

18
1953



სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის

შ რ ო მ ე ბ ი

Т Р У Д Ы

ТБИССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА
ИМЕНИ С Т А Л И Н А

50

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის



შ რ ო მ ე ბ ი

Т Р У Д Ы

ТБИССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА
ИМЕНИ С Т А Л И Н А

50

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

დაიბეჭდა სტალინის სახელობის თბილისის სახელმწიფო
უნივერსიტეტის სამეცნიერო საბჭოს დადგენილებით

სარედაქციო კოლეგია:

- ე. ბურჭულაძე (მთავარი რედაქტორი)
- ილ. აბულაძე
- მ. ალექსიშვილი
- ა. ბრეგაძე
- ი. გვერდწითელი
- ლ. გორგილაძე
- პ. გუჯაბიძე
- ივ. კახაძე
- ს. ჟღენტა
- ა. ფანცხავა
- ა. ხარაძე
- გ. ხუციშვილი
- ს. ჯორბენაძე

ზინაარსი

1. ნ. თევზაძე, ორმაგი ტრიგონომეტრიული მწკრივის შეჯამებადობა ლებეგის მეთოდით.	1
2. ვლ. ჭელიძე, ურთიერთკავშირი აბელისა და (C, α, β) შეჯამებადობათა შორის.	13
3. ნ. კახნიაშვილი, დრეკადობის თეორიის ბრტყელი ამოცანების გამოკვლევა პოტენციალთა მეთოდით.	23
4. გ. ვეფხვაძე, ნაკადის განიკვეთის წონასწორული ფორმის გამომკვლევა.	61
5. შ. შარაშენიძე, რეზონანსული თეორიის სიყალბე და მცდარი იდეოლოგია.	69
6. ა. ვარდუჟაძე, ბენტონიტური თიხებიდან მიღებული კოლოიდების სორბციული თვისებები ორგანულ ნივთიერებათა ორთქლის მიმართ.	87
7. ვ. ხუხია, ა. გეგენავა, ბარიტის მადნებში ვიტერიტის განსაზღვრის მეთოდისათვის.	95
8. ალ. ჯანელიძე, გრანიტისა და მაგმის პრობლემა.	103
9. ქეთევან ყავრიშვილი, ბზიფისა და აფხაზეთის მაღალმთიანი ქედების ლანდშაფტური დახასიათებისათვის.	111
10. ნ. უკლება, მდინარე რიონის ჰიდროგრაფიისათვის.	125
11. ა. კოტარია, სანაპირო ბრიზების ვერტიკალური სტრუქტურის საკითხისათვის.	141
12. გ. პაპალაშვილი, გარემოპირობების მაფორმირებელი როლი აბრეშუმის კიის (<i>Bombyx mori</i> L) ნიშნებსა და თვისებებს შორის კორელაციური კავშირების წარმოქმნაში.	149
13. ქს. გიკაშვილი, აბრეშუმის კიის აბრეშუმგამომყოფი ჯირკვლის ზრდის კანონზომიერება აღზრდის სხვადასხვა პირობებში.	165
14. მ. გოგავა, აბრეშუმის კიის ნერვული სისტემის ფიზიოლოგია.	171
15. ვ. ტყეშელაშვილი, შავი ზღვის ქაშაყების კვება საქართველოს სანაპიროებზე.	183
16. ა. ჯანაშვილი, ნ. ნემსაძე, ტ. კაპანაძე, მასალები სამგორის ძუძუმწოვრების გავრცელების შესწავლისათვის.	215
17. ე. მირიანაშვილი, ორლებნიანი მცენარის ფესვის მარტივი აგებულების რამდენიმე მაგალითი.	225

СОДЕРЖАНИЕ



50. тома

1. Н. Тевзадзе, Суммирование двойного тригонометрического ряда методом Лебега	1
2. В. Г. Челидзе, О взаимоотношении между методами суммирования Абеля и (C, α, β)	13
3. Н. С. Кахниашвили, Исследование плоских задач теории упругости методом теории потенциалов	23
4. Г. Т. Вепхвадзе, Исследование равновесной формы поперечного сечения руслового потока	61
5. Ш. Шарашенидзе, Теория резонанса и ее порочная идеология	69
6. А. Я. Вардукадзе, Сорбционные свойства почвенных коллоидов, полученных из бентонитовых глин, по отношению к парам органических веществ	87
7. В. Л. Хухия, А. Г. Гегенава, К методике определения витерита в баритовых рудах	95
8. А. Джанелидзе, Проблема гранита и магмы	103
9. К. В. Кавришвили, К ландшафтной характеристике Бзбисского и Абхазского высокогорных хребтов	111
10. Н. Уклеба, К гидрографии р. Риони	125
11. А. Котария, К вопросу о вертикальной структуре бризов	141
12. Г. М. Папалашвили, Формирующая роль среды в образовании коррелятивных связей между признаками и свойствами у тутового шелкопряда (<i>Bombux mori</i> L)	149
13. К. Гикашвили, Закономерность развития шелкоотделительной железы тутового шелкопряда в разных условиях воспитания	165
14. М. Гогава, О ритмических процессах нервных центров шелко-вичного червя	171
15. В. Г. Ткешелашвили, Питание черноморских сельдей у черноморских берегов Грузии	183
16. А. Г. Джанашвили, Н. К. Немсадзе, Т. И. Капанадзе, Материалы к изучению распространения млекопитающих Самгори	215
17. Е. И. Мирианашвили, Несколько примеров упрощенного строения корня двудольных	225

