и доказывает нашу теорему для смешанных краевых условий. Очевидно, полагая $S_1 = 0$, получим теорему для первой краевой задачи, и при $S_2 = 0$ будем иметь теорему для второй краевой задачи.



ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. Д. Купрадзе, Обобщенный принцип излучения в теории упругости: Д. А. Н. СССР. 1935, II, № 1: 14—18.
2. Н. И. Мухелишвили, Некоторые задачи теории упругости: Изв. АН. СССР. Ленинград 1933 г.
3. A. Zommerfeld, Die Greensche Funktion der Schwingungsgleichung: Jahresber. der Math. Ver. 1912.
4. В. Д. Купрадзе, О принципе излучения А. Зоммерфельда: Д. А. Н. СССР 1934 г.
5. H. Freudenthal, Über ein Beugungsproblem aus elektromagnetischer Sichtweise: Comp. Math. vol. 6 1938, 217—221).
6. Д. З. Авазшвили, Теорема единственности решения электромагнитных уравнений Максвелла в неоднородной бесконечной среде: Труды Тбилизского мат. Института, том 8, 1941 год.
7. И. Н. Векуа, О метагармонических функциях: Труды Тбилизского математического Института, 1943 год.
8. А. Ляв, Математическая теория упругости. 1935 г.
9. Ф. Франк и Р. Мизес, Дифференциальные и интегральные уравнения математической физики, часть II.

(Поступило в редакцию 20. IX. 49).

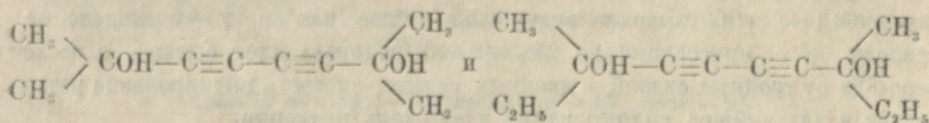
И. М. Гвердцители и С. Г. Вашакидзе

Каталитическое гидрирование гликолей диацетиленового ряда

Каталитическое гидрирование диметил 2,7 — октадиин 3,5 — диол 2,7 и
 диметил 3,8 — декадиин 4,7 — диола 3,8

Присоединение водорода к гликолям диацетиленового ряда подробно не изучалось, имеется только работа Ю. С. Залькинда и Н. Иремадзе [1], а также имеются указания о том, что в присутствии платиновой черни присоединяются 8 атомов водорода [2]; кроме того в работе Ю. С. Залькинда и И. М. Гвердцители [3] показано, что в присутствии коллоидного палладия гидрирование ди — (1-оксициклопентил) — диацетилена после присоединения 4-атома водорода резко замедляется и, если гидрирование прервать, получают кристаллы диетиленового ряда с t° — плавления 101 — 104.

Ю. С. Залькиндом и Н. Иремадзе каталитическое гидрирование диацетиленового гликоля было изучено на примере 2,7-ди-*n*-толил — 3,5-октадиин — 2,7-диола. Авторы установили, что при каталитическом гидрировании этот диацетиленовый гликоль ведет себя аналогично — гликолям ацетиленового ряда. Каталитическое гидрирование диацетиленовых гликолей жирного ряда не изучалось, для подтверждения вышеизложенной точки зрения, еще раз мы задались целью изучить ход гидрирования диацетиленовых гликолей жирного ряда, а именно:



Для синтеза этих гликолей мы сперва получили по методу А. Е. Фаворского [4] диметил ацетиленил карбинол с t° кипения 102 — 103° и метил-этил-ацетиленил карбинол с t° кипения 120 — 122°, а затем уплотнили его в присутствии полухлористой меди [2] выхода почти количественные из диметил-ацетиленил карбинол получили белые игольчатые кристаллы с t° — плавления 132 — 132,4°, что и совпадает с литературными данными, а

из метил-этил-ацетиленя карбинола также получены белые кристаллы с t_m плавления 80—81°.

Каталитическое гидрирование диметил 2,7, октадин — 3,5, диол 2,7 и диметил — 3,7, декадин — 4,7, диол — 3,8 проводилось, как в присутствии коллоидного палладия, так и платиновой черни. Коллоидный палладий приготовили по методу Мореве и Вишнякова на пшеничном крахмале, а платиновую чернь по методу Лева [5].

Активность коллоидного палладия была проверена на тетраметил — бутилдиоле, оказалось, что 0,01 гр. моля тетраметил бутиндиол в присутствии 10 м. г. палладия прогидрировалось до двойной связи в течение 5 минут.

Для опытов во время гидрирования брали 0,01 грам. моля гликоля.

Сравнивая скорость гидрирования диметил 2-7, октадин — 3,5, диол — 2,7 и диметил — 3,8, декадин — 4,7, диола — 3,8 (см. таблицу № 1), мы увидим, что 4 атома водорода присоединяются почти в одно и то же время. Отсюда можно сделать вывод, что в наших примерах при гидрировании пространственных препятствий, а также влияние на скорости гидрирования повышения молекулярного веса особенно не замечается.

Таблица № 1

№ п. п.	Наименование гликолей	Количество гликоля в гр. молях	Количество растворителя в см ³	Количество коллоидного палладия	Время присоединения 2 H ₂ в минутах	Температура при провед. опыта
1	Диметил 2,7 октадин — 3,5 диол — 2,7	0,01	50	10 м. гр.	7	18°
2	Диметил — 3,8 декадин — 4,7 диол — 3,8	0,01	50	10 м. гр.	8	18°

При изучении скорости гидрирования с коллоидным палладием было замечено, что эти гликоли ведут себя также как и γ — ацетиленовые гликоли, т. е. присоединение 2H₂ — атома водорода идет быстро, а после перехода от тройных связей к двойным связям, скорость гидрирования резко падает и дальнейшее гидрирование идет очень медленно.

С увеличением количества катализатора скорость гидрирования соответственно увеличивается (см. таблицы № 2, 3, 4 и 5).

Каталитическое гидрирование в присутствии платиновой черни идет равномерно и в скорости присоединения водорода резких переделомов не замечается.

В результате гидрирования получены: диэтиленовый гликоль: диметил — 2,7, октадин — 3,5, диол — 2, 7 (кристаллы т. пл 57°); и диметил — 2,7, декадин — 4,7, диол — 3,8 (жидкость т. кип. 121—122° 6 м.м.). Предельный гликоль диметил — 3,8, декадиол — 3,8 (кристаллы т. пл 55—57°).

Экспериментальная часть

Синтез диметил — 2,7, октадин — 3,5, диол — 2,7 и диметил — 3,8, декадин — 4,7, диол — 3,8

Для синтеза диацетиленовых гликолей нами были получены по методу А. Е. Фаворского диметил ацетиленил карбинол Ct° кипений 102—103° и метилэтиацетиленил-карбонал C — кипения 120—122°.

Синтез диметил — 2,7, октадин — 3,5, диол — 2,7

Уплотнения диметилацетиленил карбинол проводили по методу Ю. С. Залькинда и М. А. Айзиковича.

К смеси 30 гр. полухлористой меди и 100 гр. хлористого аммония растворенного в 200 м. л. воды, подкисленного 0,6 м. л. соляной кислоты при постоянном перемешивании и пропускании воздуха прибавляли по каплям 10 гр. диметил-ацетиленил-карбинола. Спустя несколько минут началось выпадение комплексного соединения зеленовато-белого цвета; пропускание воздуха продолжали в течении 2-х часов, затем оставили несколько часов, после чего отфильтровали и оставшиеся кристаллы диацетиленового гликоля извлекли бензолом; получали белые игольчатые кристаллы Ct° — пл. 132—132,4°, что и совпадает с литературными данными. Кроме того нами был определен молекулярный вес по Раути и активный водород по Церевитинову.

Определение молекулярного веса

0,014 гр. вещества; 0,1004 гр. камфары $\Delta t = 34^\circ$

$C_{10}H_{16}O_2$ найдено $M = 164,2$

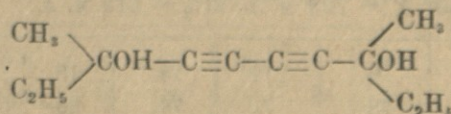
„ вычислено $M = 166$.

Определение активного водорода по Церевитинову

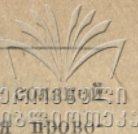
0,057 гр. вещества; выделено 17,8 м. л. металла ($T = 20^\circ$ $P = 734$ мм)

$C_{10}H_{12}(OH)_2$ вычислено 17 м. л.

Синтез диметил — 3,8, декадин — 4,7, диол — 3,8



Синтез диметил — 3,8, декадин — 4,7, диол — 3,8 провели выше указанным способом к смеси 30 гр. полухлористой меди и 80 гр. хлористого



аммония, растворенного в 300 м. л. воды, подкисленного 0,6 м. л. азотной кислоты приливали 30 гр. метил-этилацетиленил-карбинола реакция проводилась при постоянном перемешивании и пропускании воздуха; через несколько минут выпал комплекс. Реакция проводилась в течение двух часов; затем комплекс был отфильтрован и разложен бензолом, получились белые игольчатые кристаллы в количестве 25 гр. с Т. пл. 80—81°, что составляет 83% теоретического; т. к. диэтиленовый гликоль изучили подробно: с концентрированной серной кислотой дает малиновое окрашивание, проба по Бухавцу дает положительную реакцию.

Элементарный анализ

0,0972 гр. вещества; 0,268 гр. CO₂; 0,0824 Н₂O

найдено — в % С—74,65; Н—9,42

C₁₁H₁₈O₂ вычислено — в % С—74,23; Н—9—72.

Определение молекулярного веса по Расту

0,0112 гр. вещества; 0,118 камфары; Δt = 19°

найдено M = 198

C₁₂H₁₈O₂ вычислено M = 194.

Определение активного водорода по Церевитинову

0,076 гр. вещества; T—20° P=734 м. м.

найдено 19,06 м. л. CH₄

C₁₂H₁₈O₂ вычислено 18,60 м. л. CH₄.

Гидрирование диметил 2,7, октадин — 3,5, диол — 2,7

В качестве катализаторов применялись коллоидный палладий (на ишеичном крахмале) и платиновая чернь. Гидрирование проводилось в абсолютном этиловом спирте, для каждого опыта брали 50 м. л., гликоль брали 0,01 грам. моля. С t° плавления 132,4°. В таблицах T — обозначает температуру опыта, Н₂ — объем водорода, P — давление, t — время (в минутах) от начала реакции, v — объем водорода поглощенного в течение 3-х минут. V — объем (в м. л.) водорода, поглощенного от начала гидрирования, % 2Н₂ — тот же объем, выраженный в процентах от 2Н₂; ниже приводим данные характерных опытов.

Таблица № 2

1,66 гр. вещества, 5 м. г. палладия, 50 м. л. растворителя

T—180° P = 728 м. л. 2Н₂ = 512 м. л.

t	3	6	9	12	15	18	21	24
v	89	80	78	77	76	58	52	37
V	89	169	292	319	395	453	505	542
% 2Н ₂	16,1	34,0	48,7	62,3	75,4	88,5	98,6	

Таблица № 3

1,66 гр. вещества, 10 м. гр. палладия, 50 м. л. этилового спирта

T=18° P=729 2H₂=512 м. л.

t	3	6	9	12			
v	250	238	181	126			
V	250	488	669	795			
% 2H ₂	48,8	95,5					

Гидрирование диметил 3,8, декадина — 4—7, диол 3,8

Для гидрирования был взят гликоль с t° плавления — 80—81°, для каждого опыта брали по 0,1 гр. моля.

Таблица № 4

1,94 гр. вещества, 5 м. гр. палладия, 50 м. л. этилового спирта

T=18° P=722 м. м. 2H₂=509 м. л.

t	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45
v	50	57	55	46	40	40	34	30	28	22	21	20	20	15	12
V	50	107	162	208	248	288	322	352	380	402	423	488	500		
% 2H ₂	9,76	21,31	32,27	41,43	50,6	65,5	71,3	77,3	82,7	84,5					

Таблица № 5

1,94 гр. вещества, 10 м. гр. палладия, 50 м. л. спирта

T=18° P=722 м. м. 2H₂=509 м. л.

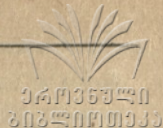
t	3	6	9	12	15	18	21
v	197	238	204	20	8	5	3
V	197	435	639	659	667	672	675
% 2H ₂	39,3	86,6					

Таблица № 6

1,94 гр. вещества, платиновой черни 0,769 гр., 50 м. л. спирта

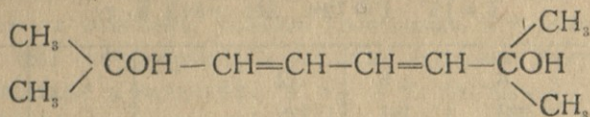
T=18° P=731 м. м. 4H₂=992 м. л.

t	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	36	42	48	146
v	33	33	31	29	28	26	25	25	24	24	46	42	42	487
V	33	66	97	126	154	180	205	230	254	278	324	366	410	997
% 2H ₂	3,32	6,65	9,77	12,7	15,5	18,1	20,6	23,6	25,6					



Изучение продуктов гидрирования

1) Диметил — 2,7, октадин — 3,5, диола — 2,7



После гидрирования в присутствии палладия последний был отфильтрован, спирт отогнан на водяной бане, получены кристаллы белого цвета с t° плавления 57° .

Определение молекулярного веса по Расту

0,0224 гр. вещества, 0,2218 гр. камфары $\Delta t = 23,1^\circ$ найдено $M = 174$ $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}_2$ вычислено $M = 170$.

Определение активного водорода по Церевитиниу

0,0615 вещества, найдено 17,1 м. л. CH_4 $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}_2$ вычислено 17,6 м. л. CH_4 ($T = 18^\circ$ $P = 727$ м. м.)

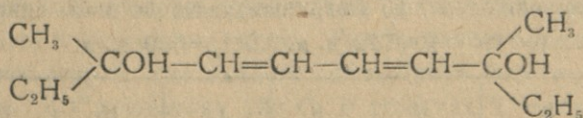
Элементарный анализ

0,0832 вещество; 0,2164 гр. CO_2 ; 0,840 гр. H_2O

найдено в %: C—70,9; H—11,08

 $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}_2$ вычислено в %: C—70,58; H—10,58.

2) Диметил — 3,8, декадин — 7,7, диола — 3,8



После отфильтрования палладия спирт был отогнан и остаток перегнан в вакууме, получена одна фракция, кипящая $120-120^\circ$ при 6 м. м. — трудно подвижная бесцветная жидкость с удельным весом $d_{20}^{20} = 0,945$.

Определение молекулярной рефракции

 $n_D^{20} = 1,4752$ найдено $MR = 58,900$ вычислено $MR = 59,732$ $ME = 0,832$

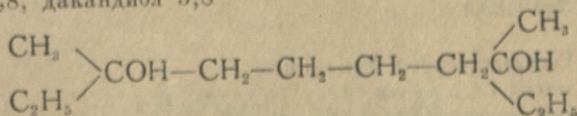
Определение активного водорода по Церевитиниу

0,0568 гр. вещества; найдено 19,4 м. л. CH_4 $\text{C}_{12}\text{H}_{20}(\text{OH})_2$ вычислено 18,7 м. л. ($T = 18^\circ$ $P = 727$ м. м.)

Элементарный анализ

0,1278 гр. вещества; 0,336 гр. CO_2 ; 0,1337 гр. H_2O
 найдено в %: C—71,81; H—11,6
 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_2$ вычислено в %: C—72,27; H—11,1.

3) Изучение продукта гидрирования в присутствии платиновой черни.
 Диметил — 3,8, декадиол 3,8



После отделения от платиновой черни жидкости спирт отогнали, остались кристаллы белого цвета с t° плавления 55—57°; с концентрированной серной кислотой не дает окрашивания.

Определение мол. веса по Расту

0,0114 гр. вещества; 0,1322 гр. камфары; $\Delta t = 17,5^\circ$
 найдено $M = 197,1$
 $\text{C}_{12}\text{H}_{26}\text{O}_2$ Вычислено $M = 202,0$.

Определение активного водорода по Церевитинову

0,094 гр. вещество; найдено — 21,9 м. л. CH_4
 $\text{C}_{12}\text{H}_{24}(\text{OH})_2$ вычислено 22,7 м. л. CH_4 ($T = 18^\circ$ $P = 717$ м. м.).

Элементарный анализ

0,0978 гр. вещества; 0,257 гр. CO_2 ; 0,1174 H_2O
 найдено в %: C—71,66; H—13,33
 $\text{C}_{12}\text{H}_{26}\text{O}_2$ вычислено в %: C—71,28; H—12,87.

Выводы

Установлено, что при каталитическом гидрировании диацетиленовые гликоли ведут себя аналогично γ -гликолям ацетиленового ряда, в присутствии палладия присоединяют 4 атома водорода и после перехода тройных связей в двойные скорость гидрирования резко падает; с платиной реакция идет равномерно до получения предельного гликоля, пространственное препятствие с увеличением длины радикалов, а также влияние увеличения молекулярного веса на скорости гидрирования при наших примерах не замечается. Получены новые гликоли: диметил — 2,7, октадиен — 3,5, диол — 2,7, диметил — 3,8, декадиен — 4,7, диол — 3,8 и диметил — 3,8; декадиол — 3,8.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. С. Залькин и Н. Иремадзе: Ж. О. Х. 18, 8, (1948).
2. Ю. С. Залькин и М. А. Айзикович: Ж. О. Х. 7, 222 (1937).
3. Ю. С. Залькин и И. М. Гвердцители: Ж. О. Х. 9, 971 (1939); И. М. Гвердцители, Кандидатская диссертация, 1938 г. Ленинградский Хим.-тех. институт.
4. А. Е. Фаворский: Ж. Р. Ф. Х. О. 87, 647 (1905).
5. Loew: B. 23, 289 (1890).

Тбилисский Государственный Университет
имени Сталина
Кафедра органической химии

(Поступило в редакцию 15. VI. 1949).

ი. მ. გვერდციტილი და ს. გ. ვაშაკიძე

დიაცეტილენის რიგის გლიკოლების კატალიზური ჰიდროგენიზაცია

რეზიუმე

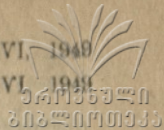
დიაცეტილენის გლიკოლებზე წყალბადის მიერთების სისწრაფე დაწვრილებით არ არის შესწავლილი. წინამდებარე თემის მიზანია ცხიმოვანი რიგის გლიკოლების მაგალითზე ჰიდროგენიზაციის სისწრაფის შესწავლა. კატალიზატორ კოლოიდურ პალადიუმისა და პლატინის შავის თანადასწრების დიაცეტილენის გლიკოლების კატალიზურ ჰიდროგენიზაციის შედეგად აღმოჩნდა შემდეგი:

1) დიაცეტილენის გლიკოლები ცხიმოვანი რადიკალების კატალიზურ ჰიდროგენიზაციის დროს კოლოიდური პალადიუმისა და პლატინის შავის თანადასწრებით იქცევიან აცეტილენის გლიკოლების მსგავსად, ე. ი. ოთხი წყალბადის მიერთების შემდეგ. სამმაგი ჯავშირის ორმაგ ჯავშირზე გადასვლის შემდეგ ჰიდროგენიზაციის სისწრაფე ეცემა. შემდეგ ჰიდროგენიზაცია მიმდინარეობს ნელა.

პლატინის შავით დიაცეტილენის გლიკოლების ჰიდროგენიზაცია მიმდინარეობს თანდათანობით მაძლარი რიგის გლიკოლების მიღებამდე.

2) სივრცითი დაბრკოლება ან მოლეკულური წონის გავლენა ჩვენ მიერ აღებულ გლიკოლების შემთხვევაში განსაკუთრებით არ ემჩნევა.

3) პირველად ჩვენ მიერ სინტეზირებულია დიმეთილ 2,7—ოქტადიენ—3,5 დიოლ—2,7; დიმეთილ—3,8 დეკადიენ—4,7—დიოლ 3,8 და დიმეთილ—3,8 დეკანდიოლ — 3,8.



ა. ჯანაიძე

მეორე ნაწილი

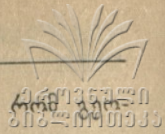
გეოსინკლინი თეორიული გეოლოგიის ერთი ძირითად ცნებათაგანი არის. მას შემდეგ რაც ე. ო. გ. მა. გეოსინკლინის თეორიას კარგად ჩამოყალიბებული სახე მისცა, მან მრავალი შესწორება განიცადა, როგორც ჩვენი ისე უცხოელი გეოლოგების მხრით. დღეს არა თუ სადავო არის ბევრი რამ, არამედ თვით ცნების შინაარსი სხვადასხვა ავტორს იმდენად განსხვავებულად ესმის, რომ ზოგი, გაუგებრობათა თავიდან ასაცილებლად, თვით ტერმინის უკუგდებასაც კი დროულად მიიჩნევს. ამ უკიდურესსა და, ჩემი აზრით, უმართებულო გზას კიდევ რომ არ ვაეჭვებთ, ერთგვარი შეთანხმება მაინც აუცილებელი არის.

თვით ჰოლი, თეორიის ფუძემდებელი, გეოსინკლინის ძირითად ნიშნად სთვლიდა ნალექების დიდ სისქეს და აუზის ფსკერის დაძირვას. შემდეგშიაც ეს შეხედულება ძალაში დარჩა და თან ისიც დამატა, რომ გეოსინკლინის ნალექები, საერთოდ აღებულნი, ფაციესითაც გამოირჩევიან, თუმცა არა იმგვარად და ისე მკვეთრად, როგორც ო. გ. მა. წარმოიდგენდა. გეოსინკლინური და ბაქნური ფაციესების განსხვავება, მიუხედავად გარდამავალი შემთხვევებისა, რომელნიც ბუნებრივი არიან და აუცილებელიც, ძალაში რჩება და ანალიზის ძვირფას იარაღს წარმოადგენს.

გეოსინკლინის მეორე, არანაკლებ მნიშვნელოვანი და თითქმის იმდენადვე უდავო ნიშანი არას მისი კავშირი მთების წარმოშობასთან. ამ კავშირის ბუნება ყველას ერთგვარად არ ესმის, მაგრამ თითქო არაფერი ეჭვობს, რომ მთები გეოსინკლინებში წარმოიშობიან და ოროგენეზისი გეოსინკლინის განვითარების ნორმულ დაგვირგვინებას წარმოადგენს.

ამ ორ ნიშანს უკავშირდება მესამე, რომელიც უფრო ლოგიკურ დასკვნას წარმოადგენს, ვიდრე დაკვირვების შედეგს. სახელდობრ, შეხედულება, რომ გეოსინკლინი მიწის ქერქის შედარებით უფრო ლაბილური ზოლი არის. აქედან გამომდინარეობს გეოსინკლინისა და კონტინენტური ფარის დაპირისპირება და ბევრის მიერ გაზიარებული აზრი, რომ პირველადი გეოსინკლინი ყოველთვის კონტინენტის კიდეზე (ინტერკონტინენტურად ან პერიკონტინენტურად) მდებარეობს. უნდა ითქვას კი, რომ უკანასკნელ შეხედულებას მოწინააღმდეგეც საკმაო ჰყავს. კონტინენტების და ოკეანეების პერიმანენტობის

* მოხსენა საქ. გეოლოგიური საზოგადოების საჯარო სხდომაზე 1948 წლის იანვრის 29-ს.



თეორიის მიმდევარნი, უმთავრესად ამერიკელები, გულისხმობენ, რომ გენის სინკლინები თვით კონტინენტზე ვითარდებიან.

ყოველ შემთხვევაში, უკანასკნელი გარემოება კიდევ რომ მსჯელობიდან გამოვრიცხოთ, იგი დამოუკიდებელ საკითხად მივიჩნიოთ და გეოსინკლინის განსაზღვრისას შემოხსენებული სამი ნიშნით დაეკმაყოფილდეთ, ჩვენს წინაშე მინც მრავალი სიძნელე და წინააღმდეგობა წამოიჭრება, განსაკუთრებით, თუ მოვლენას დროის განსაზღვრულ ნაკვეთში განვიხილავთ.

ჩვეულებრივ, როდესაც გეოსინკლინზე ლაპარაკობენ, მხედველობაში აქვთ ტეთისი და მისი ანალოგიური გეოტექტონიკური ერთეულები. მაგრამ ცნობილია, რომ ტეთისში არის ისეთი ზოლები, რომელნიც ძირებიან და სედიმენტაციის აუზს წარმოადგენენ, და ისეთებიც, რომელთაც, პირიქით, აზვევების ტენდენცია ახასიათებს. უკანასკნელებს გეოანტიკლინებს უწოდებენ. მაშასადამე, გეოსინკლინის დაძირვის ტენდენციაზე მხოლოდ ზოგადი გაგებით შეიძლება ვილაპარაკოთ, როგორც ტენდენციაზე, რომელიც ჭარბობს. უეჭველია, გეოსინკლინის ეს ძირითადი ნიშანი მინც ძალაში რჩება, მაგრამ მკაფიოების მხრივ ბევრსა ჰკარავს.

მეორე მხრით, ჩვენ ვლაპარაკობთ ტეთისის გეოსინკლინზე, ალბების გეოსინკლინზე, კავკასიონის გეოსინკლინზე და კახეთის ქედის გეოსინკლინზე — და კი. ცხადია, ეს სულ სხვადასხვა რიგის სრდიდებია და მათი გეოტექტონიკური ხასიათიც ბევრი მხრით სხვადასხვაა. განგვის ხეობასაც ხომ გეოსინკლინს უწოდებენ და არა ნაკლებ მართებულად. შეიძლება ასეთ შემთხვევებში ვიხმაროთ ტერმინები მეგაგეოსინკლინი, პარაგეოსინკლინი, მთისწინა დაბლობი და სხვა ან კიდევ გეოსინკლინური სისტემა (მთების სისტემის შესატყვისი), გეოსინკლინური როფი და მისთანანი, მაგრამ სიძნელე ამით მხოლოდ დაზუსტებული იქნება და არა დაძლეული.

დასასრულ, გეოსინკლინიდან წარმოშობილ მთებს ჩვენ გეოსინკლინს ვეღარ ვუწოდებთ. მაგრამ, რამდენადაც ვიცით, ოროგენეზისი გეოსინკლინში უკანასკნელის ჩასახვასთანვე იწყება და გრძელდება დიდხანს მას შემდეგაც, რაც გეოსინკლინი, როგორც აგეთი, აღარ არსებობს (შუა აზიის მთები). როგორ და სად უნდა გავავლოთ საზღვარი გეოსინკლინსა და მასში წარმოშობილ მთებს შორის?

ყოველივე ეს, რა თქმა უნდა, გეოსინკლინის ცნებას ვერ გააბათილებს, მაგრამ გასაგებს ხდის მის გვერდით და რამოდენადაც მის სანაცვლოდ ოროგენის (კობერი) ცნებისა და ტერმინის შემოღებას. ოროგენი სწორედ მეგაგეოსინკლინი არის მისი გეოანტიკლინებით და მეორადი გეოსინკლინებით, მაგრამ დანაოჭების შემდეგაც ამ ზონას იგივე სახელი რჩება. მაშასადამე, ოროგენის ცნება მოიცავს მთების განვითარების გეოსინკლინურ სტადიასაც და შემდგომსაც. არის განსხვავება აზრის მიმართებაშიაც: გეოსინკლინი გარკვეული ზოლების დაძირვისა და სედიმენტაციის ფუნქციას აქცევს ყურადღებას, ოროგენი — მის როლს, როგორც მთების აკვნისას.

მაგრამ არც ერთის და არც მეორის სწორად გაგება არ შეიძლება, თუ მათ განვითარების პროცესში არ განვიხილავთ. ამ თვალსაზრისით მე

უკვე მქონდა შემთხვევა ზოგი, ჩემის აზრით მნიშვნელოვანბ, გაღმარებულია ალმენიშნა [1].

ერთი არის მთების ანუ ოროგენის მიგრაციის მოვლენა. დასავლეთ ევროპის და კიდევ უფრო მეტად ჩვენი შუა აზიის მთების განვითარება გვიჩვენებს, რომ მთების ყოველი ახალი სისტემა ძველის გვერდით და რამოდენადმე მის ხარჯზე წარმოიშვება. პროცესი პროგრესიული (წინსვლითი) არის.

მეორე იქნება მთების ანუ ოროგენის „ტელესკოპური“ განვითარების წესი. თითოეულ მათა სისტემას რომელიმე გარკვეულ ოროგენეტურ ციკლს უკავშირებენ ხოლმე, სახელდობრ მას, რომლის მსვლელობაშიც მისი, თუ შეიძლება ითქვას, ძირითადი ჩამოყალიბება მოხდა და ამით ოროგენის განვითარების გეოსინკლინური სტადია დამთავრდა. ასე ვარჩევთ კალედონიურ სისტემას, ჰერცინულს, ალპურს... მაგრამ დღეს უკვე გამორკვეულად შეიძლება ჩაითვალოს, რომ ოროგენის იმავე ზოლში ოროგენეტურ მოძრაობათ წინა ციკლებშიაც არაერთხელ ჰქონიათ ადგილი, თუმცა „საბოლოო“ სახე არ მიუღიათ, და ჩვეულებრივ შემდეგაც განმეორებულან. ტიანშანის სისტემაში აღწერენ კამბრიულისწინა სტრუქტურებსაც, კალედონიურსაც, ჰერცინულსაც (მთავრად მიჩნეულს) და ალპურსაც. ერთიმეორის მომყოლი ციკლები დურბინდის მიღებივით ჰფარავენ სივრცეში ერთიმეორეს თანდათან უფრო ნაკლებად, და თან წინ მიიწევიან. ოროგენი თანდათან ჰკარგავს ლაბილობას და ალპინოტიპურ სტრუქტურას გერმანოტიპური და უკანასკნელს იაქსარტული (უკვე მთავარი დანაოქების შემდეგ) სცვლის (ib).

ამ გარემოებათ უაღრესად დიდი მნიშვნელობა აქვთ გეოლოგიური კვლევისათვის. გეოსინკლინებს გეოლოგი არსებითად მხოლოდ მთების მეშვეობით ეცნობა, იქ დატული ნალექების შესწავლის საშუალებით აღადგენს მის ისტორიას. მაგრამ ეს ნალექები მხოლოდ იმიტომ გადარჩენიან მეტამორფიზმს, რომ გეოსინკლინის განვითარების გვიან სტადიებს ეკუთვნიან, როდესაც გეოსინკლინში უკვე არის ადრე დანაოქებული უფრო ძველი დიდი და პატარა სხეულები (ბელტები, *Zwischengebirge*). ასეა ალპებში დიდი ჰერცინული მასივები, მცირე აზიაში, ტეთისის ზოლში, — კალედონიური მასივები, და სხვა. ბელტები შეიძლება იყოს გეოსინკლინის შიგნით და მის გარე კიდეზეც. ანდებში ოპენჰაიმი [2] არჩევს ორ ზონას და ამათგან შიგა, კონტინენტისკენ მდებარე ზონა უფრო ახალგაზრდა არის, ვიდრე მეორე. ასევე სიერა ნევალის ზოლში *Eardley* [3] გეოსინკლინს გარეთ აღნიშნავს ხმელეთს. „ბორდერლენდს“. ასეთი დაკვირვებებიდან ამერიკელი გეოლოგები დაასკენიან, რომ გეოსინკლინების განვითარება კონტინენტებზე ხდება და უკანასკნელნი პერმანენტული არიან. სწორედ ამისავე მსგავსია ბუზნოვის და სხათა შეხედულება, რომელნიც, მიწის ქერქის ნაწილებს შორის მხოლოდ მეტ-ნაკლები აზევიების თუ დაძირვის ტენდენციის განსხვავებას ჰხედავენ. გეოსინკლინი სხვით არაფრით უნდა განსხვავდებოდეს კონტინენტისაგან. მისი ფსკერიც დანაოქებული კრისტალური სუბსტრატისაგან უნდა იყოს აგებული.

მაგრამ წყნარი ოკეანე კონტინენტებისაგან განსხვავდება არა მარტო „დაძირვის ტენდენციით“, არამედ თავისი ფსკერის აგებულებით (შიშველი ან



სიალის ძლიერ თხელი ფენით ოდნავ დაფარული სიმა). მეორე მხარე (მსოფლიო) ოროგენეზისი ოკეანეებისაგან უკვე საბოლოოდ გამიჯნული კონტინენტების ფარგლებში მიმდინარეობს მხოლოდ, როგორ წარმოიშვა თვით კონტინენტები? სადაა აქ რეალური განვითარება? განა აშკარა არ უნდა იყოს, რომ გეოსინკლინებში ძველ სხეულებს იმიტომ ვხვდებით, ზემოთ აღწერილი სურათი იმიტომ გვაქვს, რომ გეოსინკლინებს მხოლოდ მათი განვითარების ბოლო სტადიებში ვეცნობით, რომ ჩვენ ვხვდავთ მხოლოდ იმას, თუ როგორ თავდება მისი ისტორია, და არა ვიცით რა იმის შესახებ, თუ როგორ დაიწყო იგი?

ამ კითხვებზე ადვილად გავცემდით პასუხს, რომ შეგვეძლოს ოროგენის განვითარების პირველი ეტაპების მოწამე ვაგხდეთ, ოროგენის დაბადებას რომ დაგვასწორო. მაგრამ შესაძლებელი კი არის ესა? სად უნდა ვეძიოთ ასეთი შემთხვევა?

ცხადია, რომ ქალწულებრივ ოროგენს თუ გეოსინკლინს, ე. ი. ქერქის ისეთ ზოლს, რომელსაც მანამდე ოროგენეზისი არ შეჰხებია, კონტინენტებზე ამაოდ დაუწეებდით ძებნას: კონტინენტი ხომ ყველა ნიშნის მიხედვით სწორედ დანაოკებათა შედეგი არის. კონტინენტი ოროგენების სასაფლაოს წარმოადგენს. ამიტომ საჭიროა თვალი ოკეანეებისკენ მივაპყროთ და პირველ რიგში ოკეანეთა შორის ყველაზე ტიპიურ წყნარ ოკეანისკენ. ჩვენთვის საინტერესო იქნება, რასაკვირველია, ძირითადად ოკეანისა და კონტინენტის სასაზღვრო ზოლი, რადგან მიგრაციის წესის თანახმად ახალი ოროგენის წარმოშობა იქ არის მოსალოდნელი.

ზღვისა და კიდევ მეტად ოკეანეების გეოლოგიის შესწავლა, შეიძლება ითქვას, ჯერჯერობით იწყება მხოლოდ [4]. მათი ფსკერის აგებულება თითქმის მთლიანად უცნობი არის, მაგრამ ის მცირე რაზაც, რაც დღემდე გაირკვა, უაღრესად მნიშვნელოვანი აღმოჩნდა. ცნობილია „ჩალენჯერ“-ის ექსპედიციის შესანიშნავი შედეგები გასული საუკუნის მეორე ნახევარში, მაგრამ ოკეანოლოგიურმა კვლევამ განსაკუთრებით ფართო და სისტემატური ხასიათი პირველი მსოფლიო ომის შემდეგ მიიღო, როდესაც ტექნიკის ახალმა მიღწევებმა, კერძოდ აკუსტიკური ზონდის ან ექოზონდის გამოგონებამ, სიღრმეების გაზომვა ისე გაადვილა. მეტოქე კაპიტალისტური სახელმწიფოები ერთმანეთს ეცილებოდნენ ოკეანეთა შესწავლა-დაუფლების საქმეში. აღსანიშნავია გერმანული გემის „მეტეორის“ საკვლევო ცურვა ატლანტურ ოკეანეში. სხვაგვარად და სხვა მოტივებით წარმოებულმა შესანიშნავმა მუშაობამ კიდევ უფრო მნიშვნელოვანი შედეგები მისცა სოციალისტურ მეცნიერებას არქტიკული ოკეანის აუზში, შავ ზღვაში და სხვაგან. მაგრამ უზარმაზარი წყნარი ოკეანე შედარებით ჩამორჩენილი იყო.

ასეთ მდგომარეობაში მეორე მსოფლიო ომმა საგრძნობი ცვლილებები შეიტანა. ოკეანის დასავლეთი ნაწილი სამხედრო მოქმედების ასპარეზად იქცა და შეერთებული შტატების საზღვაო ძალებმა მის შესწავლას განსაკუთრებული ყურადღება მიაქციეს. როგორც სწერენ, აქ ზოგიერთ ადგილას ზღვის ფსკერის რელიეფი დღეს უკეთ არის ცნობილი ვიდრე ანტიკის არაერთი



შტატის ტერიტორიისა. ამჟამად მთელი წყნარი ოკეანის საერთო ბათიმეტრიული რუკის შედგენა მიმდინარეობს 1 : 4075440¹ მასშტაბით (16° 30' განედისათვის). პირველი ფურცელი, რომელიც მოიცავს არეს ახალი გვინეიდან სამხრეთ კორეამდე, უკვე გამოქვეყნდა და სპეციალისტებისათვის მისაწვდომი გახდა.

ტოპოგრაფიულ მუშაობასთან ერთად წარმოებს გეოფიზიკური, გეოლოგიური და სხვა კვლევაც. ამერიკის გეოლოგიური საზოგადოების ბიულეტენში გამოქვეყნდა ჰეს-ის წერილი [5], რომელშიაც მოცემულია ავეგმილი ფართობის ზოგადი გეოლოგიური დახასიათება, და ეს მასალა მით უფრო საყურადღებო არის, რომ ავტორი მუშაობის, კერძოდ, რუკის აგების, უშუალო მონაწილე იყო. მე მინდა მკითხველს ხსენებული მასალები გაეაცნო და თან ზემოთ დასმული კითხვის პასუხიც ვეძიო: მართლაც, ეს მხარე ხომ სწორედ ოკეანის და კონტინენტის საზღვარზე მდებარეობს და ახალგაზრდა ოროგენეტური მოძრაობებით არის ცნობილი!

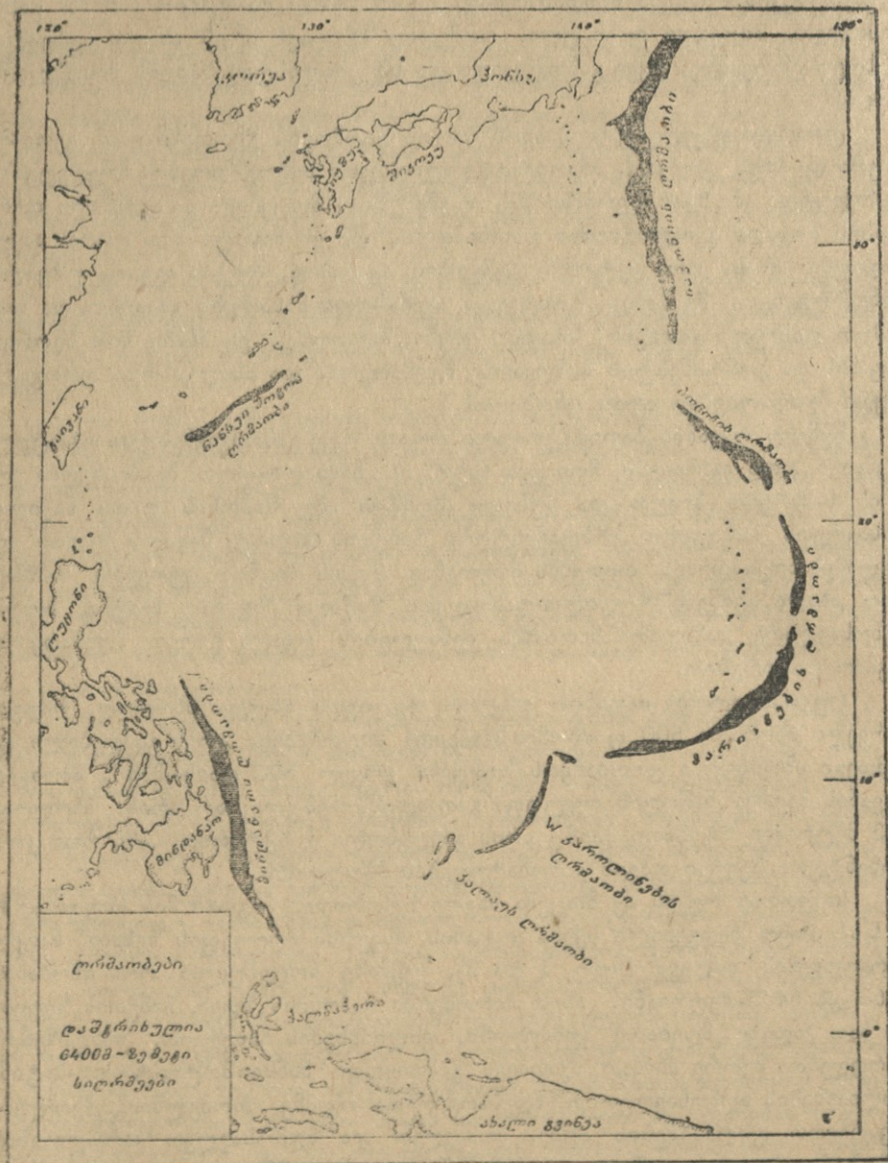
წყნარი ოკეანის ბათიმეტრიული რუკის უკვე გამოქვეყნებული ფურცელი საკმაოდ დიდ ფართობს მოიცავს (სურ. 1). ჩრდილოეთით მასში შედის კორეის სამხრეთი ბოლო და კუნძულ ჰონშუს ანუ ნიპონის დიდი ნაწილი; დასავლეთი საზღვარი კონტინენტური ჩინეთის მცირე ნაწილს ჰკვეთს და ფილიპეს არქიპელაგს თითქმის მთლიანად რუკის შიგნით სტოვებს; სამხრეთით ახალი გვინეის ჩრდილო-დასავლეთი ნაწილი რუკაზე ხვდება, ხოლო აღმოსავლეთი საზღვარი მარიანას კუნძულების რკალს გარეთ მდებარეობს საკმაო დაშორებით.

რუკა საკუთრივ ოკეანის ფსკერის რელიეფს იძლევა მხოლოდ, რადგან პირველი იზობათი 500 ფაძომის (fathom) სიღრმეზედ არის გავლებული და შემდეგი იზობათები ერთმანეთს მოჰყვება ყოველ 500 ფაძომზე², ამრავად ოკეანის მარჩხი ნაწილის რელიეფი გათვალისწინებული არ არის. მხოლოდ, 183 მეტრიანი იზობათი მაინც არის გავლებული პუნქტირით, ასე რომ კონტინენტური შეღფი თავის გამოხატულებას ჰპოულობს.

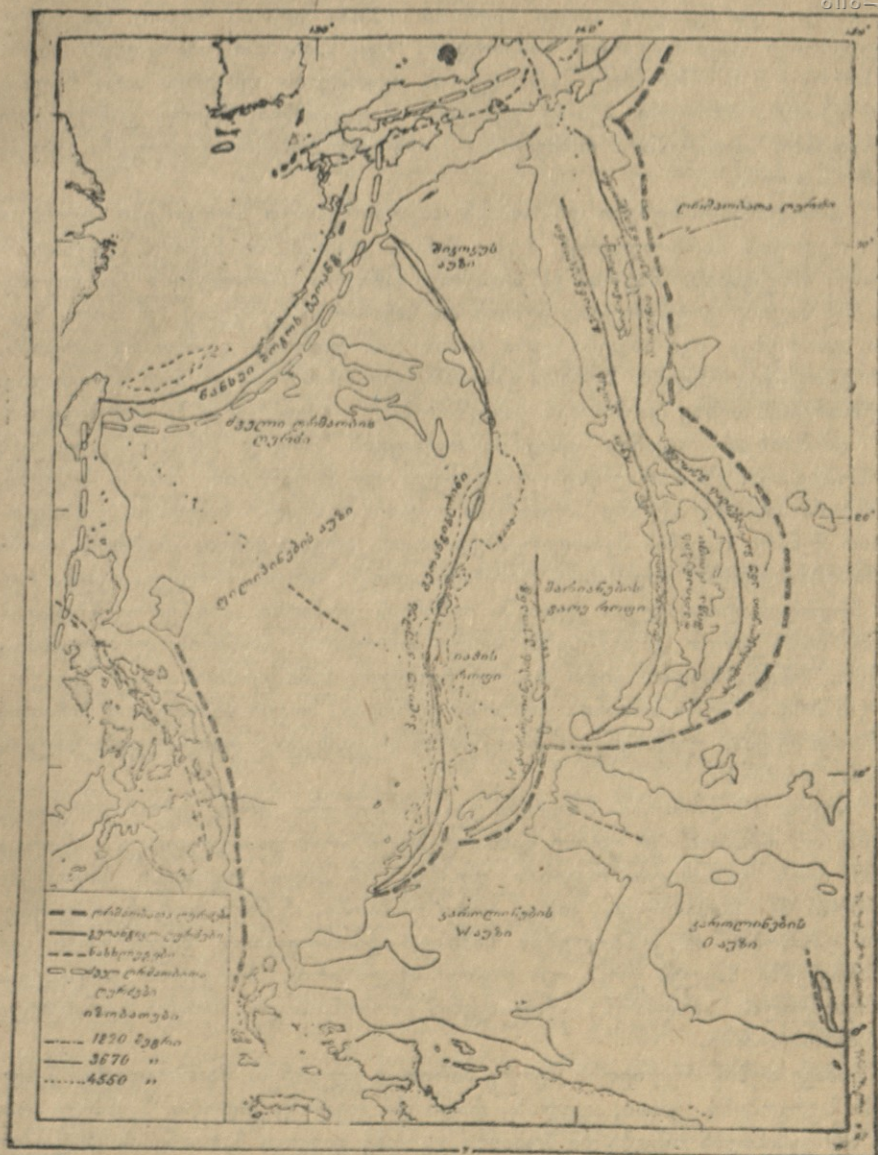
საკუთრივ რუკის აქ მოცემა ძნელი იქნებოდა, მაგრამ მის საფუძველზე ჰესის მიერ შედგენილი სქემა ოკეანის ფსკერის რელიეფის შესახებ ნათელ წარმოდგენას იძლევა (სურ. 1 და 2). სქემაზე მოცემულია ორი იზობათი: 3660 და 6405 მეტრიანი. ასეთ პირობებში იაპონიის ზღვა, ჩინეთის ზღვები და მათ კიდევ მდებარე კუნძულები, ფილიპინების ჩათვლით, კონტინენტს უერთდება. მეორე მხრით მკაფიოდ გამოიყოფა ნანსეიშოტო-ტაივან-ბატან-ფილიპინების აღმოსავლეთით მდებარე ღრმა ოკეანე, რომელშიაც შეიძლება გავარჩიოთ ფილიპინების აუზი, დასავლეთ და აღმოსავლეთ კაროლინების აუზები და საკუთრივ შივა ოკეანის ნაწილი. ამ ფონზე კიდევ უდავოდ ნათლად გამოიჩნევა რამოდენიმე მშვენივრად გამოსახული ღრმაობი და ზურგობი.

¹ ეს აზირებული ციფრი აიხსნება იმით, რომ ამერიკელები ისევე, როგორც ინგლისელები, ჯერ კიდევ არ გადასულან ზომათა მეტრულ სისტემაზე.

² Fathom სიღრმის ინგლისური საზომი არის. უდრის 1,83 მეტრს. შემდეგ ჩვენ, რასაკვირველია, ზომების მხოლოდ მეტრულ გამოხატულება ვინმართ.



სურ. 1.



სურ. 2.

შიგა ოკეანის რუკაზე მოხვედრილი მცირე ნაწილი ისევე, როგორც სუფიის გარეთ დარჩენილი, დიდი სიღრმით (5500 მეტრის რივის) ატლანტიკის ოკეანის ვაკე ფსკერით ხასიათდება. იგი სავსებით ამართლებს ბევრი მხრით უკვე შესასწორებელ წარმოდგენას ოკეანეების ფსკერის სადა რელიეფის შესახებ. მხოლოდ აქა-იქ გვხვდება თავკვეთილი მცირე კონტურიანი ამალღებანი, „გიოტები“, რომელთაც ჰესი გადარეცხილ წყალქვეშა ვულკანებად სთვლის.

კაროლინების აუზები და მათთან დაკავშირებული ზურგობები სულ სხვაგვარ რელიეფს წარმოადგენენ. ჰესი წყნარი ოკეანის ამ ნაწილს ატლანტიკურ ოკეანეს ამსგავსებს, მაგრამ ეს მხოლოდ ნაწილია მიკრონეზიის (კაროლინების, მარშალის, ჯილბერტის, ელისის და სხვა არქიპელაგები) ცნობილი რკალის, და თუმცა იგი ანდეზიტური ხაზის (იხ. ქვემოთ) გარეთ მდებარეობს, მისი გეოტექტონიკური ბუნება გამოსარკვევი რჩება. აქ კი ჩვენ ძირითადად ფილიპინების აუზზე და მასთან დაკავშირებულ სტრუქტურებზე შევჩერდებით.

ღრმაობები ოკეანის ფსკერის რელიეფის კარგად ცნობილ ელემენტს წარმოადგენენ. ეს თხრილივითი გრძელი და შედარებით ვიწრო ზოლები, რომელთა სიღრმე ბევრად აღემატება ოკეანის საშუალო სიღრმეს, განსაკუთრებით წყნარი ოკეანის პერიფერიაზედ არიან კარგად განვითარებული. ისინი ჩვენი უბნისთვისაც უაღრესად დამახასიათებელი არიან. პირველი იქნება რუკის ჩრდილო-აღმოსავლეთ კუთხეში იაპონიის ღრმაობი, რომელიც ჩრდილოეთით რუკას გარეთ გრძელდება, ხოლო სამხრეთით ბონინის კუნძულებამდე აღწევს. შემდეგ მოდის დიდი რკალი, რომელიც სამი ღრმაობისაგან შედგება. მათგან ჩრდილოურს ბონინის ღრმაობი ეწოდება, ხოლო სამხრეთით მარიანას ღრმაობი იქნება. უკანასკნელი თითქმის სწორკუთხედად უახლოვდება პალაუს პატარა ღრმაობს.