6. თეზეაძე

ორმაგი გრიგონომეგრიული მწკრივის შეჯამებულობა
 ლეზევის მეთოდით

1. ვთქვათ, მოცემულია ორმაგი ტრიგონომეტრიული მწკრივი

$$\sum_{m,n=0}^{\infty} \lambda_{m,n} A_{m,n}(x, y), \quad (1,1)$$

სადაც

$$\lambda_{m,n} = \begin{cases} 1/4, & \text{როცა } m=n=0, \\ 1/2, & \text{როცა } m=0, n>0 \text{ ან } m>0, n=0, \\ 1, & \text{როცა } m>0, n>0, \end{cases}$$

$$A_{m,n}(x, y) = a_{m,n} \cos mx \cos ny + b_{m,n} \sin mx \cos ny + \\ + c_{m,n} \cos mx \sin ny + d_{m,n} \sin mx \sin ny.$$

(1,1) მწკრივის ფორმალური ინტეგრება x -ით და y -ით, საზოგადოდ, განსაზღვრავს $L(x, y)$ ფუნქციას, რომელსაც კრებადობის (x, y) წერტილში აქვს სახე:

$$L(x, y) \equiv \frac{1}{4} a_{0,0} xy + \frac{y}{2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m} (a_{m,0} \sin mx - c_{m,0} \cos mx) + \\ + \frac{x}{2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} (a_{0,n} \sin ny - b_{0,n} \cos ny) + \sum_{m,n=1}^{\infty} \frac{1}{mn} (a_{m,n} \sin mx \sin ny + \\ + d_{m,n} \cos mx \cos ny - b_{m,n} \sin mx \cos ny - c_{m,n} \cos mx \sin ny). \quad (1,2)$$

განვიხილოთ (x_0, y_0) წერტილის მიდამოში $L(x, y)$ ფუნქციის ორმაგი ნაზრდი

$$\Delta L(x_0, y_0; u, v) \equiv L(x_0+u, y_0+v) - L(x_0+u, y_0-v) - L(x_0-u, y_0+v) + \\ L(x_0-u, y_0-v).$$

მარტივი გარდაქმნებით მივიღებთ:

$$\Delta L(x_0, y_0; u, v) = a_{0,0} u \cdot v + 2v \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} (a_{0,n} \cos nx_0 + c_{0,n} \sin nx_0) \sin nu +$$



$$\begin{aligned}
 & + 2u \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} (a_{0,n} \cos n y_0 + b_{0,n} \sin n y_0) \sin n v + \sum_{m,n=1}^{\infty} \frac{1}{mn} (a_{m,n} \cos m x_0 \cos n y_0 \\
 & + b_{m,n} \sin m x_0 \cos n y_0 + c_{m,n} \cos m x_0 \sin n y_0 + d_{m,n} \sin m x_0 \sin n y_0) \sin m u \sin n v. \\
 & \text{აქედან}
 \end{aligned}$$

$$\frac{\Delta L(x_0, y_0; u, v)}{4uv} = \sum_{m,n=0}^{\infty} \lambda_{m,n} A_{m,n}(x_0, y_0) \frac{\sin mu}{mu} \frac{\sin nv}{nv}, \quad (1.3)$$

სადაც

$$\left(\frac{\sin mu}{mu} \right)_{m=0} = \left(\frac{\sin nv}{nv} \right)_{n=0} = 1.$$