ყველა ეს ღრმაობი აშკარად დაკავშირებული არის ერთიმეორესთან, მინდანაოს ღრმაობი კი უფრო განმარტებული არის დასავლეთისკენ. სწორედ მასში არის გაზომილი ოკეანის დღემდე ცნობილი უდიდესი სიღრმეები (>10.431 მ). დასასრულ, კიდევ ერთი ღრმაობი, ნანსეი-შოტოს ანუ რიუკიუს ღრმაობი, ამ კუნძულების სამხრეთ-აღმოსავლეთით მდებარეობს. იგი დანარჩენებზე ნაკლებ ღრმა და უფრო ძველი არის. პირველნი ცარკულისა და მესამეულის საზღვარზე უნდა იყვნენ წარმოშობილი, ხოლო უკანასკნელი შუა მეზოზოურში.

ამავე აუზის რელიეფის მეორე ძირითად ელემენტს წარმოადგენენ წყალქვეშა ზურგობები. ერთი, ყველაზე დიდი და ყველაზე კიდური, კუნძულ ჰონ-შუს SO კუთხიდან იწყება და ბონინის ჯგუფზე გავლით მარიანების ბოლომდე მიდის უწყვეტლევ. მისი სამხრეთი ნაწილი ორ ტოტად არის გაყოფილი შუა მდებარე ჩალრმავეებით. ნაკლებ მკაფიოდ ასეთი გაყოფა ჩრდილოეთითაც ჩანს და ეს საფუძველს აძლევს ჰესს აქ ორ გეოანტიკლინზე ილაპარაკოს: აღმოსავლეთი ანუ მარიანას გეოანტიკლინი და დასავლეთი ანუ იეო-ჯიმას გეოანტიკლინი.

შემდეგი ზურგობი დასავლეთ კაროლინების ღრმობის დასავლეთითა და აღმოსავლეთითა მდებარეობს და ჩრდილოეთისკენაც გრძელდება მთელი რიგი პაწია კონტინენტის ბის გასწვრივ. ეს იქნება დასავლეთ კაროლინების გეოანტიკლინი.

მესამე ზურგობი, უკანასკნელზე უფრო მნიშვნელოვანი, პალმაჰერის ჩრდილოეთით იწყება, პალაუს კუნძულებზე გაივლის და ორი დიდი რკალის მოხაზვის შემდეგ კიუ-შუს მიაწყდება. ეს არის პალაუ-კიუშუს გეოანტიკლინი.

ნანსეი-შოტოს ღრმობის უკან იმავე სახელის გეოანტიკლინი მისდევს კურილების ზოლს, ხოლო მინდანაოს ღრმობს ჰესი ფილიპინების დიდი დისლოკაციის ხაზს უკავშირებს.

გეოანტიკლინის ტერმინი ჩვენ წესით ჯერ არც კი უნდა გვეხმარა, რადგან ეს ხსენებული მოვლენის ტექტონიკურ ბუნებას ჰგულისხმობს. არის კი გამართლებული ასეთი შეხედულება?

პირველ რიგში უნდა აღვნიშნოთ, რომ ჩამოთვლილი, მეტნაკლებად რკალური და კანონზომიერად წაგრძელებული ამალეებანი მორფოლოგიური თვალსაზრისით საკმაოდ ამართლებენ გეოანტიკლინის კვალიფიკაციას მით უმეტეს, რომ ისინი აშკარად დაკავშირებული არიან ახალგაზრდა, ალბური ოროგენის ზოლთან. ღრმობები ამ შემთხვევაში წინა დაბლობად უნდა მივიჩნიოთ.

მაგრამ ეს საბუთი, ეკვი არ არის, საკმაოდ ვერ ჩაითვლება. განვიხილოთ ზოგი სხვა.

წყნარი ოკეანის ირგვლივ პეტროგრაფები ავლებენ ე. წ. ანდეზიტურ ხაზს, რომელიც ძლიერ მნიშვნელოვან მიჯნას წარმოადგენს. კონტურს შიგნით, ოკეანეში ჩვენ გვაქვს ოლიგენიანი ბაზალტები; ნეფელინიანი ბაზალტები და მცირე რაოდენობით ტრაქიტი და ფონოლითი. როგორც მათი დიფერენციტი. კონტურს გარეთ, პირიქით, ანდეზიტური ვულკანიზმი არის გაბატონებული და იქვე გვხვდება გრანიტული ქანები და კრისტალური ფიქლები. აშკარაა, რომ ეს ხაზი რაღაც გვარად კონტინენტისა და ოკეანის საზღვართან არის დაკავშირებული და ამგვარად გეოტექტონიკურ კრიტერიუმს წარმოადგენს. და აი, ირკვევა, რომ ანდეზიტური ხაზი ღრმობათა ჩვენს დიდ რკალს მიჰყვება ალასკიდან პალაუს კუნძულებამდე, ხოლო აქ აღმოსავლეთისკენ და სამხრეთ-აღმოსავლეთისკენ უხვევს და მიკრონეზიის და მელანეზიის კუნძულებს შუა ექცევა. შემდეგ სამოას არქიპელაგს სამხრეთით გაუვლის და სამხრეთისაკენ ტონგას და კერმადეკის ღრმობებს გაჰყვება. ესეც საშუალებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ ფილიპინების აუზსა და საკუთრივ ოკეანეს შორის განსხვავება ტექტონიკური ხასიათის არის.

კიდევ უფრო ნათელ სურათს იძლევა ვულკანიზმის შესწავლა. აქვე დართულ სქემატურ რუკაზე (სურ. 3) ჩვენ ვხედავთ, რომ ზოგადად ვულკანები, როგორც მოქმედი, ისე არმოქმედი, დაკავშირებული არიან ზურგობებთან და, სახელდობრ, მათ შიგა (შეზნეჭილ) ფერდთან. საყურადღებო არის აღვნიშნოთ, რომ არც ერთი ვულკანი არ არის არც ღრმობებში, არც ზურგობთა გარე ფერდზე, არც თვით ფილიპინების აუზში, მაგრამ ახლა ამაზედ არ შევჩერდებით. მთავარი ის არის, რომ მარიანების გეოანტიკლინზე და ნანსეი-



სურ. 3.

შოტოს გეოანტიკლინზეც გამწკრივებული არიან ვულკანები ისევე, როგორც ფილიპინებზე მინდანაოს ღრმობს უკან. ესეც ამ სტრუქტურების ტექტონიკური ბუნების დამადასტურებელი არის.

დასასრულ, მიწისძვრები. სურ. 4 გვიჩვენებს, რომ ღრმობებში მიწისძვრის ფოკუსი ცოტაა და ძირითადად ეს არის მცირე სიღრმის მიწისძვრები. არსებობს საშუალო და ღრმა (700 კილომეტრამდე) მიწისძვრები დაკავშირებული არის იმავე ზურგობებთან, როგორც ვულკანები. ესეც მათ ტექტონიკურ ხასიათს მოწმობს.

შეიძლება შეგვიჩვენებულყავით სიმძიმის ანომალიებზეც, მაგრამ ამ მხარისათვის ჯერ არ არსებობს ისეთი მასალა, როგორც Vening-Meinesz-მა ოსტინდოეთის არქიპელაგისათვის მოგვცა. ჰესი იძლევა სათანადო რუკას მხოლოდ იაპონიის მოსაზღვრე ზოლისათვის, მაგრამ იგიც კი სავესებით საკმაოა, რათა დავრწმუნდეთ, რომ აქაც ღრმობებთან ძლიერი უარყოფითი ანომალია არის დაკავშირებული (სურ. 5). ეს ანომალია კომპენსებული არ არის და იზოსტაზისური წონასწორობის ძლიერ დარღვევას გამოხატავს.

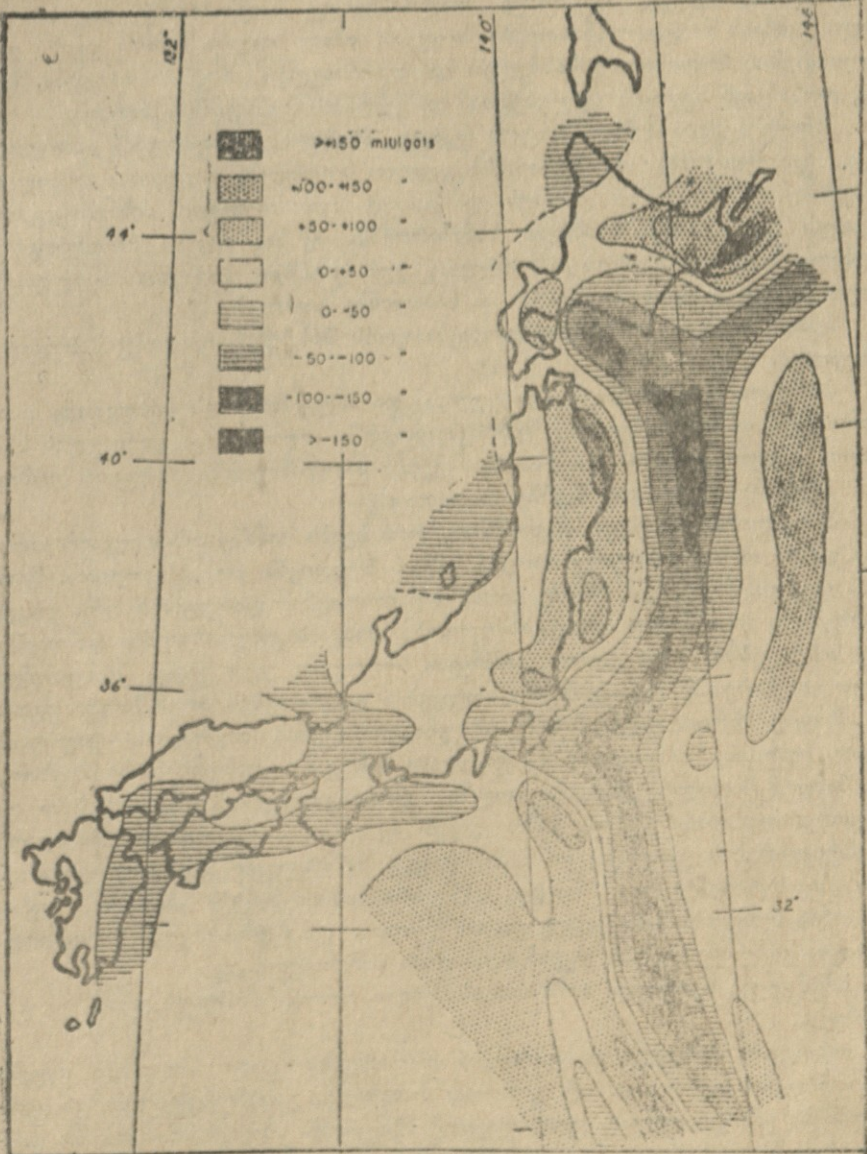
ჩამოთვლილი ნიშნები სრულიად საკმაო არის იმისათვის, რომ აღწერილი ზურგობების და ღრმობების ტექტონიკური ბუნება დასაბუთებულად მივიჩნიოთ. არც არის ამაში რამე მოულოდნელი ან ახალი, რადგან აღმოსავლეთ აზიის კუნძულთა რკალებს უკვე ზუსტი მთების სისტემად სთვლიდა (ოკეანიდები). გამართლებულია, მაშასადამე, ზურგობებისათვის ტერმინი გეოანტიკლინიც. ასევე მათ შუა მდებარე ჩაღრმავებებს შეიძლება გეოსინკლინები ვუწოდოთ.

განსაკუთრებული ადგილი უჭირავთ ღრმობებს. ჰესი, რომელიც მთების წარმოშობის მექანიზმის შესახებ ვენინგ-მეინეზის, უმბგროვის და სხვათა შეხედულებას იზიარებს, ამ ღრმობებში ტექტოგენეზის ძირითად მოვლენას ჰხედავს და ღრმობათა ზოლებს ტექტოგენებს უწოდებს. რათა საკითხი წინასწარ გადაწყვეტილად არ მივიჩნიოთ, ჩვენ შევინარჩუნებთ ძველ ტერმინს „წინაღრმობი“. უნდა აღვნიშნოთ კი, რომ წინაღრმობის ბუნება სხვა არის, ვიდრე მთისწინა დაბლობისა. უკანასკნელი მთების აზვევების შემდეგ წარმოიშობა და მისი წარმოშობის მიზეზად იზოსტაზისური მოძრაობა იგულისხმება, ღრმობები კი ზურგობებთან ერთად წარმოიშობიან და, უქვევლია, იმავე ძალების გავლენით.

ჰესი წყნარი ოკეანის ამ ნაწილში ღრმობათა ორ რკალს არჩევს: გარე რკალს, რომელიც რუკის გარეთ ჩრდილოეთით კურილების და ალექსანდრის გასწვრივ ალასკამდე გრძელდება და რომლის საერთო სიგრძე 10000 კილომეტრამდე აღწევს, და შიგა ანუ ნანსეი-შოტოს რკალს. ამ ორი რკალის გარჩევა ასაკის საკითხთან არის დაკავშირებული. მართალია, სათანადო მხარეების გეოლოგია ჯერ კიდევ სუსტად არის შესწავლილი, მაგრამ დათარიღების მიზნით ჰესი იყენებს ულტრაფუძე ინტრუზიების მის მიერ დადგენილ მეთოდს. ირკვევა, რომ ღრმობების წარმოშობასთან, ე. ი. პირველსავე ტექტონიკურ მოძრაობასთან დაკავშირებული არის ხოლმე პერიდოტიტის ინტრუზიები, რომელთა განლაგება ღრმობათა რკალისას ემთხვევა. ამიტომ პერიდოტიტის რკალის დათარიღება, შესატყვის ღრმობათა თარიღსაც იძლევა.



სურ. 4.



სურ. 5.



აქ ჰესი პერიოდოტიტის სამ რკალს არჩევს (სურ. 6). ერთი ღრმის მქონე გარე რკალს მისდევს პალაუმდე, ხოლო შემდეგ ჰალმაჰრაზე გადადის და ახალი გვინეის ჩრდილო ნაპირებს მიჰყვება. ამავე ზოლის მეორე ტოტი ჯერ ფილიპინების ჩრდილო-აღმოსავლეთ და აღმოსავლეთ კიდეებს მიჰყვება, შემდეგ ღრმა კავს აკეთებს ცელებსთან და ცერამის კუნძულზე გადადის.

მეორე იქნება ნანსეი-შოტოს რკალი, რომელიც ტაივანიდან სამხრეთით უხვევს და ლუცონზე და პალავანზე გავლით ბორნეოზე გადადის. ჩრდილოეთისკენ ეს ხაზი ჰკვეთს კიუშუს და შემდეგ აღმოსავლეთი მიმართულებით შიკოკუს და ჰონშუს სამხრეთ სანაპიროებს. აქ მას უფრო ჩრდილოეთით მდებარე ზოლი ენაცვლება, რომელიც ჯერ ჰონშუს მიჰყვება რკალურად, ხოლო შემდეგ ჰოკაიდოს ჰკვეთს და სახალინზე გადადის.

მესამე რკალი კონტინენტზე მდებარეობს შანდუნის და კორეის ჩრდილო საზღვარზე.

პირველი ზოლის ასაკი ცარცულისა და პალეოზოურის საზღვარზე არის (ლარამული ფაზისი), მეორის შუა მეზოზოურში (იურისა და ცარცულის საზღვარი; ანდური ფაზისი) და მესამის — ქვედა პალეოზოურში ან უფრო ღრმად. ახლა შეიძლება დასკვნებზე გადავიდეთ.

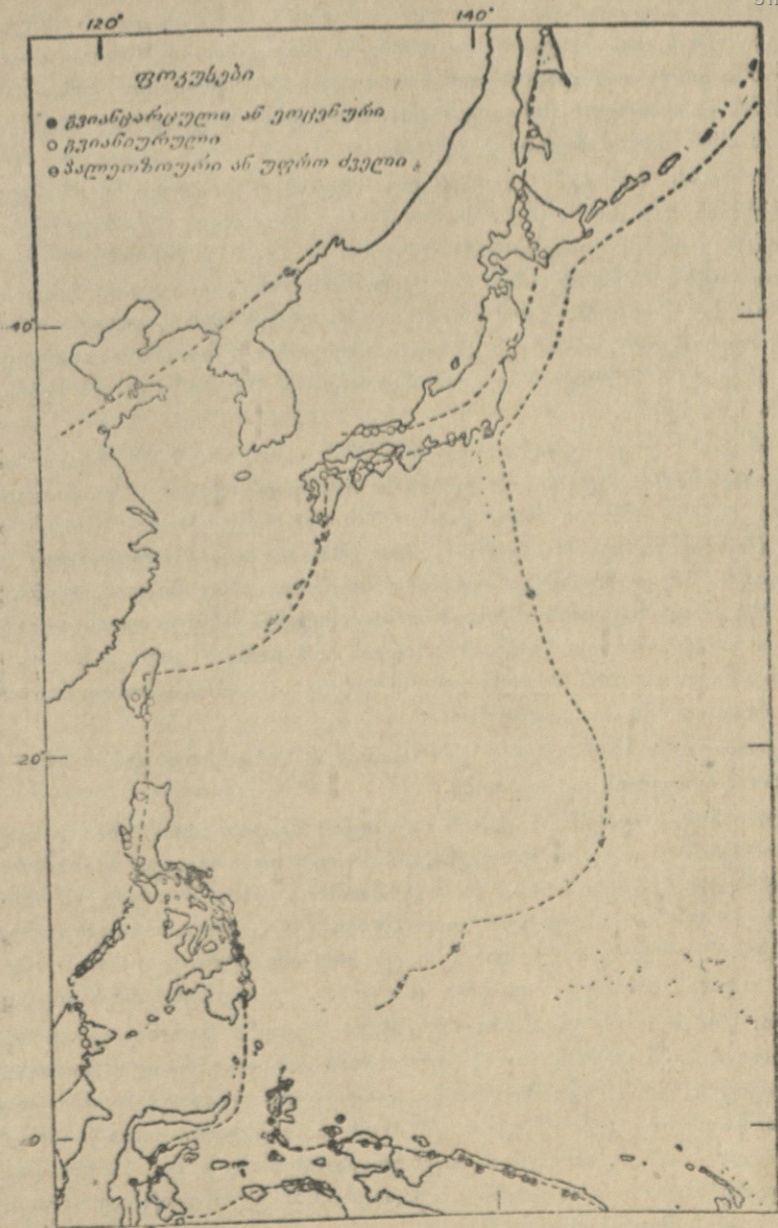
პირველ რიგში უნდა აღვნიშნოთ, რომ ჩვენს წინაშე არის უდავო ოროგენი და ამ ოროგენის განვითარება საწყის სტადიებს არ გასცილებია. შეიძლება ითქვას, რომ ჩვენ მოწმე ვართ, თუ ოროგენის დაბადების არა, ყოველ შემთხვევაში მისი ნორჩი ახალგაზრდობის, რომლის კვალს მთების დამთავრებულ სისტემებში უკვე ვეღარ ვამჩნევთ. ოროგენი ჯერ კიდევ კონტინენტს გარეთ მდებარეობს და ოკეანური ნალექების დაგროვების არც წარმოადგენს.

მეორე მხრით ჩვენ წინაშე იშლება ოროგენის მიგრაციის უაღრესად მკაფიო სურათი: ოროგენის აქ უძველესი საზღვარი კონტინენტზე მდებარეობს შანდუნ-ჩრდილო კორეის ზოლში. გეოსინკლინური განვითარებისა და განმეორებითი დანაოჭების გამო დღეს იქ აღარც ღრმაობათა და აღარც გეოანტიკლინების კვალი აღარ ჩანს, ყოველ შემთხვევაში მორფოლოგიურად. ზღვა ეპიკონტინენტურია. შემდეგ საზღვარი ნანსეი-შოტზე გადადის, სადაც ღრმაობის სუსტი ნაშთი კიდევ გადარჩენილია, და, დასასრულ, მარიანებზე. მიგრაცია კონტინენტიდან ოკეანესკენ არის მიმართული.

არანაკლებ მკაფიოდ ჩანს თანამომყოლი ოროგენეზისების ერთიმეორეზე დამთხვევა.

ოროგენის პირველი განვითარება (მარიანების რკალი) ოკეანეში იწყება წინა ოროგენის გვერდით. აქ ფართოდ მოხაზული გეოანტიკლინები და გეოსინკლინები ერთდროულად ვითარდებიან, ასე რომ პირველნი მეორეთა განვითარების შედეგს როდი წარმოადგენენ, როგორც ო გ ი ფიქრობდა. გეოსინკლინი ამრიგად ოროგენის ნაწილია მხოლოდ.

განვითარების დასაწყისში კონტინენტს დაშორებულ გეოსინკლინში სედიმენტაცია სუსტი უნდა იყოს. მხოლოდ შემდეგ, იმის კვალად, თუ როგორ მიიწევს წინ მთები და კონტინენტი (დანაოჭებათა შედეგად), ტერიგენული მასალა მატულობს, — გეოსინკლინი ჩვეულებრივ სახეს ღებულობს.



სურ. 6. პერიოდტიტური ინტრუსიების ფოკუსები და ზოლები.



ნალექების დაგროვებისა და ახალი, მეორადი გეოანტიკლინების გამო მისი სიღრმე უფრო და უფრო მცირდება. იმავე დროს ახალგაზრდა ნალექების ქვეშ დაძირული ძველი აბისური ნალექები ღრმა რეგიონულ მეტამორფიზმს განიცდიან და ბოლოს სრულიად გამოუცნობადი ხდებიან, — გეოსინკლინის პირვანდელი სახე იკარგება. ჩვეულებრივ, გეოლოგი ძველ გეოსინკლინებს ასეთ მდგომარეობაში ეცნობა.

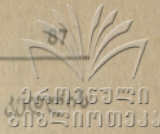
ამ დროს ოროგენი მეტად თუ ნაკლებად ვრცელი გეოსინკლინური როფებისაგან და მათ შორის მდებარე, უკვე საკმაოდ გასტაბილბული ბელტებისაგან (გეოანტიკლინებისგან) შედგება. ზოგჯერ ეს როფები გამწე ზოლებად ენაცვლებიან ერთიმეორეს, ზოგჯერ მათი განლაგება ლა ფორმაც ნაკლებ წესიერია. თუ მოხდება, რომ ვრცელი გეოანტიკლინური სხეული ოროგენის კედლეზე მდებარეობს, მაშინ ეს „ბორდერლენდი“ იქნება. მაშასადამე, უკანასკნელი არავითარ შემთხვევაში გეოსინკლინის კონტინენტზე წარმოშობის საბუთად არ ჩაითვლება.

სურათი კიდევ უფრო რთულდება იმის გამო, რომ ოროგენის წინსვლა ერთიმეორის პარალელური ზოლების სახით როდი ხდება. ზოგან ოროგენის წინსვლა დიდია (ნანსეი-შოტოლან სამხრეთ-აღმოსავლეთით), ზოგან უმნიშვნელო (ჰონშუ) ან ნულიც. გარდა ამისა ერთისადაიმავე ოროგენული ზოლის განვითარება მთელ სიგრძეზე თანაბარი სისწრაფით არ მიმდინარეობს. შეიძლება მისი ერთი ნაკვეთის დანაოქება საკმაოდ წინწასული იყოს და მეზობელ ნაკვეთში კი ეს პროცესი საწყის სტადიას არ გასცილდებოდეს. ამის გამო ძნელი ხდება ოროგენის სტრუქტურაში გარკვევა და თანამომდევნო ოროგენების ერთიმეორისაგან გამოიჯნევა.

შეიძლება ამით გაგვეთავებინა, მაგრამ მინდა ზოგ გარემოებას კიდევ მივაქციო მკითხველის ყურადღება.

ერთი ასეთი გარემოება არის ოროგენის მკაფიო ასიმეტრია, — ივულისხმება პერიკონტინენტური ოროგენი, როგორც აღმოსავლეთ აზიის ოროგენი არის. ჯერ უნდა აღვნიშნოთ, რომ ღრმაობათა გარე რკალის ორ მხარეზე ანდეზიტური ხაზით გამიჯნული ორი სხვადასხვა პეტროგრაფიული პროვინცია გვაქვს; შემდეგ თვით ღრმაობები ცხადად ასიმეტრიული არიან: ოკეანესკენ მათ ოკეანის ნორმული ფსკერი საზღვრავს, კონტინენტისკენ კი მაღალი ზურგობი; ღრმაობათა და ზურგობების მოხაზულობა მეტ-ნაკლებად რკალურია და ოკეანისკენ გამოზნექილი; ვულკანიზმი მხოლოდ რკალის შიგა მხარეზე გვაქვს; იგივე ითქმის მიწისძვრებზედაც, რომელთა ღრმა და მარჩხი ფოკუსების შემავრთებელი ფენა შიგნითკენ არის დაქანებული. თანაც ასიმეტრია ისეთი ხასიათის არის, რომ კონტინენტიდან ოკეანისკენ მიმართულ მოძრაობას ამჟღავნებს (რკალების ფორმა, სტადიური წინსვლა), რაც სავსებით ეთანხმება ოროგენის მიგრაციის წესს.

თუ მოვისურვებდით, ეს მოძრაობა კონვექციური ხასიათის ქერქსქვეშა დინებით აგვეხსნა, ძნელი იქნებოდა ასეთი ახსნის ღრმაობის ასიმეტრიასთან შეთანხმება: რატომ არ არის ზურგობი ორივე მხარეზე? მართლაც, კონვექცი-



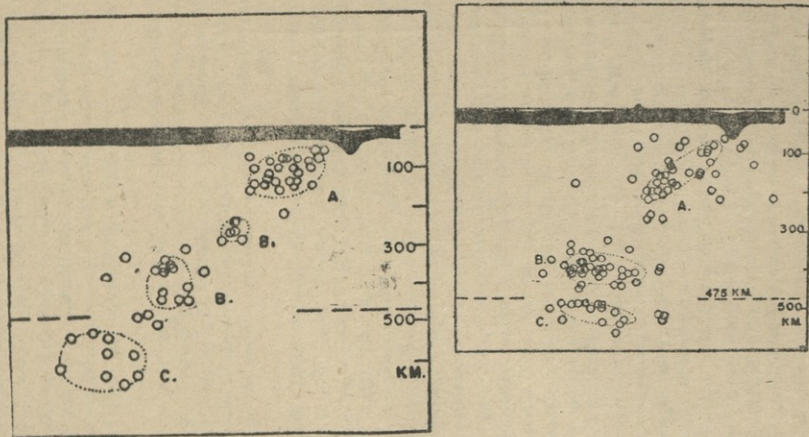
ური წრე არ შეიძლება ცალ მხარეზე იყოს, თუ ოკეანის ქვეშეთს ფუნქციას არ მიეკუთვნებთ, რაც სრულიად დაუსაბუთებელი იქნება.

არანაკლებ საყურადღებო არის თვით ღრმაობების არსებობა. ღრმაობები უზარმაზარ სინკლინებს წარმოადგენენ. სიმძიმის არკომპენსებული უარყოფითი ანომალია მოწმობს, რომ მათი ჩაზნექვა მექანიკური მოვლენა არის. ღრმაობის გვერდები იქეთ-აქედან და ფსკერი ქვევიდან უზარმაზარ ჰიდროსტატიკურ წნევას უნდა განიცდიდეს. ოკეანის ფსკერის მცირეოდენი დენადობის პირობებში ასეთი ჩაზნექვა ან არ უნდა წარმოშობილიყო, ან ხანმოკლე უნდა ყოფილიყო. მარიანის რკალის ღრმაობები კი მესამეულის წინ არიან წარმოშობილი, ხოლო ნანსეი-შოტოსი — შუა მეზოზოურში. აქედან ჩანს, რამდენად დიდი უნდა იყოს ოკეანის ფსკერის სიმტკიცე. ეს გარემოება დიდ სიძნელეს წარმოადგენს მობილისტური თეორიებისათვის, რომელთა მიხედვით სიმაში ჩაფლობილი სიალური კონტინენტები თავისუფლად უნდა ცურავდნენ. გამდნარი ბაზალტი უფრო დენადი არის ვიდრე გამდნარი გრანიტი, მაგრამ ეს ნებას არ გვაძლევს დასკვნა კრისტალურ ფაზაზეცავე გავავრცელოთ.

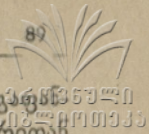
ოკეანის ფსკერის სიმტკიცის საკითხზე არანაკლებ მნიშვნელოვანი არის ტექტონიკურ მოძრაობათა სიღრმეში გავრცელების საკითხი. შორს არ არის დრო, როდესაც ფიქრობდნენ, რომ მიწისძვრების ფოკუსი 100—120 კილომეტრზე ღრმად არასოდეს მდებარეობს და ამას მიწის ქერქის სისქეს უკავშირებდნენ. დღეს კარგად დადგენილი ჰიპოცენტრების სიღრე 700 კილომეტრამდე აღწევს. ეს, რა თქმა უნდა, მიწის შესატყვისი ფენის დიდ სიმტკიცეს ნიშნავს და, რაკი მიწისძვრები ტექტონიკური მოვლენებით არის გამოწვეული, ეს იმავე დროს ნიშნავს, რომ ტექტონიკური მოძრაობის გამოძახილი უზარმაზარ სიღრმემდე აღწევს და ტექტოგენების ახსნის ყოველმა ცდამ ამ გარემოებას ანგარიში უნდა გაუწიოს.

ყურადღების ღირსია, რომ ოროგენი უეცრად თავდება ღრმაობების რკალით. მას, როგორც ვნახეთ, აღმოსავლეთით სრულიად აუშლელი ოკეანის ფსკერი მოჰყვება. ღრმაობებიც გაცილებით უფრო ინტენსიურად არის შეკეცილი, ვიდრე მის უკან მდებარე გეოსინკლინები. აქედან თითქო შეიძლება დავასკვნათ, რომ ღრმაობების წინ ოკეანის ფსკერი უფრო უდრეკი არის ვიდრე უკან.

მართალია, იმავე მოვლენის სხვაგვარი ახსნაც არსებობს. მიწისძვრათა ფოკუსების კვლევა ამტკიცებს, რომ აქ მარჩხი, საშუალო სიღრმის და ღრმა მიწისძვრების ფოკუსები — დისკრეტულად არიან განლაგებული [6]. იმავე დროს ამ სამი ჯგუფის ჰიპოცენტრები ერთიმეორის ქვეშე კი არ მდებარეობენ შვეულის დასწვრივ, არამედ შიგნითკენ (კონტინენტისკენ) 45-დე გრადუსით დახრილ სიბრტყეს მისდევენ (სურ. 7). ამის მიხედვით დაასკვნიან, რომ ეს სიბრტყე შესხლეტვის სიბრტყე უნდა იყოს (Coulomb, Schwinner და სხვები), მაგრამ ამ შეხედულებას ბევრი არ იზიარებს (Guttenberg, Hess) და იგი ვერც თვით ღრმაობების არსებობას ხსნის.



სურ. 7. სტრუქტურული კრილები მიწისძვრის ფოკუსების მდებარეობის საჩვენებლად. შავი — სიალური ქერქი; რგოლები — მიწისძვრის ფოკუსები. მარცხნივ გუამ-ჰონშუს პროფილია, მარჯვნივ — კურილების გარდიგარდმო.



დასასრულ, არ შეიძლება არ აღვნიშნოთ, რომ, თუმცა ცალკეული გეოლოგიური ვულკანები შიგა ოკეანეშია ც გვხვდებიან პირდაპირ ღრმა ფსკერიდან ამართული, მაგრამ ოროგენში ისინი კანონზომიერად არიან განლაგებული გეოანტიკლინებზე. არ შეიძლება თვალში არ ეცეს ადამიანს, რომ არც ღრმა-ობებში, არც გეოანტიკლინებს შუა მოქცეულ ჩაღრმავებებში არც ერთი ვულკანი არ არის. აქ ველარ ვიტყვი, რომ ვულკანებში დაძირვასთან იყოს დაკავშირებული. გეოანტიკლინებიდანაც რატომღაც მარტო ისინი არიან ვულკანიზმის მატარებელი, რომელნიც უშუალოდ ღრმაობებს ესაზღვრებიან.

ასეთი არის უეჭველად საინტერესო დაკვირვებები და დასკვნები, რომელნიც წყნარი ოკეანის ამ უბნის გაცნობას ემყარებიან. ზოგ საკითხს ახალი შუქი ეფინება, ზოგი ახლად ისმის ჩვენს წინაშე. მაგალითად, რას უნდა მიეწეროს წყნარი ოკეანის დისსიმეტრია, რატომ არის მის დასავლეთ ნაპირებზე ფართოდ გაშლილი ოროგენი და კუნძულთა გირლანდები, ხოლო აღმოსავლეთ ნაპირებზე კი არა? რატომ მიაწყდება ანდეზი უშუალო ატაკამის ღრმაობს? ცხადია, ეს იმის შედეგი არის, რომ ბორდერლენდი მჭიდროდ შეეზარდა დანაკლებულ გეოსინკლინს [7], მაგრამ საკითხი სწორედ ის არის, თუ რად არ განვითარდა ღრმაობის გარეთ ოროგენის ახალი ზოლი.

მეორე მხრით მიკრონეზიის რკალი (მარშალის, ჯილბერტის, ელისის კუნძულები), რომელიც ანდეზიტური ხაზის შიგნით მდებარეობს და რომელსაც ღრმაობები არ ახლავს, ჩვეულებრივად აგრეთვე ოროგენულ ზოლად არის ხოლმე მიჩნეული. თუ ეს შეხედულება სწორია, ხომ არა გვაქვს აქ ოროგენის განვითარების ზემოთ აღწერილზე კიდევ უფრო ახალგაზრდა სტადია? უნდა ვიფიქროთ, რომ წყნარი ოკეანის შესატყვისი ნაწილის რუკის გამოკვეყნება ამ საკითხსაც შუქს მოჰყენებს. დასასრულ, ჩვენ წინ იჭრება წყნარი და ატლანტური ოკეანეების ფსკერის სხვადასხვაობის ძველი საკითხიც.

კიდევ უფრო დამაფიქრებელია ის ახალი ფაქტები და ახალი წარმოდგენები, რომელნიც გეოლოგიაში სეისმურ მეცნიერებას და საერთოდ გეოფიზიკას შეაქვს. არაერთი ტრადიციით დაკანონებული შეხედულება და ძირითადი თეორია რადიკალურ გადასინჯვას მოითხოვს, მაგრამ ეს მომავლის საქმეა [8].

დამოწმებული ლიტერატურა

1. ა. ჯანელიძე, მიწის წარმოშობის საკითხისათვის. საქ. სსრ მეცნ. აკად. მოამბე, ტ. IV, № 5, 1943.
2. ა. ჯანელიძე, თბილისის მიდამოების და გარე კახეთის გეოლოგიის ზოგი საკითხი. სტალინის სახ. თბილისის სახ. უნ-ტის შრომები, ტ. 34, 1948.
3. Oppenheim V., Structure evolution of the South American Andes. Amer. Journ. of Sc., 1947, № 3.
3. Eardley A. J., Paleozoic Cordillieran geosyncline a. related orogeny. The Journal of Geology, 1947, № 4.
4. Кленова М., Геология моря. Москва 1948.



საქართველოს
აкадеმიის

5. Hess H., Major structural features of the western North Pacific. Bull. Soc. of Amer., v. 59, n^o 5, 1948.
6. Гутенберг Б. и Рихтер К., Сейсмичность земли. Москва 1948.
7. Orpenheim V., A theory of Andean orogenesis. Amer. Journ. of Sc., 1948, n^o 9.
8. Заварицкий А., Некоторые факты, которые надо учитывать при тектонических построениях. Известия АН СССР, серия геология, 1946, n^o 2.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
გეოლოგიის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1949. X. 10).

Г. М. Заридзе

О родоначальной магме и ее дифференциации в связи с изучением магматических пород Кавказа

Изучение послепалеозойских эруптивных циклов Кавказа показывает, что нормальный магматический цикл (в геосинклинальных областях) всегда начинается основными или базальтовыми эффузиями, впоследствии же в связи с орогенетической фазой образуются интрузивные массивы. Первые импульсы интрузивной фазы всегда носят габброидный или несколько более кислый, кварцево-габбро-монзонитовый характер, впоследствии же совершенно определенно происходит нарастание кислотности магмы и получают типичные гранитоидные породы, которые в количественном отношении являются преобладающими в интрузивную фазу и составляют основную часть массива. И, наконец, интрузивный массив сечется аплитами, пегматитами и часто рудовосными кварцевыми жилами.

Интересно отметить, что состав того или другого импульса магмы уже в момент ее проникновения в земную кору в основном, повидимому, отвечает составу образовавшегося в результате ее кристаллизации и в настоящее время обнажившегося массива.

Этот факт свидетельствует в пользу того, что преобразование магмы базальтового состава, т. е. нарастание ее кислотности, происходило в глубинных частях земли.

Выше мы упоминали о полных магматических циклах, но не лишено вероятия, что в каком либо магматическом цикле будет отсутствовать какойнибудь член.

Возможно например существование такого магматического цикла, в котором, в связи с погружением определенной области земной коры на границе с глыбой происходило быстрое расплавление коры гранитоидного состава, что могло быть вызвано радиоактивным распадом или другой причиной, и кислая магма проникла на поверхность земли, как это имеет место в лейасе и верхнем плиоцене Грузии.

Чтобы объяснить установленные нами на Кавказе закономерности, необходимо рассмотреть некоторые петрогенетические гипотезы, кото-



рых мы бегло коснулись в опубликованной в 1939 г. на грузинском языке книге [5]. Прежде всего здесь возникает вопрос о сущности первичной или материнской магмы и о реальности ее существования.

Интересно разобраться, достаточно ли для объяснения многообразия изученных нами магматических пород существования одной базальтовой материнской магмы, и каковы те процессы, в результате которых в полном магматическом цикле магма базальтового состава сменяется гранитоидной?

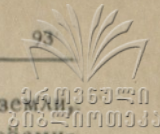
Для выяснения состава материнской магмы (или магм) и ее физического состояния, необходимо в нескольких словах коснуться первоначального лика земли.

Согласно господствующим гипотезам о происхождении земли, последняя, оторвавшись от солнца в результате постепенного охлаждения, перешла из газообразного в жидкое состояние и наконец образовалась кора. Но в результате такого охлаждения и вертикальной гравитационной сортировки масс земли в газообразной и жидкой стадии, в поверхностной части земли должна была образоваться непрерывная кора сиала. В действительности же затвердевшая сиалевая кора (континенты) в основном сконцентрирована в одном полушарии, должно быть вследствие горизонтального перемещения первичной непрерывной сиалевой коры. В остальной же части земли происходит образование новой базальтовой коры.

По мнению Дэли [2] и некоторых других исследователей, образование коры происходило следующим образом: в результате энергичной конвекции, имевшей место во внешней части молодой земли, образовался сравнительно однообразный поверхностный жидкий пояс, богатый железом. Вследствие кристаллизационного фракционирования и, возможно, несмесимости жидкостей в этом поясе образовались два слоя; первый, богатый SiO_2 , в значительной степени гранитный, мощностью в 15—20 км (первичный сиаль), и второй, ниже первого, более ферричный и сравнительно более мощный. Верхняя часть нижнего слоя получила название платобазальта. В течении времени весь сиаль и определенная часть базальтового слоя закристаллизовались, и образовалась настоящая кора.

Земная кора образовалась не в один прием. Она представляет продукт многократных погружений вызванного ими расплавления и вновь затвердевания. Такие рассуждения приводят нас к допущению существования одной базальтовой материнской магмы; что касается сиалевой магмы, то она, повидимому, когда-то существовала и целиком закристаллизовалась после нижнего архея.

В 1858 г. Котта (Kotta), затем в 1887 г. независимо от него Грин (Green) и, наконец, в 1902 г. Дэли отметили существование непрерыв-



ного первичного базальтового пояса на определенной глубине земли, основываясь на геологических фактах, а также распространении сейсмических волн.

По этому поводу Дэли [2] замечает: „С ниже-докембрийской эпохи до настоящих дней в силе происходило внедрение снизу базальтовой магмы, которая представлена теперь закристаллизовавшимися габбро, диабазом, базальтом, зелено-каменными породами и т. д. Степень химического однообразия, обнаруживаемая этой магмой, заставляет предполагать первичное ее происхождение“ (стр. 192). „Послекембрийские граниты почти исключительно приурочены к орогеническим поясам, тогда как послекембрийские базальтовые породы наблюдаются и в горах, и на равнинах, и на плато как подводного, так и не подводного характера. Так как магма была экструдирована в громадном объеме и чрезвычайно быстро через узкие трещины, где очевидно она оставалась слишком малое время для ассимилирования чуждого материала, — эта магма, даже докембрийского времени, была базальтовой“ (стр. 192).

Наряду с этим Дэли [2] допускает возможность изменчивости состава базальтового субстрата в пространстве, а также его изменения в разных секторах земли в различные отрезки геологического времени. Автор замечает, что верхняя, в настоящее время закристаллизованная часть субстрата, возможно, имела раньше более кислый характер (стр. 206—207). Относительно этого вопроса он пишет: „Не был ли состав этой верхней части слоя в течение позднего докембрия (цикл Кью-иннеуэн, цикл Бушвельдского комплекса) непосредственно представлен кварцевым диабазом (кварцевым долеритом), гранофировым диабазом и кварцевым габбро, изверженными тогда в таком изобилии? В более позднее время не был ли изверженный верхний слой субстрата представлен безоливиновым (бедным оливином) базальтом, аналогичным непорфиритовому центральному типу (толлейтовому) острова Мул? Являются ли оливиновые базальты обычными в третичных платобазальтах, вследствие того, что в меловой период изверженная верхняя часть субстрата была еще более „фемична?“ (стр. 206).

„Более древние, мезозойские траппы Нью-Джерси и Деккана являются несколько менее основными, чем более молодые третичные траппы района Тулия“ (стр. 207).

Боуэн [1] относительно образования базальтовой магмы высказывает следующую мысль: „Образование исходной базальтовой магмы путем селективного плавления более основного материала, являющегося результатом понижения давления, удовлетворительно объясняет общую недостачу жидкой магмы при повторном плавлении ранее образовавшихся кристаллов, которые оседают в более глубокие горизонты маг-



16 03 53 79
812 41 10 33

матического бассейна, другими словами, вследствие отсутствия таких жидкостей, как перидотитовая“ (стр. 314).

Что касается гранитов и многих других пород, по мнению того же автора, они являются результатом кристаллизационной (гравитационной) дифференциации базальтовой магмы. Это положение основано на многочисленных экспериментах, а также некоторых геологических доказательствах. Некоторые обнаженные, значительные по своим размерам интрузивные тела состоят в своих верхних частях из кислых, а в нижних — из основных пород. Отсюда вытекает вывод, что в необнаженных массивах, по всей вероятности, наблюдается такая же последовательность.

По мнению Дэли, если применить гипотезу Боуэна к первичному сиалу, образовавшемуся втечении нижнего архея, то надо допустить большую концентрацию основного материала под сиалем, что не дает нам состава платобазальтов, т. е. мы не получим расплав, признанный Боуэном за материнский расплав послееархейского гранита. Первичный пояс, находящийся под сиалем, по составу должно быть приближается к перидотиту.

Если послееархейский типичный батолитовый гранит является остаточным расплавом базальтовой магмы, то объем материнского расплава должен быть колоссальным; его горизонтальное распространение должно быть так же велико, как видимый батолит, а мощность должна измеряться десятками километров.

Под видимым гранитом необходимая концентрация мафических минералов образует кору ненормально высокой плотности. Многие батолиты, превышающие средний уровень поверхности континентов, местами должны отличаться чрезмерной положительной аномалией силы тяжести. В действительности же такой избыток аномалии не имеет места.

А. И. Джанелидзе [4] различает два пути образования гранитов. Первый — анатексисом и второй — кристаллизационной дифференциацией базальтовой магмы.

1. Исходя из гипотезы изостазии, автор отмечает, что „В геосинклинали, параллельно с накоплением осадков, происходит денудация гор. Согласно изостазии горная полоса, вместе с понижением рельефа, в целом должна испытывать поднятие. Поэтому в подкоровом слое возникает течение вещества от геосинклинали в направлении гор, что влечет за собой погружение дна геосинклинали“ (стр. 405).

Автор признает гранитизацию осадочных свит в нижних частях геосинклинальных зон. Он пишет: „Мигматизация (первая стадия гранитизации) и гранитизация являются естественным спутниками развития геосинклинали. Глубинная часть горного сооружения, его кристаллическое ядро, также является следствием развития геосинклинали. Оно в

основном представляет продукт разрушения ранее существовавших гор, преобразованный в результате регионального метаморфизма или, как говорит Зедерхольм, анатексиса" (стр. 406).

2. Автор допускает также существование ювенильной гранитной магмы, образование которой объясняет кристаллизационной дифференциацией базальтовой магмы не под геосинклиналью, где ввиду возрастания температуры и давления не имеется соответствующих условий, но под соседними горами, где вследствие денудации уменьшается давление, а охлаждением вызывается опускание геоизотерм вниз.

„В то же время, — замечает автор, — легкий и подвижный ввиду уменьшения давления гранитный материал должен устремиться под горой кверху, т. е. к геосинклинали. Таким образом течение ювенильной гранитной магмы идет от древних гор, весь материал молодым горам доставляют древние горы" (стр. 407).

Относительно приведенных автором соображений следует отметить, что наряду с незначительным уменьшением давления под соседними горами вследствие денудации, в результате непрерывного напора масс из соседних геосинклиналей должно последовать уравнивание давления, что, как нам думается, не даст соответствующих условий для кристаллизационной дифференциации магмы.

Уменьшение давления на базальтовую постель вызвало бы переход базальта в жидкое состояние, и нам представляется сомнительным такое понижение температуры, при котором началась бы кристаллизация базальта, вслед за чем должна последовать кристаллизационная (гравитационная) дифференциация.

Если допустить кристаллизацию базальтовой постели уже в начальной стадии развития геосинклинали, то возникает опасение, что слой определенной толщины базальтовой постели орогена целиком закристаллизуется до складчатости и, если не представить затем расширение масс постели, то, возможно, складчатость и вовсе не будет иметь места.

Ниггли объясняет образование гранитов бушвельдского массива при помощи кристаллизационной дифференциации из основной магмы, ассимиляции же отводит второстепенное место. Между прочим, это воззрение Ниггли не разделяется Рейнигом, Зандбергом, Дэли и другими.

Эскола [17] придал принципу переплавления своеобразный вид.

Он различает двоякого рода граниты.

1. Граниты, получающиеся в результате дифференциации базальтовой магмы так, как это представляет Боуэн.



2. Из каждого пласта земной коры происходит, во время повышения температуры, выплавление гранитной эвтектики. Так как гранитная эвтектика является наиболее легкоплавкой системой, то из всякой породы, содержащей SiO_2 , Al_2O_3 и щелочи, при значительном повышении температуры происходит ее выплавление. В результате же ее выжимания означенная силикатная масса даст палингенный гранит, который образуется вследствие избирательного плавления различных пород.

Эскола считает, что своеобразный химический состав многих метаморфических пород объясняется именно выплавлением из них составных частей гранита.

По мнению Эскола, палингенные граниты отличаются от полученных в результате дифференциации отсутствием рудных контактов.

Такое выжимание гранитной магмы автор сравнивает с потом, который выделяет мать-земля при горообразовательных усилиях.

Сомнительно, чтобы таким выжиманием объяснялось образование громадных масс гранитов.

Феннер [12] приводит возражения против образования гранитов из базальтовой магмы путем гравитационной дифференциации.

1. Теории Боуэна противоречит тот факт, что риолиты и граниты обладают способностью поглощать в большом количестве основные породы.

2. По теории Боуэна трудно объяснить образование анортозитов, пироксенитов и дунитов, которые нередко дают интрузивные дайки.

3. Риолиты и базальты часто встречаются вместе, но во время вулканических извержений излияния промежуточных лав не имели места.

4. В некоторых основных магмах к концу кристаллизации соотношение $\text{FeO} : \text{MgO}$ не увеличивается, как следовало ожидать по теории Боуэна, а уменьшается.

По вычислению Феннера, в результате кристаллизации базальтовой магмы остается 12% эвтектической смеси, куда входит 56% альбита, 14% анортита и 30% диопсида, что отвечает не граниту, а сиениту.

По вычислению Левинсон-Лессинга, остаточный расплав дифференциации базальтовой магмы, составляющий 10% всей массы, содержит 50% альбита, 26% анортита и 24% диопсида, что отвечает сиениту.

По данным Граута (Grout F.) в результате кристаллизационной дифференциации базальтовой магмы из всей массы только $\frac{1}{10}$ часть может иметь гранитный состав.

Феннер отмечает, что остаточная жидкость дифференциации базальтовой магмы должна быть обогащена железом, на что Эскола отве-

чает [17], что действительно граниты сравнительно богаты железом. По мнению же Левинсон-Лессинга, ответ Эсколы не является достоверным.

Кроме того, возражая против получения гранитов путем кристаллизационной дифференциации базальтовой магмы, Феннер отмечает, что остаточная часть дифференциации магмы даст пироксен, полевой шпат и магнетит, что не соответствует граниту.

В базальте плагиоклаз кристаллизуется раньше авгита. Пример этого дают породы офитовой структуры.

Боуэн [1] подвергает анализу соображения Феннера и, приведя целый ряд фактических данных, опровергает его положения. Относительно офитовой структуры базальтов Боуэн замечает, что ее следует рассматривать, как результат одновременной кристаллизации плагиоклаза и авгита, при этом, в условиях быстрого роста, плагиоклаз имеет больше тенденции к идиоморфизму (стр. 71).

Соответствующую главу своего труда Боуэн заканчивает следующими словами: „Таким образом мы можем установить, как вывод из данной главы, что при кристаллизации базальтовой магмы плагиоклаз и пироксен кристаллизуются одновременно, начиная с очень ранней стадии (стр. 73).

В. Н. Лодочников [11], резкий противник гипотезы гравитационной дифференциации, отмечает, что эта гипотеза не в состоянии объяснить самый существенный вопрос петрологии — наличие в природе двух основных групп пород, а именно: гранит — гранодиоритов и андезит — базальтов.

Как известно, еще в 1877 г., Рейер приводил в качестве доказательства существования двух магм значительное распространение кислых и основных пород и сравнительно меньшее распространение переходных типов.

Никто существенно не противоречит получению гранитов в небольшом количестве из базальтовой магмы, согласно схеме Боуэна, но когда вопрос касается обширных гранитных массивов, то здесь уже проявляется несостоятельность схемы, т. к. простое арифметическое вычисление обнаруживает, что нижняя часть глубинных интрузивных массивов главным образом должна состоять из основных пород, верхняя же небольшая часть может иметь гранитоидный состав.

В последнее время некоторые исследователи считают материнскую магму не основной, а средней.

В 1931 г. Фогт [13] отметил, что первичная магма, в результате кристаллизационной дифференциации которой получается гранит, имеет не базальтовый состав, как думают Дэли и Боуэн, и не сиенитовый,

как считают Кларк и Вашингтон, а кварцево-диоритовый, с содержанием 65% SiO_2 .

В 1933 г. на XVI Международном геологическом конгрессе Зедерхольм [6] подчеркнул то обстоятельство, что гранитная магма образуется в результате дифференциации не основной магмы, а скорее из магмы среднего типа. Гранитная кора существует с ранних времен. Молодые граниты образуются переплавлением древних осадков и гранитов или палингенезом.

Левинсон-Лессинг являлся одним из сильнейших защитником существования двух материнских (родоначальных) магм. Начиная с 1910 г. и до последних дней своей жизни, он систематически подбирал новые доказательства для подтверждения этой гипотезы [8, 9, 10], несмотря на то, что признавал [17]: „Базальтовая магма повторялась во все геологические периоды, с нее обыкновенно начинались циклы извержений, она признается всеми, хотя мнения об ее физическом состоянии и расходятся“ (стр. 8).

В доказательство невозможности объяснить разнообразие существующих в природе пород дифференциацией одной основной магмы и необходимости допустить существование двух магм, автор приводит следующие три положения [10]:

1. Непосредственных переходов между основными и кислыми породами ни в интрузивных образованиях, ни в лавовых сериях нет.
2. Там, где такие переходные звенья как будто и имеются, они обыкновенно оказываются убулдовыми породами.
3. При совместном нахождении в сложных комплексных интрузивах гранитов и габбро, детальное геологическое их изучение всегда обнаруживает одновременное их появление в данном массиве“ (стр. 17).

Автор отмечает, что сиениты геологически и химико-минералогически связаны с одной стороны с кислыми породами, с другой же стороны посредством габбро-сиенитов и монцонитов — с габбро. В последнее время установлена связь трахита с базальтами Тихого Океана; автор замечает: „Таким образом, для сиенитов и трахитов устанавливается двойная генеалогическая связь, но они вместе с тем отнюдь не являются генетическим связующим звеном между породами кислой и основной магм. Насколько мне известно, достоверных примеров формаций с бесспорными связующими звеньями от габбро к сиенитам и от этих последних к гранитам (или от базальтов через трахиты к липаритам) не существует. Совместное нахождение кислых и основных пород само по себе еще не говорит об общности происхождения из единой родоначальной магмы (основной)“ (стр. 17—18).

Из упомянутой связи сиенитовых пород, по мнению автора, не вытекает положение, высказанное Вашингтоном, о сиенитовом составе

материнской магмы и получении из нее двух рядов пород — кислого и основного, хотя это соображение находит некоторое подтверждение в среднем химическом составе всех пород, отвечающем сиениту, а также несмотря на то, что в свое время Иддингсом было установлено начало извержений с магмы среднего состава, впоследствии сменяющейся кислыми и основными извержениями. Сиениты и трахиты не пользуются широким распространением и не дают таких мощных массивов и массовых извержений, как магмы, образующие кислые и основные породы.

Автор считает, что образование сиенитов и трахитов следует объяснить дифференциацией кислой или основной магм.

Между прочим, Левинсон-Лессинг частично признает образование из базальтовой магмы кислого деривата в небольшом количестве. Он допускает, как и Зедерхольм, существование прожилков гранитного состава, представляющих, повидимому, конечный продукт кристаллизационной дифференциации базальтовой магмы. Кроме того, он отмечает, что полученное в результате кристаллизации основной магмы количество микропегматита, встречающегося в некоторых долеритах и габбро-диабазе, незначительно и сомнительно, чтобы он мог образовать мощные гранитные массивы. В большинстве случаев этот микропегматит получается ассимиляцией пород, богатых кремнекислотой, так же, как это имеет место в габбро-диабазе Щелика.

Хольмс [15] не только допускает существование наряду с базальтовой самостоятельной гранитной магмы, но, не довольствуясь этим, высказывает мысль о существовании и третьей самостоятельной магмы, перидотитовой, которая дает ультраосновные породы.

Левинсон-Лессинг [16] относится отрицательно к существованию самостоятельной перидотитовой магмы и замечает, что „Решающим моментом в таких вопросах должны быть не соображения подчас арифметического характера, и возможности вывода тех или иных пород из той или иной магмы путем вычета тех или иных минералов и арифметического комбинирования возможных ассоциаций минералов, а геологические соотношения разных пород той или иной петрографической формации“ (стр. 14).

В качестве таких доказательств автор приводит следующее:

1. Перидотиты не пользуются таким широким распространением, как граниты и базальты. В виде самостоятельных массивов встречаются редко. Обыкновенно они входят в габбровую формацию, как один из ее членов. Между перидотитами и габбро встречаются переходные типы в виде меланократного габбро и палеонатового перидотита. Там, где эти породы входят в одну формацию и соприкасаются друг с другом, неизвестно примеров контактного воздействия между габбро, пиро-

ксенитом и дунитом. За исключением отдельных случаев, перечисленные породы не секут друг друга, а постепенно переходят одна в другую.

2. Если бы перидотитовая магма существовала самостоятельно, то часто наблюдалась бы ее эффузивная фация.

3. Существование отдельных перидотитовых массивов нельзя объяснить существованием самостоятельной магмы, так же как существование сиенитового, диоритового и некоторых других массивов не означает существования их самостоятельных магм.

Если мы допустим существование самостоятельной перидотитовой магмы, то на таком же основании надо допустить существование и пироксенитовой магмы, т. к. пироксениты иногда образуют самостоятельные массивы, и на еще большем основании следует допустить существование дунитовой магмы, т. к. дуниты образуют мощные самостоятельные массивы.

Исходя из этого, Левинсон-Лессинг считает, что перидотиты получаются в результате дифференциации габбровой магмы, хотя автор сталкивается при этом с некоторыми затруднениями.

Одно из затруднений заключается в том, что в габбро-перидотитовой формации уральского типа отсутствуют или играют весьма подчиненную роль анортозиты. Тогда как они должны были образоваться в качестве компенсации при выделении перидотитов путем дифференциации из габбровой магмы. Иначе непонятно, куда ушли щелочи, но, — добавляет автор, — габбровая магма уральского типа вообще бедна щелочами.

Левинсон-Лессинг справедливо замечает следующее: „Я полагаю, что между утверждением, что данная порода пришла в то место, где она застыла в виде жидкости, и предположением о том, что самостоятельная родоначальная магма, различие существенное. В первом случае происхождение данного расплава может быть различно, вопрос о нем не решается только на основании того факта, что порода на месте своего залегания образовалась из расплава; этот последний может и не быть самостоятельной родоначальной магмой, а лишь дифференциационным отпрыском от базальтовой магмы“.

Хесс (Hess) [14], исходя из наблюдений, проведенных в Ост- и Вест-Индии Венинг Мейнесом (Vening Meinesz), который на основании дуг отрицательных аномалий силы тяжести выработал гипотезу горообразования, заключающуюся в непрерывном погружении геосинклинального сиаля, замечает относительно эффузивных пород: „В Ост- и Вест-Индии вулканы, связанные с дугами, лежат с вогнутой стороны дуги и на расстоянии около 100 км от зоны отрицательных аномалий. Вулканические породы, связанные с ними, являются преимущественно

андезитами. Базальтовые лавы очень редки. Однородность эффузивов можно объяснить тем, что магма, питающая вулканы, произошла, вероятно, хотя бы частично, от расплавления дна первоначального прогиба и, возможно, представляет собою первичную кварцево-диоритовую магму, а не дифференциат базальтовой магмы.

Распределение вулканов трудно поддается объяснению; но объяснение, предложенное Мейнесом, кажется, наиболее соответствует фактам. Когда какой либо отрезок внутри дуги глубокого прогиба передвигается внутрь и вниз по прогибу, он может быть растянут в этом направлении под прямыми углами к его движению, как это показано на фигуре. С внешней стороны дуги имеет место обратное явление, а именно: данный отрезок, двигаясь внутрь прогиба, сжимается под прямым углом к направлению движения. Поэтому, хотя магма от расплавления дна прогиба может находиться с обеих сторон его, она найдет легкий доступ к поверхности только на внутренней стороне" (стр. 285—286).

Мы думаем, что вулканические процессы объяснены Мейнесом неудовлетворительно по следующим соображениям:

1. Так как имеет место глубокое погружение, то погруженная сиалевая кора будет настолько лабильна, что образование в ней трещины кажется нам сомнительным.

2. Вследствие сильного погружения мы должны ожидать чистого плавления сиалевой коры, в результате которого в конце концов должны иметь место не только андезитовые, но также дацитовые и липаритовые извержения, что не обнаружено в изученном районе.

3. Ввиду сильного погружения сиала, в результате высокого давления под областью погружения магматическая постель должна находиться в твердом состоянии, поэтому, если не принять во внимание дополнительные явления, которые могут обусловить переход магматической постели в жидкое состояние, то трудно будет представить прорезание магмы к поверхности.

4. Мейнес не дает объяснения базальтовых извержений, которые, хотя в незначительном количестве, но все же фактически существуют. Базальтовые извержения, возможно, указывают на то, что первичная магма была не кварцево-диоритовой (андезитовой), как отмечает автор, а базальтовой, в результате дифференциации которой или ассимиляции сиала (расплавления) получены андезиты, что также нуждается в обосновании.

Об образовании перидотитов Хесс замечает следующее: „Как уже говорилось, эти перидотиты, встречающиеся только в островных дугах, горных поясах и эродированных корнях горных систем, являются образованиями содержащей воду перидотитовой магмы. Их тесная связь



с прогибом, образующим полосу отрицательных аномалий, может быть замечена при рассматривании карт Ост- и Вест-Индии. Поэтому кажется вероятным существование такой генетической связи между ними. Автор предполагает следующую гипотезу: крепкая, легкая верхняя кора (толщиной около 25 км) прогнулась в перидотитовую пиросферу, которая лежит примерно на глубине 60 км. Промежуточный слой (между 25 и 60 км) базальтового материала, будучи значительно более нагретым, не так плотен, как верхняя кора. В результате он деформируется, растекаясь в стороны, и позволяет, таким образом, верхней коре на дне прогиба приходиться в контакт с перидотитовой пиросферой. Дифференциальные давления, развившиеся в районе дна прогиба во время деформации, создают возможность сжатия продуктов частичного расплавления перидотитовой пиросферы. Если эта пиросфера содержала 0,5% воды, то частичная плавка 5% некоторого объема дала бы магму с высоким содержанием воды, подобным содержанию, которое должно было быть в магме перидотита или змеевиков. Образовавшись, эта магма может мигрировать вверх по структурам прогиба и появиться над его осью или в двух зонах по сторонам этой оси" (стр. 286—287).

Приведенная гипотеза образования перидотитовых интрузий, по нашему мнению, страдает следующими недостатками:

1. Сиалевая кора не выдержала бы погружения на глубину 60 км и целиком расплавилась бы раньше, чем достигла перидотитовой пиросферы.

2. При перемещении сиалевой коры в базальтовую пиросферу с 25 км глубины до 60 км, в 35-километровом промежутке мы должны ожидать базальтовые извержения большого масштаба.

3. В результате высокого давления перидотитовая пиросфера должна находиться в твердом состоянии и, т. к. гипотеза подразумевает непрерывное погружение, то, следовательно, не будет условий для ее перехода в жидкое состояние, проникновения в кору и образования интрузий.

4. Если ультраосновные интрузии образуются из первичной перидотитовой магмы, то, аналогично другим районам, например Кавказу, где материнская магма определенно базальтовая и цикл начинается с базальтовых извержений (среднеюрский, эоценовый и др. магматические циклы), и здесь должны иметь место эффузии ультраосновной лавы.

Гипотеза о палингенном образовании гранитов в последнее время привлекает внимание значительной части петрографов. Из старых авторов следует отметить Делецца (Deless) — 1861 г., Хеттона (Hutton J.) — 1795 г., Лаусона (Lawson) — 1897—1898 г. г. и др. Автором новой постановки вопроса палингенезиса и его глубокого анализа считается

Зедерхольм, который не в одной из своих чрезвычайно интересных работ описывает процессы грайфитизации и мигматизации, классически развитые в архейских щитах.

В своей работе о Феноскандии, вышедшей в 1907 г., Зедерхольм в сложной структуре гранитов видит реликт пластообразных пород, в результате неполного расплавления и кристаллизации которых образовались граниты.

В целом ряде систематически опубликованных трудов (1907, 1910, 1913, 1923, 1926, 1933, 1934 г.г.) Зедерхольм первый осветил механизм образования мигматитов. Кроме мигматитов, он впервые описал артериты, вениты, небулиты и т. д. Зедерхольм первый отметил процессы ультраметаморфизма в докембрийских щитах, и расплавление (анатексис) при участии эманаций глубинной магмы и палингенезис, заключающийся в возрождении древних гранит-гнейсов, приобретающих способность жидкого перемещения.

И после Зедерхольма, и одновременно с ним, как за границей, так и в Советском Союзе среди петрографов замечается увлечение этими вопросами, в результате которого опубликована обширная литература, рассмотренная Б. Ф. Куплетским [7]. Мы коснемся некоторых из этих работ.

Дэли, исходя из того, что все гипотезы горообразования подразумевают сильное выгибание сиала вниз и его погружение в субстрат, отмечает, что для компенсации пространства, занятого погруженным сиалом, с той же скоростью должна иметь место инъекция стекловидного базальта. Поэтому корни гор прежде всего секутся базальтовой магмой, в разных же местах небольшие порции этого расплава прорываются в породы складчатых гор.

По прошествии определенного времени глубоко погруженные сиалевые массы расплавляются температурой субстрата. Создаются условия обрушения сиала. В результате абиссального расплавления и растворения погруженных масс различного состава образуется вторичный расплав изменчивого состава, который меняется от диорита или тоналита через гранодиорит до гранита.

Каждый из этих расплавов отличается меньшей плотностью, чем субстратовый базальт, поэтому обладает способностью смешивания, но за отсутствием необходимого для полной диффузии в базальте времени, означенные вторичные магмы, пройдя базальт, поднимаются выше по направлению к корням гор и помещаются под наиболее тонкой корой складчатой структуры. А базальтовая жидкость первой большой инъекции опускается под легкой магмой.

Прорвавшиеся сиалические магмы являются секущими и, следовательно, с самого начала бездонными.



Большие абиссолиты вызывают обрушение и замещают определенную часть кровли, что впоследствии вызывает поднятие большого количества расплава к основаниям гор. Таким образом устанавливается типичная зависимость видимых батолитов. Если абиссальная палингенетическая магма является гранитной, то она остается такого же состава до кристаллизации в верхних горизонтах гор. Если внедренная магма более фемична, например, гранодиоритовая, она или кристаллизуется в породу такого же состава или испытывает дифференциацию, и у кровли нового абиссолита образуется гранит или кварцевый монзонит.

Оригинальна, но сомнительна, высказанная Де-Лури [3] в 1937 г. мысль о том, что первичная магма с небольшим вертикальным распространением в ограниченном участке образуется в результате чистого плавления, при чем в большинстве случаев ее состав должен быть однородный. После этого магма начинает мигрировать, нагревает и расплавляет окружающие породы и меняет таким образом свой состав. Если миграция магмы происходит в породах приблизительно такого же состава, образовавшиеся породы не дадут значительного разнообразия. Если же имеет место длительная миграция в разнородных породах, то продукты остывания будут разнородны. Автор придает процессу дифференциации местное значение и объясняет разнообразие пород ассимиляцией.

По мнению Люжона, приближающемуся к мнению Ога, граниты образуются не из магмы, а из глинистых осадков в процессе складчатости геосинклиналей, во время которого выделяется теплота в количестве, необходимом для расплавления пород.

Левинсон-Лессинг, критикуя это соображение, замечает следующее:

1. Сами глинистые породы образовались из гранитов, следовательно должны существовать граниты, более древние, чем древнейшие глинистые породы.

2. Разнообразие гранитов превышает разнообразие глинистых пород.

3. Не известно ни одного примера, чтобы в процессе дислокации возникло тепло в количестве, способном вызвать расплавление пород. В плоскостях шарриажей, в ядрах и крыльях складок, в различных надвигах и нарушениях, являющихся выражением действия дислокационных сил, встречаются только катаклазовые явления, милониты и т. д. Нигде не имеется даже признаков частичного расплавления.

4. Гипотеза Люжона не объясняет образования таких гранитов, которые сопровождаются пегматитами, контактными и рудными полями и т. д.

Помимо теорий, признающих получение гранитной магмы в результате анатексиса, существуют теории, приписывающие такое же образование и базальтовой магме.

Хоббс в 1913 г. отметил, что все магматические породы представляют продукт расплавления глинистых пород.

Фермор получает базальтовую магму из гипотетической инфра-плутонической эклогитовой зоны и т. д.

* *
*

Анализируя вышеприведенный фактический материал и отдельные гипотезы, можно сформулировать следующие положения:

1. Прежде всего, если исходить из общих соображений и признать господствующие гипотезы происхождения земли, указывающие, что земля, которая оторвалась от солнца, в результате постепенного охлаждения перешла из газообразного состояния в жидкое, с появлением наконец коры и в процессе постепенного остывания имела место непрерывная вертикальная дифференциация, сначала вероятно по закону несмесимости жидкостей, а потом кристаллизационным (гравитационным) фракционированием, то трудно понять, почему же является спорным в следующий период развития земли при наличии соответствующих условий наличие подобной дифференциации в той базальтовой магме, которая на определенной глубине земли образует непрерывный пояс, что подтверждается не только геофизическими исследованиями, но и геологическими.

Чтобы допустить такую дифференциацию, мы считаем необходимым удаление определенных масс базальтового субстрата из пространства их первоначального нахождения, т. е. их удаление из области, где они находились в определенном равновесии с остальными глубинными массами единого земного тела, т. е. для осуществления процесса дифференциации в большинстве случаев должен иметь место выход базальтовой магмы, представляющей продукт дифференциации единой земной системы, из области равновесия этой системы и образование в нижних частях коры магматических бассейнов большого масштаба.

2. Если исходить из тех же господствующих гипотез происхождения земли, то легко представить, что в развитии земли существовала такая стадия, когда в тонкой силеовой коре земли имели место исключительно инъекции кислой магмы; впоследствии же, вероятно, настал такой период, когда силеовый пояс, вследствие непрерывного охлаждения земли, стал весьма тонким, и в то время, повидимому, происходили не только кислые инъекции, но и основные и, возможно, переходные. Следовательно, мы считаем, что на определенной ступени развития земли, должны были существовать две материнские магмы. Поэтому,



повидимому, не является неправдоподобным утверждение Дэли, что в таком изменчивом составе базальтового субстрата в пространстве и во времени об его изменчивости в различных секторах земли в разные отрезки геологического времени. По его мнению, верхняя часть субстрата, теперь закристаллизованная, возможно, имела, раньше более кислый характер.

Если последовать за этим рассуждением, то надо думать, что при постепенной кристаллизации сиала в истории развития земли настал период, когда первичный сиал оказался почти целиком закристаллизованным или, более точно, сохранился кое-где над базальтовым субстратом в виде спорадических остатков, что вызвано различной скоростью охлаждения в разных секторах земли и горизонтальным перемещением сиала.

Как известно, исходя из скорости прохождения сейсмических волн, которая в Атлантическом океане меньше, чем в Тихом, геологи приходят к заключению, что, возможно, здесь имеет место прерывистое существование сиала. Если эту мысль логически проследить дальше, следует думать, что в дальнейшем на определенном этапе развития земли, должно настать время, когда под тонкой базальтовой корой появится перидотитовый пояс.

3. Заслуживают внимания мнения Дэли, Феннера, Левинсон-Лесинга, Граута и целого ряда других авторов, отмечающих следующее: если послепархейский типичный батолитовый гранит представляет остаточный расплав базальтовой магмы, тогда объем этого материнского расплава должен быть намного больше. По вычислению Граута, в результате кристаллизационной дифференциации базальтовой магмы из всей массы может быть получена $\frac{1}{10}$ часть гранитного состава.

Указанная критика потеряет под собой почву, если процесс дифференциации магмы представим в следующем виде:

Возникшие в результате расширения базальтовой постели магматические течения, направленные к области погружения навстречу друг другу, увлекают за собой изостатически погруженные в магму континентальные массивы, перемещение которых должно носить характер толчков, т. е. повидимому имеет место периодическое накопление энергии.

При достаточном приближении подвижных массивов, в основании складчатой системы должны иметь место медленные магматические течения, которые направляются от противоположных сторон кверху и, встретившись в верхней части пространства, приблизительно в средней части, отклоняются вниз и таким образом возвращаются к первичному магматическому очагу.

В верхних частях образовавшегося магматического бассейна начинается процесс медленной кристаллизации базальтовой магмы, и одновременно имеет место длительный процесс гравитационного фракционирования.

06.09.2020
8:02:00 PM 10333

рования ранее выделенных основных минералов, в результате чего нижняя часть магматического бассейна приобретает целиком кислый характер. Погруженные минералы, с одной стороны в силу гравитационного принципа, с другой — благодаря нисходящему течению магматических токов, направляются вниз и смешиваются с бездонными массами первичной базальтовой постели.

По бокам бассейна вновь поступающие базальтовые потоки не доходят до верхней части магматического бассейна и, достигнув полосы кислого дифференциата, отклоняются сначала во встречно-горизонтальном направлении, а затем, в области встречи, вниз.

Чем медленнее и длительнее протекает процесс складчатости, тем больше возможности для полного или почти полного перехода магматического бассейна базальтового состава в гранитный, постепенная кристаллизация которого сверху до низа дает гранитный массив больших размеров.

В процессе постепенной дифференциации магматического бассейна имеют место инъекции магмы из верхней, еще не закристаллизовавшейся части бассейна в верхние горизонты складчатой структуры, причем образуются гипабиссальные интрузии, подобные изученным нами на Кавказе послепалеозойским.

В начальной стадии дифференциации магматического бассейна имеет место внедрение слабо дифференцированной магмы, каждый же последующий импульс обнаруживает непрерывное возрастание кислотности.

На последней стадии кристаллизации части гранитного магматического бассейна, в результате воздействия сил складчатости, происходит выжимание определенных масс расплава щелочного полевого шпата и кварца, а затем в основном чистой кремнекислоты, в результате чего в абиссальном массиве, а также в гипабиссальных интрузивах образуются жилы пегматитов, аплитов и кварца.

4. Хорошо обоснован вопрос палингенетического происхождения гранитов, хотя отдельные вопросы, вытекающие из гипотезы, иногда являются спорными.

Приложим палингенетическую гипотезу к некоторым установленным нами на Кавказе магматическим циклам.

В начальной стадии погружения земной коры, в связи с отдельными эпизодическими расширениями, обуславливающими переход твердой базальтовой постели в жидкое состояние, имеют место извержения первичной базальтовой магмы, впоследствии же, при еще большем погружении коры гранитоидного состава и ее длительном нахождении в базальтовой пиросфере, а также повидимому в результате радиоактивных процессов, происходит ее постепенное расплавление, вследствие чего имеют место сначала инъекции переходного состава, затем, благо-



даря чистому плавлению верхней части сиалевой коры и образованию гранитоидного расплава в земную кору проникает кислая магма. Больше прогибание и следовательно плавление сиалевой коры совпадает с фазой складчатости.

К концу повторной кристаллизации регенерированной гранитоидной магмы, в результате воздействия тангенциальных сил происходит выжимание из массива еще не закристаллизовавшихся определенных масс расплава в основном щелочного полевого шпата и кварца, которые секут материнский массив, проникают к гипабиссальным интрузиям и образуют жилы пегматита, аплита кварца.

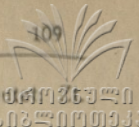
Объяснение таким путем изученных нами магматических циклов сопровождается некоторыми трудностями.

Связь с кавказскими интрузиями определенного состава и возраста определенных металлогенических провинций показывает, что эти большей частью гранитоидные интрузии образовались не палингенетическим путем, а в результате дифференциации магмы.

Несмотря на это, мы считаем возможным приписать палингенезису наличие кислых извержений в лейасе и верхнем плиоцене Грузии.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Боуэн Н. Л., Эволюция изверженных пород. 1931 г.
2. Дэли Р. О., Изверженные породы и глубины земли: ОНТИ НКТП СССР, 1936.
3. Де-Лури (Luty de J. S.) Heterogeneity of Parent Magma: Jour. of Geology, v. 45, N. 4, 1937.
4. Джанелидзе А. И., შობის წარმოშობის სპობისათვის: Сообщ. Ак.Наук ГССР, т. IV, № 5, 1943.
5. Заридзе Г. М., Генезис магматических пород: Изд. Тб. Гос. Университета им. Сталина. 1939.
6. Зедерхольм (Sederholm J. J.), On Batholiths and the origin of the Granitic Magma. Internat. Geolog. Congress. Report of the XVI Session. Washington, 1933.
7. Куплетский Б. М., Обзор современных взглядов на происхождение гранитов: Изв. Ак. Наук СССР, сер. геологич. № 3, 1942.
8. Левинсон-Лессинг Ф. Ю., Об основных проблемах петрогенезиса: Изв. СПб Политех. Инст., 1910.
9. Левинсон-Лессинг Ф. Ю., К вопросу о генезисе изверженных пород: Тр. Минерал. Музея Ак. Наук СССР, т. III, 1928.
10. Левинсон-Лессинг Ф. Ю., Проблема генезиса магматических пород и пути к ее разрешению. Изд. Ак. Наук СССР, 1934.
11. Лодочников В. Н., К статье N. L. Bowen „The Problem of the Anorthositic“: Геологич. Вестник, т. IV, 1918—21.
12. Феннер (Fenner C. N.), The Residual Liquids of Crystallising Magmas: Mineral Magaz. v. 52, N. 134, 1931.



13. Фогт (Vogt J. H. L.), Die Genesis der Granite physiko-chemisch behandelt deutsch. geolog. Gesell., B. 83, H. 4, 1931.
14. Хессе Гарри Гаммонд., Островные дуги, аномалии силы тяжести и интрузии серпентинита (к проблеме офиолитов). Международный Геологич. Конгресс. Тр. XVII сессии т. II, 1937, стр. 279—300.
15. Холмс (Holms A.), The origin of igneous rocks: Geolog. Magaz. v. LXIX, 1932.
16. Левинсон-Лессинг Ф. Ю., Проблема генезиса магматических пород и пути к ее разрешению. Изд. Ак. Наук СССР, 1934.
17. Эскола (Escola P.), On the origin of granitic magmas. Т. М. Р. М., 1933.

Тбилисский Государственный Университет
им. Сталина
Кафедра минералогии и петрографии

(Поступило в редакцию 12. XII. 1945).

3. ზარიძე

ღელა მავიისა და მისი დიფერენციაციის შესახებ კავკასიის მავიური ქანების შესწავლასთან დაკავშირებით

რეზიუმე

კავკასიის პალეოზოოლოგიის შემდგომ მაგმურ წარმონაქმნთა შესწავლას და სათანადო ლიტერატურის კრიტიკულ გარჩევას შემდეგ დასკვნებამდე მივყავართ:

1. უპირველეს ყოვლისა თუ საერთო მოსაზრებებიდან გამოვალთ და გავიზიარებთ მიწის წარმოშობის გაბატონებულ ჰიპოთეზს, რომლის მიხედვითაც მიწა, რომელიც პირველად მზეს მოსწყდა აირად მდგომარეობიდან თანდათან გაცივებით გადავიდა თხევად მდგომარეობაში და, ბოლოს, გაუჩნდა ქერქი და ადგილი ჰქონდა განუწყვეტელ ვერტიკალურ დიფერენციაციას ჯერ ალბათ თხევად მდგომარეობაში, შემდეგ კი კრისტალიზაციის პროცესში გრავიტაციური ფრაქციონირებით, ძნელი ვასაგებია, თუ რატომ არის საკამათო მიწის განვითარების შემდეგ პერიოდში, სათანადო პირობების არსებობისას ანალოგიური დიფერენციაციის დაშვება იმ ბაზალტურ მაგმაში, რომელიც მიწას გარკვეულ სიღრმეზე უწყვეტ სარტყლად მიუყვება და რაც არა მარტო გეოფიზიკური, არამედ გეოლოგიური საბუთებითაც მტკიცდება.

ასეთი დიფერენციაციის დაშვებისათვის საჭირო იქნება ბაზალტური სუბსტრატის გარკვეული მასების მათი მყობადობის არედან გამოსვლა, რადგან ისინი მიწის მთლიანი სისტემის სხვა დანარჩენ სიღრმის მასებთან გარკვეულ წონასწორობაში იმყოფებიან. სხვა სიტყვებით რომ ვსთქვათ, დიფერენციაციის პროცესის განხორციელებისათვის საჭიროა ბაზალტური მაგმის, რომელიც წარმოადგენს მიწის ერთიანი სისტემის პირველადი დიფერენციაციის პროდუქტს, ამ სისტემის წონასწორობის არედან გამოსვლა და ქერქის ქვედა ნაწილებში დიდი ზომის მაგმური აუზების წარმოშობა.



2. თუ ისევ მიწის წარმოშობის გაბატონებულ ჰიპოთეზებიდან ვალთ, ადგილი წარმოსადგენია, რომ მიწის განვითარებაში ალბათ არსებობდა ისეთი სტადია, როდესაც მიწის თხელ სიალურ ქერქში, ხდებოდა მხოლოდ და მხოლოდ მუავე მაგმის ინექციები, შემდეგ კი დადგებოდა ისეთი დრო, როდესაც სიალური სარტყელი, მიწის განუწყვეტელი გაციების გამო ძალიან შემცირდა. ამ დროს ალბათ წარმოებდა არა მარტო მუავე ინექციები, არამედ ფუძეც და შესაძლებელია გარდამავალიც. მაშასადამე, ვფიქრობთ, რომ მიწის განვითარების გარკვეულ საფეხურზე ადგილი უნდა ჰქონოდა ორი დედა მაგმის არსებობას. ამიტომ არ უნდა იყოს სიმართლეს დაცილებული დელის დაშვება იმის შესახებ, რომ შესაძლოა ბაზალტური სუბსტრატი სიერცეში ცვალებადი შემადგენლობისაა და რომ იგი მიწის სხვადასხვა სექტორში და გეოლოგიური დროის სხვადასხვა მონაკვეთში ცვალებადია. მისი აზრით სუბსტრატის ზედა ნაწილი, რომელიც ახლა დაკრისტალბულია, შესაძლოა ადრე უფრო მუავე ხასიათის ყოფილიყო. თუ ასეთ მსჯელობას ლოგიკურად განვავითარებთ, უნდა ვიფიქროთ, რომ პირველადი სიალის თანდათან დაკრისტალბებისას, მიწის განვითარების ისტორიაში დადგა ისეთი პერიოდი, როდესაც პირველადი სიალი თითქმის მთლიანად დაკრისტალდა, ან, უფრო სწორედ რომ ვსთქვათ, ბაზალტურ სუბსტრატზე აქა-იქ სპორადიული ნარჩენების სახით-ღა დარჩა, რაც მიწის სხვადასხვა სექტორში გაციების სხვადასხვა სისწრაფით და სიალის ჰორიზონტული გადაადგილებით არის გამოწვეული.

სეისმური ტალღების გავლის სისწრაფიდან გამომდინარე, რომელიც ატლანტიკურ ოკეანეში უფრო ნაკლებია, ვიდრე წყნარ ოკეანეში, გეოლოგები იმ დასკვნამდე მიდიან, რომ შესაძლებელია აქ ადგილი ჰქონდეს სიალის წყვეტილ არსებობას. ამ მოსაზრებას წყალქვეშა ვულკანური ამოფრქვევებიც ამტკიცებენ. თუ აზრის ამ თანამიმდევრობას კიდევ უფრო განვავითარებთ, იძულებული გავხდებით დავუშვათ, რომ მიწის ისტორიის რომელიმე შემდგომ ეტაპზე უნდა დადგეს ისეთი დრო, როდესაც თხელ ბაზალტურ ქერქის ქვეშ, აქა-იქ ფანჯრების სახით, გამოჩნდეს პერიოდული სარტყელი.

3. საყურადღებოა დელის, ფენერის, ლევინსონ-ლესინგის, გრაუტის და მთელი რიგი ავტორების კრიტიკა იმის შესახებ, რომ თუ არქეულის შემდგომი ტიპური ბათოლითის გრანიტი წარმოადგენს ბაზალტური მაგმის ნარჩენ ნაღობს, მაშინ ამ დედა ნაღობის მოცულობა უნდა იყოს ბევრად უფრო მეტი. გრაუტის გამოანგარიშებით ბაზალტური მაგმის კრისტალიზაციური დიფერენციაციის შედეგად მთელი მასიდან შეიძლება $\frac{1}{10}$ გრანიტული შემადგენლობის ნაწილი იქნას მიღებული.

აღნიშნული კრიტიკა ძალას დაჰკარგავს, თუ ჩვენ დიფერენციაციის პროცესს შემდეგნაირად წარმოვიდგენთ:

ბაზალტური საგების გაფართოების შედეგად გაჩენილი მაგმური ნაკადები დაძირვის ოლქისაკენ შემხვედრ მიმართულებით მიედინებიან და თან მიაცურებენ გამლღვარ ბაზალტურ ნაღობში იზოსტატიკურად მოტივტივე კონტინენტურ მასივებს, რომელთა გადაადგილებას ბიძგისებური ხასიათი უნდა ჰქონდეს, რადგან ალბათ ადგილი აქვს ენერჯიის პერიოდულ დაგრო-



ვებას. მოძრავი მასივების საკმაო დაახლოვებისას, დანაოქების სისტემის ადგილი უნდა ჰქონდეს საწინააღმდეგო მხრიდან ზევითკენ მიმართულ მაგმური ნაკადების ნელ დინებას, რომლებიც სივრცის ზედა ნაწილში, დაახლოვებით შუა ადგილას შეხვედრისას, ქვევითკენ გადატყდებიან და ამნაირად პირველად მაგმურ კერას უბრუნდებიან.

წარმოშობილ მაგმურ აუზის ზედა ნაწილში იწყება ბაზალტური მაგმის ნელი კრისტალიზაციის პროცესი, სადაც ერთდროულად ადგილი ექნება ადრე გამოყოფილ ფუქე მინერალების გრავეიტაციულ ფრაქციონირების ხანგრძლივ პროცესს, რის შედეგადაც მაგმური აუზის ზედა ნაწილი თანდათანობით უფრო და უფრო მეტე ხასიათს მიიღებს. დაძირული მინერალები, ერთის მხრივ გრავეიტაციული პროცესით და მეორე მხრივ დაღმავალი მიმართულების ნქონე ნაკადებით, ქვევითკენ მიმართებიან და პირველადი ბაზალტური საგების უძირო მახეში ერევიან.

გვერდებიდან ახლად მოდინებული ბაზალტური ნაკადები მაგმური აუზის თავამდე ვეღარ ადიან და, აღწევენ რა მეტე დიფერენციაციის ზოლს, ჯერ შემხვედრ ჰორიზონტულ მიმართულებით გადინებიან და შემდეგ შეხვედრის არეში ქვევითკენ გადატყდებიან. რაც უფრო დანაოქების პროცესი არის ხანგრძლივი, მით უფრო მთელი ან თითქმის მთელი ბაზალტური შემადგენლობის მაგმური აუზის გრანიტულში გადასვლის მეტი შესაძლებლობა არსებობს, რომლის ზევიდან ქვევით თანდათან დაკრისტალდება მოვკცემს დიდი სიდიდის გრანიტულ მასივს.

მაგმური აუზის თანდათან დიფერენციაციის პროცესში, აუზის ზედა, ჯერ კიდევ დაუკრისტალბებლ ნაწილიდან, დანაოქებული სტრუქტურის ზედა ჰორიზონტებში ადგილი ექნება მაგმის ინექციებს, რომლებიც მოვკცემენ მეტე ჰიპაბისურ ინტრუზივებს.

მაგმური აუზის დიფერენციაციის საწყის სტადიაში ადგილი ექნება სუსტად დიფერენცირებული მაგმის შემოქრას, ყოველი შემდგომი იმპულსი კი გააოამჟღავნებს სიმჟავიანობის განუწყვეტელ ზრდას.

მაგმური აუზის გარკვეული გრანიტიდული ნაწილის კრისტალიზაციის უკანასკნელ სტადიაზე, დანაოქების ძალათა მოქმედების შედეგად, მოხდება ტუტე მინდვრის შპატისა და კვარცის გარკვეულ მასების, შემდეგ კი, ძირითადად სუფთა SiO_2 -ის ნაღნობის გამოწურვა, რაც პირველად მასივში და აგრეთვე ჰიპაბისურ ინტრუზივებში პემატიტებს, აპლიტებს და კვარცის ძარღვებს წარმოშობს.

4. კარგად არის დასაბუთებული გრანიტების პალინგენეტურად წარმოშობის საკითხი, მიუხედავად იმისა, რომ ამ ჰიპოთეზიდან გამომდინარე ცალკეული დებულებანი ზოგჯერ კამათს იწვევენ.

საინტერესოა, თუ როგორ სახეს მიიღებს პალინგენეზისის ჰიპოთეზი, თუ მას საქართველოში ჩვენ მიერ დადგენილ მაგმურ ციკლებს მიეუყენებთ.

მიწის ქერქის დაძირვის საწყის სტადიაში, გაფართოვების ცალკეულ ეპიზოდებთან დაკავშირებით, რაც მაგარი ბაზალტური საგების თხევად მდგომარეობაში გადასვლას გამოიწვევს, ადგილი ექნება პირველადი ბაზალტური

მაგმის ამოფრქვევებს, შემდეგ კი, როდესაც გრანიტოიდული შემადგენლობის ქერქი მეტად დაიძირება, უფრო ხანგრძლივად დაჰყოფს ბაზალტურ სფეროში და აგრეთვე შესაძლებელია რადიოაქტიური პროცესების შედეგად მოხდება მისი თანდათან გაღვობა, რის გამოც ადგილი ექნება ჯერ გარდამავალი შემადგენლობის ინექციებს, შემდეგ კი სიალური ქერქის ზედანაწილის სუფთა ლღვობის და გრანიტოიდული ნადნობის წარმოშობის განოსიალური ქერქის ზედა ნაწილში მჟავე მაგმა შეიჭრება.

მაქსიმალური დაძირვა და, მაშასადამე, სიალური ქერქის დნობა შესაძლოა დაემთხვეს დანაოჭების ფაზას.

რეგენირებული გრანიტოიდული მაგმის ხელახალი დაკრისტალების ბოლოსტადიაში, ვაცივების პროცესში მყოფ მასივიდან ტანგენცური ძალების მოქმედების შედეგად ხდება ჯერ კიდევ დაუკრისტალბელი ძირითადად ტუტე მინდვრის შპატის და კვარცის ნადნობის გარკვეული მასების გამოწურვა, რომლებიც გაჰკვეთენ ჯერ დედა მასივს, შემდეგ კი ჰიპობისური ინტრუზივებისაკენ გამოიჭრებიან და წარმოშობენ პეგმატიტებს, აპლიტებს და კვარცის ძარღვებს.

ჩვენ მიერ კავკასიაში დადგენილ მაგმურ ციკლებში არსებული თანამიმდევრობის ასეთი გზით ახსნას რიგი სიძნელები ეღობება.

კავკასიაში და საერთოდაც გარკვეული შემადგენლობის და ასაკის ინტრუზივების გარკვეულ მეტალოგენურ პროვინციებთან კავშირი მიგვითითებს, რომ ეს, მეტწილ შემთხვევაში გრანიტოიდული ინტრუზივები წარმოიშენენ არა პალინგენეზისის, არამედ მაგმის დიფერენციაციის შედეგად.

მიუხედავად ამისა, ჩვენ შესაძლებლად მიგვაჩნია საქართველოს ზოგიერთ მაგმურ ციკლებში, მაგალითად, ლიასში და ზედა პლიოცენში, მაგმური აქტივობის დასაწყისში მჟამე ამოფრქვევების არსებობა, პალინგენეზისის მივაწეროთ.

აღ. ასანიაშვილი

კარტოგრაფია და მისი საგანი

კარტოგრაფიის საგნის არსი ძველად და ახლად

სხვადასხვა დროის მეცნიერები, გეოდეზიისა და კარტოგრაფიის დიდი სპეციალისტები, სხვადასხვანაირად განმარტავდნენ კარტოგრაფიის საგანს და მის ამოცანებს.

ჯერ ნახევარი საუკუნეც არ გასულა იმ დროიდან, როდესაც დიდმა რუსმა მეცნიერმა ვასილი ვასილის ძე ვიტკოვსკიმ მტკიცე საძირკველი შეუქმნა რუსულ გეოდეზიურ და კარტოგრაფიულ მეცნიერებას. მას ეკუთვნის სამი დიდი ნაშრომი გეოდეზიისა, კარტოგრაფიისა და ტოპოგრაფიაში, რომლებიც თავისი დროისათვის მეცნიერებათა ამ დარგების განვითარებას განასახიერებდნენ და რუსულ გეოდეზიურ მეცნიერებას იმდროინდელი მოწინავე ევროპული ქვეყნების შესაბამე მეცნიერებათა დონეზე აყენებდნენ.

თითქოს დიდი დრო არ უნდა იყოს გასული ამ დიდი რუსი მეცნიერის ნაშრომთა გამოქვეყნების შემდეგ, რომ დღეს ისევ არ დასმულიყო საკითხი კარტოგრაფიის საგნის არსისა და მისი ამოცანების შესახებ. ამ საკითხის არსის განსაზღვრა მაშინ თავისი დროის მეცნიერების დონემდე ჰქონდა აყვანილი ამ დღიად მეცნიერს.

აი როგორ განმარტავდა იგი მაშინ კარტოგრაფიის არსს:

„...задача Картографии, как науки, ограничивается построением сети меридианов и параллелей; заполнение же сети подробностями земной поверхности, получаемыми из съемок, представляет уже технику составления карт“¹.

კარტოგრაფიის არსის ასეთი გაგება სრულიად შეეფერებოდა გეოგრაფიული მეცნიერების იმდროინდელ შინაარსსაც, როდესაც აღწერილობითი გეოგრაფია ყოველთვის წარმატებით იყენებდა რუკას, როგორც მხოლოდ და მხოლოდ თავისი მასალის გადმოცემის საუკეთესო მეთოდს, მაგრამ თვითონ ძლიერ ცოტა რამეს აძლევდა მას, მისი შინაარსის გასამდიდრებლად.

მაგრამ როდესაც ჩამოყალიბდა გეოგრაფია მისი თანამედროვე გაგებით, როგორც მეცნიერება, რომელიც კომპლექსურად შეისწავლის დედამიწის ზედა-

¹ В. Витковский, Картография (теория картографических проекций): СПб 1907 г., стр. 5.



პირზე მრავალგვაროვანი ბუნებრივი და საზოგადოებრივი მოვლენების განვითარებას, მათ ურთიერთკავშირს, ურთიერთგანსაზღვრას და ზეგავლენას, მდგომარეობა ძირიანად შეიცვალა.

განვიხილო ნახევარ საუკუნეზე ნაკლები დრო საქმარისი აღმოჩნდა იმისათვის, რომ ძირიანად შეცვლილიყო კარტოგრაფიის არსის ვიტკოვსკისეული განმარტება, რომ კარტოგრაფიულ მეცნიერებას ისეთი ახალი შინაარსი მისცემოდა, რომელიც გეოგრაფიული მეცნიერების მიღწევებით განვითარდებოდა და მის განვითარებასაც თავის მხრივ ხელს შეუწყობდა.

ახლა რუკების შედგენის საკითხი კარტოგრაფიული ბადის უბრალო ტექნიკური შეფასებით აღარ განსაზღვრება. იგი გულისხმობს უკვე მრავალგვაროვან ბუნებრივ და საზოგადოებრივ მოვლენათა გეოგრაფიული განლაგების ისეთ ჩვენებას, რომელიც ემყარება ლანდშაფტის გეოგრაფიულ შემეცნებას.

რუკა ხომ ლანდშაფტის გეოგრაფიული შესწავლის, აღწერისა და გამოყოფის დასაწყისიცაა და ბოლოც, როგორც გავსწავლის თანამედროვე საბჭოთა გეოგრაფიული მეცნიერების წინამძღოლი აკადემიკოსი ლევ სიმონის ძე ბერგი¹. ამიტომ არ შეიძლება ეს ახალი გეოგრაფიული მეცნიერება ვიტკოვსკისეული კარტოგრაფიით დაკმაყოფილდეს.

საბჭოთა მეცნიერების დიდი განვითარების განვლილმა წლებმა დაგვანახეს, რომ მაღალ დონეზე მდგომ საბჭოთა გეოგრაფიული მეცნიერების გვერდით ჩამოყალიბდა ახალი საბჭოური, დიდი ლენინის იმ იდეებით გაშუქებული კარტოგრაფია, რომლებიც მისთვის ჩვეული გენიალობით ჩამოყალიბებულნი ჰქონდა მას 1921 წ. 31 მაისს პავლოვიჩისადმი მიწერილ წერილში:

„НКНАЦ т. Павловичу

31 мая 1921 г.

Т. Павлович

Мной условлено об издании (в Питере) учебного атласа.

Крайне важно было бы приложить карты империализма.

Не возьмет-сь-ли Вы за это?

Примерно 1) колониальные владения 1876—1914—1921, приложением или с особой штриховкой полуколониальных стран (Турция, Персия, Китай и т. п.).

2) Краткая статистика колоний и полуколоний.

3) Карта финансовых зависимостей. Например, на каждой стране \pm с цифрой (миллионы или миллиарды франков), сколько должна эта страна и сколько ей должны.

То-же сравнительно 1876—1914—1921 (если взять 1876, как кульминационный пункт доминионистического капитализма).

4. Желдороги мира с пометкой: в каждой стране, кому больше принадлежат (англичанам, французам, Сев. Америке и т. п.).

¹ იხ. А. С. Берг, Географические зоны СССР, 1947, стр. 11.

Это выйдет чересчур пестро? Можно найти удобные формы, преобладающее отмечать очень сокращенно.

б) Главные источники того сырья, из-за которого идет борьба (нефть, руда и т. п.), — тоже с пометками (‰ или миллионы франков такой-то стране принадлежат).

Нам надо обязательно в учебники вставить подобные карты, конечно, с кратким пояснительным текстом.

Можно дать Вам для подсобной работы помощника статистика.

Прошу ответа, беретесь ли, как и когда.

С ком. пр. Пр. СНК В. Ульянов (Ленин)¹.

ეს წერილი, როგორც ბედნიერი მანათობელი ვარსკვლავი, წინ მიუძღვის დღეს მსოფლიო კარტოგრაფიული შექოქმედების უდიდეს შედეგს — საბჭოთა დიდ მსოფლიო ატლასს², და წითელ ხაზს უსვამს მეცნიერების ამ დარგის პარტიულობასაც.

ამ წერილში, რომელიც აქ თავიდან ბოლომდე მოგვყავს, დიდი ლენინი მოითხოვს ისტორიზმის ასახვას კარტოგრაფიულ გამოსახულებაში და არა სტატიკურ მდგომარეობას; იგი მოითხოვს რუკებზე გადამწყვეტი თარიღებისა და პერიოდების შედარებას, რათა გამოვლინდეს ხარისხობრივი ცვლილებები და იმპერიალიზმის ეპოქის, როგორც მომაკვდავი კაპიტალიზმის, ისტორიული ტენდენციები.