განმარტება. თუ არსებობს $L(x, y)$ ფუნქცია (x_0, y_0) წერტილის მიდამოში და

$$\lim_{u, v \rightarrow 0} \frac{\Delta L(x_0, y_0; u, v)}{4uv} = S,$$

მაშინ ვიტყვით, რომ (1.1) ორმაგი ტრიგონომეტრიული მწკრივი შეჯამებადია ლებეგის მეთოდით, ანუ L შეჯამებადია S რიცხვისაკენ და დავწერთ:

$$\sum_{m,n=0}^{\infty} \lambda_{m,n} A_{m,n}(x_0, y_0) = S(L).$$

ჩვენს სტატიაში [1] შესწავლილია L შეჯამებადობის საკითხი ორმაგი რიცხვითი მწკრივებისათვის

$$\sum_{m,n=0}^{\infty} a_{m,n},$$

რომლებიც აკმაყოფილებენ პირობას:

$$\left. \begin{aligned}
 \sum_{m=0}^{\infty} |a_{m,n}| &= O\left(\frac{1}{n}\right), \\
 \sum_{n=0}^{\infty} |a_{m,n}| &= O\left(\frac{1}{m}\right).
 \end{aligned} \right\} (A)$$

აქ ჩვენ განვიხილავთ მხოლოდ ისეთ ორმაგ ტრიგონომეტრიულ მწკრივთა კლასს, რომლის ყველა ტიპის კოეფიციენტი (A) პირობას აკმაყოფილებს, სიმოკლისათვის მათ (A) კლასის მწკრივებს ვუწოდებთ.

თეორემა 1. თუ (1.1) მწკრივი (A) კლასს ეკუთვნის, მაშინ (x_0, y_0) წერტილში მისი კრებადობისათვის S ჯამისაკენ აუცილებელია და საკმარისი, რომ იგი იყოს L შეჯამებადი S რიცხვისაკენ.

დაშკიცება. ვთქვათ,

$$|A_{m, n}| = \max\{|a_{m, n}|, |b_{m, n}|, |c_{m, n}|, |d_{m, n}|\}.$$

ცხადია, $A_{m, n}$ დაკმაყოფილებს (A) პირობას, ამიტომ, ლემის ძალით (იხ. [1]),

$$A_{m, n} = O\left(\frac{1}{m+n}\right).$$

მაშასადამე, ნებისმიერი $\varepsilon > 0$ რიცხვისათვის მოიძებნება ისეთი დადებითი რიცხვები M და N , რომ

$$m \sum_{n=0}^{\infty} |A_{m, n}| < \varepsilon, \quad n \sum_{m=0}^{\infty} |A_{m, n}| < \varepsilon, \quad \text{როცა } m, n > N,$$

$$m \sum_{n=0}^{\infty} |A_{m, n}| < M, \quad n \sum_{m=0}^{\infty} |A_{m, n}| < M, \quad \text{როცა } m, n < N.$$

$$(m+n) |A_{m, n}| < \varepsilon, \quad \text{როცა } m+n > N.$$

დავუშვათ აგრეთვე

$$\eta \leq \frac{\varepsilon}{M \cdot N}, \quad 0 < u, v < \eta, \quad N_1 = \left[\frac{1}{u} \right], \quad N_2 = \left[\frac{1}{v} \right],$$

სადაც $[Z]$ -ით აღნიშნულია Z -ის მთელი ნაწილი. ამასთანავე შეგვიძლია ვიგულისხმოთ, რომ

$$N < N_1, \quad N < N_2.$$

მაშინ, ცხადია,

$$\lim_{N_1, N_2 \rightarrow \infty} S_{N_1, N_2}(x_0, y_0) = \lim_{u, v \rightarrow 0} S_{N_1, N_2}(x_0, y_0),$$

სადაც

$$S_{N_1, N_2} = \sum_{i=0}^{N_1} \sum_{k=0}^{N_2} \lambda_{i,k} A_{i,k}(x_0, y_0).$$

თეორემის დასამტკიცებლად საკმარისია ვაჩვენოთ, რომ

$$\lim_{u, v \rightarrow 0} \left\{ \frac{\Delta L(x_0, y_0; u, v)}{4uv} - S_{N_1, N_2}(x_0, y_0) \right\} = 0. \quad (1.4)$$

(1.3) მწკრივი ყოველი ფიქსირებული (u, v) -თვის აბსოლუტურად და თანაბრად კრებადია (x, y) წერტილის მიმართ. ვინაიდან



$$\left| \lambda_{m,n} A_{m,n}(x,y) \frac{\sin mu}{mu} \frac{\sin nu}{nv} \right| \leq \frac{1}{uv} |A_{m,n}| \frac{1}{mn} \leq \frac{4}{uv \cdot mn(m+n)}$$

ხოლო ორმაგი რიცხვითი მწკრივი ზოგადი წევრით $\frac{1}{mn(m+n)}$ კრებალია.