მართალია, დიდი ლენინის ეს მითითებები სასწავლო ატლასის შედგენას ეხებოდა, მაგრამ მათ უდიდესი სახელმძღვანელო მეთოდოლოგიური მნიშვნელობა აქვთ საბჭოთა კარტოგრაფიული მეცნიერებისა და პრაქტიკის განვითარებისათვის, მათი იდეოლოგიური მიმართულებისათვის.

ცხადია, ლენინის იდეებით გამსჭვალული საბჭოთა კარტოგრაფია მარტო ტექნიკურ მეცნიერებათა დარგად კი არ უნდა ჩაითვალოს, როგორც ეს ამ ორი ათეული წლის წინა ხანებამდე ითვლებოდა, არამედ მან თავისი განვითარება გეოგრაფიული მეცნიერების დარგთა შორისაც უნდა ეძიოს. თავისი განვითარების ახალ საფეხურზე კარტოგრაფიას არ შეუძლია მარტო გეოდეზიისა და, მით უმეტეს, კარტოგრაფიული პროექციების ჩარჩოებით შემოიზღუდოს, მას გეოგრაფიული მსოფლმხედველობა და დასაბუთებები ესაჭიროება.

ეს მდგომარეობა დროულად შეიცნო საბჭოეთის გეოგრაფიულმა საზოგადოებამ და იმიტომ იყო, რომ ჯერ კიდევ 1933 წელს პირველმა საკავშირო გეოგრაფიულმა ყრილობამ, თავის რეზოლუციებში, გადაუდებელ პრობლემათა შორის კარტოგრაფიის მეცნიერულ-თეორიული და მეთოდოლოგიური საფუძვლების შექმნის პრობლემაც შეიტანა.

¹ „Ленинский сборник“ XX, стр. 320.

² იხილეთ „Большой Советский атлас Мира“ т. I, стр. I.

ეს რეზოლუცია პირდაპირ მოითხოვდა, რომ გადაწყვეტილიყო გეოგრაფიკული გეომორფოლოგიის, გეოლოგიის, გეობოტანიკოსის, გეოდების, ეკონომიკური გრაფის და კარტოგრაფის მუშაობათა შეხამების ამოცანა ქვეყნის თავდაცვითი ინტერესების მხედველობაში მიღებით¹.

1933 წ. 17 დეკემბერს გამოვიდა სსრ კავშირის სახკომსაბჭოს და ცენტრალური აღმასრულებელი კომიტეტის დადგენილება საბჭოთა დიდი მსოფლიო ატლასის გამოცემის შესახებ. ამ დადგენილების მეშვიდე მუხლი ხაზს უსვავდა ატლასის გამოცემასთან დაკავშირებულ სამეცნიერო და ტექნიკურ პრობლემათა სირთულეს და ამ მუშაობაში სსრ კავშირის ყველა უდიდესი სპეციალისტის, შესაბამის სამეცნიერო-საკვლეფო ინსტიტუტების და უმაღლესი სასწავლებლების მოწვევას გულისხმობდა. („7. В виду сложности связанных с изданием атласа научных и технических проблем привлечь к работе над атласом всех крупнейших специалистов Союза ССР и соответствующих научно-исследовательских институтов и вузов и обязать научные институты включить в свои планы выполнение заданий по большому Советскому атласу мира“)².

ამავე დადგენილებით დაარსებულ იქნა სპეციალური სამეცნიერო-საკვლეფო ინსტიტუტი³ („Научно-издательский институт большого советского атласа мира“), რომელმაც კარტოგრაფიის ეს რთული ამოცანა დასძლია და საბჭოთა მეცნიერებას და ფართო საზოგადოებას მისცა ამ ატლასის პირველი ორი ტომი.

ეს ატლასი, მისი პროგრამის ავტორის — პროფ. ვ. ე. მოტილიოვის ზუსტი გამოთქმით, გვაძლევს მთელი მსოფლიოს ისეთ ჭეშმარიტ სურათს, როგორც წარმოვიდგება ჩვენ იგი მსოფლიოს სამეურნეო და პოლიტიკურ ურთიერთობათა მარქსისტულ-ლენინური ანალიზის საფუძველზე. („подлинную картину мира как она представляется на основе марксистско-ленинского анализа мировых хозяйственных и политических отношений“)⁴. იგი მსოფლიოში არსებულ ყველა სხვა ატლასებიდან გამოირჩევა თავისი სისრულით, ისტორიზმით გამსჭვალული შინაარსის ერთიანობით და პარტიულობით; იგი სოციალიზმის ეპოქის დიადი წარმონაქმნია, საბჭოთა კულტურისა და მეცნიერების იარაღია.

მიუხედავად ყოველივე ზემოთ მოხსენებულისა, არ შეიძლება არ დავეთანხმოთ ინჟ. ა. კომკოვს⁵ იმაში, რომ საბჭოთა კარტოგრაფიის უღაო

¹ Труды Всесоюзного географического съезда, вып. I. Резолюции, изд. ГГО Л. 1934 г.

² Постановление ЦИК и Совнаркома (СССР издание БСАМ) от 17 дек. 1933 г.

³ 1933 წ. ეს ინსტიტუტი შევიდა გეოდებისა და კარტოგრაფიის სახელმწიფო სამმართველოს სისტემაში.

⁴ Проф. К. Е. Мотылев, Программа и содержание карт „Большого советского атласа мира“. Вопросы географии и картографии. Содегиз м. 1935.

⁵ Инж. Комков, Картография в среде географических наук. Сборник научно-технических и производственных статей по геодезии, картографии, топографии, аэро съемке и гравиметрии, вып. I, 1941 г.

მიღწევებთან ერთად მასში ჯერ კიდევ ადგილი აქვს თეორიის ჩამოყალიბების პრაქტიკისაგან, რომ ჯერ კიდევ ძველებურად კარტოგრაფიის უფრო შესწავლილ ნაწილად რჩება მოძღვრება კარტოგრაფიული პროექციების შესახებ. „ეს იმას გვიჩვენებს — ამბობს ინჟ. კომკოვი — რომ მიუხედავად რუკათა მრავალსაუკუნოვანი არსებობისა, კარტოგრაფიის როგორც მეცნიერებას ჯერ არ დაუმთავრებია გაფორმება და ჩამოყალიბების პროცესში იმყოფება“ და რომ ამის გამო „უახლოესი დროის ამოცანას წარმოადგენს — კარტოგრაფიის თეორიული საფუძვლების შექმნა და მისი გამოყვანა საბჭოთა მოწინავე მეცნიერებათა დონეზე“.

მართლაც და ჩვენ ძალიან ღარიბნი ვართ კარტოგრაფიის თეორიული ხასიათის ლიტერატურით. თუ მხედველობაში არ მივიღებთ მათემატიკური კარტოგრაფიის სახელმძღვანელოთა საკმარის რიცხვს, ჩვენ ამ დარგის მთელს არსენალში დავგვრჩება წიგნთა თითებზე ჩამოსათვლელი რაოდენობა. ცხოვრება კი ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის გარდა მოითხოვს ზოგადგეოგრაფიული, პიფსომეტრიული, გეომორფოლოგიური, კლიმატური, გეობოტანიკური, დემოგრაფიული, ეთნოგრაფიული, ისტორიული, სტრატეგიული, ოპერატიული, სატრანსპორტო რუკების შედგენის მეთოდოლოგიას, ქვეყნის თავდაცვის ინტერესები მოითხოვენ საომარ მოქმედებათა თეატრების ისეთი კარტოგრაფიული მომზადების მეთოდოლოგიას, რომელსაც საფუძვლად დაედება დიდი სტალინის მიერ ომის თეატრის კომპლექსური განხილვის დიადი იდეა¹.

ბუ ზემოთ მოყვანილ მოსაზრებებს მიზანშეწონილად ვცნობთ, მაშინ საჭიროა ზოგი რამ კარტოგრაფიის არსის და ამოცანების შესახებ ამ ასპექტში განვიხილოთ.

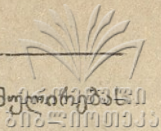
კარტოგრაფია როგორც მეცნიერება და გამოყვანილ მეთოდოლოგიად

ვიდრე ამ საკითხზე დაწვრილებით მსჯელობას დავიწყებდეთ, საჭიროა შევთანხმდეთ პროფ. სალიშჩევის მიერ კარტოგრაფიის იმ განსაზღვრის სისწორეში, რომლის მიხედვითაც კარტოგრაფია მთლიანად წარმოადგენს მეცნიერებას გეოგრაფიული რუკის შესახებ, მისი არსის, ელემენტების და განვითარების შესახებ, აგრეთვე მისი შედგენისა და გამოცემის მეთოდებისა და პროცესების შესახებ. („Картография в целом представляет собой науку о географической карте, ее сущности, элементах и развитии, а также о методах и процессах ее создания и воспроизведения“)².

კარტოგრაფიის ასეთი განსაზღვრის სწორი გაგება მოითხოვს თვით რუკის არსის დადგენას, მით უფრო, რომ ეს საკითხი სხვადასხვა ავტორებს სხვადასხვანაირად აქვთ წარმოდგენილი. პროფ. სალიშჩევი ჩვენ მიერ უკვე ციტირებულ წიგნში საკმარისი სისრულით აქვს ეს საკითხი განხილული,

¹ იხ. ახ. სტალინის წერილი ლენინისადმი წიგნში: К. Е. Ворошилов — Сталин и Красная Армия. Воениздат 1937 г., стр. 24—25.

² К. А. С а л и щ е в, Основы картоведения, общая часть М. 1944, стр. 38.



იგი აქ გეოგრაფიული რუკის არსის განმარტების შემდეგ ფორმულირებაში იძლევა:

„გეოგრაფიული რუკები უნდა განისაზღვროს როგორც დედამიწის ზედაპირის ისეთი პირობითი, შემცირებული და გენერალიზებული გამოსახულებანი სიბრტყეზე, მიღებული განსაზღვრული მათემატიკური კანონით, რომლებიც გვიჩვენებენ მრავალგვაროვან ბუნებრივ და საზოგადოებრივ მოვლენათა გეოგრაფიულ განლაგებას“¹.

ამ განმარტების მეცნიერულ დასაბუთებულობაში ჩვენ ეჭვი არ გვეპარება, იგი სრულიად სამართლიანია. აქ ჩვენ ის გვავინტერესებს, რომ რუკა გვევლინება მეცნიერების ორი დარგის, გეოდეზიისა და გეოგრაფიის, თანამშრომლობის, სინთეზის პროდუქტად.

მართლაც, რამდენადაც რუკა დედამიწის პირობითი და შემცირებული გამოსახულებაა სიბრტყეზე განსაზღვრული მათემატიკური კანონით მიღებული, იმდენად იგი გეოდეზიური მეცნიერების წარმონაქმნია; ასტრონომიული, გეოდეზიური, მათემატიკური და ტოპოგრაფიული გაზომვებისა და გამოთვლების სინთეზია. მაგრამ, რამდენადაც ის მრავალგვარ ბუნებრივ და საზოგადოებრივ მოვლენათა გეოგრაფიული განლაგების გენერალიზებული გამოსახულებაა, იმდენად იგი გეოგრაფიული მეცნიერების წარმონაქმნია და ფიზიკურ-გეოგრაფიული და ეკონომ-გეოგრაფიული კვლევის სინთეზს წარმოადგენს.

ძველი დროის კარტოგრაფებს და გეოგრაფებს ასე არ ესმოდათ რუკა, მათ იგი მარტო გეოდეზიურ, ტოპოგრაფიულ გაზომვებისა და რუკათშედგენის ტექნიკურ სამუშაოთა შედეგად მიაჩნდათ. მაშინ ეს სრულიად კანონზომიერი იყო იმიტომ, რომ თვით გეოგრაფია არ არსებობდა თანამედროვე შინაარსით, ის თვითონ იყო აღწერილობითი საგანი, რომელიც ხშირად თავისი ობიექტის შესასწავლად მხოლოდ რუკას ემყარებოდა, იგი რუკას შეისწავლიდა და არა ცოცხალ ბუნებას, რომელშიც ადამიანები ცხოვრობენ. იმიტომ მაშინ ეს იყო ასატანი იყო, რომ კარტოგრაფია გეოდეზიის შემადგენელ ნაწილად ითვლებოდა, მარტო მისი მიღწევებით იკვებებოდა და მათემატიკური კარტოგრაფიით და რუკათშედგენისა და გამოცემის ტექნიკით კმაყოფილდებოდა.

მაგრამ, აკადემიკოს ფერსმანის ენით რომ ვთქვათ, „დიალექტიკურმა მატერიალიზმმა დაგვანახა, რომ ჩვენი დროის გეოგრაფია ჩვენ გარშემო არსებული ცალკეული ფაქტების მეცნიერება კი არ არის, არამედ იგი არის მეცნიერება იმ ურთიერთკავშირებისა და უღრმეს ურთიერთობათა შესახებ, რომლებიც არსებობენ ბუნებაში ცალკეულ მოვლენათა და მასში მშრომელ ადამიანს შორის“².

თუ ეს ასეა და ამასთან ერთად გვწამს, რომ რუკა გეოგრაფიის „მეორე ენაა“, მაშინ უნდა ვაღიაროთ, რომ თანამედროვე რუკა ის რუკა აღარ არის (ყოველ შემთხვევაში არ უნდა იყოს), რომელიც მსხვილმასშტაბიანი მასალის

¹ К. А. Салищев, Основы картоведения, общая часть М. 1944, стр. 11—12.

² Ферсман, География на службе войны: „Наука и жизнь“ № 11—12, 1942.

უბრალო ტექნიკური შემცირებით და კარტოგრაფიულ-მხატვრული გადართმობით მიიღება, ეს ის რუკა არ არის, რომელიც მხოლოდ აღნუსხავს და განსახავს დედამიწის ზედაპირზე არსებულ ცალკეულ ფაქტებს.

თანამედროვე რუკა სრულიად ახალი წარმონაქმნია, იგი გამოჰყოფს და ხაზს უსვამს ტერიტორიის იმ ძირითად დამახასიათებელ თავისებურებებს, რომლებიც ქვეყნის ამა თუ იმ ნაწილს, გეოგრაფიული ასპექტის (ანუ ლანდშაფტის) საგნებისა და მოვლენების კანონზომიერ დაჯგუფებებს გამოსახავს.

გეოგრაფიული რუკა ისე უნდა იყოს შედგენილი, წერს გე დ ი მ ი ნ ი თავის ახალ სახელმძღვანელოში („Картография“), რომ მის ხაზებსა, წერტილებსა და ფერებში იკითხებოდეს მნიშვნელოვანი გეოგრაფიული სინამდვილე. რომ მდინარეები, მაგალითად, უნდა იკითხებოდნენ არა როგორც კლაკნილი ხაზები, არამედ როგორც მიმდინარე წყლები, რომელთა დინების მიმართულება და კლაკნილობა განისაზღვრება რელიეფის თავისებურებებით და რომელნიც თითონ სცვლიან რელიეფის ფორმებს; ისინი უნდა იკითხებოდნენ როგორც სამდინარო გზები, ჰიდროენერჯის რესურსები და მნიშვნელოვანი ჯგბირები ომიანობის დროს.

ქალაქები, ნავსადგურები, ქარხნები, კოლმეურნეობანი და სხვანი უნდა იკითხებოდნენ როგორც ადგილები, სადაც ცხოვრობს და მოღვაწეობს ადამიანი, სადაც იქმნება და იგზავნება მატერიალური ღირებულებები, საიდანაც ხდება ადამიანთა მოღვაწეობის რეგულირება.

ექვს ვარეშა, რომ ასეთი რუკის შექმნა მოითხოვს მასზე გამოსახავს საგანთა და მოვლენათა წინასწარ ყოველმხრივ შესწავლას მათს ურთიერთკავშირში. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, კარტოგრაფიული გამოსახულების აგება ემყარება (ყოველ შემთხვევაში უნდა ემყარებოდეს) წინასწარი გეოგრაფიული შემეცნების საფუძველს. ეს აზრი კარგად აქვს გამოთქმული პროფ. სალიშჩევის თავის რუკათმკოდნობის წიგნში. ამ წიგნში იგი ამბობს, რომ „კარტოგრაფიული გამოსახულება თავისი არსის მიხედვით პირობითია, ამიტომ ცოცხალი სინამდვილე, რომლის კარტოგრაფირებაც ხდება, უპირველეს ყოვლისა, დრმად უნდა იყოს შემეცნებული თავის ძირითად ნიშნებში და მხოლოდ მას შემდეგ გამოსახული ამა თუ იმ მასშტაბისა და დანიშნულების რუკაზე. ეს გამოსახვა გრაფიკული საშუალებით სწორედ იმგვარად უნდა მოხდეს, რომ სინამდვილის პირობითი გამოსახულება წარმოადგენდეს მის ნამდვილ ობიექტურ კარტოგრაფიულ განსახიერებას“¹.

პროფ. სალიშჩევის მიერ გამოთქმული ეს აზრი, ცხადია, იმას ნიშნავს, რომ რუკა ვერ მიიღებს თავის საჭირო სახეს, თუ კარტოგრაფირებულ ობიექტთა და მოვლენათა წინასწარი შესწავლა, მათი კანონზომიერი გეოგრაფიული განლაგების დადგენა და ლანდშაფტურ ერთეულებად ანუ ასპექტებად გამოყოფა არ იქნა ჩატარებული. ასეთმა გეოგრაფიულმა კვლევამ კარტოგრაფი მეცნიერულად სწორ გზაზე უნდა დააყენოს, ამა თუ იმ ტერიტორიის

¹ К. А. С а л и щ е в, Основы картоведения, общая часть, М. 1944 г., стр. 28.

მთავარი და დამახასიათებელი ობიექტები და მოვლენები უნდა უჩვენოს მას და კარტოგრაფიული გენერალიზაციის მიმართულება და მოცულობა განუჩინოს საზღვროს. უამისოდ კარტოგრაფი ხელოსნად გადაიქცევა, მისი ზოგჯერ ძლიერ თვალსაჩინო და მხატვრულად შესრულებული რუკა სიცოცხლეს დაკარგავს, სინამდვილეს ვერ ასახავს და ეს მით უფრო, რაც უფრო წვრილსა და წვრილ მასშტაბზე გადავა იგი.

ზემოთ მოხსენებულის გამო ვამბობთ, რომ რუკა გეოგრაფიული მეცნიერების წარმონაქმნიცაა, იგი ფიზიკურ-გეოგრაფიული და ეკონომ-გეოგრაფიული კვლევის სინთეზს წარმოადგენს.

თუ ეს ასეა, უნდა დავასკვნათ, რომ კარტოგრაფიის მიღწევები და ზრდა-განვითარება გეოგრაფიის მიღწევებზედაც ყოფილა დამოკიდებული.

ახლა, ჩვენის აზრით, საკმარისი იქნება კარტოგრაფიისა და გეოგრაფიის დიდიქტიკური კავშირის მეორე მხარე, — გეოგრაფიაზე კარტოგრაფიის ზეგავლენა დავადგინოთ და კარტოგრაფიის გეოგრაფიულ მეცნიერებათა ციკლისათვის მიკუთვნების საკითხიც უფრო ნათელი გახდება.

აკადემიკოსი ლ. ს. ბერგი, მაგალითად, ასე განმარტავს რუკის ზეგავლენას გეოგრაფიაზე:

„რუკა არის მეცნიერული ქვეყანათმცოდნეობისა და ლანდშაფტმცოდნეობის საფუძველი. რუკა წარმოადგენს ყოველი გეოგრაფიული კვლევის გამოსავალ წერტილს და მის თანამგზავრს მუშაობის ყოველ სტადიაზე, ამასთან ერთად ის არის მისი საბოლოო შედეგიც. მას სრული უფლებით შეიძლება ეწოდოს „გეოგრაფიის ალფა და ომეგა“¹.

ეს იმას ნიშნავს, რომ რუკა, რომელიც წარმოადგენს გეოგრაფიულ ცოდნათა შედეგს, იმავე დროს თვით არის გეოგრაფიული. შემეცნების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი საშუალება იმდენად, რამდენადაც იძლევა მოვლენათა სივრცობლივი ურთიერთკავშირის დადგენისა და მეცნიერული დასკვნების გამოტანის საშუალებას.

გეოგრაფიული შემეცნება არ კმაყოფილდება ერთხელ შედგენილი რუკით, იგი თავისი განვითარებით უფრო შორს მიდის და სულ ახალ-ახალი რუკების შექმნის საჭიროებას იწვევს.

თანამედროვე რუკები თავისი შინაარსის მიხედვით ორ ჯგუფად იყოფიან: ზოგადგეოგრაფიულ და სპეციალურ რუკებად. პირველი ტიპის რუკები გამოსახავენ გეოგრაფიული ლანდშაფტის ძირითად ნიშნებს, მეორე ტიპისა კი — ტერიტორიის სპეციალური (გეოლოგიური, ნიადაგმცოდნეობითი, ჰიდროლოგიური და სხვა) კვლევის შედეგებს. ამ შედეგთა გამოსახვა რუკაზე შესაბამის მოვლენათა განლაგების, ურთიერთკავშირის და ურთიერთგანსაზღვრის შესწავლისა და გაგების უდიდეს შესაძლებლობას იძლევა.

ამრიგად, პროფ. სალიშჩიკის სიტყვებით რომ ვთქვათ, „ზოგად-გეოგრაფიული რუკის გამოყენება მეცნიერული მიზნებისათვის და სპეციალური რუკების შედგენა ხელს უწყობენ საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა

¹ Л. С. Берг, География: БСЭ, т. 15 изд. 1929 г.

განვითარებას, რაც თავის მხრივ იწვევს კარტოგრაფიის შემდგომ ზრდასა და განვითარებას¹.

ამ აზრის კიდევ უფრო განსამტკიცებლად შეიძლება გეოგრაფიულ მეცნიერებაში მომხდარი დიდი მოვლენა გაეხსენოთ. მხედველობაში გვაქვს ამ მეცნიერების ახალი, დამოუკიდებელი დარგის, გეომორფოლოგიის წარმოშობა. ექვს არ იწვევს ის ფაქტი, რომ ეს მეცნიერება დედამიწის რელიეფის ფორმათა კანონზომიერი განვითარების შესახებ წარმოადგენს კარტოგრაფიისა, გეოგრაფიისა და გეოლოგიის ურთიერთთანამშრომლობის, მათი პროგრესის პროდუქტს. ცნობილი ფრანგი გეოგრაფი ე. მარტონი ცოტა გადაჭარბებით იმასაც კი ამბობდა, რომ ზუსტი ტოპოგრაფიული რუკებისა და გეოლოგიური რუკების გაჩენამდე ყოველგვარა ცდები რელიეფის ფორმათა კლასიფიკაციისა და მათი ევოლუციის ინტერპრეტაციის შესახებ თითქმის ილუზიებს წარმოადგენენ და რომ შეერთებულ შტატებსა და საფრანგეთში დედამიწის ზედაპირის ფორმათა მეცნიერებას საფუძველი ჩაეყარა მხოლოდ ტოპოგრაფიისა და გეოლოგიის ურთიერთთანამშრომლობის საფუძველზე².

ეს თვალსაჩინო მაგალითი კარტოგრაფიის ზეგავლენისა გეოგრაფიის განვითარებაზე ვვიჩვენებს, რომ მეცნიერებათა ეს ორი დარგი ძლიერ მჭიდროდ დაილექტიკურ ურთიერთკავშირში იმყოფებიან.

ჩვენ შეგვიძლია განვაგრძოთ მსჯელობა ამ ურთიერთობის კიდევ უფრო გასაღრმავებლად.

თუ რელიეფის კარტოგრაფიულმა გამოსახულებამ ასეთი დიდი როლი შეასრულა გეოგრაფიული მეცნიერების ერთ-ერთი დარგის ჩამოყალიბებაში, რატომ არ შეიძლება დაეუშვათ, რომ ეს უკანასკნელი მოწოდებულია წინ წასწიოს და განავითაროს კარტოგრაფიული გამოსახულება, გაამდიდროს კარტოგრაფიული მეცნიერება?

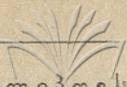
უნდა პირდაპირ ითქვას, რომ ამ მიმართულებით ორი აზრი არ არსებობს არც კარტოგრაფიულსა და არც გეოგრაფიულ მეცნიერებაში, ერთი ცდა მეორეც გეომორფოლოგიის კარტოგრაფიასთან მჭიდროდ თანამშრომლობას მოითხოვენ.

სრულიად სამართლიანია პროფ. მარკოვის განცხადება იმის შესახებ, რომ „თეორიული გეომორფოლოგიის ამოცანას... წარმოადგენს სსრ კავშირის ტერიტორიის გენეტიური დარაიონება, რაც შეიძლება საფუძველად დაედოს სსრ კავშირის თეორიულ-გეოგრაფიული და უპირველეს ყოვლისა წვრილმასშტაბიანი რუკების შედგენას. („Задача теоретической геоморфологии... заключается в создании генетического районирования территории СССР, которое может быть положено в основу составления физико-географических карт СССР и, прежде всего, карт мелкомасштабных“)³.

¹ Салышев, Основы картоведения, общая часть М. 1914 г. стр. 29.

² Э. Мартон, Основы физической географии, т. II, Геоморфология, стр. 3—4.

³ К. К. Марков, Основные проблемы геоморфологии М. 1948, стр. 295.



ამასთან დაკავშირებით პროფ. მარკოვი ეთანხმება ფილტოვანი (რომელსაც ეკუთვნის პირველი მეცნიერული ცდა რელიეფის გენერალური საფუძვლების შესახებ) და ამბობს, რომ უკვე „დასახულია გზები რელიეფის გენერალიზაციის თეორიული ბაზის შესაქმნელად და რომ ისინი (ეს გზები) მდგომარეობენ საბჭოთა ტერიტორიის გენეტიური ნიშნით გამოყოფილ გეომორფოლოგიურ რაიონთა ბადის შექმნაში“¹.

ამ აზრის უდიდესი მნიშვნელობა კარტოგრაფიის ზრდისა და განვითარებისათვის სრულიად გასაგები გახდება. ჩვენთვის, თუ გავიხსენებთ, რომ კარტოგრაფიული გენერალიზაცია „მეცნიერული პროცესია, რომელიც კარტოგრაფიის, როგორც მეცნიერების ქვაკუთხედს წარმოადგენს“ („Это — научный процесс являющийся одним из важнейших элементов картографии как науки“)². ამის გამო სრულიად სამართლიანად უნდა მივიჩნიოთ ინჟინერ-კარტოგრაფ კომკოვის საყვედური გეომორფოლოგიის მიმართ, რომელიც გამოთქმულია მის წერილში „Картография в среде географических наук“³. ამ წერილში ჩვენ ვკითხულობთ: „К сожалению, геоморфология, беря от картографии все, что она может дать, не дает ей в свою очередь того, что могла бы дать для правильного изображения рельефа. Ощущается крайняя необходимость в специальном курсе геоморфологии для картографов“.

ასეთი დამოკიდებულება კარტოგრაფიას მარტო გეომორფოლოგიასთან როდი აქვს. ამგვარადვეა დაკავშირებული იგი ჰიდროლოგიასთან, გეობოტანიკასთან და ეკონომიურ გეოგრაფიასთან. მაგალითად, შეცდომა იქნებოდა გვეფიქრა, რომ კარტოგრაფია ეკონომიურ გეოგრაფიასთან კავშირში მოდის მხოლოდ მაშინ, როდესაც საკითხი დგას ეკონომიური კარტირების შესახებ. ე. ი. ეკონომიური რუკების შედგენის შესახებ. ვინ არ იცის, რომ თვით ზოგადგეოგრაფიულ რუკებზე დასახლებული პუნქტების, გზების და სხვა, ადამიანის ხელით შექმნილი, ობიექტების მეცნიერულად დასაბუთებული გამოსახვისათვის საჭიროა მათი კლასიფიკაცია და გვემაშეზომილი შერჩევა, ტიპურის, დამახასიათებლის და პირველხარისხოვანის გამოყოფა და სოციალურ-ეკონომიური ლანდშაფტის სწორად გადმოცემა. ყოველივე ეს კი შეუძლებელია კარტოგრაფიისა და ეკონომიური გეოგრაფიის უმჭიდროესი კავშირის გარეშე.

კარტოგრაფიული გენერალიზაციის გეოგრაფიული საფუძვლები

იმ დრომდე, ვიდრე გეოგრაფიული მეცნიერების მიღწევანი კარტოგრაფიაში და კერძოდ რუკათშედგენაში შეიკრებოდნენ და ფესვებს გაიდგამდნენ, კარტოგრაფიული გამოსახულების შექმნა მხოლოდ რუკის მასშტაბზე, დანიშნულებაზე და თვით კარტოგრაფის ინდივიდუალურ, სუბიექტურ შეხედულებას

¹ К. К. Марков, Основные проблемы геоморфологии М. 1948, стр. 299.

² Салищев, Основы картоведения, общая часть, М. 1944 г. стр. 28.

³ Сборник научно-технических и производственных статей по геодезии, картографии, топографии, аэро съемке и гравиметрии. Вып. I, 1941.

ბებსა და მუშაობის მანერებზე იყო დამოკიდებული. ამ მიზეზების გამო ხშირად იყო შემთხვევები, როდესაც საკმარისად გამოცდილი კარტოგრაფები, რომლებიც ერთსა და იმავე კარტოგრაფიულ მასალაზე დაყრდნობით ერთი და იგივე ტერიტორიის ერთსა და იმავე მასშტაბის რუკებს ადგენენ, შედეგში სულ სხვადასხვა სახის კარტოგრაფიულ გამოსახულებას ღებულობდნენ. ამ მოვლენის ძირითადი მიზეზი ის იყო, რომ ამ რუკათა ავტორებს სხვადასხვანაირად ჰქონდათ (ან სულ არ ჰქონდათ) გაგებული აღებული ტერიტორიის გეოგრაფიული ლანდშაფტის თავისებურებანი, ამ ლანდშაფტის ყოველი ელემენტის ან მოვლენის მნიშვნელობა და ურთიერთკავშირი.

სულ სხვა მდგომარეობა გვაქვს ახლა, როდესაც გეოგრაფიამ დაიწყო ტერიტორიის კომპლექსური შესწავლა, გეოგრაფიული ლანდშაფტებისა ანუ ასპექტების დადგენა და გეოგრაფიულ ობიექტთა და მოვლენათა ურთიერთზეგავლენის დადგენა, როდესაც კარტოგრაფს უკვე მოეთხოვება ანგარიში გაუწიოს გეოგრაფიული მეცნიერების განვითარების დონეს და გამოიყენოს მისი მიღწევანი.

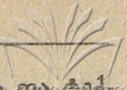
კარტოგრაფიულ ლიტერატურასა და რუკათშედგენის ინსტრუქციებში თანდათანობით უკვე თავს იჩენს სულ უფო მეტი და მეტი რიცხვი მეთოდური მითითებებისა, რომლებიც მიმართულია გეოგრაფიულ ობიექტთა და მოვლენათა გენერალიზაციის სწორ გეოგრაფიულ საფუძველზე დაყენებისაკენ.

ასე, მაგალითად, ფილიპოვი თავის შრომაში „Основы генерализации рельефа на топографических картах“ რელიეფის გამოსახულების გენერალიზაციისას კარტოგრაფისაგან მოითხოვს რელიეფის შემქმნელი ფაქტორების არა მარტო ხასიათის, არამედ მათი გამოვლინების ხარისხის შესწავლასაც. ის სხვათაშორის აღნიშნავს, რომ განსაზღვრული გენეზისისა და განვითარების გარკვეული სტადიის მქონე რელიეფის დამახასიათებელი ფორმების გენერალიზაციის თავისებურებათა ცოდნა კარტოგრაფს ხელში აძლევს იმ რთული ამოცანების გადაწყვეტის მეთოდს, რომელსაც უყენებს მას პრაქტიკა.

ფილიპოვი ამ შრომაში მოითხოვს, რომ რელიეფის შედგენის წინ კარტოგრაფმა ყველა არსებული გეოგრაფიული მასალის მიხედვით უნდა შეისწავლოს კარტოგრაფირებული ტერიტორიის რელიეფი და ამ შესწავლის შედეგად უნდა შეადგინოს რელიეფის სპეციალური სქემა სათანადო განმარტებითი მასალით.

ამ სქემის ძირითადი შინაარსი უნდა იყოს შემდეგი: გამოყოფილ იქნეს, უპირველეს ყოვლისა, ხაზთა ორი სისტემა — წყალთა გამყოფი და წყალთა მავრთი ხაზები; შემოფარგლულ იქნეს ტერიტორიის ის მონაკვეთები, სადაც ადგილი აქვს ერთნაირი ფორმებისა და დანაწევრების ხარისხის მქონე რელიეფის გავრცელებას; ამას გარდა სასურველია აღინიშნოს რელიეფის ცალკეული მნიშვნელოვანი ელემენტები, რომელთა გამოსახვა მომავალ რუკაზე აუცილებელია (ნახსენებები, საფეხურები, მდინარის ტერასები), და მდინარის ხეობათა ხასიათი.

განმარტებითი ტექსტი უნდა შეიცავდეს კარტოგრაფირებული ტერიტორიის ისეთ საერთო დახასიათებას, რომელიც საფუძვლად დაედება ორო-



გრაფიული ერთეულების გამოყოფას. თუ გეოლოგიური სტრუქტურა და ტექტონიკა ნათლად გამოვლინდებიან რელიეფის ფორმებში, მაშინ განმარტება უნდა შეიცავდეს აუცილებელ გეოლოგიურ ცნობებსაც.

მოკვანილი უნდა იქნეს ყოველი ცალკე ერთეულის აღწერა, ამასთან მოთხოვნილებები ვაკე რელიეფისა და მთიანი რელიეფის დახასიათებისათვის უნდა იყოს სხვადასხვა.

ფილიპოვი თავის ამ შრომაში დასკვნის, რომ რელიეფის გენერალიზაციის საფუძვლები წარმოადგენს გეოგრაფიული მეცნიერების იმ დარგს, რომლის განვითარებაშიც ერთნაირად დაინტერესებულია გეოგრაფიაცა და კარტოგრაფიაც. „საჭიროა გვახსოვდეს—წერს ფილიპოვი, რომ ზშირად ტოპოგრაფიული რუკა წარმოადგენს ერთადერთ წყაროს ადგილმდებარეობის გეოგრაფიული და გეოლოგიური შესწავლისათვის. ეს საყოველთაოდ ცნობილი მდგომარეობა საჭირო კარტოგრაფიულ გამოსახულებას მაშინ მიიღებს, როდესაც ურთიერთშეხებაში და ურთიერთგამსჭვალვაში მოვა ცოდნათა ეს ორი, ხელოვნურად გათიშული დარგი“.

„... გეოგრაფი მოვალეა თავისუფლად ფლობდეს დედამიწის კარტოგრაფიული გამოსახულების მეთოდებს. კარტოგრაფს კი, რომელიც გამოსახავს დედამიწის ზედაპირს, შეუძლია შეასრულოს თავისი ამოცანა მხოლოდ და მხოლოდ გენერალიზაციის გეოგრაფიული საფუძვლების ღრმა ცოდნის შემთხვევაში“¹.

ასეთი მდგომარეობა მარტო რელიეფის გამოსახვის დარგში კი არ ხვდება კარტოგრაფს, იგივე მდგომარეობაა ჰიდროგრაფიის, დასახლებული პუნქტების, ნიადაგ-მცენარეული საფარის და გეოგრაფიული ლანდშაფტის სხვა ელემენტების შედგენის დროსაც. აი, მაგალითად, რას მიუთითებს კარტოგრაფს საბჭოთა არმიის გენერალური შტაბის სამხედრო-ტოპოგრაფიული სამმართველოს მიერ გამოცემული „Практическое пособие по составлению топографических карт“ დასახლებული პუნქტების შედგენის შესახებ:

„დასახლებულ პუნქტთა შერჩევასა და განზოგადებაზე ყველაზე უფრო რთულ და გადამწყვეტ გავლენას ახდენენ იმ ადგილთა ტიპები ან რაიონთა ბუნებრივ-ისტორიული პირობები, რომლებზედაც იქმნება ტოპოგრაფიული რუკა“.

„იმდენად მრავალფეროვანია სსრ კავშირის ბუნებრივი პირობები, რომ უაღრესად ძნელია მისი ყველა რაიონისათვის შერჩევასა და განზოგადების ზუსტი ნორმების წინასწარ შემუშავება და ჩვენება, და ეს მით უფრო, რომ რუკის ყოველ ფურცელზე მრავლად შეიძლება აღმოჩნდეს განსაკუთრებული და გაუთვალისწინებელი შემთხვევები“.

„ამასთან ერთად, რუკის შედგენის შემოქმედებითს პროცესში მკლავდება კარტოგრაფის ინდივიდუალური ნიჭიც. ყოველივე ამას მუშაობაში დიდ

¹ Ю. В. Филипов, Основы генерализации рельефа на топографических картах: Труды Центрального Научно-Исследовательского Института геодезии, аэросъемки и картографии, вып. 47, 1946 г.

მერყეობამდე შეუძლია მიგვიყვანოს და უფრო გააძნელოს კანონზომიერების დამყარება შერჩევასა და განზოგადებაში. ამიტომ რომელიმე რუკის შედგენის დროს, აუცილებელია ამ მუშაობაში მონაწილე ყველა კარტოგრაფებმა, უპირველეს ყოვლისა, მიაღწიონ გამოსასახის ადგილის და მისი ცალკეული ობიექტების ერთიან გაგებასა და შეფასებას¹ (ხაზგასმულია ჩემ მიერ — ა. ა.).

ნიადაგ-მცენარეული საფარის შესახებ ნათქვამია:

კარტოგრაფირებული რაიონის შესწავლის დროს აუცილებელია დადგენილ იქნეს, თუ ნიადაგ-მცენარეულთა რომელ ზონას მიეკუთვნება ეს რაიონი და როგორია ამ ზონაში ნიადაგ-მცენარეული საფარის გავრცელების არსებული ნიშნები, მცენარეთა და ნიადაგთა ცალკეული ტიპებისა და მათი გავრცელების მიხედვით ადგილ-მდებარეობის სხვა ელემენტებთან ურთიერთკავშირში, ე. ი. დადგენილ იქნეს, თუ როგორი ურთიერთკავშირი არსებობს ნიადაგ-მცენარეული საფარის ობიექტებსა და სხვა გეოგრაფიულ ელემენტებს შორის².

ასეთი მაგალითების მოყვანა კიდევ მრავლად შეიძლება.

ყოველივე ეს შეეხება არა სპეციალური რუკების შედგენის საკითხებს, სადაც კავშირი კარტოგრაფიასა და გეოგრაფიულ მცენიერების სპეციალურ დარგებს შორის უფრო ნათელია, არამედ ზოგად-გეოგრაფიულ ტოპოგრაფიულ და, მით უმეტეს, სამიმოხილვო რუკებს შორის, სადაც ამ კავშირის გამოვლინება ნაკლებად თვალსაჩინოა.

კარტოგრაფიის საგნის განვითარების ისტორიას სწორედ იქითკენ მივყავართ, რომ იგი სულ უფრო მეტსა და მეტ კავშირს მოითხოვს გეოგრაფიასთან, ამ უკანასკნელის მეცნიერული განვითარება ხელს უწყობს კარტოგრაფიის მეცნიერული ქვაკუთხედის, კარტოგრაფიული გენერალიზაციის თეორიის, კონკრეტულიდან ზოგადზე სწორი გადასვლის თეორიის მეცნიერული საფუძვლების გაფართოებას და სრულყოფას. ეს თეორია ჰემმარტის ხდის გეოგრაფიული რუკის შინაარსს, რაც თავის მხრივ გეოგრაფიული მეცნიერების განვითარების უაღრესად საჭირო წინაპირობას წარმოადგენს.

კარტოგრაფიის, როგორც მათემატიკის, დამოუკიდებელი დარგის თანისაზრებანი

ზემოთ მოყვანილ მოსაზრებათა გამო, ჩვენ დავეთანხმეთ მეცნიერთა იმ ჯგუფს, რომლებიც კარტოგრაფიას გეოგრაფიულ მეცნიერებათა ციკლის ერთ-ერთ დარგად განიხილავენ და მისი, როგორც მეცნიერების დამოუკიდებელი დარგის, არსს სწორედ ამ პოზიციიდან განსაზღვრავენ.

ამრიგად, ყოველივე ზემოთქმულიდან ჩვენ ვასკენით, რომ რუკა არის დედამიწის ზედაპირზე გეოგრაფიულ ობიექტთა და მოვლენათა დროსა და სივრცეში კანონზომიერი განლაგების გამოსახვის მეთოდი და შემეცნების

¹ Практическое пособие по составлению топографических карт, вып. 1, Населенные пункты стр. 41.

² იგივე, вып. 5, Почвенно-растительный покров, стр. 29.

საშუალება, მას ვერ შესცვლის ვერც სხვა რამ თვალსაჩინო გამოსახულება და ვერც საუკეთესოდ შესრულებული ლიტერატურული აღწერა. რუკაში მძიმედ, გეოგრაფიის „მეორე ენაა“. მას შეისწავლის კარტოგრაფია, რომელიც უამრავი ტექნიკური მეთოდებით სარგებლობს; ეს მეთოდები განუწყვეტლივ განვითარებაში იმყოფებიან, მათი განვითარება კი ასტრონომიის, გეოდეზიის და აეროფოტოგრაფიის მონაცემებს ემყარება. შეიარაღებული ამ ტექნიკური მეთოდებით და კარტოგრაფიული გენერალიზაციის მეცნიერული თეორიით, რომელიც გეოგრაფიული მეცნიერების ზრდა-განვითარებიდან გამომდინარეობს, კარტოგრაფია გრაფიკული ენით გამოსახავს გეოგრაფიული კვლევის მიღწევებს. ამიტომ ვამბობთ, რომ კარტოგრაფია მეცნიერების დამოუკიდებელი დარგია, რომელიც ერთსა და იმავე დროს ტექნიკურ და გეოგრაფიულ მეცნიერებათა ციკლს მიეკუთვნება.

კარტოგრაფიას, როგორც მეცნიერების ყოველ სხვა დარგს, ახასიათებს მისთვის ნიშანდობლივი შემდეგი თვისებანი: (მოგვყავს კომკოვის უკვე ციტირებული სტატიის მიხედვით).

მას აქვს სრულიად გარკვეული შინაარსი — მთელი რიგი დისციპლინები, რომლებიც მოიცავენ რუკათშედგენის ყველა პროცესებს.

მას აქვს სრულიად განსაზღვრული და მისთვის დამახასიათებელი შემეცნების მეთოდი — გაზომვები, დაკვირვებანი და განზოგადება (გენერალიზაცია).

აქვს თავისი კვლევის შედეგთა გადმონაცემის გარკვეული მეთოდი — თვალსაჩინო გრაფიკული აგებანი.

უაღრესად დიდია მისი პრაქტიკული მნიშვნელობა.

ამ თვისებათა გარდა კარტოგრაფიას აქვს სხვა მეცნიერებათაგან განმასხვავებელი რამდენიმე განსაკუთრებული თვისება, სახელდობრ:

1) თეორიისა და პრაქტიკის უაღრესად დიდი კავშირი. ყოველი თეორიული განსაზღვრა დაკავშირებულია რუკაზე მის გრაფიკულ ინტერპრეტაციასთან, ამიტომ კარტოგრაფიის თეორია არ შეიძლება იყოს თეორიად, თუ იგი დაკავშირებული არაა რუკათშედგენის პრაქტიკასთან. კარტოგრაფიას, როგორც ყოველ სხვა მეცნიერებას ჰყავს პრაქტიკულ მოღვაწეთა მთელი არმია, რომელიც ასრულებს განსაზღვრულ ტექნიკურ ოპერაციებს, მაგრამ საერთოდ რუკების შექმნა სერიოზულ და რთულ მეცნიერულ მუშაობას წარმოადგენს. ამ მუშაობის თეორია და პრაქტიკა კი განუყრელ კავშირში იმყოფებიან.

2) კარტოგრაფია თავისებურად სწყვეტს დროის საკითხს. ბურჟუაზიული კარტოგრაფიის ერთ-ერთი გამოჩენილი მეცნიერი ეკერტი კარტოგრაფიას ხოროლოგიურ მეცნიერებას უწოდებდა, განიხილავდა რუკას, როგორც განვითარებაში მყოფი მოვლენების მოსვენებით მომენტს და ამით მთლიანად ხსნიდა დროის საკითხს, მოვლენათა ისტორიზმის კარტოგრაფიულ გამოსახვას. ამ აზრს არ იზიარებს საბჭოთა კარტოგრაფია, დიდი ლენინის იდეებით გამსჭვალული კარტოგრაფია. რუკის შექმნის დროს ძალიან ხშირად დროის მიხედვით სხვადასხვა ცნობები ერთ დრომდე, რუკის შედგენის

დრომდე, დაიყვანება ხოლმე, მაგრამ კარგი რუკა გვიჩვენებს არა მარტო იმას, რაც არსებობს, არამედ იმასაც, რაც არსებობდა და რაც არსებობს მომავალში. კარტოგრაფია გამოსახავს მოვლენათა ისტორიზმს. ასეთი რუკების სანიმუშო მაგალითები მრავლად მოგვეპოვება ჩვენ მსოფლიოს საბჭოთა დიდი ატლასის ორსავე ტომში.

3) უაღრესად დიდია კარტოგრაფიის, როგორც მეცნიერების, კავშირი სახვით ხელოვნებასთან. ეს გამოწვეულია იმ მოთხოვნილებით, რომ კარტოგრაფიული გამოსახულება უნდა იყოს არა მარტო ზუსტი და სინამდვილის ამსახველი, არამედ თვალსაჩინოც. იქ, სადაც საჭიროა თვალსაჩინოება, არ შეიძლება დიდ როლს არ თამაშობდეს სახვითი ხელოვნება. მხატვრულ საწყისს დიდი მნიშვნელობა აქვს რუკათშედგენაში, მაგრამ იგი ემორჩილება გეოგრაფიული სინამდვილის ძირითად მოთხოვნილებებს და გამოსახულების შექმნისას მებრ დიდ სიზუსტეს. რუკა სახვითი ხელოვნების პროდუქტს კი არ წარმოადგენს, როგორც ზოგჯერ მას უწოდებენ, ის არის პროდუქტი მეცნიერებისა, რომელიც იყენებს ხელოვნებას, როგორც მისთვის საჭირო საშუალებას.

4) კარტოგრაფია მჭიდროდაა დაკავშირებული სხვა საბუნებისმეტყველო, მათემატიკურ და სოციალურ მეცნიერებებთან, რომლებიც თავიანთი ამოცანების გადასაწყვეტად ხშირად მიმართავენ რუკას.

კარტოგრაფიული მხსენიარების პარკიულობა

კარტოგრაფიის ყველა ზემოთ მოყვანილ თვისებათა განხილვის შემდეგ არ შეიძლება არ შევჩერდეთ ამ მეცნიერების პარტიულობაზე, ვინაიდან დიდი ლენინი ჩვენ ყოველთვის გვასწავლიდა, რომ არაპარტიულობა არის იდეა ბურჟუაზიული, პარტიულობა კი — სოციალისტური. კარტოგრაფია, როგორც მეცნიერების დარგი, რომელიც ხალხს ემსახურება, არ შეიძლება იყოს უპარტიო. „არ შეიძლება ცხოვრობდე საზოგადოებაში, — წერდა ლენინი — და თავისუფალი იყო ამ საზოგადოებისაგან“ („Жить в обществе и быть свободным от общества нельзя“)¹.

ცნობილია, რომ ბოლშევიკური პარტიულობა საზოგადოებრივ ურთიერთობათა მკაცრ მეცნიერულ ცოდნას ემყარება. იგი ემყარება საზოგადოებრივი განვითარების პროგრესული და ამ განვითარების ხელისშემშლელი ტენდენციების გამოძვლავნებას. დაიცვა ბოლშევიკური პარტიულობის პრინციპი — ნიშნავს დადგე საზოგადოების პროგრესული განვითარების გზაზე. ბოლშევიკები გულახდილად ამბობენ თავისი პარტიულობის შესახებ, ვინაიდან მათი იდეები და მიზნები განისაზღვრებიან ისტორიის აღმავალი სვლით. ბოლშევიკური პარტიულობა ისტორიული სამართლიანობის უმაღლესი ფორმაა.

ბურჟუაზიული კლასების წარმომადგენლები, პირიქით, ცდილობენ თავიანთი კასტური ხასიათი მიჩქმალონ „ობიექტურობისა“ და „ზეკლასობრიობის“ ნიღბის ქვეშ, ვინაიდან მათ არ ძალუძთ გულახდილად ამხილონ თავისი კეშმარტი მისწრაფებები და მიზნები.

¹ В. И. Ленин, Соч. т. VIII, стр. 389.



ბოლშევიკური პარტიულობის ეს პრინციპები თავს იჩენს ლიტერატურაში, ხელოვნებაში და მეცნიერების ყველა დარგში, იგი ყველგან თვლ განსახიერებებს პოულობს. იგი თავის განსახიერებას პოულობს ეპოქის ისეთ წარმონაქმნშიც, როგორც არის რუკა.