მაშასადამე, შეიძლება (1.4) მწკრივის შემდეგნაირად დაჯგუფება:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta L(x_0, y_0; u, v)}{4uv} - S_{N_1, N_2}(x_0, y_0) &= \frac{1}{4} a_{0,0} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^{\infty} A_{m,0}(x_0, y_0) \frac{\sin mu}{mu} + \\ &+ \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} A_{0,n}(x_0, y_0) \frac{\sin nv}{nv} + \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} A_{m,n}(x_0, y_0) \frac{\sin mu}{mu} \frac{\sin nv}{nv} - S_{N_1, N_2}(x_0, y_0) = \\ &= \frac{1}{2} \left\{ \sum_{m=1}^{\infty} A_{m,0}(x_0, y_0) \frac{\sin mu}{mu} - \sum_{m=1}^{N_1} A_{m,0}(x_0, y_0) \right\} + \frac{1}{2} \left\{ \sum_{n=1}^{\infty} A_{0,n}(x_0, y_0) \frac{\sin nv}{nv} - \right. \\ &\left. - \sum_{n=1}^{N_2} A_{0,n}(x_0, y_0) \right\} + \left\{ \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} A_{m,n}(x_0, y_0) \frac{\sin mu}{mu} \frac{\sin nv}{nv} - \sum_{m=1}^{N_1} \sum_{n=1}^{N_2} A_{m,n}(x_0, y_0) \right\} = \\ &= 0(1) + \left\{ \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} A_{m,n}(x_0, y_0) \frac{\sin mu}{mu} \frac{\sin nv}{nv} - \sum_{m=1}^{N_1} \sum_{n=1}^{N_2} A_{m,n}(x_0, y_0) \right\} \quad (1.5) \end{aligned}$$

ჩვენ აქ პირველი ორი ზესაკრების მიმართ ვიყენებთ კარგად ცნობილ ფაქტუს თეორემას მარტივი ტრიგონომეტრიული მწკრივის L შეჯამებადობისა და მისი კრებადობის ეკვივალენტობის შესახებ [2]. რადგან თავისთავად ცხადია, რომ

$$m |A_{m,0}| < \varepsilon, \quad n |A_{0,n}| < \varepsilon, \quad \text{როცა } m, n > N,$$

მაშასადამე,

$$\left| \sum_{m=1}^{\infty} A_{m,n}(x_0, y_0) \frac{\sin mu}{mu} - \sum_{m=1}^{N_1} A_{m,n}(x_0, y_0) \right| < \varepsilon, \quad \text{როცა } u < \eta,$$

$$\left| \sum_{n=1}^{\infty} A_{0,n}(x_0, y_0) \frac{\sin nv}{nv} - \sum_{n=1}^{N_2} A_{0,n}(x_0, y_0) \right| < \varepsilon, \quad \text{როცა } v < \eta.$$

(1.5) ტოლობა მიიღება შემდეგი მწკრივების შეკრებით:

$$P(x_0, y_0) \equiv \sum_{m=1}^{N_1} \sum_{n=1}^{N_2} A_{m,n}(x_0, y_0) \left(\frac{\sin mu}{mu} \frac{\sin nv}{nv} - 1 \right),$$

$$Q_1(x_0, y_0) \equiv \sum_{m=1}^{N_1} \sum_{n=N_2+1}^{\infty} A_{m,n}(x_0, y_0) \frac{\sin mu}{mu} \frac{\sin nv}{nv},$$

$$Q_2(x_0, y_0) \equiv \sum_{m=N_1+1}^{\infty} \sum_{n=1}^{N_2} A_{m,n}(x_0, y_0) \frac{\sin mu}{mu} \frac{\sin nv}{nv},$$

$$R(x_0, y_0) \equiv \sum_{m=N_1+1}^{\infty} \sum_{n=N_2+1}^{\infty} A_{m,n}(x_0, y_0) \frac{\sin mu}{mu} \frac{\sin nv}{nv}.$$

ამ მწკრივების შეფასება, თუ გავითვალისწინებთ, რომ

$$uN_1 \leq 1, \quad vN_2 \leq 1, \quad u(N_1+1) > 1, \quad v(N_2+1) > 1,$$

$$\left| \frac{\sin mu}{mu} \frac{\sin nv}{nv} - 1 \right| = \left| \left(\frac{\sin mn}{mu} - 1 \right) \frac{\sin nv}{nv} + \left(\frac{\sin nv}{nv} - 1 \right) \right| \leq mu + nv,$$

გვაძლევს:

$$\begin{aligned} |P(x_0, y_0)| &\leq \sum_{m=1}^{N_1} \sum_{n=1}^{N_2} 4 |A_{m,n}| (mu + nv) \leq 4u \sum_{m=1}^N m \sum_{n=1}^{N_2} |A_{m,n}| + \\ &+ 4u \sum_{m=N+1}^{N_1} m \sum_{n=1}^{N_2} |A_{m,n}| + 4v \sum_{n=1}^N n \sum_{m=1}^{N_1} |A_{m,n}| + 4v \sum_{n=N+1}^{N_2} n \sum_{m=1}^{N_1} |A_{m,n}| \leq \\ &\leq 4uNM + 4uEN_1 + 4vNM + 4N_2vE < 16 \cdot \varepsilon; \end{aligned}$$