როგორც ამ ნაშრომის პირველსავე თავში აღნიშნეთ, საბჭოთა კარტოგრაფიის განვითარების პირველსავე ეტაპებზე დიდი ლენინი გვასწავლიდა ამ მეცნიერების ბოლშევიკური პარტიულობის პრინციპებსაც. იგი საბჭოთა კარტოგრაფებისაგან მოითხოვდა ისეთი რუკების შექმნას, რომლებიც გვიჩვენებდნენ კაპიტალისტური მსოფლიოს შიგნით არსებულ ურთიერთობათა წინააღმდეგობებს, იმპერიალიზმის ეპოქის წინააღმდეგობებს; გვიჩვენებდნენ ორისისტემის, მომაკვდავი კაპიტალიზმისა და განვითარებაში მყოფ სოციალიზმის ურთიერთ დაპირისპირებას.

ყოველივე ეს იმას ნიშნავდა, რომ საბჭოთა კარტოგრაფია არ შეიძლება მდგარიყო და არც დგას პროლეტარიატის კლასის იდეოლოგიური მიზნების გარეთ, მას ბურჟუაზიული თეორეტიკოსების მიერ ყბადაღებული „ზეკლასობრივი“ მდგომარეობა არ უკავია; იგი კლასობრივია, პარტიულია და საზოგადოების პროგრესული განვითარების გზაზეა დამდგარი. იგი კომუნისტური საზოგადოების ამენების ისტორიული სამართლიანობის სამსახურში იმყოფება.

სულ სხვა მდგომარეობაა კაპიტალისტური ქვეყნების კარტოგრაფიაში. კერძო კაპიტალის ხელში მყოფ მეცნიერებისა და ტექნიკის ამ დარგს იქ არ შეიძლება პროგრესული მიზნები ჰქონდეს და ისტორიის აღმავალი, სამართლიანი გზით მიდიოდეს.

თუმცა კაპიტალისტური იდეოლოგები „ამჟიციებენ“ მათი ლიტერატურისა, ხელოვნებისა და მეცნიერების „ზეკლასობრიობას“, „უპარტიობას“ და „ობიექტურობას“, მაგრამ ამ მტკიცების სამართლიანობის წარმოდგენაც კი ძნელია, ვინაიდან ეს მხოლოდ ნიღაბია იმისა, რომ დაფარონ თავიანთი რეაქციული, გესლიანი მიზნები.

ლენინმა ბრწყინვალედ დაამტკიცა, რომ ბურჟუაზიული იდეოლოგიების ეს მტკიცება მოჩვენებითი და მოტყუებითია. აი, რას ამბობდა იგი ამ ბურჟუაზიული ლიტერატურისა და ხელოვნების მიმართ:

„Ваши речи об абсолютной свободе — одно лицемерие... Свободны ли вы от вашего буржуазного издателя, господин писатель? от вашей буржуазной публики...? ... Свобода буржуазного писателя, художника, актрисы есть лишь замаскированная (или лицемерно маскируемая) зависимость от денежного мешка, от подкуна, от содержания“¹.

ლენინი გვასწავლიდა, რომ ბურჟუაზიულ ბეჭდვით სიტყვას აქვს წამოწყებითი, ვაჭრული ხასიათი, რომ ხელოვნება ბურჟუაზიულ საზოგადოებაში გადაიქცა მოგებისა და სპეკულაციის საშუალებად.

¹ В. И. Ленин, Соч. т. VIII, стр. 387.

ყოველივე ზემოთქმული ბურჟუაზიულ, კერძო კაპიტალის ხელშეწყობით კარტოგრაფიულ მეცნიერებასა და წარმოებასაც შეეხება, თუნდაც მარტო იმიტომ, რომ რუკა მასობრივი აგიტაციისა, მასში ჩაქსოვილი იდეების გავრცელების მოხერხებული იარაღია, და ექვს გარეშეა, რომ კაპიტალისტური მსოფლიოს გაბატონებული კლასები, რომლებმაც ხალხს ქვემეხებისა და ყუმბარების გარდა თავისი იდეოლოგიის მთელი არსენალიც დაუპირისპირეს, ამ იარაღსაც წარმატებით იყენებენ.

ეს რომ ლიტონ სიტყვად არ მოგვეჩვენოს, ჩემს თავს ნებას მივცემ შევჩერდე ერთ-ერთი ბურჟუაზიული იდეოლოგის ს. უ. ბოგზის ამ საკითხთან დაკავშირებულ, გეოპოლიტიკური შინაარსით გამსჭვალულ იმ სტატიაზე, რომელიც „რუკის ჰიპნოზის“ სათაურით გამოქვეყნებული იყო ა. შ. შ. სახელმწიფო დეპარტამენტის ბიულეტენის 1946 წლის 22 დეკემბრის ნომერში¹. აი რას სწერს ბოგზი ამ სტატიაში:

„რუკები ხშირად წინდახედულად გამოიყენებიან ხოლმე ხალხსა და ცალკეულ პირებში იდეების ჩასანერგავად. ყოველ მატრიკზე რუკების გამოყენება ხდებოდა და ახლაც ხდება მაინც ნახევრადქვემარტებათა გავრცელებისა და ხალხთა აზროვნების ჩასაბნელებლად. ისინი გამოიყენებიან როგორც გრაფიკული საშუალებანი იმისათვის, რომ შეუმჩნევლად უკარნახო ხალხს იდეა, დაარწმუნო, ან გაუღვიძო პატრიოტული ნაპერწკალი“.

ბოგზი აქ ნახევრად შენიღბულ ფორმაში, მაგრამ მაინც საკმარისი გულახდილობით მიგვითითებს გაბატონებული კლასის მიერ თავისი რეაქციული მიზნების პოპულარიზაციისათვის რუკის გამოყენების შესახებ. საგულისხმოა, რომ მას, როგორც ამერიკული „უმწიკვლო“ კაპიტალის წარმომადგენელს, ამ შემთხვევაში მხედველობაში აქვს არა ამერიკული კარტოგრაფია, არამედ ფაშისტური, გერმანული და მისი სატელიტური. ეს აზრი ამ წერილს წითელ ხაზად მიჰყვება, ვინაიდან ფაქტიური მასალა, მაგალითები, სულ ევროპის სინამდვილიდან მოჰყავს. ალბათ, ამით უნდა შენიღბოს საკუთარი, ამერიკული კაპიტალის იგივე ცოდვები.

ბოგზი კარტოგრაფიის მიერ ამ სამარცხვინო ამოცანის მეთოდურ მხარესაც ოდნავ ეხება და წერს:

„ასეთი რუკები შეიძლება სრულიად სწორი იყოს ყველა მის დეტალებში, მაგრამ იმის გამო, რომ მათში გამოტოვებული იქნება ზოგიერთი რამ და ზოგიერთი კი ყალბად ხაზგასმული, ისინი შეიძლება საზოგადოებისათვის მანენი აღმოჩნდნენ — ისევე, როგორც ქლორი, რომელიც მომწამლავე გაზია, მაგრამ ამავე დროს ჩვეულებრივი საჭმელი მარილის აუცილებელი ინგრედიენტი“.

ალბათ, იმის სიმბტომად, რომ კარტოგრაფის შრომის ასეთი ბნელი ზრახვებით გამოყენება მარტო ამერიკაში კი არა, ევროპაშიც იყო გავრცელებ-

¹ S. W. Boggis, Cartohypnosis: The Department of State Bulletin vol. XV, № 390, December 22, 1946.



ბული, ბოგზი იშველიებს გერმანელ ჰანს შნეიზერს და მისი ჯადოსნური კარტოგრაფიდან¹ შემდეგი ციტატა მოჰყავს:

„რუკის გამოყენება პროპაგანდისათვის დამოკიდებულია რუკათშედგენისა და გამოცემის მაღალ ტექნიკაზე, კარტოგრაფიულ სიმბოლოთა კითხვაში მასობრივი განათლების გარკვეულ მინიმუმზე და საზოგადოების სპეციალურ ორგანიზაციაზე“.

შემდეგ თვითონვე განმარტავს, რომ „ეს ორგანიზაცია მოკლედ შეიძლება დახასიათებულ იქნეს როგორც ისეთი, როდესაც ცალკე პირის ფუნქციონალური დამოკიდებულება და ლოიალობა შორს გადის მისი უშუალო გამოცდილების ფარგლების გარეთ“.

შემდეგ ბოგზი უფრო ავითარებს ამ აზრს და წერს:

„რუკებს შეუძლიათ უფრო გასაგები გახადონ მსოფლიოს ზოგიერთი ნიშნები და თვისებები, ანდა შეუძლიათ დაამახინჯონ ან უარჰყონ ისინი... მათ შეუძლიათ გამოამჟღავნონ ცნობები, მაგრამ შეუძლიათ აგრეთვე დაფარონ ისინი. რუკა შეიძლება იყოს გამარჯვების სიმბოლო ან შურისძიების მომწოდებელი, პრეტენზიის გამოთქმელი იარაღი ანდა სიამაყის გამომსახველი. ერთი სიტყვით, ისე ვრცლად გამოიყენებიან რუკები პროპაგანდისა და სხვა ამგვარი მიზნებისათვის, რომ ძნელი გასაგებია, რატომღა, რომ პროპაგანდის ანალიზატორები მას ასე ცოტა ყურადღებას აქცევენ“...

და, ბოლოს, მას მოყავს ციტატა, ჰანს შნეიზერის „ჯადოსნური კარტოგრაფიდან“, რომელიც საბოლოოდ ამტკიცებს იმ საზიზღარ სიყალბეს, რომლითაც აბინძურებენ კაპიტალისტური მსოფლიოს რეაქციული კლასები ამ ზუსტ მეცნიერებასაც.

ციტატაში ჩვენ ვკითხულობთ:

„რუკა არსებითად არის მეცნიერული დოკუმენტი. პროპაგანდისტი, რომელიც მით სარგებლობს, ამოფარებულია ამ მეცნიერების პრესტიჟს (ავტორიტეტს) და ამავე დროს ძალმომრეობს მის არსზე“.

შნეიზერი აქ პროპაგანდისტის მიერ მეცნიერების ძალმომრეობაზე ლაპარაკობს, მაგრამ ჩვენ ვიცით, რომ ძალმომრეობა მეცნიერებისადმი, მისი უმწიკლოების შეხტალვა ჩვეულებრივ მოვლენას წარმოადგენს ბურჟუაზიულ საზოგადოებაში. ამასთან, ეს არა მარტო პროპაგანდისტების მიერ ხდება, არამედ თვით იმ „მეცნიერთა“ მიერ, რომლებიც ჰყიდიან თავის ჰკუას და სინდისს კაპიტალის ყველაზე უფრო რეაქციულ წრეებზე.

„Общественное положение профессоров в буржуазном обществе — წერს ამის შესახებ დიდი ლენინი — таково, что пускают на эту должность только тех, кто продает науку на службу интересам капитала, только тех, кто соглашается против социалистов говорить самый невероятный вздор, бессовестнейшие нелепости и чепуху. Буржуазия все это простит профессорам, лишь бы они занимались „уничтожением“ социализма“².

¹ „Magic Cartography“.

² В. И. Ленин, Соч. изд. 3-е т. XVII, стр. 243.

დაეუბრუნდეთ ისევ ბოგზს:

„ნაციონალური გეოპოლიტიკოსები — წერს იგი — ეფექტურად სარგებლობენ ჰიმერიული კარტოგრაფიით თავიანთი იდეების პროპაგანდისათვის... დოქტორ კ. ფრენკელმა, მიმართავდა რა იგი გერმანიის კარტოგრაფიულ საზოგადოებას 1938 წ. 22 ოქტომბერს, განაცხადა: „ყოველ რუკას აქვს შთაგონების ძალა! ადამიანი ოკულარული არსებაა. ის რეაქციას იჩენს იმაზე, რასაც ხედავს და რასაც გაიკებს პირველსავე შეხებაზე“.

ბოგზს ზემომოყვანილ, ასე ვთქვათ, თეორიულ მსჯელობათა შემდეგ მოპყავს მაგალითები იმის შესახებ, თუ როგორ ხდებოდა ევროპაში კარტოგრაფიულ შემოქმედებათა პროპაგანდისტული გამოყენება რეაქციული მიზნებისათვის.

იგი წერს, მაგალითად, რომ იტალიაში მუსოლინის მიერ რუკა გამოყენებული იყო ტერიტორიალური ექსპანსიის სტიმულიზებისა და ჩანერგვისათვის. რომ ამ მხრივ ყველაზე უფრო საინტერესო იყო რუკები, რომლებიც გაკეთებული იყო კედელზე, რომში, ვია იმპერიალეს ახალ ბულვარზე. ეს რუკები გაკეთებული იყო სხვადასხვა ფერის რჩეული მარმარილოსაგან. მათზე მხატვრულს გემოვნებით გამოსახული იყო რომის ზრდა ქალაქის მდგომარეობიდან ავგუსტეს და ტრაიანეს იმპერიებამდე. მიზანი იყო გარკვეული, მეთოდი მზაკვრული — რომის სამფლობელოები ოდესღაც გარს ერტყოდნენ ხმელთაშუა ზღვას, Mare nostrum (ჩვენი ზღვა) ისევ დგებოდა დღის წესრიგში.

იგი ლაპარაკობს აგრეთვე უნგრეთის რუკის შესახებ, რომელიც ცოცხალი ყვავილებისა და ფოთლებისაგან იყო გაკეთებული ბუდაპეშტის პარკში. რუკის კიდევზე მადიარი პოეტი ქალის მგზნებარე სიტყვები იყო მწვანით წარწერილი, იმ ადგილის თავზე კი, რომელიც უნგრეთის მიერ პირველ მსოფლიო ომში დაკარგულ ტერიტორიას გამოსახავდა, მგლოვიარობის ნიშნად უნგრეთის ნაციონალური დროშა იყო ნახევრად დახრილი.

რუკის აგიტაციის იარაღად, ასე ვთქვათ, ღია გამოყენების ამ მაგალითების გარდა ჩვენ მრავალი ცნობები მოგვეპოვება იმის შესახებ, თუ როგორ იყენებდნენ რუკას და საერთოდ კარტოგრაფიას მომაკვდავი კაპიტალიზმის გაბატონებული კლასები თავიანთი რეაქციული ზრახვების შესანიღბავად და „დასასაბუთებლად“.

ამ მხრივ საინტერესოა მიუნხენის უნივერსიტეტთან არსებული გეოპოლიტიკის ინსტიტუტი, რომელსაც ცნობილი ფაშისტი-გეოპოლიტიკოსი ჰაუს-ჰოფერი ხელმძღვანელობდა. ეს ინსტიტუტი ყველაფერს აკეთებდა იმისათვის, რომ რიგითი საშუალო გერმანელის თავში გეოპოლიტიკური აზროვნების ჩვევები გამოემუშაებინა. ამ ინსტიტუტს მჭიდრო კავშირი ჰქონდა ქვეყნის ვანათლების სისტემასთან. გერმანული კარტოგრაფიული სამსახური ამ ინსტიტუტის სააგენტოს წარმოადგენდა; აქ ამ ინსტიტუტის ხელმძღვანელობით იქმნებოდა და იბეჭდებოდა საუკეთესოდ გაფორმებული ყალბი შინაარსის

რუკები და ატლასები, რომლებიც შემდეგ იაფ ფასებში საყოველთაოდ სარგებლობლობისათვის ვრცელდებოდა¹.

ვინ არ იცის, რომ ბურჟუაზიული დიპლომატია ყველგან და ყოველთვის ჯამბაზობს მოსახლეობის ნაციონალური შემადგენლობის ფაქტებით და რომ, მაგალითად, გერმანიაში შექმნილ და გამოცემულ ევროპაში გერმანული ენის გავრცელების ყალბ რუკებზე დაყრდნობით ფაშისტები ასაბუთებდნენ თავიანთ უფლებებს ცენტრალური და აღმოსავლეთ ევროპის მთელ რიგ ქვეყნებზე².

იგივე უნდა ვთქვათ თანამედროვე ამერიკელი გეოგრაფის — ჰენტიგ-ტონის რუკაზე, რომელიც თან ახლავს მისი გეოპოლიტიკური შინაარსის შრომას ცივილიზაციაზე კლიმატის გავლენის შესახებ³.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის შემდეგ არ შეიძლება არ დავასკვნათ, რომ კარტოგრაფიულ მეცნიერებასაც, სხვა მეცნიერებათა მსგავსად, ახასიათებს პარტიულობა.

რადენივ სიყვან ამ მახნიკაჰის შედგენილობისა და სახელწოდების შესახებ

კარტოგრაფიული მეცნიერების შედგენილობისა და სახელწოდების შესახებ ამ დარგში მომუშავე მეცნიერთა შორის საერთო აზრი ჯერ არ დამყარებულა. ძნელია დაასახელოთ ორი ისეთი ავტორი, კარტოგრაფი, თეორეტიკოსი, რომლებიც ამ მეცნიერების შედგენილობის შესახებ ერთს, შეთანხმებულ აზრს გამოთქვამენ; ჩვენ ხელთ არსებული მასალა ასეთ მაგალითს არ იძლევა. ყოველი ცალკე აღებული ნაშრომი თავისებურად განსაზღვრავს კარტოგრაფიაში შემავალ დარგთა ნომენკლატურას. ეს გარემოება გვაძულებს ჩვენ ან ხელაღებით მივემხროთ რომელიმე მათგანს, ან და ჩვენი შეხედულება გამოვთქვათ.

ეს საკითხი გულდასმით აქვს დამუშავებული გეოდეზიის, აეროგადაღების და კარტოგრაფიის მოსკოვის ინსტიტუტის რუკათშედგენისა და რედაქციის კათედრის გამგეს, ტექნიკურ მეცნიერებათა დოქტორს, პროფ. სალიშჩევს თავის წიგნში „Основы картоведения“.

სალიშჩევი განიხილავს კარტოგრაფიის შედგენილობის შესახებ მის წინ არსებულ განსაზღვრებს და მიდის იმ დასკვნამდე, რომ ამ განსაზღვრებს „აკავშირებს ერთი საერთო ნიშანი, — კარტოგრაფიაში ისინი გულისხმობენ რუკის შედგენისა და გამოცემის სამეცნიერო-ტექნიკურ პროცესთა ერთობლიობას. [მაგრამ] საკითხის მეორე მხარე — უკვე მზა რუკის შესწავლა, მისი როგორც კარტოგრაფიული წარმოების პროდუქტის, ეპოქის წარმონაქმნის, კულტურისა და მეცნიერების იარაღის შესწავლა რჩება ამ განსაზღვრათა მხედველობის არის გარეთ“⁴.

¹ ამის შესახებ იხ. რასელ ფაიფილდის „გეოპოლიტიკა მიუნხენში“ (Russell H. Field, Geopolitics at Munich: The Department of State Bulletin vol. XII, № 313 June 24, 1945).

² იხ. И. С. Звавич, Лекции по политической географии, читанные в ВДШ СССР, лекц. первая, стр. 2.

³ იხ. E. Huntington, Civilization and climat, London, 1935.

⁴ К. А. Салищев, Основы картоведения, общая часть 1944 г. стр. 36.

ასეთი დასკვნისა და კარტოგრაფიის სხვა მეცნიერებებთან განსაზღვრის შემდეგ იგი „კარტოგრაფიას“ ჰყოფს რუკათმცოდნეობად, მათემატიკურ კარტოგრაფიად, რუკათშედგენად და რედაქტირებად, და რუკათგამოცემად.

საგულისხმოა, რომ სალიშჩევის მიხედვით კარტოგრაფიაში შემავალი: რუკათმცოდნეობა შეისწავლის კარტოგრაფიის ისტორიას, საერთო ნაწილს (ე. ი. სწავლებას რუკაზე და განსაზღვრებს, რუკის ანალიზს) და კარტოგრაფიულ მასალებს.

მათემატიკური კარტოგრაფია — კარტოგრაფიული პროექციების თეორიას და კარტომეტრიას.

რუკათშედგენა და რედაქტირება — ზოგადგეოგრაფიულ, ფიზიკურ-გეოგრაფიულ, ეკონომ-გეოგრაფიულ, ისტორიულ, სასწავლო და სხვა რუკათა შედგენას და რედაქტირებას.

რუკათგამოცემა — რუკის მექანიკური შექმნისა და გამრავლების ფოტოგრაფიულ და პოლიგრაფიულ პროცესებს.

მაგრამ, ვინაიდან 1946 წელს გამოცემულ გედიმინის „Картография“-ში (რომლის ხელნაწერი, როგორც ავტორი შესავალში აღნიშნავს¹, გადასინჯული იყო სალიშჩევის მიერ) კარტოგრაფიის შედგენილობის სხვა სტრუქტურაა მოცემული, ჩვენ იმ დასკვნამდე მივდივართ, რომ ეს საკითხი ჯერ შესწავლის პროცესში იმყოფება და აზრთა გაცვლა-გამოცვლას საჭიროებს.

გედიმინის მიერ მოცემული კარტოგრაფიის სტრუქტურა სალიშჩევის სტრუქტურისაგან იმით განსხვავდება, რომ მას ცალკე დარგად აქვს გამოტანილი კარტოგრაფიული პროექციები, რუკათა გაფორმება და კარტომეტრია; ამრიგად, გედიმინის მიხედვით კარტოგრაფია შედგება რუკათმცოდნეობისა, კარტოგრაფიული პროექციებისა, რუკათა შედგენა-რედაქტირებისა, რუკათა გაფორმებისა, რუკათა გამოცემისა და კარტომეტრიისაგან.

როგორც ვხედავთ, საქმე დარგთა შემდეგი დეტალიზაციისაკენ მიდის.

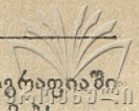
მაგრამ, საქმე მარტო ამაში არაა; აქ უფრო სხვა პრინციპული საკითხი ისნის. საქმე ისაა, რომ გრაფის² კარტოგრაფიაში შეაქვს პრაქტიკული გეოდეზია (ტრიგონომეტრიულ და პოლიგონომეტრიულ ქსელთა თეორია) და ტოპოგრაფია (ტოპოგრაფიულ გადაღებათა თეორია). კომკოვს³ კი შეაქვს მხოლოდ ტოპოგრაფია. სალიშჩევი თავის „Основы картоведения“-ში (მეორე გამოცემა, 1944 წ.) ამ აზრის წინააღმდეგ გამოდის და ამბობს, რომ თანმიმდევრობის გულისათვის, მაშინ, კარტოგრაფიაში ფოტოგრაფიკური უნდა შევიტანოთ⁴.

¹ А. В. Гедьмин, Картография. 1946 г., стр. 4.

² А. В. Граур, Математическая картография, 1938. გვ. 7 და 10.

³ Инж. Комков, Картография в среде географических наук. Сборник научно-технических и производственных статей по геодезии, картографии, топографии, аэро-съёмке и гравиметрии, вып. I. 1941 г.

⁴ Салыщев, Основы картоведения, общая часть, 1944 г. стр. 33.



ჩვენ ვფიქრობთ, რომ პრაქტიკული გეოდეზიის შეტანა კარტოგრაფიაში მართლაც არაფრით არაა დასაბუთებული, იგი მხოლოდ მის მონაცემებს იყენებს დასაყრდენი წერტილების სახით და, მოითხოვს რა მათი განსაზღვრის საჭირო სიზუსტეს, მას შეუძლია სრულიადაც არ იყოს დაინტერესებული ამ წერტილთა განსაზღვრის თეორიული და პრაქტიკული გზებით.

მაგრამ სულ სხვა აზრისა ვართ ტოპოგრაფიის შესახებ და ამ მხრივ მთლიანად ვემხრობით გრაურს და განსაკუთრებით კი კომკოვს.

კომკოვი წერს, რომ „რუკები იქმნებიან მეცნიერული შრომის რთული კომპლექსის შედეგად. ეს კომპლექსი იწყება გამოკვლევებითა და გაზომვებით ადგილზე (ბუნებაში) და მასალათა შერჩევის, დამუშავების და განზოგადების შედეგად მთავრდება რუკაზე მოცემული ტერიტორიის გამოსახულების მიღებით“¹.

ტოპოგრაფს არ ძალუძს და არც შეიძლება დაუშვას ადგილმდებარეობის ყოველი დეტალის გადმოტანა რუკაზე, მას მხედველობაში აქვს რუკის დანიშნულება და მასშტაბი, იგი არჩევს გადასაღები ლანდშაფტის დამახასიათებელ ნიშნებს, შეიცნობს მათ და საჭირო განზოგადებით გადმოიტანს ქალღზე; იგი კარტოგრაფია მინდორში, ხელსაწყოებად იყენებს გეოდეზიურ იარაღებს, ეყრდნობა გეოდეზიურ მონაცემებს, ხშირად მასალად იყენებს აეროფოტოგადაღების სურათებსაც და სტატისტიკურ მონაცემებსაც. რუკასთან ერთად ადგილზე ჰქმნის ადგილმდებარეობის ტოპოგრაფიულ დახასიათებას, რომელსაც ტექსტის სახით თან ურთავს მას.

როცა საქმე უფრო წვრილ მასშტაბს ეხება, მაშინ ტოპოგრაფი ვეღარ ახერხებს რუკის უშუალოდ ადგილზე შექმნას და მუშაობა კამერალურ პირობებში გადააქვს, ამ მომენტიდან მას კარტოგრაფი ეწოდება.

ტოპოგრაფიისა და კარტოგრაფიის „აქამდე არსებული დაყოფა და ურთიერთდაპირისპირება უნდა იყოს მიჩნეული მცდარად და ხელოვნურად“ — ამბობს კომკოვი ჩვენ მიერ ჟკვე ციტირებულ სტატიაში.

„რუკის შექმნის ყველა მეთოდები — დასძენს შემდეგ იგივე ავტორი — უნდა განხილულ იქნეს როგორც ნაწილები ერთი მთლიანისა, ისინი უნდა იყვნენ ერთმანეთთან დაკავშირებული და მხოლოდ ეს მისცემს კარტოგრაფიას, როგორც მეცნიერებას, მეთოდოლოგიურ ერთიანობას“.

განა ასე არ არის გეოგრაფიულ მეცნიერებათა სხვა დარგებშიც? განა გეომორფოლოგიური აგეგმვა, მაგალითად, და გეომორფოლოგიური კარტირება ორივე გეომორფოლოგიის შემადგენელი დარგები არ არიან? ან თუ გინდ გეოლოგიური აგეგმვა და გეოლოგიური კარტირება და სხვა.

ასევე უნდა იყოს ჩვენის აზრით კარტოგრაფიაშიც.

რაც შეეხება სალიშჩევის მიერ იმის თქმას, რომ თანამიმდევრობის გულისათვის მაშინ კარტოგრაფიაში ფოტოგრაამეტრიაც უნდა შევიტანოთ, ეს სრულიად არაა სწორი ანალოგია. ამას კარტოგრაფიული ან ტოპოგრაფიული და ფოტოგრაფიული გამოსახულებების გაიგივებამდე მივყავართ.

¹ იხ. კომკოვის იგივე შრომა.

აერო-ფოტოსურათი დედამიწის ზედაპირის ამა თუ იმ ნაწილის ასლი ფოტო-მექანიკური ხერხით მიღებული. ამ ასლს ტოპოგრაფი ისევე ეყენება როგორც კარტოგრაფი მსხვილმასშტაბიანი კარტოგრაფიული მასალის ლუჯ ფოტოასლებს წვრილმასშტაბიანი რუკის შესადგენად. ამ საქმეში ტოპოგრაფიასაც და კარტოგრაფიასაც ფოტოტექნიკის მიღწევები ემსახურებიან.

ყოველივე ზემოხსენებულის შემდეგ ვფიქრობთ, რომ ტოპოგრაფია ანუ კარტოგრაფირების საველე მეთოდები კარტოგრაფიის დარგად უნდა იქნას მიჩნეული. მაგრამ საქმე ამით არ მთავრდება, ჩვენს ხელთ არსებული მასალების განხილვიდან იმ დასკვნამოე მივიღებოთ, რომ კარტოგრაფიული მეცნიერების დარგებად დაყოფის სტრუქტურა მაინც ერთ არსებით ნაკლს შეიცავს.

მხედველობაში გვაქვს ის გარემოება, რომ კარტოგრაფიული გენერალურიზაციის თეორია ჯერ კარტოგრაფიის ცალკე დარგად გამოყოფილი არაა. ჩვენ უფლება გვაქვს ეს საკითხი უკვე საკმაოდ მომწიფებულად ჩავთვალოთ, ვინაიდან ამჟამად გენერალიზაციის დარგში კარტოგრაფიის მიღწევათა გეოგრაფიაში გადატანაც კი ხდება.

აქ ჩვენ მხედველობაში გვაქვს ნ. ნ. ბარანსკის ცნობილი ნაშრომი — „Генерализация в картографии и в географическом текстовом описании“¹. ამ ნაშრომში ავტორი წერს:

„...учение о генерализации прежде всего и потребовалось и развилось именно в картографии.

Но карта есть лишь „второй язык географии“, а потому вполне естественно, что термин „генерализация“ переносится и в географическое описание. И поскольку в картографии учение о генерализации уже успело сложиться, вполне естественно в работе над вопросом генерализации текстового географического описания учитывать то, что в этом отношении уже сделано в картографии“².

აქ ბარანსკის ცოტა გადაჭარბებულად აქვს ნათქვამი. სწავლება გენერალიზაციის შესახებ კარტოგრაფიაში ჯერ არ ჩამოყალიბებულა, თორემ იგი უკვე ცალკე დარგად იქნებოდა გამოყოფილი. რუკების შედგენის დროს ჯერ კიდევ არაა შემეცნებული მასშტაბისა, რუკის დანიშნულებისა და ლანდშაფტის თავისებურებათა მიერ გამოწვეული კანონზომიერებები; ჯერ კიდევ ადგილი აქვს განზოგადების ხარისხის განსაზღვრის ემპირიულ მეთოდებს, როდესაც რუკების „დატვირთვისა“ და „გადატვირთვისა“ ან „დაუტვირთობის“ განსაზღვრის დროს წინა პლანზე გამოდიან ცალკეულ პირთა სუბიექტური შეხედულებანი.

ყოველივე ამის გამო ვამბობთ, რომ გენერალიზაციის თეორია კარტოგრაფიაში შემავალ ცალკე დარგად უნდა გამოიყოს და თავის მხრივ დაიყოს ფიზიკურ-გეოგრაფიული ლანდშაფტის კარტოგრაფიული გენერალიზაციის თეორიად და სოციალურ-ეკონო-

¹ МГУ, Ученые записки, вып. 112, География, книга вторая, 1946 г.

² იქვე, გვ. 182.



მიუღრ-გეოგრაფიული ლანდშაფტის კარტოგრაფიულ რაღიზაციის თეორიად.

ცხადია ყოველი მათგანი კიდევ დაყოფა, პირველი — რელიეფის, ჰიდროგრაფიის, ნიადაგ-მცენარეული საფარის და სხვა გენერალიზაციად; მეორე — გზებისა, დასახლებული პუნქტებისა და სხვა ეკონომიურ და პოლიტიკურ მონაცემების გენერალიზაციად.

ამ შენიშვნების შემდეგ უადგილო არ იქნება საქმე კარტოგრაფიის სტრუქტურის შესაფერისი სქემის მოყვანით დაემათავროთ. მაგრამ ვიდრე ამას ვიზამდეთ, გვინდა შევნიშნოთ, რომ საღი შჩევის მიერ რუკათმცოდნეობის კარტოგრაფიის ერთ-ერთ შემადგენელ ნაწილად დასახვა მიზანშეწონილი არ უნდა იყოს.

საქმე ისაა, რომ ტერმინი — რუკათმცოდნეობა უფრო ფართო ცნებას შეეფერება, ვიდრე მას საღიშჩევი აკისრებს. რუკათმცოდნეობის დასახვა კარტოგრაფიის შემადგენელ ნაწილად არაფრით არაა გამართლებული. თუ ამ ტერმინს სმარებაში შევიტანთ, მაშინ მის ორბიტში უნდა შევიტანოთ ყოველივე ის, რაც კი კაცობრიობას შეუქმნია რუკების დარგში, რუკათმცოდნეობის დარგში.

სწორედ ასე უნდა გვესმოდეს ჩვენ რუკის შესახები მეცნიერების სახელი აკადემიკოს ლ. ს. ბერგის შემდეგი სიტყვებიდანაც:

„В настоящее время изучение географической карты, методов его построения, способов съемки и изображения всех элементов географического ландшафта, история, систематика и классификация, техника составления, черчения и размножения и другие специальные вопросы, с ней связанные, являются предметом особой дисциплины — картоведения или науки о географической карте“¹.

იმავე აზრს იზიარებს ს. გ. ცხაკაია, რომელიც თავის „რუკათმცოდნეობის საფუძვლებში“ (ხელნაწერი) მე-19 გვერდზე წერს:

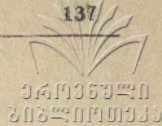
„რუკის შესახებ ყველა საკითხების მომცველ მეცნიერებისათვის მართებული იქნება დამყარდეს უფრო ფართო ცნების მქონე სახელი „რუკათმცოდნეობა“, ნაცვლად „კარტოგრაფიისა“.

თუ სახელწოდების ამ საკითხს შეთანხმებულად ჩავთვლით, მაშინ რუკათმცოდნეობის სტრუქტურის ჩვენს სქემას შემდეგი სახე ექნება (იხ. მომდევნო გვერდი).

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
გეომორფოლოგიის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1949. IV. 19).

¹ Л. С. Берг, География: БСЭ, том 15, 1929 г.



რუკათმცოდნეობა (მეცნიერება გეოგრაფიული რუკის შესახებ)

შეიღავს სამ ძირითად ნაწილს, რომლებიც თავის მხრივ კიდევ ცალკე დარგებად იყოფებიან:

I. გეოგრაფიული რუკის ისტორია

1. კარტოგრაფიული რუკის ისტორია.
2. რუკათშედგენის ისტორია.
3. რუკათგამოცემის ისტორია.

II. საერთო ნაწილი, სწავლება რუკის შესახებ

1. რუკის ელემენტები და მათი გამოსახვის საშუალებანი.
2. რუკებისა და ატლასების კლასიფიკაცია.
3. რუკის ანალიზი და კარტოგრაფიული მასალების შესწავლა.

III. კარტოგრაფია

1. მათემატიკური კარტოგრაფია:
 - ა) კარტოგრაფიული პროექციების თეორია;
 - ბ) კარტომეტრია;
 - გ) ასტრონომიული კარტოგრაფია.
2. კარტოგრაფიული გენერალიზაციის თეორია:
 - ა) ფიზიკურ-გეოგრაფიული ლანდშაფტის გენერალიზაცია;
 - ბ) სტატისტიკურ-ეკონომიური ლანდშაფტის გენერალიზაცია.
3. ტოპოგრაფია (კარტოგრაფიების სავსე მეთოდები).
4. რუკათშედგენისა და რუკაციის მეთოდები:
 - ა) საერთო ნაწილი;
 - ბ) კომპლექსური, ზოგადგეოგრაფიული რუკების შედგენა;
 - გ) სპეციალური რუკების შედგენა;
 - დ) სასწავლო რუკების შედგენა.
5. კარტოგრაფიული ხელოვნება, რუკათგამოცემა.
6. რუკათგამოცემა.

А. Ф. Асланикашвили

Картография и ее предмет

Резюме

1. Картография ограничивалась прежде теорией картографических проекций и техникой заполнения сети меридианов и параллелей, подробностями земной поверхности, получаемыми из топографических съемок. Такая картография вполне сочеталась тогда с общим уровнем развития географической науки вообще, т. к. описательная география, всегда успешно пользовавшаяся картой, как удобным методом изложения своего материала, сама почти ничего не давала картографии для ее пополнения и усовершенствования.

Действительность показала, что наряду с географией, достигшей в нашей стране истинно научного уровня своего развития, развилась новая, советская картографическая наука, озаренная идеями В. И. Ленина. Методологическими основами советской картографии послужили указания В. И. Ленина, изложенные в письме Павловичу от 31. V. 1921 г. о создании советского географического атласа.

Созданные советской картографической наукой и техникой первые два тома БСАМ, показали высокий уровень советской картографической науки, обеспечивший подлинно научное изображение мира, в свете Марксистско-Ленинского анализа мировых хозяйственных и политических отношений.

Несмотря на все огромные успехи советской картографической науки, она не закончила еще свое формирование и находится в процессе становления.

2. Построение правильного картографического изображения основывается всегда на синтезе астрономических, геодезических и топографических измерений, с одной стороны и физ.-географических и эконом-географических исследований с другой. Следовательно, карта, которая правильно изображает все характерные черты географического ландшафта, присущие данной территории, является продуктом сотрудничества географической науки и техники. Такая карта, являясь, таким образом, результатом правильного географического познания территории, является также самым необходимым средством для дальнейшего углубления этого познания, так как она дает географии неограниченные возможности для установления пространственных взаимосвязей явлений и для научных выводов в географическом исследовании.

Эта тесная диалектическая взаимосвязь и взаимодействие, существующие между географией и картографией, определяют принадлежность последней к циклу географических наук.

3. Когда успехи географической науки не были еще осознаны и распространены в картографии, в частности в картосоставлении, построение научно обоснованного картографического изображения представлялось почти невозможным. Картографическая генерализация осуществлялась эмпирическим путем и зависела только от масштаба карты, ее назначения и субъективных усмотрений и манеры работы картографа. Но с тех пор, как в географии расширилось учение о комплексном изучении стран, с целью выделения ландшафтов с установлением взаимосвязей между существующими в них явлениями, от картографии требуется уже изображение, построенное на основе географически обоснованных правил генерализации.

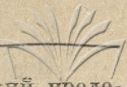
В картографической литературе и наставлениях по составлению карт все чаще и чаще появляются методические указания об этих правилах генерализации; они охватывают все элементы ландшафта и становятся необходимым руководством при составлении специальных и, особенно, общегеографических карт.

История развития картографической науки показывает усиление ее взаимодействия с географией. Научное развитие последней способствует развитию теории картографической генерализации, которая освещает пути картографической практики. На основе этой теории картография в свою очередь совершенствует географическую карту, как необходимое орудие для дальнейшего развития географической науки.

4. Картография как наука имеет свое, совершенно определенное содержание, свой собственный метод познания и изложения выводов, имеет актуальное научное и, особенно, огромное практическое значение. Особенности картографии являются весьма тесная связь теории и практики, своеобразное решение вопроса времени на картографических изображениях, связь с изобразительным искусством, которое она использует для своих целей, и тесная научная связь с другими естественными, математическими и социальными науками, которые постоянно прибегают к услугам карты.

5. Кроме указанных свойств картографической науки, ей свойственен сугубо партийный характер. Партийность этой науки заключается не только в том, что карта представляет, по К. А. Салищеву, отражение определенной ступени в развитии общественно-экономических отношений и является произведением эпохи, орудием культуры и науки, но и в том, что она является также удобным средством массовой агитации, удобным способом распространения воплощенных в ней идей.

В. И. Ленин указал принципы большевистской партийности в этой науке; это указание означало, что советская картография не могла и не



должна была оставаться за пределами идеологических устремлений идеариата. И действительно, эта наука носит у нас вполне партийный характер и следует пути прогрессивного развития общества. Она находится у нас на службе дела построения коммунистического общества. В капиталистических странах картография, находясь в руках частного капитала, не может иметь прогрессивных задач и двигаться вперед по пути справедливости.

В буржуазной печати нередко проскальзывают, а в ряде случаев просто широко популяризируются, работы буржуазных „ученых“ (Боггза, Шнейзера, Файфильда, Гентингтона и др.), несомненно доказывающие, что господствующие классы империалистического мира, которые кроме бомб и орудий направляют против народа также весь арсенал своей реакционной идеологии, не отказываются от использования карты в агрессивных целях.

6. Самой распространенной и сравнительно полной в Союзе, среди многочисленных систем структуры картографической науки в настоящее время, является система К. А. Салищева, согласно которой картография подразделяется на картоведение, математическую картографию, составление и редактирование карт и издание карт.

Такое деление является научно обоснованным и современным, но, по мнению автора данной статьи, еще не полным по двум соображениям:

а) Поддерживая мнение некоторых авторов (А. Граур, А. Комков), автор статьи считает, что имеется полное основание рассматривать топографию как одну из составных дисциплин картографической науки. Развитие методов современной топографической съемки приводит к необходимости рассматривать работы топографа и картографа как отдельные части, отдельные моменты единого комплекса создания карт, и отказаться от существующего до сих пор искусственного разделения и противопоставления картографии и топографии.

б) Теория картографической генерализации является сильнейшим орудием в руках картографов и топографов. Отдельные вопросы этой теории возникали и изучались до сих пор во всех случаях съемки или составления карт. В картографии уже накопилось достаточное количество фактического материала по картографической генерализации, чтобы заложить основу самостоятельной отрасли картографической науки — теории картографической генерализации, т. е., выражаясь словами Н. Н. Баранского, „в картографии учение о генерализации уже успело сложиться“.

На самом деле, пока, у картографии не имеется еще стройного, обобщающего учения о теории картографической генерализации, но несомненно наличие отдельных плодотворных зачатков ее, которые в самом ближайшем будущем могут превратиться в единое стройное учение о картографической генерализации. Поэтому необходимо выделить теорию картографической генерализации в отдельную отрасль картографической науки.

В заключение статьи автор считает целесообразным дать всей науке о карте более обобщающее название „Картоведение“ (которое, по Н. А. Салищеву, было присвоено одному из разделов этой науки) и дает следующую схему структуры картоведения:

КАРТОВЕДЕНИЕ (наука о географической карте)

содержит 3 основных части, которые делятся в свою очередь на отдельные отрасли:

- | | | |
|---|---|--|
| <p>I. История географической карты</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. История картографических проекций. 2. История картосоставления. 3. История картоиздания. | <p>II. Общая часть, учение о карте</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Элементы карты, способы их изображения. 2. Классификация карт и атласов. 3. Анализ карты и изучение картографических материалов. | <p>III. Картография</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Математическая картография: <ol style="list-style-type: none"> а) теория картографических проекций; б) картометрия; в) астрономическая картография. 2. Теория картографической генерализации: <ol style="list-style-type: none"> а) генерализация физико-географического ландшафта; б) генерализация социально-экономического ландшафта. 3. Топография (полевые методы картографирования). 4. Методы картосоставления и редактирования: <ol style="list-style-type: none"> а) общая часть; б) комплексные общегеографические карты; в) специальные карты; в) учебные карты. 5. Картографическое искусство, оформление карты. 6. Издание карт. |
|---|---|--|

გვ. ზარალიშვილი

კლუხორის რაიონის ზოგიაერთი გეოგრაფიული სახელწოდების დადგენისათვის

ჩვენს ამოცანას შეადგენს ზოგიაერთ ქართული წარმოშობის გეოგრაფიული სახელწოდების დადგენა კლუხორის რაიონში¹, ზოგიაერთი მათგანის სტრუქტურის, მნიშვნელობისა და წარმოშობის გამორკვევა (ფილოლოგიური ანალიზი).

ცხადია, მარტო ტოპონიმით შეუძლებელია ამ საკითხის გადაწყვეტა და კლუხორის რაიონის ისტორიულ-გეონომიური ურთიერთობის დადგენა საქართველოსთან, რადგანაც ტოპონიმთა ზოგჯერ შეიძლება შეცდომების წყაროდაც იქცეს, მაგრამ ტოპონიმის გათვალისწინება სხვა მომენტებთან ერთად საფუძველს გვაძლევს დადებითად გადავჭრათ აღნიშნული საკითხი.

ვიდრე კლუხორის რაიონის გეოგრაფიულ სახელწოდებათა ტოპოლოგიურ ანალიზზე გადავიდოდეთ, საჭიროა აღვნიშნოთ ყველა ის ძირითადი საკითხი, რომლებიც საკვლევი ობიექტის ისტორიულ-გეონომიურ კავშირს გვიმტკიცებს საქართველოსთან. ასეთებია:

ა) კლუხორის რაიონის სასაზღვრო და ხელსაყრელი მდებარეობა ჩრდილო კავკასიასა და დასავლეთ საქართველოს შორის, აგრეთვე მთელს დასავლეთ კავკასიონზე ადვილად მისადგომი — კლუხორის გადასასვლელის არსებობა;

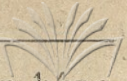
ბ) სამეცნიერო ლიტერატურაში არსებული ცნობები (ვახუშტი, პალასი, ტარასოვ-დიაკოვი, ბერნადაცი და სხვ.);

გ) თებერდის ხეობაში (კლუხორის გადასასვლელიდან სოფ. ხუმარამდე) გაბნეული ქრისტიანული წარმოშობის ძეგლები;

დ) ქართული წარმოშობის გეოგრაფიული სახელწოდებები.

ცნობილია, რომ დას. საქართველოში ადგილი აქვს ჩრდ. კავკასიის ხალხების, კერძოდ ჩერქეზულ (ადიღეური) ელემენტების გავლენას, რაც საკმაოდ დამაჯერებლად დაასაბუთა ვანსვენებულმა აკადემიკოსმა სიმ. ჯანაშიამ [3], მათ შორის არსებობა ორი ჩერქეზული (ადიღეური) მორფოლოგიური ტიპისა „ფსა“ და „ყვა“. ამით ნაწილობრივ დასტურდება ისტორიამდელ ჩერქეზული (ადიღეური) მოსახლეობის არსებობა დასავლეთ საქართველოში, მეორე მხრივ,

¹ აღნიშნული სტატია წარმოადგენს ავტორის კვლევა-ძიების შედეგს 1948 წლის ზაფხულში კლუხორის რაიონში მოწყობილი ექსპედიციისა ვახუშტის სახელობის გეოგრაფიის ინსტიტუტიდან.



ყველა საფუძველი გვაქვს ვიფიქროთ, რომ არა ნაკლებ ძლიერი იყო ქართველი გავლენა საკვლევ ობიექტზე, და მათ გეოგრაფიულ სახელწოდებებში ფილოლოგიურ და ეტიმოლოგიურ ანალიზს სწორედ ამ დასკვნამდე მივყავართ.

კლუხორის რაიონში, ისევე როგორც მიმდებარე კუთხეებში, ჩერქეზული წარმოშობის სახელწოდებები სჭარბობს. მათი ტოპონომიკური ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ყარაჩაელების აქ დასახლებამდე გავრცელებული იყო ქართულ-აფხაზურ-ჩერქეზული გეოგრაფიული სახელწოდებები, მაგრამ მათი დასახლებების შემდეგ ეს სახელწოდებები განდევნილ და შეცვლილ იქნა თურქული წარმოშობის სახელწოდებებით, თუმცა რიგი სახელწოდებები იმაზე მიგვითითებენ, რომ ასეთი ნაწილობრივ მაინც შერჩა აქ. ამიტომ ამ უკანასკნელთა დადგენა შედარებით ძნელია, აღდგენა (ისიც ნაწილობრივ) შესაძლებელია მხოლოდ ლინგვისტური ანალიზის შედეგად.

კლუხორის რაიონის გეოგრაფიულ სახელწოდებათა სადაურობის დადგენა და მათი ახსნა მომავალი კვლევა-ძიების საქმეა, ჩვენ მხოლოდ გავარჩევთ ზოგიერთ იმ გეოგრაფიულ სახელწოდებებს, რომელთა ქართველური წარმოშობის გამორკვევა ახლავე შესაძლებელი ჩანს. ასეთებია:

1. კლუხორი, 2. სენტი, 3. თებერდა, 4. შუანა, 5. ხატიფარა, 6. მუხუ.

კლუხორი (კლუხორი), გადასასვლელი აფხაზეთიდან თებერდის ხეობაში (2816 მ. ზღ. დ.), ერთ-ერთი ყველაზე ცნობილი, ადვილად მისადგომი და უმოკლესი გზა დასავლეთ საქართველოდან ჩრდილო კავკასიაში. ამ გადასასვლელით ძველთაგანვე სარგებლობდნენ ბერძნები და რომაელები, ბიზანტიელები და თურქები, გენუელები და ვენეციელები, დასავლეთ საქართველოს ხალხები.

ჯერ კიდევ XIX ს. პირველ ნახევარშიც თურქები კლუხორის გადასასვლელით აწარმოებდნენ მონებით ვაჭრობას და ამ გზით ქ. ხუმარიდან მონებს თურქეთში აგზავნიდნენ. 1877 წ. რუსეთ-თურქეთის ომის დროს რუსების გარნიზონმა ქ. სოხუმიდან კლუხორის გადასასვლელით დაიხია ჩრდილო კავკასიისაკენ და შემთხვევითი არაა ის ფაქტიც, რომ XIX ს. ბოლოს რუსეთმა სწორედ ამ მიმართულებით გაიყვანა პირველი, შედარებით კეთილმოწყობილი გზა, რომელსაც სტრატეგიული და ეკონომიური მნიშვნელობა ჰქონდა.

ამრიგად, ისტორიულად კლუხორის გადასასვლელი იყო ვაჭრობის დიდი ემპორიუმი ჩრდილოეთისა სამხრეთთან, სტეპებისა შავ ზღვასთან. მართლაც, ძველთაგანვე „Диоскурия служила конечным пунктом наиболее удобного важнейшего торгового пути по р. Кодор через урочище Даль к Марухскому и Клухорскому перевалам и дальше на Северный Кавказ, в долины Зеленчука и Теберды“¹. უპირატესად ამ გზით გავრცელდა ქრისტიანობა და ცივილიზაცია საქართველოდან ჩრდილო კავკასიის ხალხებში, განსაკუთრებით ჩერქეზებში, ამას პირველ რიგში ადასტურებს თებერდის ხეობაში დიდი რაოდენობით არსებული ქრისტიანული წარმოშობის ძეგლები, რასაც მიმდებარე

¹ А. Фадеев, Краткий очерк истории Абхазии, ч. I, Сухуми, 1934 г., стр. 57.