შემდეგ

$$\begin{aligned} |Q_1(x_0, y_0)| &\leq \sum_{m=1}^{N_1} \sum_{n=N_2+1}^{\infty} 4 |A_{m,n}| \frac{1}{nv} \leq \sum_{n=N_2+1}^{\infty} \frac{1}{nv} \sum_{m=1}^{N_1} 4 |A_{m,n}| \leq \\ &\leq 4\varepsilon \sum_{n=N_1+1}^{\infty} \frac{1}{n^2 v} \leq \frac{4\varepsilon}{(N_2+1)v} \leq 4\varepsilon; \end{aligned}$$

$$|Q_2(x_0, y_0)| \leq 4\varepsilon;$$

$$|R(x_0, y_0)| \leq \sum_{m=N_1+1}^{\infty} \sum_{n=N_2+1}^{\infty} 4 |A_{m,n}| \frac{1}{mu} \leq \sum_{m=N_1+1}^{\infty} \frac{4}{mu} \sum_{n=1}^{\infty} |A_{m,n}| <$$

$$\leq 4 \cdot \varepsilon \sum_{m=N_1+1}^{\infty} \frac{1}{m^2 u} \leq 4\varepsilon.$$

მაშასადამე,

$$\left| \frac{\Delta L(x_0, y_0; u, v)}{4 u v} - S_{N_1, N_2}(x_0, y_0) \right| \leq 28 \varepsilon, \quad \text{როცა } u, v < \eta,$$

ე. ო.

$$\lim_{u, v \rightarrow 0} \left\{ \frac{\Delta L(x_0, y_0; u, v)}{4 u v} - S_{N_1, N_2}(x_0, y_0) \right\} = 0. \quad (1.6)$$

თეორემა დამტკიცებულია.

აქვე შევნიშნოთ, რომ (1.6) ტოლობა სამართლიანია (x, y) წერტილისაგან დამოუკიდებლად.

2. ვთქვათ, ახლა გვაქვს პერიოდული $f(x, y)$ ფუნქცია 2π პერიოდით ცალკე-ცალკე ცვლადების მიმართ, განსაზღვრული $[-\pi, \pi; -\pi, \pi]$ სეგმენტზე, და ვთქვათ, რომ იგი ინტეგრებადია ლებეგის აზრით. მაშინ თუ (1.1) მწკრივის კოეფიციენტები გამოთვლილია ფორმულებით:

$$a_{m, n} = \frac{1}{\pi^2} \int_{-\pi}^{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x, y) \cos m x \cos n y \, dx \, dy,$$

$$b_{m, n} = \frac{1}{\pi^2} \int_{-\pi}^{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x, y) \sin m x \cos n y \, dx \, dy,$$

$$c_{m, n} = \frac{1}{\pi^2} \int_{-\pi}^{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x, y) \cos m x \sin n y \, dx \, dy,$$

$$d_{m, n} = \frac{1}{\pi^2} \int_{-\pi}^{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x, y) \sin m x \sin n y \, dx \, dy,$$

$$(m, n = 0, 1, 2, \dots)$$

დავწერთ

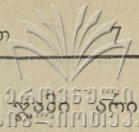
$$f(x, y) \sim \sum_{m, n=0}^{\infty} \lambda_{m, n} A_{m, n}(x, y), \quad (2.1)$$

და ვიტყვი, რომ (1.1) მწკრივი არის $f(x, y)$ ფუნქციის ფურიე-ლებეგის ორმაგი მწკრივი.

თეორემა 2. თუ (2.1) წარმოდგენს $f(x, y)$ ფუნქციის ფურიე-ლებეგის მწკრივს, რომელიც (A) კლასის ეკუთვნის და ამასთანავე

$$1. f(x, y) \rightarrow S_1, \quad \text{როცა } x \rightarrow x_0 + 0, y \rightarrow y_0 + 0,$$

$$2. f(x, y) \rightarrow S_2, \quad \text{როცა } x \rightarrow x_0 - 0, y \rightarrow y_0 - 0,$$



მაშინ (2.1) მწკრივი კრებადია (x_0, y_0) წერტილზე და მისი

$$S = \frac{S_1 + S_2}{2}.$$

დამტკიცება. პირობის ძალით, არსებობს ისეთი $h > 0, g > 0$ რიცხვები, რომ $f(x, y)$ ფუნქცია შემოსაზღვრული არის $I_1 = [x_0, x_0 + h; y_0, y_0 + g], I_2 = [x_0 - h, x_0; y_0 - g, y_0]$ სეგმენტებზე და, მაშასადამე, სამართლიანია ტოლობანი

$$\left. \begin{aligned} \lim_{h, g \rightarrow 0} \frac{1}{hg} \int_{x_0}^{x_0+h} \int_{y_0}^{y_0+g} f(t, s) d+ds &= S_1 \\ \lim_{h, g \rightarrow 0} \frac{1}{hg} \int_{x_0-h}^{x_0} \int_{y_0-g}^{y_0} f(t, s) d+ds &= S_2. \end{aligned} \right\} (2.2)$$

განვიხილოთ $L(x, y)$ ფუნქციის მეორე რიგის ნაზრდი (x_0, y_0) წერტილის მიდამოში. უშუალო შემოწმებით დაგვრწმუნდებით, რომ

$$\begin{aligned} \Delta \{ a \cdot \Phi(x_0, y_0; u, v) + b \cdot \Psi(x_0, y_0; u, v) \} &= \\ = a \cdot \Delta \Phi(x_0, y_0; u, v) + b \Delta \Psi(x_0, y_0; u, v), \\ \Delta \Delta \{ a \Phi(x_0, y_0; u, v) + b \cdot \Psi(x_0, y_0; u, v) \} &= \\ = a \cdot \Delta \Delta \Phi(x_0, y; u, v) + b \Delta \Delta \Psi(x_0, y_0; u, v), \\ \Delta \{ a \Phi(x_0; u) \cdot \Psi(y_0; v) \} &= a \Delta_1 \Phi(x_0; u) \cdot \Delta_1 \Psi(y_0; v), \\ \Delta \Delta \{ a \Phi(x_0; u) \cdot \Psi(y_0; v) \} &= a \Delta_1^2 \Phi(x_0; u) \Delta_1^2 \Psi(y_0; v), \end{aligned}$$

სადაც

$$\begin{aligned} \Delta_1 \Phi(x_0; u) &= \Phi(x_0 + u) - \Phi(x_0 - u), \\ \Delta_1^2 \Phi(x_0; v) &= \Phi(x_0 + 2u) + \Phi(x_0 - 2u) - 2\Phi(x_0), \end{aligned}$$

ხოლო a და b ნებისმიერი მუდმივებია.

ცხადია, რომ

$$\begin{aligned} \Delta_1^2 \{ \sin m x_0 \} &= -4 \sin m x_0 \sin^2 mu, \\ \Delta_1^2 \{ \cos m x_0 \} &= -4 \cos m x_0 \sin^2 mu, \\ \Delta \Delta \{ x \} &= 0, \\ &\dots \end{aligned}$$

გამოვითვალოთ $L(x, y)$ ფუნქციის მეორე ნაზრდი, (1.2) ფორმულის მიხედვით, მივიღებთ:

$$\Delta \Delta L(x_0, y_0; u, v) = \sum_{m, n=1}^{\infty} \frac{16}{mn} B_{m, n}(x_0, y_0) \sin^2 mu \sin^2 uv, \quad (2.3)$$

სადაც



$$B_{m, n}(x_0, y_0) = a_{m, n} \sin mx_0 \sin ny_0 - b_{m, n} \sin mx_0 \cos ny_0 + c_{m, n} \cos mx_0 \cos ny_0 - d_{m, n} \cos mx_0 \sin ny_0.$$

შემოვიღოთ აღნიშვნა

$$D(L; 2u, 2v) = \Delta \Delta L(x_0, y_0; u, v)$$

და დავამტკიცოთ, რომ

$$\lim_{u, v \rightarrow 0} \frac{D(L; 2u, 2v)}{16uv} = 0.$$

(2.3) მწკრივი აბსოლუტურად კრებადია, რადგან

$$|B_{m, n}(x_0, y_0)| \leq 4 |A_{m, n}|,$$

სადაც

$$|A_{m, n}| = \max\{|a_{m, n}|, |b_{m, n}|, |c_{m, n}|, |d_{m, n}|\}$$

და

$$A_{m, n} = O\left(\frac{1}{m+n}\right).$$

ამიტომ სამართლიანია დაჯგუფება

$$\frac{D(L; 2u, 2v)}{16uv} = \bar{P}(x_0, y_0) + \bar{Q}_1(x_0, y_0) + \bar{Q}_2(x_0, y_0) + \bar{R}(x_0, y_0),$$