რაიონებში თითქმის არ ვხვდებით. ალბათ, ამით აიხსნება ზოგიერთი ქართული წარმოშობის გეოგრაფიულ სახელწოდებათა არსებობაც ამავე ხეობებში.

აღნიშნული გზა განსაკუთრებით ცნობილი იყო კოლხების პერიოდში, ამიტომ შესაძლებელია ამ გადასასვლელმა სახელწოდება კოლხებისაგან მიიღო, რადგანაც ეს უკანასკნელი ჩრდილო კავკასიაში გადასასვლელად ძირითადად ამ გზით სარგებლობდნენ.

ხუთეგრისიან და უფრო აღრინდელ რუკებზე ეს გადასასვლელი აღნიშნულია სახელწოდებით კოლხარა (Колхара). ამრიგად, გვაქვს ვარიანტი:

კლუხ-ორ, კულხ-ორ, კოლხ-ორ.

აქ საქმე გვაქვს ერთი მხრით ხმოვან „ო“-ს „უ“-დ გადაქცევისთან და მეორე მხრით მათ გადაადგილებასთან ორ თანხმოვანს „კ“ და „ლ“-ს შორის, მით უფრო, რომ ქართულ ენაში დასაშვებია ხმოვანის ამოვარდნა ორ თანხმოვანს შორის და მათი გადაადგილება მეორე თანხმოვანის შემდეგ (მივიღეთ კლუხორი, ნაცვლად კულხ-ორისა). შესაძლებელია პირველ-დაწყებითი ფორმა იყო „კოლხ“ და არა „კლუხ“ (ბერძნულად Κολχιδε) და გარდა იმისა, რომ ასეთი გეოგრაფიული სახელწოდება გვხვდება დასავლეთ კავკასიონზე (კოლხორი — კლუხორი), არის სამხრეთითაც. ამჟამად თურქეთის მიერ მიტაცებულ ქართულ ტერიტორიაზე არის ქალაქი კოლხანლარ (კოლხ, სუფიქსი ან, ხოლო ლარ — მრავლობითი რიცხვის მაჩვენებელია). პლინიუსის ცნობით არსებობდა აგრეთვე ქ. კოლხინიუმ-იც (Colchinium).

დაბოლოება „ორ“ სუფიქსია. გეოგრაფიული სახელწოდებები ასეთი სუფიქსით მრავლად გვხვდება, განსაკუთრებით, დასავლეთ საქართველოში, მაგალითად:

- გომბ-ორ-ი (ქედი),
- კოდ-ორ-ი (მდინარე),
- წილ-ორ-ი (ს. აბაშის რ.),
- თხმ-ორ-ი (ს. ამბროლაურის რ.),
- შა-ორ-ი (მდ. ამბროლაურის რ. და ტბა ჯავახეთში),
- სულ-ორ-ი (მდ. ვანის რ.),
- ილ-ორ-ი (ს. ოჩემჩირეს რ.),
- თიქ-ორ-ი (მდ. ზუგდიდის რ.),
- კოხ-ორ-ი (ს. გალის რ.; ძალიან უახლოვდება კოლხ-ორ-ს) და სხვ.

ამრიგად, კლუხორი ან კოლხორი (კოლხ || კლუხ) ჩვენი აზრით ქართული წარმოშობისაა და მომდინარეობს „კოლხ“-ის სახელწოდებისაგან¹.

¹ სამწუხაროდ, ამ გადასასვლელის ძველი სახელწოდება ჯერჯერობით ისტორიულ წყაროებში ვერ აღმოვაჩინეთ. ბერნადაციის [5] ცნობით 1367 წ. გამოცემულ ვენეციურ რუკაზე ნაჩვენებია უსახელო გზა ამ გადასასვლელით, აღნიშნულია ტბები, მდ. ყუბანი, ე. ი. კლუხორ-თებერდის გზა საკმაოდ ცნობილი იყო იმ დროს, თუმცა ამ სახელწოდებით რატომღაც არ არის მოხსენებული.



სენტი — სოფელი (უწინ ზემო თებერდა). ვახუშტი ბატონიშვილის ცნობით სენტში იყო დასავლეთ საქართველოს კათალიკოსის ერთ-ერთი ეპისკოპოსი. აქ არსებული ძველი საყდარი ორნამენტის ტიპითა და ფრესკების ტექნიკით საქართველოს ძლიერების ეპოქას, X—XI ს. ს., მიეკუთვნება. აქ ნაპოვნია ბერძნული მონეტები კონსტანტინეს და ბასილის ეპოქისა.

შესაძლებელია „სენტი“ წარმოსდგა „სინტი“-სგან (Sintes), ტომის სახელისაგან, რომელსაც იხსენიებენ ჰომეროსი, აპოლონიოს როდოსელი და ორფეოსი კროტონელიც (პოემაში არგონავტების შესახებ).

დასაშვებია, რომ ამ ადგილმა და ეკლესიამ მათი სახელი მიიღო, მაგრამ ეს დებულება თავისთავად ეჭვს იწვევს.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, თანამედროვე კლუხორის რაიონის ტერიტორია ისტორიულად ქართველი ტომების (სვანების) გავლენის ქვეშ იყო. ზემო სვანეთის რაიონული ცენტრის მესტიას¹ ძველი სახელწოდებაა „სეტი“, რაც სვანურ ენაზე ნიშნავს ადვილს, სადაც ხალხი იკრიბება, ხდება ლოცვა, ტარდება დღეობა და ა. შ. კლუხორის რაიონის ეკლესია „სენტი“ (სვანურ და საერთოდ ქართულ ენაში კი ნ ადვილად ვითარდება) — სოფ. თებერდის პირდაპირ — მაღალი მთის მოვაკებულ ადგილზეა გაშენებული. სიტყვათა მსგავსებას, სტრუქტურასა და მნიშვნელობას იმ დასკვნამდე მივყავართ, რომ **სენტი** და **სეტი** ერთი და იგივეა და ქართული (სვანური) წარმოშობისა.

თებერდა (ტებერდა) — ხეობა და მდინარე. ამ სახელწოდებასთან დაკავშირებით შემდეგი ორი მოსაზრებაა:

ა) შესაძლებელია სახელი მიიღო აფხაზთა მეომარი ტომის „ცებელდა“-საგან (Tsebeliens), რომლებიც ძველად კორაქსინების სახელწოდებით იყვნენ ცნობილი, ცხოვრობდნენ მდ. კოდორის ხეობაში; მათი ნაწილი კავკასიის ქედს გადაღმა გადასახლდა, დააარსეს აული ჯამაათი და ჯერ კიდევ 1860-იან წლებში დიდ წინააღმდეგობას უწევდნენ რუსთა ჯარებს.

დიუბუა აღნიშნავს, რომ ცებელდელთა მთავარი სოფლები იყო „და“ (ან „დალ“) „ოტინაური“, „ამტკეტი“ ან „ამტკელი“ (ამ სახელწოდებით ღღესაც არის გადასასვლელი, ქედი, ტბა და მდინარე გულრიფშის რაიონში), „მაკრამბა“ და სხვ., აქედან ორი გზა მიდიოდა კავკასიონის ქედზე.

ყველაზე დიდ სოფელ „და“ („დალ“)-დან ორი ვიწრო ხეობით გზა გადიოდა მარუხის მწვერვალის მახლობლად. შემდეგ ორივე გზა ზელენიუკის ხეობაში ერთდებოდა. ცხადია, აქ ლაპარაკია კლუხორის გადასასვლელსა და თებერდის ხეობაზე ერთის მხრივ და მახარის გადასასვლელსა და ყუბანის ხეობაზე მეორე მხრივ, რომლებიც ქ. კლუხორთან ერთდებიან. აღნიშნული გადასასვლელები, — წერს დიუბუა, — კავკასიის უძველესი გზებია. ამ გზებით ხდებოდა ძირითადი ვაჭრობა და ცივილიზაციის გაცვლა-გამოცვლა კავკასიისა და გადაღმა მხარეს შორის [7].

¹ აქაც, მსგავსად კლუხორ-კოლხორისა, ადგილი აქვს ხმოვან ე-ს გადანაცვლებას ს-ტ-ს შორის (მესტ || (მ)სეტ.

და (ან დალ) ან თა ადვილზე მიგვითითებს და მიგვაჩნია იმ ელემენტად, რაც გვაქვს „წებელდა“ სიტყვაში. მაგ., გუდაუ-თა, გუმის-თა, ბიჭვინთ-თა და ც თა ადვილის მაწარმოებელი სუფიქსია. თანხმოვანი „ლ“ — წებელდაში ადვილად შეიძლება გადაიქცეს „რ“-თ და მივიღებთ „წებერდას“ ნაცვლად „წებელდა“-სი, რაც შეეხება პირველ ასოს „ტ-წ-ც“, მათი შენაცვლება აგრეთვე დასაშვებია.

ბ) უფრო მისაღებად მიგვაჩნია მეორე გზა. თაბალ-თუბალ-ტაბარ (აქედან კი ტიბარენი, იბერი) სიმ. ჯანაშიასა და აკ. შანიძის მიხედვით ქართული სიტყვაა და იშლება „ტაბად“, რაც ნიშნავს „ზღვას“ (ძველად), „ტბას“ ე. ი. საერთოდ წყალს, წყალსაცავს. ამავე დროს საყურადღებოა ის მომენტიც, რომ ქართულ „ტბას“ აღრიზნული ფორმა არის „ტაბა“, ამას მოწმობს ამ ფუძის შესატყვისი სხვა ქართველურ ენებში და შენახული საქართველოს ტომონიმიკაში: „ტაბა-ხმელა“ (ე. ი. „ამომშრალი ტბა“), „ტბა“ — აგარაკი, „ტბეთი“ (ს. ამბროლაურის რ.), „ტობა (ს. ხალციხის რ.), ტბათანა (საძოვრები თუშეთში); „ტობარა“ და „ტვიბი“ (ს. სვანეთში), „ტობანიერი“ (ს. ვანის რ.) და ა. შ. აქედან ამგვარი წარმოშობა შეუძლებელი სრულიად არ არის. სატომო სახელის (თუბალ-თაბალ) ფუძის თავკიდური ბგერა არის ფშვინკიერი წინაენისმიერი „თ“ და არა მკვეთრი „ტ“.

ამრიგად „თუბალ“ გვხვდება შემდეგ ვარიანტებში:

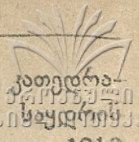
ტი-ბა-არ — თი-ბა-არ,
 ტუ-ბალ — თუ-ბალ,
 ტი-ბარ — თი-ბალ,
 ტი-ბალ — თი-ბალ,
 ტა-ბალ — თა-ბალ.

ახალ-ქართული „ტბა“ მოდის ძველი ქართული „ტაბა“-დან. მეგრულში მას შეესიტყვება „ტობა“, სვანურში „ტომბ“-ის გარდა გვხვდება „ტვიბ“ (ტუბ), „ტვიბრა“ ან ტუბრა (აქედან „ტვიბერი“, მდინარე, ქედი და გადასასვლელი ზემო სვანეთში); უდრის „ღელეს“, „მდინარეს“, რაც უეჭველად ამავე ძირისაა და აქ თავის უძველესი მნიშვნელობათაგანი: „წყალი“ აქვს დაცული. ტიბარ (თიბალ)-დან მივიღეთ:

ტიბარდა — თიბარდა ან ტებერდა — თებერდა.

ხმოვან „ი“-ს გადასვლისათვის „ე“-ში ქართველურ ენაში კანონზომიერი საფუძველი არსებობს. ამრიგად, თებერდა — ტებერდა თავისი ისტორიული ფორმითა და ფილოლოგიურ-ეტიმოლოგიური ანალიზით უძველეს ქართულ გეოგრაფიულ და სტომო სახელწოდებას უკავშირდება.

შუანა — ხუთვერსიან რუკაზე აქვს მეორე სახელწოდება შოანა (Шоан-КЕОЕ) ან სოფ. ისეტინსკოე. ძველ ისტორიულ მონასტერს ქ. ხუმარასთან, ე. წ. „ქართულ ხარა-ხოტოს“ (1220—1240 მ. სიმაღლეზე ზღ. დ.), იხსენიებს



ვახუშტი როგორც დას. საქართველოს ერთ-ერთ ეპარქიას (აქ იყო კათედრალური ტაძარი). მაიორ პოტიომკინის [10] გამოკვლევით (1802 წ. რამდენიმე წარწერა ეკუთვნის 6621 წ. მსოფლიოს დასაბამიდან, ე. ი. 1013 წელს (XI ს.).

შოანას (შუანი) სტრუქტურას დას. საქართველოს სატომო სახელწოდებათა ფორმის აღნაგობა აქვს, ფუძის სახით გვხვდება „შუ“, ხოლო სუფიქსი ან ფართოდ გავრცელებულია ქართველურ ენებში.

აკად. ს. ჯანაშიას აზრით „გარკვეულ ხანაში სატომო სახელებში საერთო ქართველური მაწარმოებელის როლში ან- სუფიქსი გამოდის, რომელიც იყო და არის დღესაც გავრცელებული [4, გვ. 228].

სახელწოდება შუანა-შოანა უნდა უკავშირდებოდეს სვანს. სიტყვა „შჭან“, ამჟამად, როგორც ზემო, ისე ქვემო სვანეთში, თვით ქვეყანას, სვანეთს ნიშნავს, თუმცა თავდაპირველად იგი სატომო სახელი იყო.

თუ დღეს სვანი — „მუშჭან“ (ზ. სვ.) და „მუშჭნი“ (ქვ. სვ.) ფორმებით გამოიხატვის, მრავლობითში უკვე ფუძე წმინდად აღიდგენს თავს: „შჭანარ“ (ზ. და ქვ. სვ.). ეს მარტო მორფოლოგიური მოვლენა როდია. მრავლობითისათვის ჩვენ მოგვეპოვება კიდევ ერთი ფორმა „შჭანწლარ“, სვანები (ქვ. სვ.). „სვანეთის“ აღსანიშნავად საკუთარი ფორმებია „ლაშჭან“, „სასვანო“ (ქვ. სვ.). უკანასკნელი ფორმა მხოლოდ სვანებს ესმით, როგორც მთელი სასვანო, მიწაწყლით და მოსახლეობით, ე. ი. საფუძველი გვაქვს ვივიქროთ, რომ მსგავსება არის არა მარტო შუანა-შოანა-სვანა-ს შორის, არამედ ისიც, რომ აღნიშნული ტერიტორია გარკვეულ პერიოდში სვანების გავლენის ქვეშ იყო, რაც თავის მხრივ ძველ ეთნიკურ-პოლიტიკურ საზღვარზე მიგვიითიბებს.

ტერმინი სუანი აღნიშნავს ტომს, სვანებს, და ამავე დროს იგი იტყვს ეთნიკურსა და ტერიტორიალურ აზრს ერთდროულად.

ამრიგად, ფორმა შუანა შეიძლება სხვადასხვა სახით გვევლინებოდეს, მაგ.:

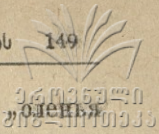
სუანი — შუანი,

სუანა — შუანა,

სოანი — შოანი,

სოანნ — შოანა.

სუანა-შოანა (სვანი) ისტორიული ფორმის განხილვა და მისი ფილოლოგიური ანალიზი ამჟღავნებს იმ უმჭიდროვეს კავშირსა და გავლენას, რომელიც ჰქონიათ ჩვენ წინაპრებს კოლხებს, სვანებს, ჩრდილო კავკასიის ხალხებთან: ამავე დროს, კლუხორის რაიონის ტერიტორია (თებერდისა და ყუბანის ხეობები) სვანების გავლენის ქვეშ იყო. ჯერ კიდევ სტრაბონის ცნობით სვანები „живя на высотах Кавказа, выше Диоскурии, управляют всеми окружающими их народами“ [11, გვ. 66]. ეს რომ ასეა, ამაზე მიგვიითიბებენ დღესაც სვანებში გავრცელებული ვადმოცემები, რომელთა მიხედვით ყარაჩაელები და ყაბარდოელები ხარკსაც კი უხდიდნენ სვანეთს ზემო აღნიშნულ ხეობებში მდებარე საძოვრების გამოყენებისათვის.



ხატიფარა: მთა და ქედი თებერდის ხეობაში. რუსები უწოდებენ „*Хатина*“ (ირმის ლელე).

აფხაზურად „იფარა“ ნიშნავს „მამულს“, „საძეოს“ (*вотчина*), რაც მთ სვანებისაგან შეითვისეს. სვანეთში ღღესაც გვხვდება გეოგრაფიული სახელწოდებები დაბოლოებით იფარა (ან ფარი);

- იფარი (ს. ზ. სვანეთში),
- ნაკ-იფარა („),
- ფარი („),
- ლატ-ფარი (გადას. „) და სხვ.

ამრიგად, დაბოლოება იფარა (იფარი ან ფარა) სვანური წარმოშობისაა. რაც შეეხება პირველ ნაწილს ხატს (ჰატ), მისი მნიშვნელობა ჯერ გამოურკვეველია. შესაძლებელია ეს იყო საკუთარი სახელი (ძველ სვანეთში, არის აფხაზებსა და ჩერქეზებშიც), რაც დამატებით კვლევა-ძიებას მოითხოვს.

მუხუ — მდინარე, ხეობა და გადასასვლელი. ამ სახელწოდების წარმოშობაზე ორი აზრია:

ა) შესაძლებელია იგი იყოს ჩერქეზული (ადიღეური) მორფოლოგიური ტიპისა „მუხ-ყვა“ (მუჰ-ყვა) ე. ი. „მუხ (მუჰ)-ი ხევი-ყვა (აკად. ს. ჯანაშიას აზრით გეოგრაფიული სახელწოდებები ბობო-ყვა-თი, აჰა-ყვა, მალთა-ყვა, და სხვ., ჩერქეზული წარმოშობისაა [3].

ბ) უფრო დასაშვებად მიგვაჩნია მისი მეგრული წარმოშობა — მუხურ, რაც მეგრულ ენაზე ნიშნავს „კუთხეს“ (ადგილს, დაბას, თავ შესაფარს). გეოგრაფიული სახელწოდებები, რომელთაც დაბოლოება აქვთ „ხუ“, „ხურ“, ან „მუხურ“ საქართველოში მრავლად გვხვდება, მაგალითად:

- მუხურ-ი (ს. გალის რ.),
- ლუღოს-მუხურ-ი (ს. ზუგდიდის რ.),
- მუხურ-უშა (მდ. სოხუმის რ.),
- მუხ-რა (მდ. ქვ. სვანეთის რ.),
- განარჯიას-მუხური (ს. გალის რ.),
- ტეხურ — მუხურ-ი (ს. სამურზაყანოში)

და, ბოლოს, კოლხების პერიოდში საკმაოდ ცნობილი ისტორიული პუნქტი „მუხურ“-ისი.

ამრიგად, მუხუ(რ)-ს ქართულ „მუხა“-სთან კავშირი არა აქვს (თუმცა მუხუს ხეობა მთელს რაიონში მუხის ხის გავრცელების ერთ-ერთი მთავარი ადგილია) და მისი წარმოშობა უფრო მეგრულ ენასთანაა დაკავშირებული.

* *

ჩვენ მიერ ზემოთ განხილული გეოგრაფიული სახელწოდებები ქართველური წარმოშობისა ჩანს.

შესაძლოა ამ რიგისა იყოს გეოგრაფიული სახელწოდებები, როგორცაა: „ყურმა“, „ხუმარა“, „განაჩხირი“, „მახარი“, „აგურა“, „შუგორა“, „ჩაჩხური“



და სხვა. ამას მომავალი კვლევა გაარკვევს, მაგრამ ზემოაღნიშნული ნაშრომების
 იმაზე მივეითებებს, რომ თანამედროვე კლუხორისა და ნაწილობრივ მიმდებარე
 რაიონები არა მარტო ქართველური ტომების გავლენის ქვეშ იყო, არამედ
 საქართველოს ძველ ეთნიკურ-პოლიტიკურ საზღვარშიც მდებარეობდა.

შეთავრების გამოყენებული ლიტერატურა

1. ვახუშტი, აღწერა სამეფოსა საქართველოსა, თბ. 1941.
2. ვახუშტი, საქართველოს ისტორია.
3. ს. ჯანაშია, ჩერქეზული (ადიღური) ელემენტი საქართველოს ტოპონიმიაში: საქ. სსრ
 აკად. მთაბბე, ტ. I, № 8, 1940.
4. ს. ჯანაშია, თუბალ-თაბალ-ტიბარენი, იბერი: ენიკი, ტ. I, 1937.
5. А. Бернадаци, Христианские древности на Кубани: Ж. мин. вн. дел. ч. III,
 кн. IV.
6. Ксаварио Главани, Описание Черкесии 1724 г. (СМОМПК, XVII, 1893).
7. Путешествие вокруг Кавказа Ф. Дюбуа де Моньерэ. Т. I, Сухум, 1937.
8. И. Помяловский, Сборник греческих и латинских надписей на Сев. Кавказе.
 СПб 1881.
9. Хуцумов, Об остатках древних памятников христианства на Сев. Кавказе: Сб.
 газ. „Кавказ“, за II полугодие 1847 г.
10. И. Павлов, Искусство и старина Карачая. Махач-Кала, 1930.
11. К. Ган, Известия древних греческих и римских писателей о Кавказе: СМОМПК,
 в. IV, 1884.

სტალინის სახელობის
 თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
 ეკონომიური გეოგრაფიის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1949. IX. 1).

ა. ჭიკაბაძე

მასალა ბიოლოგია-ეკოლოგიის საკითხების შესახებ (PIERIS RAPAE L.)

კომბოსტოს მოსავლიანობის საქმეში სხვა ფაქტორებთან ერთად დიდ როლს თამაშობენ მავნე მწერებიც. მათი უარყოფითი ეკონომიური მნიშვნელობისა და სახეობრივი შემადგენლობის შესახებ მასალები მოგვეყავს წინა შრომაში [31]. უნდა აღინიშნოს, რომ კომბოსტოს მავნე მწერების მრავალი სახეობა ჯერ კიდევ სრულიად შეუსწავლელია. მხოლოდ რამდენიმე სახეობის მავნე (რაფისის ფოთლისჭამია, კომბოსტოს ტილი, კუტკალიები) ბიოლოგია-ეკოლოგიური ცნობები არის მოყვანილი პროფ. ლ. კალანდაძისა და ელ. ნებიერიძის [9 და 10] და პროფ. ლ. კალანდაძისა და თ. ულაშვილის [11] ნაშრომებში. აგრეთვე მრავალ სახეობათა შესახებ პატარა პატარა მასალები აქვს ნ. ალექსიძეს [1]. მაგრამ ყველა ეს მონაცემები შედარებით მცირეა, ვინაიდან კომბოსტოს მავნებლების რიცხვი გაცილებით მეტია, იგი უდრის 68 სახეობას [31], და ამდენად მათი ბიოლოგია-ეკოლოგიური თავისებურების შესწავლა დიდ დახმარებას გაუწევდა მათ წინააღმდეგ ბრძოლის ღონისძიებების დამუშავებისა და ჩატარების საქმეს.

ჩვენ მიზნად დავისახეთ 1937—1940 წ.წ. განმავლობაში შეგვესწავლა ფრიად მნიშვნელოვანი მავნე მწერის თალგამის თეთრულას (*Pieris rapae* L.) ბიოლოგია-ეკოლოგია.

ამ საკითხების შესწავლას ძირითადად ვაწარმოებდით თბილისის მიდამოების ბოსტნებში 1937—1940 წლების განმავლობაში. გარდა ამისა დაკვირვებები ტარდებოდა პერიოდულად საქართველოს სხვადასხვა ადგილებში: ბათუმსა და მის მიდამოებში, ქუთაისში, საგარეჯოში, ლაგოდეხში, ალბულაღში, ფსანაურში, თეთრ წყაროში, ბორჯომში და სხვაგან.

თბილისის მიდამოებში დაკვირვების ობიექტები იყო: ფილიპე მახარაძის სახ. კოლმეურნეობა (დიღომი), აგრობიოლოგიური სადგური, თესლის საკონროლო სადგური, ზოობარკი, ლ. პ. ბერიას სახელობის საქ. სას. სამ. ინსტიტუტის სასწავლო მეურნეობა (ვაკე), ტელმანის სახელობის კოლმეურნეობა (დიღომი) და კერძო მოსახლეობის ბოსტნები თბილისის განაპირა მხარეებში. ბიოეკოლოგიურ საკითხების შესწავლა მიმდინარეობდა აგრეთვე სტალინის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის უხერხემლოთა ზოოლო-



გის კათედრაზე ლაბორატორიაში, რისთვისაც გამოყენებული იყო მინის და მავთულბადის სათავსურები და თერმოსტატები. ამ შემთხვევაშიც მატლებს გამოკვება წარმოებდა კომბოსტოთი. შესწავლილ იქნა მეზამთრობის დაწყება და დამთავრება, პირველი ფრენა, გამრავლების ინტენსივობა, კვერცხის დების ხანგრძლივობა და რიცხვი, ემბრიონალური და ცალკე სტადიების განვითარების ხანგრძლივობა და სხვადასხვა ეკოლოგიური პირობები.

იმავე საკითხების დასაზუსტებლად და აგრეთვე ჩემ მიერ შეგროვილი კომბოსტოს მავნე ენტომოფაუნის და ლიტერატურული მასალების დასამუშავებლად მივიღინებული ვიყავი 1938 წ. პირველი ივნისიდან ქ. ლენინგრადში გამოყენებითი ზოოლოგიის და ფიტო-პათოლოგიის უმაღლეს კურსებზე და აგრეთვე საკავშირო მეცნიერებათა აკადემიის ზოოლოგიის ინსტიტუტის ეკოლოგიურ ლაბორატორიაში. ზემოთ ხსენებულ დაწესებულებების ლაბორატორიებში შესაძლებლობა მქონდა საკმაოდ ფართოდ შემესწავლა ექსპერიმენტულად თაღვამის თეთრულას ძირითადი ბიოლოგიურ-ეკოლოგიური თავისებურებანი კვერცხებზე, მატლებზე, ჭუპრებზე, და ნაწილობრივ იმაგონედაც იმ ძირითადი ფაქტორების მიხედვით, როგორც არის ტემპერატურა, ტენიანობა, სინათლე და მისი ინტენსიობა და კვება. ამისათვის გამოყენებული იყო მინისა და მავთულბადის სათავსურები, თერმოსტატები, პოლითერმოსტატი და აგრეთვე კომბოსტოთი ნარგავი დიდი (200 კუბ. მეტ.) და მცირე ზომის შუშაბანდები. აქაც მატლების გამოკვება ხდებოდა კომბოსტოს ფოთლებით უშუალოდ ნარგავ მცენარეზე და პეპლები კი იკვებებოდნენ თაიგულის ნექტრით ან გლუკოზით.

თაღვამის თეთრულას გავრცელება

თაღვამის თეთრულას სამშობლოდ ითვლება აღმოსავლეთ ნახევარსფერო ატლანტის ოკეანიდან დაწყებული წყნარ ოკეანემდე.

ამერიკაში ის შეყვანილია ევროპიდან XIX საუკუნის მეორე ნახევრიდან — კანადაში, შეერთებულ შტატებში და სხვაგან, სადაც ძლიერ დიდი ზიანი მოაქვს. იქ მან განდევნა ადგილობრივი მავნე სახეობანი ე. წ. *Pontia protodicea* და *Pieris oleracea*, ვინაიდან ჭუპრიდან უფრო ადრე გამოდის გაზაფხულზე, ვიდრე აღნიშნული ადგილობრივი სახეობანი და ინტენსიურადაც მრავლდება. ცნობილია ამ სახეობის მიგრაციაც, მაგ., ნახულია მათი გუნდები მიმფრინავი ევროპიდან ინგლისში (Chittenden, F. H., 29), მაგრამ ეს მავნე სახეობა უმთავრესად გავრცელებულია 30°—60° ჩრდილო სივანედების ფარგლებში.

საქართველოში თაღვამის თეთრულა ყველგან გვხვდება. ძირითადად ის გავრცელებულია დაბლობ ადგილებში, თუმცა გვხვდება ალპურ ზონაშიც. როგორც ტენიანობის მოყვარული მწერი, იგი დასავლეთ საქართველოში უფრო მეტი რაოდენობით გვხვდება, ვიდრე საქართველოს აღმოსავლეთ ნაწილში. ეს სახეობა მებოსტნეობის და, კერძოდ, კომბოსტოს კულტურის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მავნებელი არის. ის აზიანებს კომბოსტოს კულტურას ადრე

გაზაფხულიდან გვიან შემოდგომამდე. ხსენებული მავნებლის მატლები განსაკუთრებული ზიანის მომტანი არიან მასობრივი გამრავლების წლებში და დიდი უარყოფითი ეკონომიური მნიშვნელობაც აქვთ. საქართველოს სხვადასხვა ადგილებში ეს სახეობა იძლევა წელიწადში ერთი გენერაციიდან ხუთ გენერაციამდე. როგორც სხვა მავნებლების დროს, ისე თაღამის თეთრულას თაობები ერთმანეთშია არეული. ამიტომ ერთ და იმავე დროს ხშირად ერთ კომბოსტოზეც კი ვხვდებით არა თუ სხვადასხვა ხნოვანების მატლებს, არამედ სხვადასხვა თაობების წარმომადგენლებსაც კი.

მეზამთრობა, შიანა და ქვეა

თაღამის თეთრულა მეზამთრობს ჭუპრის სტადიაში ბოსტნეულის ანარჩენებზე, ღობურებზე, ქვებზე, ზოგჯერ ნაგებობის კედლებზე და სხვა. პეპლების გამოფრენა გაზაფხულზე წლის ტემპერატურის მიხედვით იწყება მარტის შუა ან ბოლო რიცხვებიდან. მაგ., 1938 წელს პირველი თაობის პეპლების ფრენა დაიწყო 16/III; ხოლო თვის ბოლოსათვის პეპლები მასობრივად ფრენდნენ. აღნიშნულ წელს მარტის თვის საშუალო თვიური ტემპერატურა თბილისში უდრიდა 4,5°. პეპლების გამოფრენა გაზაფხულზე ჭიანჭურდება. მათ ვხვდებით მარტიდან დაწყებული მაისშიც. დაკვირვებით აღმოჩნდა, რომ ყველა თეთრულიდან თაღამის თეთრულა უფრო ადრე იწყებს გაზაფხულზე ფრენას, მაგალითად, ვიდრე კომბოსტოს თეთრულა (*Pieris brassicae* L.), დაახლოებით 10—15 დღით ადრე.

თაღამის თეთრულას პეპლები მზის დიდი მოყვარულნი არიან. პეპლის ფრენა, კვება და კვერცხის დება მიმდინარეობს მხოლოდ მზიან დღეებში. კარგ დარში მათთვის დამახასიათებელია წყნარი და დაუჯდომლად ხანგრძლივი ფრენა. წვიმებში და მოღრუბლულ დღეებში ისინი უმოძრაოდ სხედან. წვიმის დროს ისინი თავსდებიან ფოთლების ქვედა მხარეზე ფრთებ შეკეცილი. ვერ იტანენ დიდ სიცხესაც, მაგ. 35° C-ის დროს ისინი ჩრდილში კომბოსტოს ფოთლებს შორის იმალებიან; 40°-ზე დამბლა ემართებათ და 45°-ზე კი უკვე იხოცებიან 10 საათის შემდეგ.

პეპლები იკვებებიან სულ სხვადასხვა ოჯახის მცენარეების ნექტარით. უფრო ეტანებიან ჯვაროსან თეთრ ყვავილებს. ლაბორატორიულ პირობებში ისინი იკვებებოდნენ როგორც ნექტარით (თაიგულზე), ისევე ტკბილი წვენი-პით, მაგ., შაქრის, გლუკოზის, თაფლის და სხვა წვენით. სპეციალურად ჩვენ მიერ ჩატარებული იყო გამოკვლევები მათი გლუკოზით გამოკვებაზე და გამოირკვა, რომ როცა პეპლები ღებულობდნენ 5—10—15 და 25 %-მდე გლუკოზას, ყოველთვის მათი სიცოცხლის ხანგრძლივობა 2—3 დღით, ხან კი 7 დღითაც (რაც მეტი იყო გლუკოზის პროცენტები, მით უფრო ჩქარა იხოცებოდა პეპლები) მცირდებოდა, შედარებით მშვიდ ე. ი. უქმელ მდგომარეობაში შენახულ პეპლებთან. ამავე დროს საინტერესოა აღინიშნოს, რომ სხვა პეპლები კარგად იტანენ გლუკოზით გამოკვებას, მაგ., კომბოსტოს ხეტარის პეპლები. საერთოდ შეიძლება ითქვას, რომ თაღამის თეთრულას იმაგოს სიცოცხლის ხანგრძლივობა არ აღემატებოდა გრილ დღეებშიც კი 10 დღეს.

პეპლები მოთავსებული იყვნენ 200 კუბიკ. მეტრის სივრცეში, კომპოსტის და სხვა მცენარეებით ნარგავ შუშაბანდებში, სადაც ჰაერის ცვლა უზრუნველდება მათულობადიანი სარკმელებით.

განაყოფიერება (პეპლობა)

განაყოფიერებას ანუ პეპლობას ლაბორატორიულ პირობებში ძალიან იშვიათად აქვს ადგილი და ისიც მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ თაღამის თეთრულას პეპლები არიან მზიან ოთახში, სადაც არის აგრეთვე მოთავსებული მცენარეები (ჩვენს პირობებში კომპოსტო). ბუნებრივ პირობებში ზაფხულის გენერაციები კოპულირობენ გამოფრენის დღესვე ან მეორე დღეს ტემპერატურის და მიხედვით. განაყოფიერების წინ ადგილი აქვს საქორწინო მზადებას. ჭუბრიდან ახლად გამოფრენილი დედალი პეპელა მზებზე შემრობისა და შეთბობის შემდეგ იწყებს პატარა მანძილზე, 2—3 მეტრზე, მცენარიდან მცენარეზე ფრენას, რამდენიმე საათის შემდეგ უკვე კარგად ფრენს, მაგრამ მდორედ, აუჩქარებლად და ხშირად ჯდება, მამლები კი ფრენენ გამალებით და განუწყვეტლივ, ე. ი. დიდი ხნის განმავლობაში არ ჯდებიან. დედალი პეპელა მამლის მიახლოებისას იწყებს ჯერ ნელ ფრენას, შემდეგ კი თანდათანობით აჩქარებულად. ამავე დროს მის ირგვლივ იკრებს თავს ახლად და ახლად მოფრენილი მამალი პეპლების გროვა, სულ რამდენიმე წუთში. ასეთი ფრენის დროს ზოგჯერ ხდება ჰაერშივე განაყოფიერება, მაგრამ ხშირად ამას ადგილი აქვს დაჯდომის შემდეგ. ხშირ შემთხვევაში აფრენილ დედალს აედევნება მრავალი მამლები (5—10 და შეიძლება მეტიც) და ეს პეპლების გუნდი მიფრინავს სულ უფრო ხვეით, პირდაპირ ვერტიკალურად, ხან კი მალა აფრენის შემდეგ ისინი იცვლიან მიმართულებას და ჰორიზონტალურად მიფრინავენ. 5—10 და ზოგჯერ 20 წუთის შემდეგ გუნდი თანდათანობით მცირდება და ეშვება ქვევით ნიადაგის ზედა პირისაკენ, სადაც საბოლოოდ დედალი ნაყოფიერდება ერთი მამლის მიერ. ხშირად შევხვდებით კოპულაციის დროს მუცლის უკანასკნელი ნაწილებით გადაბმულ პეპლების მიფრინავ წყვილს. ამ დროს მიფრინავს დედალი, მამალს კი ფრთები დაკეცილი აქვს. განაყოფიერება ზოგჯერ გრძელდება საათობით (4—5 საათი). განაყოფიერების პროცესში დაჭერილი წყვილი ზოგჯერ არ სცილდება ერთმანეთს და ტყვეობაშიც (ქილაშიც) განაგრძობს განაყოფიერებას.

კვერცხის დება

განაყოფიერების შემდეგ იწყება კვერცხის დება. ზაფხულის გენერაციის პეპლები ხშირ შემთხვევაში ნაყოფიერდებიან იმავე დღეს და კვერცხს სდებენ. განაყოფიერების მეორე დღეს, იშვიათად მესამე დღეს, ხშირ შემთხვევაში დამატებით კვერცხს ჩაუტარებლად. კვერცხის დება ხდება მზიან დღეში დღის 8—9 საათიდან, ის ინტენსიური 10—11 საათზე და გრძელდება დღის 1 საათამდე. შემდეგ კი მხოლოდ თითო-ორი კვერცხის მდებ პეპლებს ვხვდებით, ხოლო საღამოთი ასეთი შემთხვევები ძალიან იშვიათია, ე. ი. ამ დროს თითქმის არც კი ხდება კვერცხის დება. მხოლოდ თუ დღე იყო წვიმიანი და

საღამოთი მზე გამოვიდა, ამ შემთხვევაში ხდება კვერცხის დეზინფექციის მაინც იშვიათად. პეპელა კვერცხს დებს ტყეობაშიც ფანჯარასთან მდებარე ყუთებში დარგულ კომბოსტოზე. დებს კვერცხს აგრეთვე სულ პატარა ქილაშიც კი მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ დედალი დაჭერილი იყო ბუნებაში კვერცხის დების დროს. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ კომბოსტოს თეთრულა კვერცხს არ სდებს არც ერთ შემთხვევაში ლაბორატორიულ პირობებში, განაყოფიერებას კი აქვს ადგილი.

თალგამის თეთრულას კვერცხის პროდუქცია ჩვენი დაკვირვებებს 115 შემთხვევაში არასოდეს არ აღემატებოდა 169-ს, საშუალოდ კი ის სდებდა 80—110-დე კვერცხს. იყო შემთხვევები 10—15 კვერცხის დადებისაც და ზოგჯერ სრულიადაც არ სდებდნენ.

გაზაფხულის გენერაციის პეპლები კვერცხს სდებენ ძირითადად სარეველ ბალახებზე, უმათავრესად შლეგაზე და წიწმბატურაზე (*Brassica campestris* L. ssp. *oleifer* G. (D. C.) და *Capsella bursa pastoris* (L.) Med.), აგრეთვე მინდვრის კომბოსტოზე (*Brassica campestris* L.), იშვიათად კი კომბოსტოს ჩითილზე ან ნაგერალ კომბოსტოზე.

კვერცხის დების დროს პეპელა ეკიდება მცენარის ფოთლის ქვედა მხარეზე ფეხებით ვერტიკალურად ფრთებ-შეკეცილი; ღუნავს მუცელს თანდათანობით იქამდე, ვიდრე არ შეეხება კვერცხსადებით მცენარეს, კვერცხი იღება თითო ცალად და თან სასქესო აპარატის დამატებითი ჯირკვლებიდან გამოყოფილი სითხის საშუალებით ეწებება მცენარეზე ფუძით საკმაოდ მტკიცედ, რასაც ანდომებს 5—10 სეკუნდს.

კვერცხი და ემბრიონული განვითარება

ახალდადებული კვერცხი ისე ძალიან მკრთალი მოყვითალო ფერისაა, რომ თითქმის მოგვაგონებს რძის ფერს. შემდეგ ის დეზულობს ყვითელ ფერს და გამოჩეკის წინა დღეს უკვე ნარინჯი ფერისა ხდება, ზოგჯერ მოჩანს მატლის პირის ორგანოების ფერიც. კვერცხი ბოთლისებრი ფორმისაა. წვეროში მიკროსკოპული ნაპრალით. მისი სიგრძე უდრის 1,25—1, 200 მ.მ., სიგანე უფართეს ადგილში — 0,67—60 მ.მ., ფუძესთან 0,42—45 მ.მ. წვეროში — 0,14 მ.მ. კვერცხის სიგრძეზე მისდევს წიბოები, რომლებიც წვეროში ერთიანდებიან.

ტემპერატურა და ტენიანობის მიხედვით ემბრიონული განვითარების ხანგრძლივობა მერყეობს, რაც მოჩანს ნათლად № 1 ტაბულიდან (ცდები შემოწმებულია განმეორებით რამდენჯერმე. თითოეულ ცდაში ვათავსებდით 30 ცალ კვერცხს). აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ გაზაფხულის გენერაციის კვერცხების ემბრიონული განვითარების ხანგრძლივობა აღემატება ზაფხულის კვერცხის ემბრიონულ განვითარებას ნახევარი და ხან 1—2 დღითაც (ტემპერატურის მიხედვით). აქ მოგვყავს თალგამის თეთრულას ემბრიონული განვითარება ტემპერატურის და ტენიანობის მიხედვით (იხ. ტაბ. № 1). მხოლოდ ზაფხულის გენერაციების საშუალო მონაცემებიდან.

მაღვამის თეთრუღას ემბრიონული განვითარება ტემპერატურის და ტენიანობის მიხედვით

ტაბულა № 1

№ ტაბულა	ტემპერატურა (t° C)	ტენიანობა	განვითარების ხანგრძლივობა	დაღუპული კვერცხების რაოდენობა %-ში	განვითარებულ კვერცხებს. რაოდენობა %-ში
1	7,5° C	80 %	24—25 დღე	23,3 %	76,7 %
2	14° C	80 %	14 დღე	13 %	87 %
	"	100 %	15 "	26,6 %	73,4 %
	"	60 %	14 "	—	100 %
	"	40 %	13 "	80 %	20 %
	"	20 %	—	100 %	0, %
"	6 %	—	—	100 %	0
3	17° C	80 %	8 დღე	0	100 %
	"	—	7 "	20 %	80 %
4	19° C	75 %	5,9 დღე	16 %	84 %
	"	75 %	6,2 "	15 %	75 %
5	21° C	75 %	5,2 დღე	0	100 %
	"	65 %	4,9 "	0	100 %
6	25° C	85 %	4 დღე	15 %	85 %
	"	100 %	4 "	16,6 %	83,4 %
	"	75 %	3,7 "	13,3 %	86,7 %
	"	60 %	3 "	0 %	100 %
	"	40 %	2,5 "	16,6 %	83,4 %
	"	30 %	—	100 %	0 %
"	6 %	—	—	100 %	0 %
7	29° C	—	3 დღე	20 %	80 %
	"	75 %	2,8 "	—	100 %
8	31,5° C	73 %	2 დღე	0 %	100 %
	"	50 %	2 "	15 %	85 %
	"	100 %	2,5 "	46,6 %	59,4 %
	"	40 %	2 "	46,6 %	59,4 %
	"	30 %	—	100 %	—
9	33° C	75 %	1,8 დღე	25 %	75 %
	—	50 %	1,5 "	65 %	35 %
	—	100 %	2 "	75 %	25 %
	—	30 %	0 "	100 %	0 %
10	35° C	75 %	0 დღე	100 %	0 %

როგორც № 1 ტაბულიდან ჩანს, კვერცხის განვითარების ქვედა ზღვარი გაცილებით დაბალი უნდა იყოს, ვიდრე 7,5° C, ვინაიდან აღნიშნულ ტემპერატურაზე კვერცხის $\frac{3}{4}$ ასწრებს ტენიანობის 80 %-ის დროსაც კი განვითარებას, იმ დროს როდესაც ტენიანობის ეს პროცენტი არ წარმოადგენს, როგორც ტაბულიდან ჩანს, კვერცხის განვითარების ხელსაყრელ პირობას, რადგან 10° C-ის და ამ ტენიანობის დროს აქვს ადვილი კვერცხის მხოლოდ 87 %-ის განვითარებას.

საქართველოს კლიმატურ მონაცემებს თუ გადავხედავთ, დავინახავთ, რომ უმრავლეს რაიონებში მარტის თვის საშუალო ტემპერატურა 4,5—8,2° C-ს შორის მერყეობს, ტენიანობა კი 61,7—78 % (იხ. ტაბულა № 2 და № 3).

ეს კი სრულიად საკმარისია ემბრიონული განვითარების საწყისისათვის. საჭიროა აღვნიშნოთ, რომ ეს კლიმატური მონაცემები მიღებულია ნიადაგის

ზედაპირიდან 1,5—2 მეტრის მანძილის დაშორებით; მავნებლის კვერცხი მატლი და ჭუპრიც კი იმყოფებიან ნიადაგის ზედაპირიდან 25—50 სანტიმეტრის დაშორებით. აღნიშნულ მანძილზე კი ტემპერატურა შედარებით ყოველთვის მაღალია. ასევე მაღალია ტენიანობა კომბოსტოს მწვანე ფოთლებზე და ტემპერატურა დღისით მის ზედა ფოთლებზე (Гейгер, 1931; Мировой агро-климатический справочник, 1937 და სხვა). და მართლაც, როგორც ზევით აღვნიშნეთ, ბუნებრივ პირობებში აპრილში უკვე გვხვდებით ახლად გამოჩეკილ მატლებს.

შერის ტემპერატურის საშუალო წლების და თვეების მიხედვით

ტაბულა № 2

სადგურების დასახელება	წელი	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
თბილისი . . .	1937	1,0	3,4	7,2	11,6	16,3	18,8	25,8	25,3	22,8	15,6	9,2	4,9
	1938	3,1	2,9	4,5	12,5	17,8	20,9	26,0	25,0	20,8	14,7	8,4	4,9
	1881—1930	0,6	2,3	6,8	11,7	17,1	20,9	24,2	24,1	19,4	13,8	7,4	2,8
საგარეჯო . . .	(11 წ.)	0,9	2,0	5,5	10,4	15,5	19,6	22,2	21,8	17,3	12,5	7,2	2,5
ნაფარეული . . .	(12 წ.)	1,4	2,9	7,2	12,3	17,0	21,0	24,0	23,2	19,0	13,4	7,6	3,0
იყალთო . . .	(11 წ.)	0,7	1,9	5,7	10,8	16,0	19,8	22,7	22,0	17,9	12,3	6,6	2,4
ჭუთაისი . . .	1933	3,9	6,4	7,1	10,1	17,5	20,9	21,8	22,3	19,5	15,5	12,0	4,6
სამტრედია . . .	1933	3,9	6,3	7,8	11,4	18,4	20,0	25,1	23,1	20,3	10,4	12,4	4,9
ბათომი (მწ. კ.)	1933	5,4	7,0	6,9	10,2	15,2	18,2	21,1	21,5	18,7	15,6	14,2	6,5
ოზურგეთი . . .	1903	3,0	3,6	6,5	14,8	16,9	21,1	22,3	21,8	17,7	14,4	9,7	8,0
ზონი . . .	1904	—	2,4	8,2	11,9	15,7	20,7	23,8	23,0	20,1	15,0	11,3	4,2
ყარაია . . .	1913	0,9	2,9	7,2	12,6	17,8	22,2	25,4	24,6	19,8	15,8	7,4	2,6
კოჯორი . . .	1925	-2,0	-2,5	1,7	5,5	11,1	14,6	17,9	17,9	13,8	8,8	3,2	0,0
გუდაური . . .	(3, 2 წ.)	-7,3	-6,0	-2,0	1,3	6,2	10,2	13,1	13,3	9,3	5,1	-0,4	-4,2
წინანდალი . . .	(12 წ.)	1,7	2,7	6,6	11,6	16,4	20,3	23,4	22,5	18,4	13,0	7,8	3,5
გორი . . .	მრავალწლ.	-1,6	-0,1	5,1	10,3	15,7	19,2	22,3	22,5	18,1	12,4	5,8	0,3
მუხრანნი . . .	"	-1,6	0,3	5,1	10,2	15,4	18,6	22,3	22,2	17,8	12,2	6,0	1,2
ბაკურიანი . . .	"	-7,2	-6,9	-1,7	3,5	8,8	12,2	15,1	15,1	11,0	5,2	-0,7	-4,7
ყარაია . . .	"	0,1	1,8	6,7	11,9	17,5	21,6	24,8	24,6	19,9	14,0	7,1	2,4

საშუალო შეფარდებითი ტენიანობა წლებისა და თვეების მიხედვით

ტაბულა № 3

სადგურების დასახელება	წელი	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
თბილისი . . .	(64 წ.)	70	67	72	61	63	59	56	56	62	70	73	75
	1937	75	70,5	67,5	67,5	70,7	62,7	59	61,5	60,5	71,7	78,5	75,7
ბათომი . . .	(81 წ.)	76	78	78	82	82	82	84	84	84	85	81	76
ნაფარეული . . .	(74 წ.)	78	76	72	74	74	70	57	67	75	79	79	81
წინანდალი . . .	(68 წ.)	68	67	68	66	69	66	63	62	68	74	71	71
მუკუხანი . . .	(72 წ.)	70	72	68	71	74	69	66	67	72	78	76	75
კოჯორი . . .	1937	76,5	76,5	77,5	78	71,5	72,7	56,5	61,5	68,7	77,5	77,2	91,7
გუდაური . . .	(70 წ.)	64	68	68	67	73	73	74	74	75	75	69	65
საგარეჯო . . .	მრავალწლ.	71	70	68	61	62	62	63	60	69	66	68	72
გორი . . .	"	82	80	72	67	69	67	64	64	68	75	79	84
ლუქსემბურგი . . .	"	73	76	71	66	64	65	66	68	75	72	72	67
ყარაია . . .	"	73	71	68	66	66	62	57	58	65	73	76	77
ფოთი . . .	"	74	75	75	79	83	82	83	84	82	79	75	72
სამტრედია . . .	"	80	77	75	72	76	76	79	81	89	78	77	77
ოზურგეთი . . .	"	82	81	77	79	82	81	83	87	85	84	83	80
ჭუთაისი . . .	"	70	68	63	67	73	73	78	77	71	70	71	68
სოხუმი . . .	"	70	71	69	73	76	75	76	74	79	70	68	69
მუხრანნი . . .	"	79	78	72	67	79	70	68	66	70	73	76	80



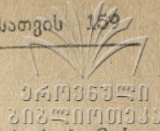
მეორე მხრით ტაბულიდანვე ჩანს, რომ გაზაფხულზე პირველი გენერაციის განვითარება ძალიან ხანგრძლივდება, ვინაიდან გაზაფხულზე ტემპერატურასთან ერთად ტენიანობა ყოველთვის მაღალია და 50—60%-ზე მეტით საქართველოს არცერთ რაიონისათვის აღნიშნული ტენიანობა არა გვაქვს.