სადაც

$$\bar{P}(x_0, y_0) = \sum_{m=1}^{N_1} \sum_{n=1}^{N_2} B_{m, n}(x_0, y_0) \frac{\sin^2 mu}{mu} \frac{\sin^2 nv}{nv},$$

$$\bar{Q}_1(x_0, y_0) = \sum_{m=1}^{N_1} \sum_{n=N_2+1}^{\infty} B_{m, n}(x_0, y_0) \frac{\sin^2 mu}{mu} \frac{\sin^2 nv}{nv},$$

$$\bar{Q}_2(x_0, y_0) = \sum_{m=N_1+1}^{\infty} \sum_{n=1}^{N_2} B_{m, n}(x_0, y_0) \frac{\sin^2 mu}{mu} \frac{\sin^2 nv}{nv},$$

$$\bar{R}(x_0, y_0) = \sum_{m=N_1+1}^{\infty} \sum_{n=N_2+1}^{\infty} B_{m, n}(x_0, y_0) \frac{\sin^2 mu}{mu} \frac{\sin^2 nv}{nv}.$$

ხოლო N_1, N_2, η, N, M ისევეა შერჩეული ნებისმიერ $\varepsilon > 0$ რიცხვისათვის, როგორც პირველი თეორემის დამტკიცების დროს და შეფასებანიც ისევე შეგვიძლია ჩავატაროთ, როგორც ზემოთ. გამონაკლისს წარმოადგენს $\bar{P}(x_0, y_0)$ და ამიტომ მას განვიხილავთ დაწვრილებით.

გვაქვს:

$$|\bar{P}(x_0; y_0)| \leq \sum_{m=1}^{N_1} \sum_{n=1}^{N_2} 4 |A_{m, n}| \mu \nu =$$

$$4 u v \sum_{m=1}^{N_1} m \sum_{n=1}^{N_2} n |A_{m, n}| \leq 4 u v N_2 \left[\sum_{m=1}^N m \sum_{n=1}^{N_2} |A_{m, n}| + \sum_{m=N+1}^{N_1} m \sum_{n=1}^{N_2} |A_{m, n}| \right] \leq$$

$$\leq 4 u v N_2 \{MN + \varepsilon N_1\} < 4 \eta MN + 4 \varepsilon \leq 8 \varepsilon.$$

მაშასადამე,

$$\lim_{u, v \rightarrow 0} \frac{D(u; 2u, 2v)}{16 u v} = 0.$$

აქედან

$$\lim_{u, v \rightarrow 0} \frac{D(L; u, v)}{u \cdot v} = 0$$

თანაბრად (x, y) წერტილის მიმართ.

მეორე მხრივ, ცხადია, რომ

$$\Delta L(x_0, y; u, v) = \int_{x_0-u}^{x_0+u} \int_{y_0-v}^{y_0+v} f(t, s) dt ds$$

$$D(L; u, v) \equiv \Delta \left\{ L\left(x_0 + \frac{u}{2}, y_0 + \frac{v}{2}\right) - L\left(x_0 + \frac{u}{2}, y_0 - \frac{v}{2}\right) + \right.$$

$$\left. + L\left(x_0 - \frac{u}{2}, y_0 - \frac{v}{2}\right) - L\left(x_0 - \frac{u}{2}, y_0 + \frac{v}{2}\right) \right\} =$$

$$= L(x_0 + u, y_0 + v) - L(x_0 + u, y_0) - L(x_0, y_0 + v) + L(x_0, y_0) +$$

$$+ L(x_0 + u, y_0 - v) - L(x_0 + u, y_0) - L(x_0, y_0 - v) + L(x_0, y_0) +$$

$$+ L(x_0 - u, y_0 + v) - L(x_0 - u, y_0) - L(x_0, y_0 - v) + L(x_0, y_0) +$$

$$+ L(x_0 - u, y_0 - v) - L(x_0 - u, y_0) - L(x_0, y_0 + v) + L(x_0, y_0) =$$

$$= \int_{x_0}^{x_0+u} \int_{y_0}^{y_0+v} f(t, s) dt ds - \int_{x_0}^{x_0+u} \int_{y_0}^{y_0-v} f(t, s) dt ds + \int_{x_0}^{x_0-u} \int_{y_0}^{y_0+v} f(t, s) dt ds + \int_{x_0}^{x_0-u} \int_{y_0}^{y_0-v} f(t, s) dt ds$$

და, მაშასადამე,

$$\lim_{u, v \rightarrow 0} \frac{1}{u v} \left\{ \int_{x_0}^{x_0+u} \int_{y_0}^{y_0+v} + \int_{x_0}^{x_0+u} \int_{y_0}^{y_0-v} + \int_{x_0}^{x_0-u} \int_{y_0}^{y_0+v} + \int_{x_0}^{x_0-u} \int_{y_0}^{y_0-v} \right\} = 0. \quad (2.4)$$

(2.2) და (2.4) ტოლობებიდან მივიღებთ, რომ

$$\lim_{u, v \rightarrow 0} \frac{1}{uv} \left\{ \int_{x_0}^{x_0+u} \int_{y_0}^{y_0+v} f(t, s) dt ds + \int_{x_0}^{x_0+u} \int_{y_0}^{y_0-v} f(t, s) dt ds \right\} = -(S_1 + S_2)$$