რაც შეეხება ზაფხულის გენერაციებს ისინი თითქმის ყოველთვის ოპტიმალურ პირობებში რჩებიან ტემპერატურის და ტენიანობის შეფარდების მხრივ, რადგან საქართველოში ამ დროს ტემპერატურაც და ტენიანობაც მერყეობს ძირითადად მაენებლის ენბრიონულ განვითარების ოპტიმუმის ფარგლებში. ასე მაგალითად, № 2 და № 3 ტაბულებიდან ჩანს, რომ საშუალო დღიური ტემპერატურა ივნისის — ივლისის — აგვისტოს — სექტემბერში მერყეობს 17,7—24,0°C გრადუსებს შორის, ხოლო ტენიანობა 56—84% შორის, ამას კი სდევს მაენებლის თითქმის ყოველთვის 100% გამოჩეკა და შედარებით მცირე დაღუპვა. მაგრამ მაენებლის ემბრიონული განვითარების ტაბულიდან ჩანს, რომ 31,5°C ზევით უკვე იწყება განვითარებისათვის არა ხელსაყრელი ტემპერატურა მიუხედავად ტენიანობისა და, მაშასადამე, დიდი სიცხეების დროს კვერცხების დაღუპვას უნდა ჰქონდეს ადგილი, რაც არა ერთხელ იყო შენიშნული. ეს განვითარებისათვის არა ხელსაყრელი ტემპერატურა 33°C-ზე უფრო დამღუპველად მოქმედებს, ხოლო უკვე 35°C-ზე კვერცხები იღუპებიან მასობრივად 10 საათის განმავლობაში (იხ. მაღალი ტემპერატურის შესახებ ტაბულა № 4).

ჰაერის ტემპერატურა საშუალო ახლოლუტური მაქსიმუმებიდან

ტაბულა № 4

თვეები	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
სადგურები												
სამტრედი	15,4	18,2	25,3	30,2	34,3	35,3	36,5	36,4	34,1	29,7	24,1	18,3
კულაში	15,3	17,5	24,4	28,7	32,7	34,1	35,1	35,2	34,4	29,3	24,5	18,5
ქუთაისი	15,7	17,2	24,2	29,0	32,3	34,7	35,6	35,9	34,4	29,2	23,5	19,1
ტყიბული	14,2	15,9	21,1	27,0	30,6	32,3	33,0	33,3	31,6	27,5	22,3	18,0
ლაილაში	7,1	14,3	17,8	23,9	27,6	29,8	31,7	30,5	29,4	23,7	19,3	11,7
საქარა	15,5	17,2	24,3	29,8	33,1	35,5	26,5	37,3	35,0	29,6	24,4	18,6
ონი	12,5	18,5	20,0	26,0	30,0	33,0	33,5	36,6	32,5	28,0	22,0	12,0
ბარისთვალი	8,7	12,1	15,0	19,8	25,0	27,1	28,5	20,7	27,3	22,9	17,1	10,9
ჭიათურა	12,2	15,4	23,1	28,7	33,2	34,1	36,5	37,1	34,5	28,8	22,7	15,3
წიფა	10,0	11,3	18,7	25,1	28,1	31,0	33,1	33,8	31,4	24,8	18,8	12,0
ჩაფარეული	14,0	15,0	22,4	25,8	30,3	34,6	37,4	37,7	34,3	27,9	21,1	15,1
იყალთო	10,7	11,7	20,3	23,7	27,6	31,0	33,1	33,9	30,2	24,8	17,8	11,9
წინანდალი	13,0	14,0	21,9	24,2	28,5	32,5	35,2	35,5	32,3	20,9	19,9	14,1
ურიათუბანი	13,2	13,7	21,2	23,1	28,1	32,5	33,8	33,6	31,3	24,3	19,5	13,1
ახტალა	13,2	13,8	21,4	23,8	28,2	33,2	35,5	35,2	32,1	25,2	19,7	13,4
წყნორისწყალი	14,1	14,7	22,4	24,9	29,4	34,5	36,8	36,5	33,3	26,3	20,7	14,3
ცოდნისკარი	16,0	16,5	23,6	25,8	29,9	34,6	36,7	36,4	33,6	27,1	22,0	16,2
საგარეჯო	13,2	13,8	19,8	22,8	22,1	32,1	33,3	32,7	33,9	25,5	20,3	13,8



მაგლის კვება და განვითარება

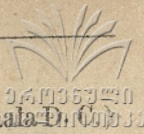
მატლი კვერცხიდან გამოსვლის წინ იწყებს ნაჭუჭის შეკმას პირის მახლობლად, შემდეგ თანდათანობით აღიდეგს ხვრელს და ამოდის უკვე ნახევრად შეკმული ნაჭუჭის ზემო ნახევრიდან. მაგრამ ნაჭუჭიდან გამოსვლის შემდეგ ისევ უბრუნდება და სჭამს დარჩენილ ნაჭუჭს მთლიანად (იშვიათად სტოვებს შეუჭმელს). მატლები შემდეგ იკვებებიან მცენარის ჯერ ებიდერმისით (აფხუკენ). მეორე ხნოვანების მატლები კი იწყებენ ფოთლის ცალმხრივ სველტაციას. მესამე ხნოვანების მატლები უფრო ხარბად სჭამენ; ისინი ფოთლებში აჩენენ ფანჯრებს. მეოთხე და მეხუთე ხნოვანების მატლები კი იწყებენ ფოთლის შეკმას უმთავრესად კიდებიდან და ზოგჯერ ფოთლიდან მხოლოდ მსხვილი ძარღვებიდა რჩება, უკიდურეს შემთხვევაში ისინიც იჭმევა. მატლები იკვებებიან უმთავრესად ღლისით და რამდენჯერმე. განსაკუთრებით ხარბები არიან ისინი ღლით 8—10 საათზე (იხ. დაზიანების სურათი ქვემოთ გვ. 163).

ზრდა-დამთავრებული მატლის სიგრძე მერყეობს 32—35 მმ შორის. მატლი ხავერდოვანი მწვანე ფერისაა და უწვრილესი შავი წერტილები გაბნეული აქვს სხეულზე. ზურგის გასწვრივ და გვერდებზე მიუყვება მკრთალი ყვითელი ზოლი, ხოლო გვერდებზე სტიგმების გასწვრივ ყვითელი წერტილები სტიგმების ირგვლივ. მესამე ხნოვანებიდან ზოგიერთ მატლებს ემჩნევათ ზურგის მხარეზე, მუცლის მეორე და მესამე სეგმენტს შორის, წყვილი კანქვეშა მოშავო ლაქა. მატლი კანს იცვლის ოთხჯერ და ახასიათებს ხუთი ხნოვანება.

I	ხნოვანობის მატლის სიგრძე	უღრის	3,7 მმ
II	"	"	6 მმ
III	"	"	14—15 მმ
IV	"	"	24—25 მმ
V	"	"	32—35 მმ.

პირველი და მეორე ხნოვანების მატლები ღებულობენ შედარებით მცირე საკვებს და ამიტომ უმნიშვნელოდ აზიანებენ მცენარეს, მაგრამ მესამე ხნოვანების მატლები უკვე ბევრს სჭამენ და მნიშვნელოვანი ზარალიც მოაქვთ. ამავე ხნოვანებიდან იწყებენ გაზაფხულის გენერაციების მატლები გადასვლას უფრო ნორჩ ფოთლებზე, რითაც არ აძლევენ ნორჩ მცენარეს ზრდის საშუალებას. ზაფხულის თევების მატლები კი გადადიან კომბოსტოს თავებში, სადაც დაზიანებულ ფურცლებში სტოვებენ ექსკრემენტებს, რითაც უაღრესად სცემენ კომბოსტოს ხარისხს და თანაც იწვევენ კომბოსტოს თავის ღებობას (მათ განავალზე ვითარდება სოკოები).

- მატლები იკვებებიან შემდეგი მცენარეებით:
- კომბოსტო ყვავილოვანი (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.)
 - კომბოსტო თავბეული (*Brassica oleracea* L. var. *Capitata* L.)
 - თალგამი (*Brassica rapa* L. var. *rapifera* Metzg.)
 - თალგამურა (*Brassica napus* L. var. *rapifera* Metzg.)
 - თვის ბოლოკი (*Raphanus sativus* L. var. *radicula* D. C.)



წიწმატი (*Lepidium campestre* (L) R. Br.)

კვერთა-ფოთლოვანი კომბოსტო (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* D. C.)

შალგი, შლეგა (*Brassica campestris* L. ssp. *oleifera* D. C.)

წიწმატურა (*Capsella bursa pastoris* (L) Medic. და სხვ.

გზაფხულზე პირველი გენერაციის მატლები ძირითადად ვითარდებიან შლეგაზე და წიწმატურაზე (სარეველებზე).

ხშირად კომბოსტოზე ერთდროულად ეხვედებით სხვადასხვა ხნოვანების მატლებს, საშუალოდ 2—3 მატლს; ცალკეულ შემთხვევებში იყო ჩვენ მიერ ნახული ერთ კომბოსტოზე 15—20 ცალამდე მატლი მაშინ, როცა კომბოსტოს ეჭირა მცირე ფართობი (პატარა ბოსტანში, საკარმიდამო ნაკვეთზე).

ასეთი რაოდენობის მატლებისაგან კომბოსტო იღუპება თვით თავის ახვევის შემდეგაც. ახალგაზრდა კომბოსტო (5 ფოთლის მქონე) 2 მატლისაგანაც კი იღუპება ანდა ძალიან ჩამორჩება ზრდაში და მოსავლის მოცემაში, ვინაიდან მატლებს ახასიათებს, როგორც ზემოთაც იყო ნათქვამი, პირველ რიგში ახალგაზრდა ფოთლების შეჭმა. ამიტომ ისინი არ აძლევენ მცენარეს ზრდის საშუალებას. კომბოსტოს თავის ახვევის მომენტში 10-მატლსაც კი შეუძლია მისი დაღუპვა ან ძალიან დასუსტება.

ცხელ ამინდში მატლები იმალებიან ფოთლებში ან კომბოსტოს თავებში და ისე იკვებებიან. გრილ ამინდში კი გამოდიან ზედა ფოთლებზე — მზეზე-მატლის მთელი განვითარება და ცალკე ხნოვანების სიცოცხლის ხანგრძლივობა სხვადასხვა გვარია ტემპერატურის, ტენიანობის, კვების და სხვა ეკოლოგიური პირობების მიხედვით.

ჩვენი ცდების შემთხვევაში მატლის გამოკვლევა წარმოებდა კომბოსტოს მწვანე ფოთლებით.

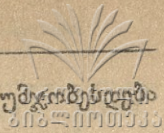
მატლების განვითარება და ცალკე ხნოვანების სიცოცხლის ხანგრძლივობა სხვადასხვაგვარია ტემპერატურის მიხედვით (იხ. ტაბულა № 5).

თაღამის თეთრულას პოსტემბრიონული ფაზის განვითარება დაჭუპრებამდე ტემპერატურის მიხედვით ტაბულა № 5

ტემპერატურა	მატლების ხნოვანება	განვითარების ხანგრძლივობა		დაღუპული მატლების რაოდენობა %-ში		განვითარებული მატლების რაოდენობა ხნოვანების მიხედვით %-ში	დაჭუპრებული რაოდენობა %-ში
		ხნოვანების მიხედვით	ყველა ხნოვანების ერთად დაჭუპ. ან დაღუპვამდე	ხნოვანების მიხედვით	ყველა ხნოვანების მატლები დაჭუპრებამდე		
10° C	I	10 დღე	36,8 დღე, მე-V ხნოვანებაში დაიხოცნენ	38,4 %	100 %	100 %	0
	II	8,1 "					
	III	8,7 "					
	IV	10,1 "					
	V	—					

14° C	I	6,4 დღე				100 %	პრონიმფა დაჭუბ-მდე	
	II	5,5 "				100 %		
	III	5,5 "		22,2 %		77,8 %		
	IV	6 "		21,4 %		78,6 %		
	V	10 "		27,2 %		72,8 %		
	პრონიმფა დაჭუბ-მდე	7 "	49 დღე	77,8 %	88,9 %	22,2 %		11,1 %
17° C	I	4 დღე				100 %	პრონიმფა დაჭუბ-მდე	
	II	4 "		12,5 %		87,5 %		
	III	4 "				100 %		
	IV	5 "	28 დღე	—	—	100 %		
	V	5 "		64,3 %		35,7 %		
	პრონიმფა დაჭუბ-მდე	6 "		20 %	75 %	80 %		25 %
19° C	I	3 დღე				100 %	პრონიმფა დაჭუბ-მდე	
	II	3,3 "				100 %		
	III	3,5 "				100 %		
	IV	3,5 "				100 %		
	V	4 "		53 %	53 %	47 %		
	პრონიმფა დაჭუბ-მდე	4,5 "	21,8 დღე					47 %
21° C	I	2,5 დღე				100 %	პრონიმფა დაჭუბ-მდე	
	II	2,5 "				100 %		
	III	2,5 "				100 %		
	IV	3 "				100 %		
	V	3,3 "				100 %		
	პრონიმფა დაჭუბ-მდე	4 "	17,8 დღე			100 %		100 %
25° C	I	2 დღე				100 %	პრონიმფა დაჭუბ-მდე	
	II	2 "				100 %		
	III	2 "				100 %		
	IV	2 "				100 %		
	V	2,5 "		5 %	5 %	95 %		
	პრონიმფა დაჭუბ-მდე	2,6 "	13,1 დღე			100 %		95 %
29° C	I	1,5 დღე				100 %	პრონიმფა დაჭუბ-მდე	
	II	1,5 "				100 %		
	III	1,5 "			30 %	100 %		
	IV	1,5 "				100 %		
	V	2 "		30 %		70 %		
	პრონიმფა დაჭუბ-მდე	2 "	10,3			100 %		70 %
33° C	I	1 დღე				100 %	პრონიმფა დაჭუბ-მდე	
	II	1,5 "				100 %		
	III	1,5 "				100 %		
	IV	1,5 "				100 %		
	V	—		100 %	100 %	—		0 %
	პრონიმფა დაჭუბ-მდე	—						

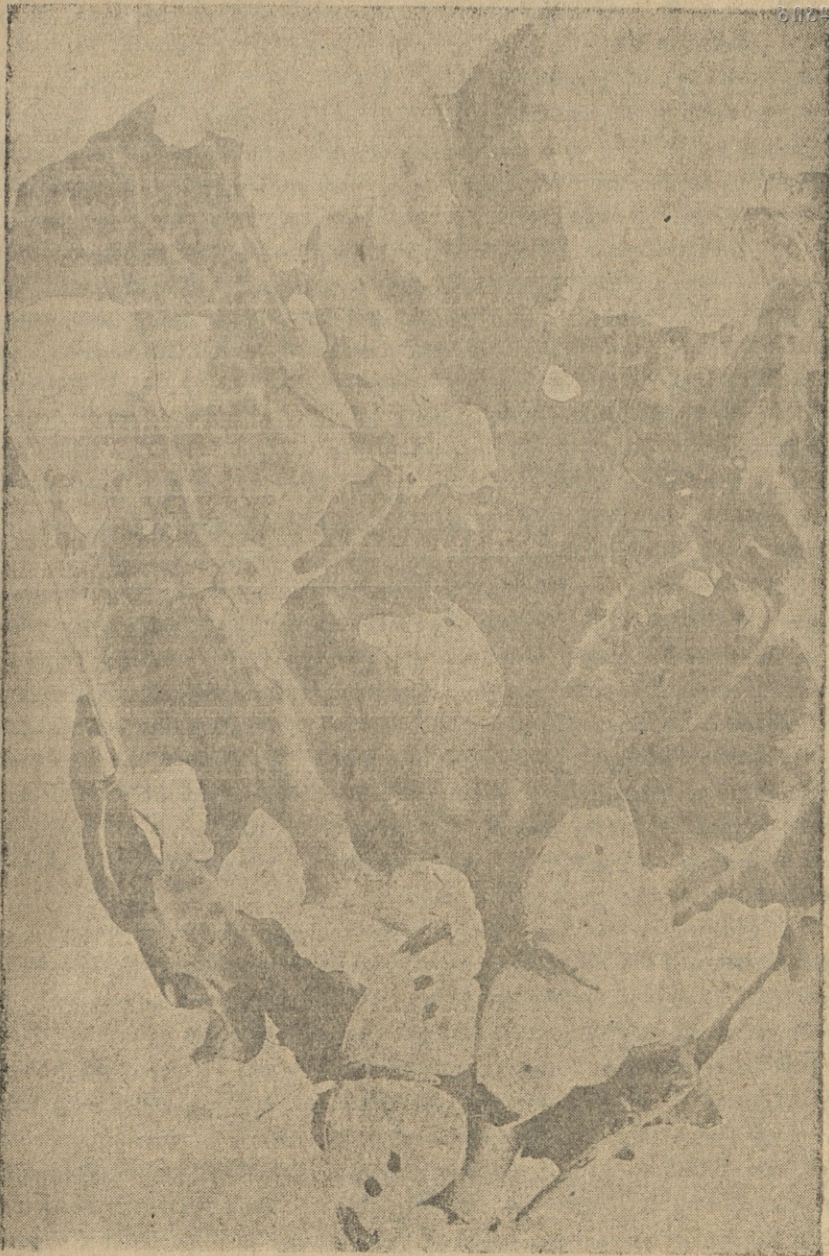
როგორც № 5 ტაბულიდან ჩანს, თაღამას თეთრულას მატლების განვითარების ქვედა ზღვარი არის 10—12° C და ზედა ზღვარი კი 29°—33° C შორის მერყეობს. აღნიშნულ ზღვრებიდან ქვევით და ზევით უკვე იწყება მასობრივი სიკვდილიანობა, განსაკუთრებით მე-IV ხნოვანებიდან. ამგვარად, დაღუპვა მაქსიმუმს აღწევს მე-V ხნოვანებაში და დაჭუპების წინა ფაზაში.



განვითარების უკეთესი პირობები იწყება 17°C -დან, თანდათან უმჯობესდება და განვითარების ოპტიმუმი ძვეს 21° — 25°C შორის.

საჭიროა აღინიშნოს, რომ თაღვამის თეთრულას მატლებს შეუძლიათ იკვებონ, განვითარდნენ და იცვალონ კანი არამც თუ ზემოთ აღნიშნულ განვითარებისათვის ქვედა და ზედა კრიტიკულ ტემპერატურაზე (10°C და 33°C), არამედ უფრო დაბალ და უფრო მაღალ ტემპერატურაზედაც. მართალია, მატლების განვითარებისათვის 10°C უკვე აღარ არის ხელსაყრელი და დაჭუპრებას ადგილი არა აქვს, მაგრამ ისინი ჩვენი მონაცემების მიხედვით იკვებებიან და იცვლიან კანს 5 — 6°C -ზედაც. ვარდა ლაბორატორიული მონაცემებისა ამასვე ადასტურებს ის ფაქტი, რომ 1937—1938 წ. წ. ნოემბრის თვიდან ბუნებაში (აგრო-ბიოლოგიური სადგური, თბილისი) გადაიზამთრეს კომბოსტოს და თაღვამის თეთრულას მე-V ხნოვანების მატლებმა და დაილუპნენ მარტში დაჭუპრების წინ. აღნიშნულ წლებში ნოემბრის თვის საშუალო ტემპერატურა იყო $9,2^{\circ}\text{C}$, ხოლო მარტის კი $4,5^{\circ}\text{C}$ (იხ. ტაბულა № 2). ეს ფაქტი ადასტურებს იმას, რომ თაღვამის თეთრულას მატლები დიდხანს უძლებენ დაბალ ტემპერატურასაც, როგორც არის $2,9^{\circ}\text{C}$ აღნიშნული წლის თებერვლის თვის საშუალო ტემპერატურა და აბსოლუტური მინიმუმი კი აღწევდა — $6,6^{\circ}\text{C}$. მარტის პირველ რიცხვებშიც კი იკვებებოდნენ მატლები, მხოლოდ საკვებს ღებულობდნენ ძალიან მცირეს, თითქმის უმნიშვნელოს. ეს კი მოწმობს მას, რომ მატლები ცოცხლები იყვნენ და მათში ფიზიოლოგიური პროცესები მიმდინარეობდა.

რაც შეეხება ტემპერატურას, ამ შემთხვევაში სხვადასხვა ხნოვანების მატლები სხვადასხვა რეაქციით უპასუხებენ. პირველი ხნოვანების მატლები 39°C -ზე მასობრივად იხოცებიან 10 საათის შემდეგ, ე. ი. კანის ცვლის დაწყების დროს. ასევე ემართება მეხუთე ხნოვანების მატლებს. მხოლოდ მეორე ხნოვანების მატლები უძლებენ აღნიშნულ ტემპერატურას და იცვლიან კანს, მაგრამ მაინც, როგორც უკვე იყო აღნიშნული, აღწევენ რა მეხუთე ხნოვანებას, ამ დროს ისინი მასობრივად იხოცებიან, მაშინაც კი, როდესაც ტენიანობა არის ოპტიმალურ პირობებში წარმოდგენილი (70 — 90). ეს ფაქტი აიხსნება იმით, რომ პირველი ხნოვანების მატლი შედარებით ნაზია და ნაზია აგრეთვე მეხუთე ხნოვანების მატლები, პრონიმფის წინ, ვინაიდან პრონიმფის ფაზა უაღრესად სათუთია მასში მიმდინარე ღრმა ცვლილებების გამო და ყოველი ცუდი პირობები მათზე მკაფიოდ ცუდად მოქმედებს. საქართველოს მრავალ რაიონებში ზაფხულის თვეებში ტემპერატურა ხშირად ძლიერ მაღალია და, მაშასადამე, თაღვამის თეთრულას განვითარებისათვის არა ხელსაყრელი, მაგრამ მატლები ამ დროს იმალებიან კომბოსტოს ფოთლებში და, მაშასადამე, ბუნებრივ პირობებში მათ შეუძლიათ მაღალი ტემპერატურის ცუდ გავლენას თავი დააღწიონ კომბოსტოში დამალვით, და შეიძლება ამითაც არის გამოწვეული, რომ ზაფხულის გენერაციები ყოველთვის და ყველგან აზიანებენ თავხვეულ კომბოსტოს, როგორც შეკმით აგრეთვე განავლის დატოვებით კომბოსტოს თავში, რასაც მოჰყვება ხოლმე კომბოსტოს ლპობა და სოკოვანი დაავადებანი (იხ. ტაბ. № 2 საშუალო მაღალი ტემპერატურის შესახებ).



კომბოსტოს დაზიანება თაღჯანის თეთრულას მატლების მიერ
(*Pieris rapae* L.).

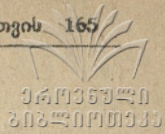


აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ 21°C ზევით ტემპერატურა დადებითად მოქმედებს იმიტომ, რომ აჩქარებს მატლის განვითარებას (იხ. ტაბ. № 5), და ამ მხრივ განვითარების უმოკლეს ხანს ვხვდებით 29°C დროს, მაგრამ ამავე დროს ადგილი აქვს მატლების დაღუპვას (29°C დროს მატლი იღუპება 30%). პირიქით, დაბალი ტემპერატურა, როგორც მოსალოდნელი იყო, ანელებს განვითარებას და ეს შენელება მაქსიმუმს აღწევს 14°C დროს, როცა მატლს დაჭუპრებამდე სჭირდება 49 დღე; 10°C დროს კი მატლები, როგორც ზევით აღვნიშნეთ, დაჭუპრებამდე იღუპება. ამავე ტაბულიდან ნათლად ჩანს ისიც, რომ I და II ხნოვანების მატლები უფრო ამტანი არიან დაბალი ტემპერატურის უარყოფითი ზემოქმედების, ვიდრე მე-III და IV ხნოვანების მატლები, ხოლო მე-V ხნოვანების მატლები კი, და კერძოდ დაჭუპრების დროს, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, უაღრესად სათუთნი არიან და ცუდი პირობების გავლენა ყველაზე მეტად აქ იჩენს თავს, რაც გამოიხატება მატლების ამ დროს დაღუპვაში. ესე იგი გამოდის, რომ მატლის განვითარებასთან ერთად თანდათანობით ეცემა მისი გამძლეობა ცუდი პირობების მიმართ და ეს მოვლენა შეიძლება დაავსაკეშიროთ პრონიმფის ასაკის მოახლოვებას და დაჭუპრების მომენტს, რადგან ამ დროს მატლში ხდება ღრმა ცვლილებები — გარდაქცევა და ფიზიოლოგიური პროცესების გართულება.

№ 5 ტაბულაში მოცემული მასალა იმითაც არის მნიშვნელოვანი, რომ გარკვეულად ჩანს ტემპერატურის გავლენა მატლების ცალცალკე ხნოვანებაზე. ირკვევა, მაგალითად, რომ დაბალი ტემპერატურა ($10-14^{\circ}\text{C}$) უფრო ახანგრძლივებს ახალგაზრდა ხნოვანების მატლების განვითარებას, ვიდრე ხნოვანებისას, იმ დროს, როცა შედარებით მაღალი ტემპერატურები ($17-29^{\circ}\text{C}$), პირიქით, უფრო მოქმედებენ ახალგაზრდა მატლებზე ხნოვანების განვითარების აჩქარების მხრივ, ვიდრე ხნიერებზე. ეს უნდა აიხსნას იმით, რომ ახალგაზრდა მატლები უფრო სუსტები არიან და უარყოფითი პირობის გავლენას უფრო მეტად განიცდიან ისევე, როგორც დადებითი პირობებისას, და საბოლოო ჯამში რიცხობრივობა გადადის თვისობრიობაში.

ტემპერატურის და ხნოვანების მიხედვით იცვლება აგრეთვე კანის ცვლის ხანგრძლივობაც. 14°C -ზე კანის ცვლაზე იხარჯება საშუალოთ 39—45 საათი, ხოლო 28°C -ზე 8—12 საათამდე. ამავე დროს პირველი კანის ცვლაზე უფრო ნაკლები დრო იხარჯება, ვიდრე შემდეგი კანის ცვლებზე.

კანის ცვლის წინ მატლი ღებულობს ოდნავ მშრალი ნაცრის ფერს, საკვების მიღებას თანდათანობით ამცირებს და ბოლოს სრულიად სწყვეტს. ჯერ კიდევ ჭამის შეწყვეტამდე მას ეტყობა თავის ფარის ადგილიდან წინ წაწევა, რაც ნიშანია კანის ცვლის დაწყებისა. ჭამის შეწყვეტის შემდეგ მატლი ემაგრება ფოთოლზე თითქმის შეუმჩნეველი ქსელის საშუალებით. პირველ ხანებში მატლი უმოძრაოაა გაჩერებული, შემდეგ კი იწყებს ნელ ტალღისებრ მოძრაობას შეკუმშვით. ამ დროს სკდება კანი კისრის მიდამოში და მატლი თანდათან იძრობს კანს, რომელიც რჩება ქსელზე. ახლად კანგამოცვლილი მატლი ღია მწვანე ხავერდოვანი ფერისაა და იკვებება გამალებით.



დაჭურება და კვლის გამოყენება

მეხუთე ხნოვანების მატლი დაჭურების წინ ე. წ. პრონიმფის ფაზაში აღარ იკვებება და ჭურდება ხშირ შემთხვევაში იმავე მცენარის ქვედა ფოთლების ქვედა ზედაპირზე. ამ დროს მატლი თავსდება რა ფოთოლზე, აბამს ირგვლივ ქსელს ადგილიდან გადაუნაცვლებლად, რომელზედაც ემაგრება და არის რამდენიმე საათს ან დღეს (1°C მიხედვით) უმოძრაოდ. ამ ხანში ემჩნევა ხვეულის მნიშვნელოვნად შემოკლება. შემდეგ ის ბრუნდება 180° -ზე და იქ, სადაც მუცლის უკანასკნელი სეგმენტი არის მოთავსებული, აშენებს პირიდან გამოყოფილი ქსელისაგან შექმნილ ბორცვს. შემდეგ მიბრუნდება და ღებულობს ძველ მდებარეობას, თან მუცელს ხრის და მუცლის უკანასკნელი ნაწილით აწვება ხსენებულ ბორცვს, რომელიც ეწებება აღნიშნულ ადგილას და ამგვარად პრონიმფა რჩება მუცლის უკანასკნელ ნაწილით მიმაგრებულ მდგომარეობაში. ცოტა შესვენების შემდეგ ახლა ტანს ამავრებს ფოთოლზე ქსელის სარტყლით. სარტყლის გადაჭირებას იწყებს გვერდებიდან. ამასთანავე ის იბრუნებს თავსა და მკერდს და აკეთებს ერთ-ერთ გვერდით ქსელის პაწია ბორცვს. აქედან გადააქვს ქსელი ზურგზე მეორე მხარეს მკერდის და თავის ზურგის მიმართებით ამობრუნებით და ჰქმნის სიმეტრიულად აქაც ქსლის ისეთსავე ბორცვს, რომელსაც ამავრებს ზურგის მხრიდან გადატარებულ ქსელს. ამ უკანასკნელ მოქმედებას იმეორებს რამდენჯერმე და ამგვარად ის აღმოჩნდება მიმაგრებული ფოთოლზე ზურგზე გადაჭირებული ქსელის სარტყლით. ამის შემდეგ ხდება პრონიმფის ფორმის თანდათანობით შეცვლა თითისტარისებრ ფორმად. გარეგნულად მოსვენებულ მდგომარეობაში ყოფნის შემდეგ იწყება ჭურად გარდაქცევა: წინა ნაწილი ფართოვდება თანდათანობით, შემდეგ შუბლის და თავის გვერდითი ნაკვეთები დიდდებიან და მატლის შეკუმშვითი მოძრაობით სკდება კანი კისრის მიდამოებში ზურგის შუა ხაზის მიმართებით; ეს უკანასკნელი თანდათანობით დიდდება, რის საშუალებითაც ჭურბი მოძრაობის გამო გამოდის მატლის კანიდან და ღებულობს თანდათანობით ჭურბის ნორმალურ ფორმას.

ჭურბის საშუალო (50 ცალიდან) სიგრძე აღწევს 19—21 მმ, სიგანე 4,5—5 მმ და სიმაღლე 5,5—6 მმ. იგი სხვადასხვა ფერისაა. მზიან ადგილებში ბალახებზე მწვანე ფერისაა, ფოთლების შიგნით ბნელ ადგილზე ან ხმელ მცენარეებზე კი მუქი ან ბაცი ჩალის ფერისაა და სხვა. ერთი სიტყვით, ახასიათებს გარემოს მიხედვით დაცვითი შეფერვა. გამოფრენის წინ, ერთი-ორი დღით ადრე, ჭურბში მოჩანს პეპლის ფრთები, მის წვეროზე მყოფი შავი ლაქებით. ჭურბიდან პეპლის გამოსვლის დროს სკდება ჭურბის კანი ზურგზე კისრის უკან, საიდანაც ამოდის პეპელა ფრთებ-გაუშლელი და ხორთუმ-გასწორებული. ნახევრად ამოსული პეპელა ამოყოფს ფეხებს, რითაც ეჭიდება ქსელის სარტყელს, ხრის სპირალურად ხორთუმს და ცოტა შეშრობის შემდეგ თანდათან იწვეს ჭურბის კანიდან ზევით და ბოლოს სრულიად თავისუფლდება ამ უკანასკნელიდან. ამ დროს მას ფრთები შედარებით რბილი აქვს და ფრენა არ შეუძლია. ის ადგილს ინაცვლებს ნელი სიარულით. ფრთების

კარგად შეშრობის და დაბერვის შემდეგ კი იწყებს პატარა მანძილზე გადართვას.

ჭურბრის განვითარების ხანგრძლივობა იცვლება ტემპერატურის და ტენიანობის მიხედვით, რაც ნათლად ჩანს № 6 ტაბულიდან.

თალგამის თეთრულას ჭურბრის¹ განვითარების ხანგრძლივობა ტემპერატურის და ტენიანობის მიხედვით ტაბულა № 6

ტემპერატურა	ტენიანობა	განვითარების ხანგრძლივობა			გამოფრენა %ში	დაღუპვა %ში
		მინიმუმი	მაქსიმუმი	საშუალო		
8° C	75—80%	32 დღე	44 დღე	37 დღე	48,9%	51,1%
14° C	30%	26 დღე	28 დღე	27 დღე	90%	10%
	60—50%	28 "	28 "	28 "	95%	5%
	75—80%	28 "	28 "	28 "	100%	0%
	100%	29 "	29 "	29 "	100%	0%
	20%	—	—	—	0%	100%
17° C	75%	15 დღე	17 დღე	16 დღე	90%	10%
19° C	75%	10,6 დღე	12 დღე	11,3 დღე	94%	6%
21° C	75%	10,2 დღე	10,2 დღე	10,2 დღე	98%	2%
25° C	30%	8 დღე	8 დღე	8 დღე	0%	100%
	50%	7 "	7 "	7 "	10%	0%
	70%	6,5 "	6,5 "	6,5 "	100%	0%
	100%	8 "	8 "	8 "	90%	10%
	10%	—	—	—	0%	100%
29° C	70%	6 დღე	6 დღე	6,0 დღე	60%	40%
	100%	—	—	—	0%	100%
32° C	30%	—	—	—	0%	100%
	50%	5 დღე	5 დღე	5 დღე	30%	70%
	70%	5,1 "	5,1 "	5,1 "	40%	60%
	100%	—	—	—	0%	100%

№ 6 ტაბულიდან ნათლად ჩანს, რომ ნორმალურ ტენიანობის დროს ჭურბრის განვითარების დაბალი ზღვარი ძეგს 8° C ქვევით, რადგანაც ამ ტემპე-

¹ ჭურბრები მიღებულია 21—25° C-ზე გამზრდილი მატლებიდან.

რატურის დროსაც ადგილი აქვს ჭუპრის განვითარებას და პებლის წარმოქმნას, მაგრამ სამწუხაროდ, თუ ეს ზღვარი რას უდრის ამის დადგენა შეუძლებელია, რადგანაც 8°C ქვევით ცდები არ დაგვიყენებია. თუ ვისარგებლებთ განვითარების კონსტანტით (112) ცნობილ ტემპერატურების შემთხვევაში, ჭუპრის განვითარების დაბალი ზღვარი $3,5-4^{\circ}\text{C}$ შორის უნდა იყოს.

განვითარების მაღალი ზღვარი კი ძვეს 32°C ზევით, რადგანაც ამ დროს დალუპის პროცენტი უდრის მინიმუმ 60% . ჭუპრის განვითარების ტემპერატურული ოპტიმუმი უდრის 25°C და მის ახლო მდებარე ტემპერატურებს. ამ დროს ადგილი არ ჰქონდა ჭუპრის დალუპვას და თანაც განვითარება ხდებოდა შედარებით მოკლე დროში, 6,5-8 დღე.

იგივე № 5 ტაბულა აჩვენებს, რომ ტენიანობა დიდ როლს თამაშობს ჭუპრის განვითარების დროს. როგორც მოსალოდნელი იყო, ოპტიმალური ტენიანობა უდრის დაახლოებით $70-80\%$, თუმცა აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ დაბალ ტემპერატურის დროს (მაგ., 14°C დროს) მაღალი ტენიანობაც (მაგ., 100%) კი უარყოფითად არ მოქმედებს ჭუპრზე იმ დროს, როდესაც მაღალი ტემპერატურის დროს (32°C) ასეთი ტენიანობა იწვევს ჭუპრების 100% დალუპვას. რაც შეეხება დაბალ ტენიანობას, ის კიდევ უფრო მოქმედებს ჭუპრებზე და უკვე 30% ტენიანობა ოპტიმალური ტემპერატურის დროსაც კი მიზნება ჭუპრების 100% დალუპვისა.

რაც შეეხება განვითარების დაბალ ზღვარს ტენიანობის მიხედვით, ის, როგორც ჩანს, ძვეს ოპტიმალური ტემპერატურის დროს ცხადია 30% ზევით, რადგანაც ამ უკანასკნელის დროს დალუპვის $\%$ უახლოვდება 100% . სხვა ტემპერატურების დროს ოპტიმუმს ქვევით ან ზევით ეს ზღვარი საკმაოდ მნიშვნელოვნად იცვლება. ასე, მაგ., დაბალი ტემპერატურის დროს ის მაღლა იწვევს, რადგან მხოლოდ 20% ტენიანობაზე ილუპება ჭუპრები 100% , მაღალი ტემპერატურის დროს კი ჭუპრების 100% დალუპვას ადგილი აქვს უკვე 30% ტენიანობის დროსაც, ე. ი. ამ შემთხვევაში ტენიანობის ზღვარი მაღლა იწვევს. განსაკუთრებით მაღალი ზღვარი ტენიანობის მიხედვით მერყეობს ტემპერატურის სხვადასხვა პირობებში. ოპტიმალურ და მაღალ ტემპერატურის დროს, როგორც ტაბულა აჩვენებს, ტენიანობის ეს ზღვარი თითქმის უახლოვდება 100% ტენიანობისას. დაბალი ტემპერატურების დროს კი ტენიანობა უკვე აღარ თამაშობს როლს, რადგანაც 100% ტენიანობის შემთხვევაშიც კი არ ჰქონდა ადგილი ჭუპრების დალუპვას.

ეს მონაცემები ეხება იმ ჭუპრებს, რომლებიც მიღებული არიან იმ მატლებისაგან, რომელთა განვითარება მიმდინარეობდა $21-25^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე და $70-90\%$ ტენიანობაზე. ამ შემთხვევაში იმაგოს ვლებულობით სულ დაბალ ტემპერატურაზედაც კი (8°C) იმავე წელიწადს, დიაპაუზის გარეშე, თუმცა განვითარების დრო ძლიერ ხანგრძლივდება ($40-44$ დღე).

რაც შეეხება იმ ჭუპრებს, რომლებიც მიღებულია ისეთ მატლებისაგან, რომლებიც ზრდა-განვითარება მიმდინარეობდა $12-15^{\circ}\text{C}$ -მდე და $70-80\%$ ტენიანობის დროს, ასეთი ჭუპრებიდან პკალების გამოფენა თვით ხელსაყრელ

პირობაშიც კი ($17-18^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურა და 70% ტენიანობა) შედარებით ზევრ დროს საჭიროებს. მაგალითად, 1938 წ. 25/X — ბუნებაში შედარებით ახალი ჭუბრები მოთავსებულ იყო ჩვენ მიერ ლაბორატორიულ პირობებში, სადაც ტემპერატურა უდრიდა $17-18^{\circ}\text{C}$ და ტენიანობა კი 70% , აღნიშნულ ჭუბრებიდან პეპლები გამოფრინდნენ მხოლოდ 1939 წელს თებერვლის პირველ ნახევარში. აღნიშნულ წელს ოქტომბრის თვის საშუალო ტემპერატურა (თბილისი) იყო $14,7^{\circ}\text{C}$. ეს ფაქტი ადასტურებს იმას, რომ ჭუბრის დიპაუზა ბუნებაში გამოწვეულია არა მარტო მემკვიდრეობითი ზეგავლენით, არამედ ძირითადად იმის მიხედვით, თუ რა პირობებში მიმდინარეობდა თვით მატლის ზრდა-განვითარება. ამ პირობებიდან აღსანიშნავია ძირითადად ტემპერატურა, კვება და ტენიანობა. ერთ-ერთი ამ ფაქტორთაგანის ოპტიმალური პირობებიდან გამორიცხვა გარკვეულ დაღს სტოვებს მიღებული ჭუბრის რაოდენობაზე და ხარისხზე და აგრეთვე იმაგოზე. მაგალითად, 40% ტენიანობის 25°C ტემპერატურის დროს გამოზრდილი მატლებიდან მიღებული ჭუბრების საშუალო ზომებიდან (30 ჭუბრიდან) სიგრძე უდრიდა 13—14 მილიმეტრამდე, სიმაღლე 3,5 მმ, სიგანე 3,2 მმ, მაშინ როდესაც $70-90\%$ ტენიანობაზე და იმავე ტემპერატურაზე გამოზრდილი მატლებიდან მიღებული ჭუბრების სიგრძე უდრის (30 ჭუბრი) 19—21 მმ, სიმაღლე 5,5—6 მმ და სიგანე 4,5—5 მმ.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ 40% ტენიანობაზე გამოზრდილი მატლების დაღუპვა აღწევდა 97% და დაჭუბრებას მხოლოდ 3% ასწრებდა.

თუ ზემოთ ნათქვამს შევაჯამებთ საქართველოს კლიმატური პირობების მიხედვით, შეიძლება იმ დასკვნამდე მივიდეთ, რომ სამხრეთით და საქართველოს დაბალ ადგილებში პეპლების გამოფრენა შუა შემოდგომაზედაც უნდა ხდებოდეს დაბალ ტემპერატურის დროსაც კი, რადგანაც მატლები ვითარდებიან შედარებით მაღალ ტემპერატურის დროს. საქართველოს მაღალ ადგილებში და ჩრდილოეთით კი ეს გამოფრენა უნდა წყდებოდეს შედარებით უფრო ადრე, რადგან მატლები შედარებით უფრო დაბალ ტემპერატურაზე ვითარდებიან. მართლაც, ბუნებრივ პირობებში პეპლების ფრენას სამხრეთ დაბლობებში ადგილი აქვს ოქტომბრის პირველ ნახევარში და გაზაფხულზე კი მარტის თვეში, როცა საშუალო დღიური ტემპერატურა უდრის $4-7^{\circ}\text{C}$, იმ დროს როცა ჩრდილოეთით (აღმოსავლეთ ციმბირი — ირკუტკი და ლენინგრადი) და საქართველოს მთიან ადგილებში (ბაკურიანი) პეპლების გამოფრენის უკანასკნელი ვადაა მაისის შუა რიცხვები, როცა საშუალო დღიური ტემპერატურა არის 5°C ზევით. აქედან პრაქტიკული დასკვნა იმაში გამოიხატება, რომ სამხრეთით დაბლობებში მნიშვნელოვანი ზიანი მოაქვს ადრე გაზაფხულიდანვე გვიან შემოდგომაზედაც და დაბალი ტემპერატურის დროსაც.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ სიცივისადმი გამძლეობა დიპაუზის მქონე ჭუბრებისა უნდა იყოს ძლიერ მაღალი, ვინაიდან მისი ჩრდილოეთის გავრცელების ადგილებს ახასიათებს ზამთრის მაღალი მინიმუმი ჩვეულებრივ — 20°C და უკიდურესი მინიმუმი კი — $40-50,2^{\circ}\text{C}$ (ირკუტკი), სადაც იძლევა წელიწადში 2 გენერაციას (ჩესნოკოვი, 1936 წ.). აღსანიშნავია ისიც, რომ სხვადასხვა ადგილებში სიცივის ამტანიანობა ჭუბრებისა იქნება სხვადასხვა, ვინაი-

დან ჭუპრის ამ მხრივ გამძლეობა დამოკიდებულია იმაზე, თუ რა პირობებში განვითარდნენ მატლები და მოხდა მათი დაჭუპრება.

თაღგამა რიხხვი

თუ მხედველობაში მივიღებთ ზემოთ მოყვანილ მონაცემებს კვერცხის, მატლის, ჭუპრის და იმაგოს განვითარების შესახებ და შევუთარდებთ საჭარ-თველოს კლიმატურ პირობებს, მივიღებთ შემდეგს: პირველი გენერაციის კვერ-ცხებს უნდა ვხვდებოდეთ და კიდევაც ვხვდებით მარტის დამლევს — აპრილში და იმაგოს — მაისის ბოლოში და ივნისში. ამავე დროს ამ გენერაციის განვი-თარებას ესაჭიროება გაცილებით მეტი დრო, კერძოდ:

კვერცხის განვითარებას სჭირდება	24—25	დღე
მატლისა და პრონიმფის	49	"
ჭუპრის	16—19	"
იმაგოს მომწიფებას	3—4	"
სულ 92—97 დღე.		

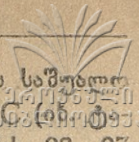
ხოლო ზაფხულის გენერაციები კი ასწრებენ დაახლოვებით 30—35 დღეში თაობის მოცემას, ვინაიდან ამ დროს კვერცხების განვითარებას სჭირდება 4—6 დღე
 მატლების და პრონიმფის განვითარებას სჭირდება 15—22 "
 ჭუპრის " " 7—11 "
 იმაგოს მომწიფებას " " 1,5—2 "

სულ 27,5—41 დღე.

სითხის ვაში თაღგამის თეთრულას ერთი გენერაციისათვის

ტაბულა № 7

ახლოდებული ტემპერატურა C°	ფემტური ტემპერატურა		ემბრიონული განვითარება		მატლისა და პრონიმფ. ვანგ.		ჭუპრის განვი-თარება		იმაგოს მომ-წიფება		აბსოლუტური ტემპერატურის ვაში		ერთი გენერაციის განვითარებისათვის საჭირო დრო დღეებში	ტემპერატურული მუდმივი (კონსტანტა)	აბსოლუტური ტემპერატურის ვაში		
	დღეები	ტემპერატურული მუდმივი (კონსტანტა)	აბსოლუტური ტემპერატურის ვაში	დღეები	ტემპერატურული მუდმივი (კონსტანტა)	აბსოლუტური ტემპერატურის ვაში	დღეები	ტემპერატურული მუდმივი (კონსტანტა)	აბსოლუტური ტემპერატურის ვაში	დღეები	ტემპერატურული მუდმივი (კონსტანტა)	აბსოლუტური ტემპერატურის ვაში					
14°	4	14	56	196,0	49	196	68	0	28	112	392,0	5,5	22	77,0	96,5	386	1351,0
17°	7	8	56	136,0	28	196	47,6	0	16	112	272,0	3,1	22	52,7	55	386	939,7
19°	9	6,2	56	117,8	21,8	196	41,2	0	11,3	112	214,7	2,4	22	45,6	42	386	842,3
21°	11	5,1	56	107,1	17,8	196	37,8	0	10,2	112	214,2	2,0	22	42,0	35	386	737,1
25°	15	3,7	56	92,5	15,1	196	37,5	0	7,5	112	187,5	1,5	22	37,5	28	386	695,0
29°	19	2,9	56	84,1	10,3	196	29,7	0	6,0	112	174,0	1,2	22	34,8	20,4	386	594,6
სა-ლო 21	11	6,7	56	122,2	23,6	196	43,7	0	13	112	239	2,3	22	47,6	46	386	867,0



საქართველოს ისეთ ადგილებში, სადაც ზაფხულის თვეების საშუალო ტემპერატურა არ არის ნაკლები 10°C და არ აღემატება $14-15^{\circ}\text{C}$ (ტაბულა № 8) და უკანასკნელ შემთხვევაში დღეების რიცხვი აღწევს 92—97 (VI, VII, VIII) ანუ უფრო სწორედ დღეების აბსოლუტური საშუალო ტემპერატურის ჯამი შეადგენს დაახლოებით 1351,0 (იხ. ტაბულა № 7), ამ შემთხვევაში მოსალოდნელია მხოლოდ ერთი გენერაცია და ჭუპრები განიცდიან ზამთრის დიაპუზას, ხოლო იმ ადგილებში, სადაც ზაფხულის თვეების საშუალო ტემპერატურა 10°C ქვევით არის, იქ არ უნდა ხდებოდეს თალგამის თეთრულას განვითარება. აგრეთვე მხედველობაში გვაქვს დღე-ღამის მიკროკლიმატური ცვლილებანი, როდესაც ხდება დღისით ტემპერატურის მნიშვნელოვნად მომატება და სხვა.

რაც შეეხება გენერაციების რიცხვს, საქართველოს კლიმატური პირობების მიხედვით კომბოსტოს გავრცელების სხვადასხვა რაიონებში იგი სავსებით სრული პერიოდის (IV—X-მდე) ტემპერატურის ჯამის მიხედვით მერყეობს. როგორც ჩანს № 8 ტაბულიდან (იხ. ტაბულა № 8). ტემპერატურა ერთი სრული გენერაციისათვის საშუალოდ უახლოვდება 867,0, ხოლო უწყვეტი გენერაციის არსებობისათვის საჭიროა მატლები ვითარდებოდნენ არა ნაკლები $16-18^{\circ}\text{C}$, მაგრამ აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ, როგორც ეს მოსალოდნელიც იყო, დაბალ ტემპერატურაზე გამოზრდილი მატლები უფრო მეტ ტემპერატურის ჯამს საჭიროებენ (მაგ., 17°C -ზე — 939,9), ვინაიდან დაბალ ტემპერატურაზე განვითარება მეტად ჭიანჭურდება. ზემოთ ნათქვამის მიხედვით გენერაციების ინდექსიც მერყეობს. მაგ., უწყვეტი გენერაციების შესაძლებლობას იძლევა უკვე ახალქალაქი (იხ. ტაბულა № 7), მაგრამ ვინაიდან საშუალო თვიური ტემპერატურა არ აღემატება 17°C -ს და, როგორც უკვე ცნობილია, 17°C -ზე საჭიროა ერთი სრული გენერაციისათვის ტემპერატურის ჯამი 939,9 ან 65,5 დღე, თითქოს ერთ გენერაციაზე მეტი არ უნდა ვითარდებოდეს, მაგრამ ამ თავისებურებასთან ერთად აქვე მხედველობაში მისაღებია ისიც, რომ ტემპერატურულ მონაცემებს უწყვეტი გენერაციისათვის ემატება აგრეთვე დღეები და ტემპერატურის ჯამი იმ თვეებისა, რომელთა დროსაც შესაძლებელია კვერცხების და მატლების განვითარება 10°C -ის ზევით. ამგვარად, ამ ადგილებში შესაძლებელია ხდებოდეს მეორე გენერაციის განვითარებაც, ხოლო სხვა დანარჩენ დაბლობ ადგილების გენერაციების ინდექსისათვის სრულიად მისაღებია აბსოლუტური ტემპერატურის ჯამის საშუალო 867,0. თუმცა საშუალო თვიური ტემპერატურის (21°C) დროს უწყვეტი გენერაციებისათვის ტემპერატურის ჯამი არ აღემატება 737,1, მაგრამ მხედველობაში გვაქვს აგრეთვე პირველი გენერაციის განვითარების ხანგრძლივობაც 92—97 დღე (იხ. ზემოთ), როდესაც აბსოლუტური ტემპერატურის ჯამი აღწევს 1351,0-ს.

ამგვარად, საქართველოს ზემოთ მოყვანილი სხვადასხვა ადგილების საშუალო მრავალწლიური ტემპერატურის ჯამის მიხედვით გვეჩვენება ვარკვეული ადგილისათვის შემდეგი რიგი უწყვეტი გენერაციებისა.



ტემპერატურული მონიტორინგი საქართველოს სხვადასხვა ადგილებთან (მხარეები აგრეთვე მითითებულია ცნობარის მიხედვით)

ტაბულა № 3

მეტეოროლო- გიურ სადგუ- რის დასახე- ლება	ტემპერატურა		ტემპერატურა 15° 0 ხვეით				ტემპერატურა 10° 0 ხვეით				ტემპერატურა 5° 0 ხვეით		
	საშუალო წელიწადი	საშუალო დღიური	სიმაღლე	სიხშირე	სიხშირე	სიხშირე	სიხშირე	სიხშირე	სიხშირე	სიხშირე	სიხშირე	სიხშირე	სიხშირე
სოხუმი	23,7	6,2	— 11,8	28/IV	27/X	183	19/II	13/XII	260	4700	—	—	365
ფოთი	23,4	5,8	— 10,9	4/V	25/X	175	23/II	30/XI	253	4500	—	—	365
ბათუმი	22,9	6,5	— 7,6	5/V	23/X	172	30/III	6/XII	252	4400	—	—	365
ქუთაისი	23,9	4,7	— 11,9	25/IV	24/X	180	22/III	25/XI	249	4600	—	—	354
გურჯაანი	23,3	7,3	— 24,3	—	—	0	15/VI	10/X	88	1100	9/V	17/X	168
დუშეთი	10,3	0,9	— 14,7	24/V	24/X	124	24/IV	23/X	187	3000	22/III	16/XI	240
გორი	22,2	1,0	— 18,7	12/V	1/X	143	15/IV	26/X	197	3500	15/III	19/XI	250
აბოშო	24,1	0,6	— 10,6	3/V	18/X	165	2/IV	3/XI	216	4200	4/III	30/XI	272
ყარაი	25,3	0,5	— 13,7	29/IV	10/X	165	2/IV	3/XI	216	4200	4/III	30/XI	272
ბაკურიანი	13,9	5,2	— 22,1	—	—	0	4/II	17/X	106	1400	26/IV	5/X	182
ახალქალაქი	16,3	6,9	— 22,6	2/VI	11/X	62	14/V	1/VIII	141	2000	18/IV	30/X	396
ნაფთავი	24,0	1,1	— 12,0	2/V	8/X	160	4/IV	5/XI	217	4000	4/III	3/XII	275
წინანდალი	23,3	1,2	— 15,3	6/V	4/X	152	7/IV	4/XI	214	3300	4/III	6/XII	273

მრავალწლიან საშუალო ტემპერატურის ჯამი 10° C ზევით:

გენერაციების სიხშირე

სოხუმი	4700	5,5
ფოთი	4500	5
ბათუმი	4400	5
ქუთაისი	4600	5
ღუშეთი	3100	3,5
გორი	3500	4
თბილისი	4200	5
ყარაია	4200	5
ახალქალაქი	2000	2
ნაფარეული	4000	4,5
წინანდალი	3300	4,5
ბაკურიანი	1400	1
გულაური	1100	1

ცხადია, ზემოთ მოყვანილი მასალა გენერაციების შესახებ იქნება თეორიული, რადგან ბუნებაში ზოგჯერ ადგილი აქვს კლიმატური პირობების შეცვრად შეცვლას, რასაც მოსდევს გენერაციების გადიდება, ზოგჯერ კი შემცირება.

რაც შეეხება თაღვამის თეთრულას უფრო ცხელ ადგილებში ან სამხრეთით გავრცელების საზღვრებს, იგი არ უნდა აღემატებოდეს საშუალო თვიურ ტემპერატურის 28—29° C, ვინაიდან 29° C კრიტიკული ტემპერატურის ზევით არ ხდება მატლების ხანგრძლივად ზრდა-განვითარება და დაქუპრება და ისინი 33° C-ზე უკვე მასობრივად იღუპებიან. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ თაღვამის თეთრულას მატლებს პირველი ხნოვანების გარდა აქვთ უნარი გაუძლონ დიდ დროის განმავლობაში ზოგჯერ დაქუპრებამდეც კი მაღალ ტემპერატურასაც, მაგ., 39—41° C-ს.

დასკვნები

1. თაღვამის თეთრულა (*Pieris rapae* L.) გავრცელებულია დაახლოებით ჩრდილო სივანელის 30°—60° შორის. მის სამშობლოდ ითვლება აღმოსავლეთი ნახევარსფერო.

ამერიკაში შეყვანილი არის მე-19 საუკუნის მეორე ნახევრიდან, სადაც უკეთესად ვითარდება და იქ მან განდევნა ადგილობრივი სახეობანი (*Pontia protodicea* და *Pieris oleracea*).

2. თაღვამის თეთრულას გავრცელება-განვითარების უმთავრესი განმსაზღვრელი საკვებთან ერთად არის კლიმატური პირობები.

კლიმატური პირობებიდან მთავარ როლს თამაშობს ტემპერატურა და ტენიანობა.

3. ემბრიონული განვითარების თერმიული ოპტიმუმი მერყეობს 21°—29° შორის, ტენიანობის ოპტიმუმი კი 65—80% შორის.

4. ემბრიონული განვითარების სითბოს ჯამი — კონსტანტა 56 არის.
5. ემბრიონული განვითარების უგრძესი დრო უდრის 24—25 დღეს (7,5° C), უმოკლესი კი 2 დღეს (33° C) და საშუალო კი 5—6 დღეს.
6. მატლის განვითარების ეფექტური თერმიული საზღვარი 14°—33° C ფარგლებს შორის ძვეს.
14° ქვევით და 33° ზევით დაქუპრებას ვერ აღწევენ, ვინაიდან მატლები მასობრივად იხოცებიან დაქუპრების წინ. მათი ოპტიმალური ტემპერატურა არის 21°—25° C და ტენიანობა კი 75—90 %.
7. ცალკე შემთხვევებში (მე-4 და მე-5 ხნოვანების) მატლები იკვებებიან ბუნებაში 2,9°-ზედაც კი და უძლებენ -6,6 აბსოლუტურ დაბალ ტემპერატურასაც.
8. პირველი ხნოვანების მატლების გარდა, ყველა დანარჩენი ხნოვანების მატლი უძლებენ საკმაო მაღალ ტემპერატურას (მაგ., 39°—41°). აღნიშნული ტემპერატურის დროს ისინი იზრდებიან და იცვლიან კანს, ხოლო მეხუთე ხნოვანებაში მასობრივად იღუპებიან.
9. მატლისა და პრონიმფის განვითარების ტემპერატურული მუდმივი (კონსტანტა) არის 196.
10. 14° C ტემპერატურაზე გამოზრდილი მატლების ჭუპრები განიცდიან ზამთრის დიაპაუზას.
11. 21° C—25° C ტემპერატურაზე აღზრდილი მატლების ჭუპრები ვითარდებიან ხანგრძლივი დიაპაუზის გარეშე 7,5° C ტემპერატურის დროსაც კი და ამ შემთხვევაში ჭუპრის განვითარებას ესაჭიროება 32—44 დღემდე, საშუალოდ კი 37 დღე.
12. 21—25° C ტემპერატურაზე გამოზრდილი მატლების ჭუპრები ამავე ტემპერატურაზე ვითარდებიან 10—8 დღის განმავლობაში.
13. ჭუპრების განვითარების ზედა ზღვარი ძვეს 32° C—33° C ფარგლებს შორის, აღნიშნული ტემპერატურის ზევით ჭუპრები მასობრივად იღუპებიან თვით ოპტიმალური ტენიანობის პირობებშიც კი.
14. ჭუპრის განვითარების სითბოს ჯამი — კონსტანტა 112 არის.
15. ჭუპრის ოპტიმალური ტემპერატურა მერყეობს 21° C—25° C შორის და ტენიანობა კი 70—80 % შორის.
16. როგორც თაღვამის თეთრულას გავრცელებიდან ჩანს, ჭუპრის სიცოცხისადმი გამძლეობა უნდა დიდი იყოს, დაახლოვებით — 21° და შეიძლება მეტიც.
17. ერთი სრული გენერაციისათვის აბსოლუტური ტემპერატურის საშუალო ჯამი უდრის 867,0° C და სითბოს ჯამი კი 386-ს.
18. უწყვეტი თაობების მიღება შეიძლება მხოლოდ მატლების 16° C—17° C ტემპერატურის და მის ზევით განვითარების დროს. 14° C—13° C-ზე განვითარებული მატლების ჭუპრები განიცდიან ზამთრის დიაპაუზას და ამგვარად იძლევიან მხოლოდ ერთ გენერაციას წელიწადში.



19. 17°C ტემპერატურის დროს განვითარებულ გენერაციას ესაჭიროება 939,7° აბსოლუტური ტემპერატურის ჯამი ანუ 55 დღემდე.

გენერაციების განვითარების ხანგრძლივობა მცირდება ტემპერატურის ზრდასთან ერთად. იგი 1°C დროს საჭიროებს 892,3 აბსოლუტურ ტემპერატურის ჯამს ანუ 42 დღეს, 21°C -ის დროს საჭიროებს 737,5 აბსოლუტურ ტემპერატურის ჯამს ანუ 35 დღეს, 25°C -ის დროს საჭიროებს 695,0 ტემპერატურის ჯამს ანუ 28 დღეს, და 29°C დროს კი საჭიროებს 594,6 ტემპერატურის ჯამს ანუ 20,4 დღეს.

20. ყველა ეს მონაცემი მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული თაღვამის თეთრულას წინააღმდეგ ბრძოლის ღონისძიებების დამუშავების დროს.

ლიტერატურა

1. ნ. აღეკსიძე, ბოსტან-ბაღის მავნებლები. თბილისი, 1937.
2. Н. Н. Богданов-Катьков, Энтомологические экскурсии на овощные и бахчевые поля и огороды. Ленинград, 1933.
3. Н. Н. Богданов-Катьков, Капустная белянка и меры борьбы с ней. Москва-Петроград, 1922.
4. В. Брянцев, К биологии капустной белянки в Ленинградской губернии: Защита растений 2, № 4—5, 1925, стр. 237.
5. Р. Гейгер, Климат приземного слоя воздуха, Сельхозгиз, 1931.
6. В. Г. Гертнер, Общая зоогеография, Москва-Ленинград, 1926.
7. А. С. Данилевский, Опыт экологического анализа распространения и возможности акклиматизации азиатского шелкопряда (*Philosamia cynthia* Dr.): Зоолог. жур. т. XIX, вып. 1, стр. 26.
8. ნ. დომბროვსკი, კახეთის კლიმატური მიმოხილვა. თბილისი, 1923.
9. ლ. კალანდაძე და ელ. ნებეირიძე, კომბოსტოს ტილის ბიოლოგია-ეკოლოგია და მასთან ბრძოლის შესწავლისათვის საქართველოში. თბილისი, 1939.
10. А. П. Каландадзе и Э. Я. Небьеридзе, Материалы к изучению рапсового листопада (*Entomoscelis adonidis* Pal.) в Грузии. ССР, Тбилиси, 1940.
11. А. П. Каландадзе и Н. Тулашвили, Материалы к изучению кузнечиков, как вредителей сельскохозяйственных растений: Труды Тбилисского Госуд. Университета им Сталина, т. VIII, 1940.
12. И. В. Кожанчиков, Значение экологических факторов в распространении капустной белянки: Защ. Раст. № 11, стр. 40, Ленинград, 1936.
13. И. В. Кожанчиков, Эксперименты и наблюдения по влиянию тепла на развитие куколок хлопковой совки: Защ. Раст. № 16, стр. 27. Ленинград, 1938.
14. И. В. Кожанчиков, Некоторые данные по влиянию температуры и влажности на развитие совки-гамы: Защ. Раст. № 14, стр. 49, Ленинград, 1937.
15. И. В. Кожанчиков, Экспериментально-экологические методы исследования и энтомологии. Ленинград, 1937.

16. И. В. Кожанчиков, Плодовитость чешуекрылых в зависимости от экологических условий: Зоол. жур. том XVI, вып. 4, стр. 643. Москва, 1937.
17. Ю. Ф. Левчук, Обзор вредителей огородных культур в окрестностях гор. Иркутска: Труды по Защите Растений Восточной Сибири, стр. 121. Иркутск, 1933.
18. А. К. Лозина-Лозинский, Холодоустойчивость и анабиоз у гусениц кукурузного мотылька: Зоолог. жур. том XVI, вып. 4, стр. 614, Москва, 1937.
19. Мировой агро-климатический справочник. Гидрометеорологическое издательство. Ленинград-Москва, 1937.
20. В. П. Поспелов, Энтомология. Москва-Ленинград, 1935.
21. В. Плотников, Насекомые вредящие хозяйственным растениям в Средней Азии. Ташкент, 1926.
22. საქ. კლიმატური მონაცემები, I ნაწ. ჰერის ტემპერატურა დასავლეთ საქართველოში. საბჭოთა საქართველოს მთლიანი ჰიდრო-მეტეოროლოგიური სამმართველო.
23. П. Ф. Савенков. Перечень вредителей сельскохозяйственных культур ЭСФСР, ч. 1. Изд. Груз. Филиала АН СССР. Тбилиси, 1939.
24. И. С. Скобло, Питание и плодовитость бабочек лугового мотылька: Зап. Раст. № II, стр. 30, ВИЭР-а. Ленинград, 1935.
25. И. Д. Стрельников, Значение теплопродукции при движении и под действием солнечной радиации в экологии дневных высокогорных насекомых: Зоол. жур. том XIX, вып. 3, стр. 238. Москва, 1940.
26. Труды по защите растений, том 1, серия 5, 1932.
27. В. Б. Уйгасуоре, Физиология насекомых, 1937.
28. П. Г. Чесноков, Распространение и хозяйственное значение вредителей листьев крестоцветных овощных культур. Ленинград, 1936.
29. F. H. Chittenden, The common cabbage worm and its control: U. S. Dep. Agric. Farmers Bull. Nr. 1462. Washington 1926.
30. А. А. Шатекиш, Материалы к познанию климата бассейна р. Алазани, ч. 1, Кахетия, Тифлис, Зак. ГИЗ, 1934.
31. ვ. ჭიაბერაშვილი, მასალები კომბოსტოს მავნე ენტომოფაუნის შესწავლისათვის საქართველოში: სტალინის სახელობის თბილისის სახ. უნივერსიტეტის შრომები. XXIXა, 1946.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ნერხემლიანთა ბოლოლოგიის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1947. VII. 1).

Ек. Чиаберашвили

Материалы по изучению вопросов био-экологии репной белянки (*Pieris rapae* L.)

1. Репная белянка (*Pieris rapae* L.) распространена приблизительно между 30° — 60° северной широты. Родиной репной белянки считается восточное полушарие.

Во второй половине XIX столетия репная белянка попала в Америку, быстро распространилась и вытеснила местные виды (*Pontia protodicea* и *Pieris oleracea*).

2. Распространение репной белянки зависит главным образом от климатических условий и питания.

Из климатических факторов главную роль играют температура и влажность.

3. Термический оптимум эмбрионального развития колеблется между 21°C — 29°C , а оптимум влажности между 65—80%.

4. Сумма тепла — константа эмбрионального развития 56.

5. Продолжительность эмбрионального развития колеблется в зависимости от температуры: самое продолжительное развитие (24—25 дней) бывает при $7,5^{\circ}\text{C}$, кратчайшее (2 дня) при 33°C и средняя продолжительность (5—6 дней) при 25°C .

6. Эффективный термический предел развития личинки находится между 14°C — 33°C .

Ниже 14°C и выше 33°C окукливание не происходит, вследствие массовой гибели личинок до окукливания. Оптимальной температурой личинок является 21°C — 25°C и 75—90% влажность.

7. В отдельных случаях (личинки 4 и 5 возраста) личинки в природе питаются и при $2,9^{\circ}\text{C}$ и выносят $-6,6^{\circ}$ абсолютную низкую температуру.

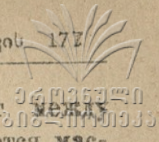
8. Личинки всех возрастов, кроме первого, выносят довольно высокую температуру, напр., 39°C — 41°C . При этой температуре личинки развиваются и линяют, но, достигнув пятого возраста, массово погибают.

9. Температурная константа развития личинки и пронимфы 196.

10. Куколки личинок, развитых при температуре 14°C , подвергаются зимней диапаузе.

11. Куколки личинок, развитых при 21°C — 25°C , развиваются без продолжительной диапаузы даже при $7,5^{\circ}\text{C}$ — 8°C . В этом случае развитие личинок происходит в продолжении 32—44 дней, а средняя продолжительность равна 37 дням.

12. Куколки личинок, развитых при 21° — 25°C , развиваются при этой температуре в продолжении 10—8 дней.



13. Верхний термический порог развития куколок лежит между 32°C — 33°C . При более высокой температуре куколки подвергаются массовой гибели, даже в условиях оптимальной влажности.

14. Сумма тепла — константа развития куколки 112.

15. Оптимальная температура куколок колеблется между 21°C — 25°C , а оптимальная влажность между 70—80%.

16. Распространение репной белянки указывает на то, что куколки их должны хорошо выносить холод, приблизительно — 21°C и возможно более низкую температуру.

17. Для одной полной генерации средняя сумма абсолютной температуры равна $867,0^{\circ}\text{C}$, а сумма тепла 386.

18. Несколько генераций можно получить только при развитии личинок в условиях 16°C — 17°C и выше. Куколки-же личинок, развитых при 14°C — 13°C , подвергаются зимней диапаузе и дают только одну генерацию в год.

19. Генерация, развитая при 17°C , требует температурную сумму в $939,7^{\circ}$ абсолютной температуры т. е. до 55 дней.

Продолжительность развития генераций уменьшается в связи с повышением температуры. Так напр., для развития генерации при 19°C требуется температурная сумма в $892,3^{\circ}$ абсолютной температуры, т. е. 42 дня, при 21°C требуется температурная сумма в $737,5^{\circ}$ абсолютной температуры т. е. 35 дней, при 25°C — $695,0^{\circ}\text{C}$ или 28 дней и при 29°C — $594,6^{\circ}\text{C}$, или 20,4 дня.

20. Все эти данные должны быть приняты во внимание при проработке мер борьбы против репной белянки.

მ. გიკაშვილი

აბრეშუმის ჭიის (*Bombyx mori*) ახალი მონოპოლინიური ჯივის გამოყვანა

შესავალი

ჩვენი ქვეყნის სახალხო მეურნეობაში მეაბრეშუმეობას ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს და მისი მნიშვნელობა დღითიდღე უფრო იზრდება — აბრეშუმის ქსოვილზე საბჭოთა ხალხის მზარდ მოთხოვნილებებთან დაკავშირებით. ამიტომ პარკის ნედლეულის რაოდენობრივი და თვისობრივი ზრდის საკითხს უაღრესად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება. ამ საკითხის გადაჭრაში დიდი როლი უნდა შეასრულოს აბრეშუმის ჭიის ახალი, მაღალმოსავლიანი ჯიშების შექმნამ.

ცნობილია, რომ საბჭოთა შემოქმედებითი დარვინიზმის ფუძემდებელმა ივანე ვლადიმერის ძე მიჩურინმა ცოცხალი ბუნების რევოლუციური გარდაქმნის პრინციპები დაამუშავა. ამ პრინციპების საფუძველზე მიჩურინელთა მიერ შემცენარეობის დარგში მრავალი ახალი ძვირფასი ჯიში იქნა გამოყვანილი. მიჩურინ-ლისენკოს მოძღვრების საფუძველზე დიდი მუშაობა გაიშალა მეცხოველეობის დარგშიც, — სხედასხვა სახეობის ახალ ჯიშთა გამოყვანის საქმე ისეთი ტემპით წარიმართა, რაც სრულიად მიუწვდომელია კაპიტალისტური სისტემისათვის. აკად. ივანოვმა (1933, 1935) გაამდიდრა ჩვენი მეცხოველეობა ცხვრისა და ღორის ახალი ძვირფასი ჯიშებით. შტეიმაის (1947) მიერ შექმნილია ახალი, მსოფლიოში ყველაზე უფრო მერძეული კოსტრომული ჯიშის მსხვილი რქოსანი საქონელი. ფილიანსკიმ გამოიყვანა გამოჩენილი ნაზმატყლიანი კავკასიის რამბულიეს ჯიშის ცხვარი. ცხვრის ახალი შესანიშნავი ჯიშები გამოიყვანეს ყაზახეთისათვის ბალმონტმა (1946), ხოლო ვასილევმა (1947) რუსეთის სხედასხვა რაიონებისათვის. საქართველოში ნატროშვილის (1947) მიერ გამოიყვანილ იქნა ახალი ჯიში, რომელშიც შეთავსებულია ნახევრად ნაზი მატყლი და „ღუმა“ (ცხიმკუდი).

ამ მიმართულებით მეაბრეშუმეობაშიც არის მიღწევები. თბილისის მეაბრეშუმეობის ინსტიტუტის თანამშრომლებმა სანაძემ (1947) და ლვინეფაძემ მიიღეს აბრეშუმის ჭიის ახალი ჯიშები განმეორებით გამოკვებისათვის — „თბილნიში“ № 1 და № 2; უკრაინაში კაზაროვას მიერ გამო-



ყვანილ იქნა აგრეთვე განმეორებითი გამოკვებისათვის ახალი ჯიში „უსპინძლის“ ახალი ჯიშები იქნა გამოყვანილი უზბეკეთის მეაბრეშუმეობის ინსტიტუტის თანამშრომლების მიერ, სახელდობრ: მუშუიკოვამ გამოიყვანა ახალი ჯიში გაზაფხულის გამოკვებისათვის „სოვეტსკაია“ № 1, ხოლო ემანუილოვმა გამოიყვანა რამდენიმე ჯიში გაზაფხულისა და განმეორებითი გამოკვებისათვის.

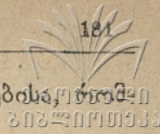
ცნობილია, რომ საქართველოს პირობებში, როგორც მოსავლიანობის ისე პარკის ხარისხის მხრივ, ყველაზე უფრო უკეთეს ჰიბრიდულ კომბინაციას წარმოადგენს ასკოლი X ორო. ამიტომაც, რომ ძირითადად საქართველოს მეაბრეშუმეობის რაიონების უმეტესი ნაწილი ამ ჰიბრიდის გამოკვებას აწარმოებს. ჯერ კიდევ 1943 წ. ჩვენ დაგვებადა აზრი ასკოლისა და ოროს ჰიბრიდების ბაზაზე ახალი ჯიშის გამოყვანის შესახებ, ისეთი ჯიშისა, რომელიც შეითავსებდა ორივე ამ კომპონენტის საუკეთესო თვისებებს. თუ ეს ამოცანა გადაჭრილი იქნებოდა, ჩვენ შესაძლებლობა მოგვეცემოდა მნიშვნელოვნად შეგვემცირებინა ის ხარჯები და ტექნიკური სიძნელენი, რაც ყოველ წელს ჰიბრიდული თესლის დანაზადებასთანაა დაკავშირებული, ან ყოველ შემთხვევაში შესაძლებელი იქნებოდა ჰიბრიდული კომბინაციების მისაღებად ახალი კომპონენტის გამოძებნა. ამიტომ ჩვენ 1944 წელს დავსახეთ გეგმა, დავიწყეთ მუშაობა ამ მიმართულებით. უნდა აღინიშნოს იმ დიდი სიძნელეების შესახებ, რომელიც ხელს ჯიშოვლიდა ამ მუშაობის სათანადო სიფართოვით გაშლისათვის. ეს იყო, უწინარეს ყოვლისა, საკუთარი ბაზის უქონლობა, რაც გვაიძულებდა სელექციური ოჯახები გამოგვეკვება მეტად განსაზღვრულ ფარგლებში. ეს გარემოება კი მეტად საზღვრავდა სელექციის ეფექტურობას ამ მიმართულებით, მაგრამ ჩვენ მაინც განვაგრძობდით მუშაობას, რადგან სელექციური მუშაობას ახალი ჯიშის მიღების მიზნით აქვს პრაქტიკული და თეორიული მნიშვნელობა.

დღეისათვის ჩატარებული მუშაობის შედეგად მიღებულია აბრეშუმის კიის ახალი ჯიშური ჯგუფი, რომლის გამოყვანის მეთოდები და დახასიათება მოკცემულია წინამდებარე შრომაში.

მასალა და მეთოდოლოგია

ჩვენ ვხელმძღვანელობდით აკადემიკოს ლი სენკოვს და აკადემიკოს ივანოვის მითითებებით ახალი ჯიშის გამოყვანის შესახებ და ჩვენს მუშაობას საფუძვლად შემდეგი ძირითადი პრინციპები დაგუდეთ:

1. იმ მიზნის განსაზღვრა, რომლის მიღწევასაც ისწრაფვის სელექციონერი.
2. სათანადო შესაჯვარებელი წყვილის — ჯიშების ამორჩევა.
3. მიღებული თაობების მიმართულებითი აღზრდა კვებისა და მოვლის გზით, სათანადო ნიშანთვისებების განვითარების მიზნით.



4. შერჩევა და არჩევა, წუნდება იმ ოჯახებისა და ინდივიდებისა, რომლებიც სასურველი ტიპიდან გადახრებიან.

5. ძირითადად აუტბრიდინგის გამოყენება.

პირველად გამოსავალ მასალად აღებულ იქნა ორო და ასკოლი. ოროდან გესურდა ახალ ჯიშში განგვევითარებინა მისი პარკის კარგი ამოხვევის უნარი და გამოკვეთის ხანგრძლივობის სიმცირე, ხოლო ასკოლიდან ამ ჯიშის პარკის მაღალი გარსის წონა და ბალდადთან შედარებით უკეთესი ტექნოლოგიური მაჩვენებლები.

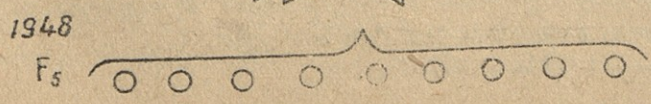
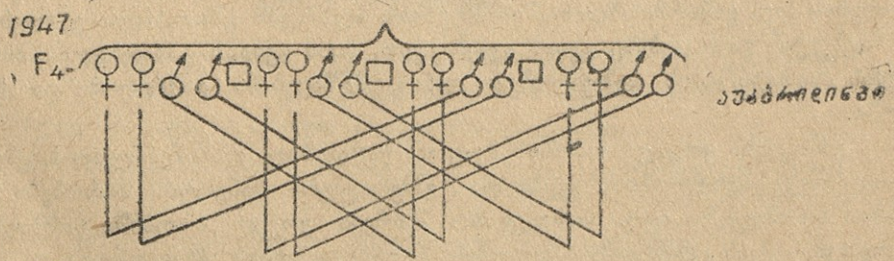
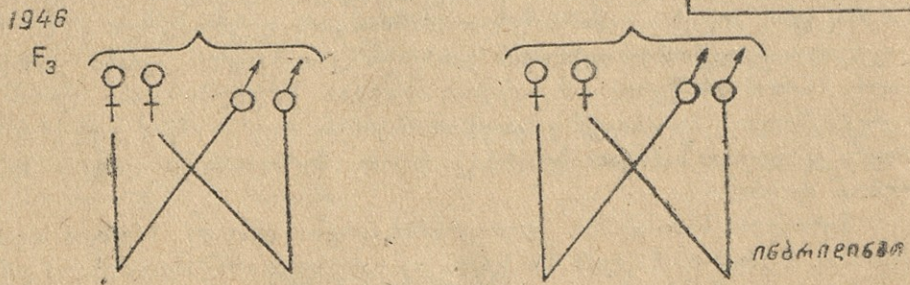
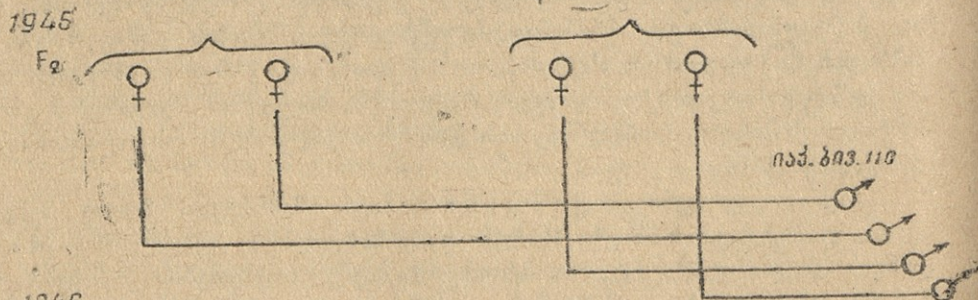
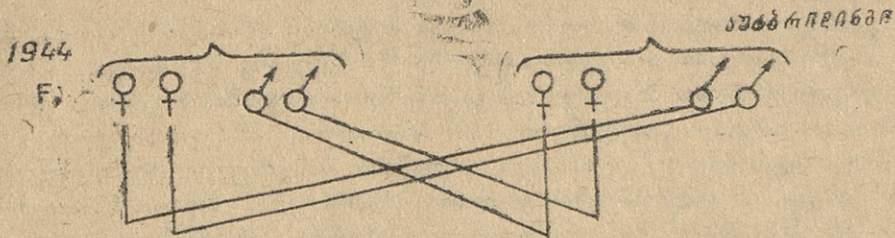
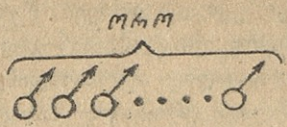
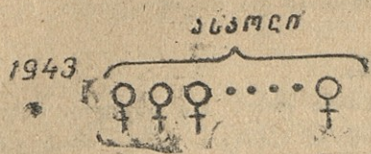
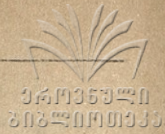
პირველი თაობის შესწავლის შემდეგ მიღებულ იქნა მეორე თაობა, მაგრამ მეორე თაობაში ცხოველმყოფელობა მნიშვნელოვნად დაეცა. ამიტომ იმჟღერებული ვაგზდით ახალი ჯიშის გამოყვანის პროცესში ჩავეერთო მესამე ჯიში — იაპონური ბივალტინური 110. მართალია, ამ უკანასკნელის ცუდ ტექნოლოგიურ მაჩვენებლებს უნდა გამოეწვია სასურველი ტექნოლოგიური ნიშანთვისებების განვითარების ერთგვარი შესუსტება, მაგრამ სამაგიეროდ ჩვენი რწმენით მას მნიშვნელოვნად უნდა გაეზარდა ცხოველმყოფელობა, რასაც პირველხარისხოვანი მნიშვნელობა აქვს ყოველი ჯიშის გამოყვანისას. ამ მიზნით ჩვენ შევაჯვარეთ ასკოლი \times ორო F₂ იაპ. ბივ. 110-თან. ამრიგად, ახალი ჯიშის გამოყვანა ჩვენ ვიწყეთ რთული საახალჯიშო შეჯვარების გზით, პირბიდების ბაზაზე, რომელშიც სამი ჯიში მონაწილეობდა: (ასკოლი \times ორო) \times იაპ. ბივ. 110.

ჩვენ დავყრდენით დარკინის მიერ შემჩნეულ, ხოლო შემდეგ აკად. ლისენკოს მიერ ახსნილსა და დასაბუთებულ დებულებას — ინბრიდინგის (მცენარეებში თვითდამტვერვის) მავნე მოქმედების შესახებ — და ვენერაციების მიღებას ვაწარმოებდით ძირითადად აუტბრიდული გზით; ჩვენ ყოველთვის მდებარებით ფორმებს ვღებულობდით მსხვილპარკიანი ჯიშიდან, ხოლო მამრობითს წვრილპარკიანიდან, რადგან მსხვილპარკიანი ფორმების კვერცხი შეიცავს მეტ საკვებს და ამასთან ერთად უფრო მეტ გავლენას მოახდენს ემბრიონის ჩამოყალიბებაზე და უფრო მეტად დაუახლოვებს მდებარებით ფორმას.

მართალია, სამი ჯიშის ურთიერთშეჯვარება დიდად ზრდიდა სხვადასხვაობას, მაგრამ ამ ნაკლის მოსპობას და სასურველ ნიშანთვისებათა განვითარებას ჩვენ ვაწარმოებდით მიმართებითი აღზრდის გზით. ჩვენ ჩვეულებრივ გაზაფხულის გამოკვებაზე გვიან ვკვებავდით, რომ გვიანი გაზაფხულის პირობების ასიმილირების საშუალებით გამოგვეშუშავებინა გამძლეობა და ამტანობა.

გამოკვება ყოველი თაობის მკაცრი წუნდებით და შერჩევით ხდებოდა მხოლოდ გაზაფხულობით. კვება და ტემპერატურა სინესტის პირობები საგნებით ნორმალური იყო. საახალჯიშო შერჩევა ყოველ თაობაში წარმოებდა აბრეშუმის ქვის ცხოველმყოფელობის, აბრეშუმისანობის პროცენტის და პარკის ამოხვევის ზოგიერთი ძირითადი ნიშნების მიხედვით.

სელექცია შემდეგი სქემით წარმოებდა.



1943 წელს ასკოლის ჯიშიდან ამორჩეულ იქნა საუკეთესო ოჯახებიდან არჩეულ იქნა საუკეთესო პარკები (მდედრობითი). ამავე წესით როდნიდან ამორჩეულ იქნა მამლები. 1944 წელს მიღებულ იქნა F_1 —პირველი თაობა. მეორე თაობა მიღებულ იქნა სხვადასხვა ოჯახების წარმომადგენლების ურთიერთშეჯვარებით (აუტბრიდინგი). ქიებზე დაკვირვებამ გვიჩვენა მათი ცხოველმყოფელობის შემცირება F_2 -ში, ამიტომ დედალი პეპლები F_2 -დან შეჯვარებულ იქნა იაპონურ ბივოლტინურ 110-ის მამლებთან. ამ გზით მიღებულ იქნა F_3 .

მესამე თაობის ინბრიდული მოწენების გზით მიღებულ იქნა F_4 , ხოლო ამ უკანასკნელის ოჯახთა-შორისი შეჯვარების გზით (აუტბრიდინგი) მიღებულ იქნა F_5 , რომელიც გამოიკვება და დამზადებულ იქნა თესლი მეექვსე თაობისათვის.

შერჩევისათვის ჭიის ცხოველმყოფელობა განისაზღვრებოდა ცოცხალი პარკის პროცენტით მეორე ასაკის ქიების საერთო რიცხვთან. ნედლი პარკის წონა განისაზღვრებოდა პარკის ამოხვევის მომენტიდან — მეცხრე დღეზე პარკის ინდივიდუალური აწონვით — შერჩეული ნადების თითოეული სქემისათვის არა ნაკლებ 20—25 პარკისა. გარსის წონა განისაზღვრებოდა ამავე პარკების გარსის აწონვით. აბრეშუმისაობას განესაზღვრავდით გარსის წონის პროცენტული შეფარდებით ნედლი პარკის წონასთან.

ტექნოლოგიური თვისებები შესწავლილ იქნა 1945 წ. ექსპერიმენტულ დაზგაზე ნედლი პარკის ამოხვევით. ამ წლის მაღალი ტექნოლოგიური მაჩვენებლების მიხედვით შერჩეულ იქნა ოჯახები და 1947 წელს ჩატარებულ იქნა ტექნოლოგიური თვისებების შესწავლა პარკის ინდივიდუალური ამოხვევით.

თითოეული ხაზისათვის ცალკე ხდებოდა მიღებული ნედლი მასალის ბიომეტრული დამუშავება და შემდეგ ხდებოდა დადგენა გამოწონილი მაჩვენებლებისა.

მიღებული შედეგები

№1 ტაბულაში წარმოდგენილია ცხოველმყოფელობის პროცენტი გამოსავალი ჯიშებისა და სინთეზური ჯგუფისათვის წლებისა და თაობების მიხედვით.

ტაბულა № 1

გამოსავალი ჯიშებისა და ჯიშური ჯგუფის ცხოველმყოფელობა წლების მიხედვით

ჯ ი შ ე ბ ი	1943	1944 F_1	1945 F_2	1946 F_3	1947 F_4	1948 F_5
ასკოლი	75,35	65,04	63,32	76,13	83,00	88,29
ორო	73,05	55,34	59,42	74,34	82,50	85,86
ახალი ჯიშური ჯგუფი	—	82,29	77,46	81,60	93,37	92,84
იაპონური ბივ. 110	—	—	—	83,25	—	93,10



როგორც ტაბულიდან ჩანს, ასკოლი X ოროს F_1 ჰიბრიდულ მათაბაში გაზრდილია ცხოველმყოფელობა და, მიუხედავად 1944 წლის გაზაფხულის გამოკვების სეზონის არახელსაყრელი პირობებისა, იგი 82 პროცენტამდე აღწევს.

გამოსავალ ჯიშებთან შედარებით F_1 -ში ცხოველმყოფელობის ასეთი ზრდა უნდა აიხსნას სხვადასხვა მშობლების განვითარების სხვადასხვაგვარი შესაძლებლობის შეერთებით, რაც როგორც აკად. ლისენკო აღნიშნავს, აფართოებს ინდივიდის მოვარებით შესაძლებლობას და, მაშასადამე, უზრუნველყოფს უფრო ცხოველმყოფელი ჩამომავლობის მიღებას. ეს გარემოება ნათლად დასტურდება 1945 წლის გამოკვების შედეგებით, სადაც F_2 -ში ცხოველმყოფელობა თუმცა გამოსავალ ჯიშებთან შედარებით ჯერ კიდევ მაღალია, მაგრამ უკვე ემჩნევა დაწვევის ერთგვარი ტენდენცია, ამავე წელს ამ თაობის დედლების შეჯვარებით იაპონურ ბივოლტინურ 110-თან.

1946 წელს სწორედ ამავე მიზეზის გამო ვხედავთ ცხოველმყოფელობის ზრდას (81,60), ისე რომ იგი უახლოვდება იაპ. ბივ. 110-ის ცხოველმყოფელობას (83,25).

შემდეგ თაობებში ცხოველმყოფელობა უკვე ნაკლებ მერყეობს, ასკოლისა და ოროს ცხოველმყოფელობასთან შედარებით მაღალია და თითქმის არ ჩამოუვარდება იაპ. ბივ. 110-ის ცხოველმყოფელობას.

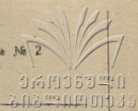
პარკის წონა. № 2 ტაბულაში წარმოდგენილია გამოსავალი ჯიშებისა და ჯიშური ჯგუფის პარკის წონა (იხ. ტაბულა № 2).

როგორც ტაბულიდან ვხედავთ, ჯიშური ჯგუფის პარკის წონა დაბალია ასკოლისა და ოროს პარკის წონასთან შედარებით. ჩვენ ამას ვხსნით ერთი მხრივ იაპ. ბივ. 110-ის ზეგავლენით და მეორე მხრივ იმით, რომ პარკის ძლიერ გადიდებისადმი ჩვენ არ ვისწრაფოდით. უკანასკნელი გამოკვების მონაცემების თანახმად ჯიშური ჯგუფის პარკის წონა დაახლოებით სამი გამოსავალი ჯიშის პარკის წონის სამუალოს გვიჩვენებს.

გარსის წონის შესახებ მონაცემები წლების მიხედვით წარმოდგენილია № 3 ტაბულაში.

ამ ტაბულიდან ნათლად ჩანს, რომ გარსის წონა თუმცა მცირედ ჩამოუვარდება მსხვილი პარკების მქონე გამოსავალ ჯიშებს ასკოლს და განსაკუთრებით ოროს, მაგრამ დიდად აჭარბებს იაპ. ბივ. 110-ის გარსის წონას და ამ უკანასკნელთან შედარებით ცვალებადობის კოეფიციენტიც ნაკლები აქვს.

გამოსავალი ჯიშებისა და ჯიშური ჯგუფის აბრეშუმინობის შესახებ მონაცემები (პროცენტებში) წარმოდგენილია № 4 ტაბულაში.



გამოსავალი ჯიშებისა და ჯიშური ჯგუფის პარკის წონა გრამებში

ჯ ი შ ე ბ ი	1945 წელი			1946 წელი			1947 წელი			1948 წელი		
	M±m	σ	cV	M±m	σ	cV	M±m	σ	cV	M±m	σ	cV
ახალი კიშური ჯგუფი	1,60+0,02	0,29	18,13	1,61+0,02	0,26	16,15	1,69+0,14	0,26	15,38	1,55+0,15	0,25	16,30
ასკოლი	2,07+0,58	0,29	14,19	2,07+0,45	0,32	15,46	2,12+0,78	0,28	13,02	1,98+0,61	0,27	13,71
ო რ თ	1,90+0,61	0,30	16,02	1,86+0,38	0,27	14,50	1,88+0,48	0,16	8,51	1,93+0,62	0,28	14,26
იპ. ბივ. 110	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,16+0,55	0,28	24,07

ტაბულა № 3

გამოსავალი ჯიშებისა და ახალი ჯიშური ჯგუფის გარსის წონა მილიგრამებში

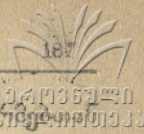
ჯ ი შ შ	1945		1946		1947		1948	
	M±m	σ	M±m	σ	M±m	σ	M±m	σ
ახალი ჯიშური ჯგუფი	261,44±4,50	52,80	248,28±2,53	38,32	281,43±1,99	37,26	256,19±2,19	36,29
ასკოლი	306,76±9,34	46,71	301,50±5,94	42,00	297,85±8,14	29,37	287,65±8,58	38,34
ო რ თ	269,28±7,69	38,47	268,40±5,22	36,90	257,91±9,69	32,18	268,35±9,38	41,93
იპ. ბივ. 110	—	—	—	—	—	—	132,19±5,91	30,14

საქართველოს სახელმწიფო სოფლის მეურნეობის უნივერსიტეტი

ტახტა № 4

გამონაკალი ჯიშებისა და ჯიშური ჯგუფის აბრეშუმინობა (პროცენტებში)

ჯ ი შ ი	1945		1946		1947		1948	
	M±m	σ	M±m	σ	M±m	σ	M±m	σ
ახალი ჯიშური ჯგუფი	16,44±0,19	2,45	15,46±0,13	2,03	16,88±0,11	2,05	17,25±0,11	1,85
ასკოლი	14,87±0,33	1,67	14,82±0,27	1,94	14,17±0,36	1,31	14,59±0,35	1,56
ო რ თ	14,30±0,27	1,37	14,58±2,24	1,24	13,77±0,55	1,82	14,13±0,43	1,90
იპ. ბივ. 110	—	—	—	—	—	—	11,60±0,21	1,08



ტაბულიდან ვხედავთ, რომ შერჩევის შედეგად გამოსავალ ფორმებთან შედარებით თანდათან იზრდება აბრეშუმთანობა და იგი უკანასკნელი გამოკვებისათვის 17,25 პროცენტს აღწევს.

რაც შეეხება ტექნოლოგიურ მაჩვენებლებს, ჩვენ 1947 წელს ჩავატარეთ შესწავლა და გამოიჩინა, რომ ჯიშური ჯგუფის პარკის საშუალო სიგრძე 619,36 მ., ხოლო ამოხვევის უნარიანობა 76,14 პროცენტი, ჭიის სტადიაში განვითარების საშუალო ხანგრძლივობა 1948 წლის გაზაფხულის გამოკვების პირობებში 35 დღეს უდრიდა.

აბრეშუმის ჭიის ახალი ჯიშური ჯგუფის პარკი ოქროსფერი მოყვითალოა, მოგრძო და ოდნავ წელიანი. თესლი მოზამთრეა და მწებავი.

დასკვნები

1. შრომის მიზანი იყო გაზაფხულის გამოკვებისათვის გამოგვეყვანა ახალი ჯიში, რომელიც ბიოვოლტინური ჯიშის მაღალ ცხოველმყოფელობასთან შეითავსებდა არსებული მონოვოლტინური ჯიშების მაღალ აბრეშუმთანობას და კარგი ამოხვევის უნარიანობას.

2. ჯიშის გამოყვანისათვის კომპონენტებად შერჩეული იყო ასკოლი და ოროს, როგორც საუკეთესო ჰიბრიდული კომბინაციის ჯიშები; ამ ჯიშების შეჯვარებით მიღებული F_2 ცხოველმყოფელობის ვაზრდის მიზნით შეჯვარებულ იქნა იაპ. ბივ. 110-თან.

3. 1948 წლის გვიან გაზაფხულზე ჩატარებულ იქნა უკანასკნელი გამოკვება (F_6), სამმაგი ჰიბრიდის (ასკოლი \times ოროს) \times იაპ. ბივ. 110 შეჯვარების ბაზაზე გამოყვანილი აბრეშუმის ჭიის ჯიშური ჯგუფისა, რომელიც მონოვოლტინურია. უკანასკნელი გამოკვების მიხედვით მისი ცხოველმყოფელობა 92,8%, პარკის საშუალო წონა 1,55 გრ. ვარსის წონა 256 მილიგრ. აბრეშუმთანობა 17,25%, ძაფის სიგრძე 619,36 მ. ამოხვევის უნარიანობა 76,14%. პარკი მოყვითალო ოქროსფერი, მოგრძო ოდნავ წელიანი. თესლი მოზამთრე და მწებავი.

4. შრომაში წარმოდგენილი შედეგები გვიჩვენებენ, რომ რთული საახალ-ჯიშო შეჯვარებისა (მონოვოლტინური \times მონოვოლტ.) \times ბივოლტ. და მიმართულებითი აღზრდის და შერჩევის და გადარჩევის გზით შეიძლება მიღწეულ იქნეს ცხოველმყოფელობისა და აბრეშუმთანობის შეთავსება და განვითარება, და ამიტომ იგი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს აბრეშუმის ჭიის სასელექციო მუშაობაში, როგორც ჯიშის გამოყვანის ერთ-ერთი მეთოდი.

სტალინის სახელობის

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
დარვინიზმისა და გენეტიკის კათედრა

მე. გიკაშვილი

Выведение новой моновольтиной породы тутового шелкопряда (*Bombyx mori*)

ВЫВОДЫ

1. В настоящей работе изложены результаты скрещивания пород (асколи \times оро) \times бив. и последующего воспитания, отбора и подбора гибридных поколений, проводившихся в целях выведения новой моновольтиной породы для весенних выкормков.

2. Исходные породы асколи и оро были выбраны как дающие лучшие гибридные комбинации для весенних выкормков.

3. В 1948 г. было получено пятое поколение, которое представляет собой новую породную группу, обладающую следующими показателями:

Жизнеспособность гусениц 92,8%,

Средний вес сырого кокона 1,55; вес оболочки 256 мгр; процент оболочки в сыром коконе 17,25, длина нити 619,36, разматываемость 76,14. Кокон золотисто-желтого цвета, продолговатые, с легким перехватом. Грива зимующая и приклеючаяся.

4. Приведенные данные показывают, что, путем сложного воспроизводительного скрещивания (моновольт. \times моновольт.) \times бивольт. направленного воспитания, отбора и подбора, можно получить в новой породе сочетание и развитие высокой жизнеспособности с хорошей шелкопродуктивностью и поэтому этот метод может быть использован в селекционной работе как один из методов выведения новых пород тутового шелкопряда.

დაბეჭდა წარმოებას 24/V 1949 წ. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 10/XII 49 წ. № 05780.
 ანაწილობის ზომა 7 \times 11. სასტამბო თაბახი 12, სააღრიცხველ-საგამომცემლო—14
 ტირაჟი 500. გამომცემლობის შეკვეთა № 31. სტამბის შეკვეთა 181.

სტალინის სახელობის თბ. სახელმწ. უნივერსიტეტის გამომცემლობის სტამბა, მარის ქ., 1