მაგრამ

$$\begin{aligned} \lim_{u, v \rightarrow 0} \frac{\Delta L(x_0, y_0; u, v)}{uv} &= \lim_{u, v \rightarrow 0} \frac{1}{uv} \int_{x_0-u}^{x_0+u} \int_{y_0-v}^{y_0+v} f(t, s) dt ds = \\ &= \lim_{u, v \rightarrow 0} \frac{1}{uv} \left\{ \int_{x_0-u}^{x_0} \int_{y_0-v}^{y_0} + \int_{x_0-u}^{x_0} \int_{y_0}^{y_0+v} + \int_{x_0}^{x_0+u} \int_{y_0-v}^{y_0} + \int_{x_0}^{x_0+u} \int_{y_0}^{y_0+v} \right\} = \\ &= \lim_{u, v \rightarrow 0} \frac{1}{uv} \int_{x_0-u}^{x_0+u} \int_{y_0-v}^{y_0+v} f(t, s) dt ds + \lim_{u, v \rightarrow 0} \frac{1}{uv} \int_{x_0}^{x_0+u} \int_{y_0}^{y_0+v} f(t, s) dt ds + \\ &+ \lim_{u, v \rightarrow 0} \frac{1}{uv} \left\{ - \int_{x_0}^{x_0+u} \int_{y_0}^{y_0+v} f(t, s) dt ds - \int_{x_0}^{x_0+u} \int_{y_0}^{y_0-v} f(t, s) dt ds \right\} = S_1 + S_2 + S_1 + S_2 = \\ &= 2(S_2 + S_1) = 4S, \end{aligned}$$

ქ. ო.

$$\lim_{v, v \rightarrow 0} \frac{\Delta L(x_0, y_0; u, v)}{4uv} = S.$$

მაშასადამე, (2.1) მწკრივი L შეჯამებადია S რიცხვისაკენ, და ამის გამო, იგი კრებადია S რიცხვისაკენ.

თეორემა დამტკიცებულია.

თეორემა 3. თუ (2.1) წარმოადგენს $R_0 = [a, b, c, d]$ მართკუთხედზე უწყვეტი $f(x, y)$ ფუნქციის ფურიე-ლებეგის მწკრივს, რომელიც (A) კლასის ეკუთვნის, მაშინ (2.1) მწკრივი თანაბრად კრებადია R_0 მართკუთხედზე $f(x, y)$ ფუნქციისაკენ.

დამტკიცება. 1 თეორემის დამტკიცების დროს აღნიშნული იყო, რომ

$$\left| \frac{\Delta L(x, y; u, v)}{4uv} - S_{N_1, N_2}(x, y) \right| < \varepsilon, \text{ როცა } u, v < \eta \text{ დამოუკიდებლად}$$

ლად (x, y) წერტილისაგან. შემდეგ 2 თეორემის დამტკიცების დროს შენიშნული იყო აგრეთვე, რომ

$$\lim_{u, v \rightarrow 0} \frac{D(L; u, v)}{uv} = 0$$

დამოუკიდებლად (x, y) წერტილისაგან. მაშასადამე,

$$\lim_{u, v \rightarrow 0} \frac{\Delta L(x, y; u, v)}{4uv} = f(x, y),$$

დამოუკიდებლად (x, y) წერტილისაგან. თუ გამოვიყენებთ უტოლობას:

$$\left| S_{N_1 N_2}(x, y) - f(x, y) \right| \leq \left| \frac{\Delta L(x, y; u, v)}{4uv} - S_{N_1 N_2}(x, y) \right| + \left| \frac{\Delta L(x, y; u, v)}{4uv} - f(x, y) \right|,$$

აღვიღად შევამოწმებთ თეორემის სამართლიანობას.

ლიტერატურა

- [1] ნ. თევზაძე, რიცხვითი ორმაგი მწკრივების შეჯამებადობა ლებეგის მეთოდით: საქ.-სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. XIV, № 2, 1953 წ.
 [2] А. Зигмунд, Тригонометрические ряды. М.-Л., 1939 г.

სტალინის სახელობის
 თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
 მათემატიკური ანალიზის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1953.V.15)

Н. Тевзадзе

Суммирование двойного тригонометрического ряда методом Лебега

Резюме

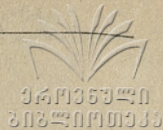
Пусть дан двойной тригонометрический ряд (1.1). Этот ряд называется суммируемым L в точке (x_0, y_0) к значению S , если

$$\lim_{u, v \rightarrow 0} \frac{\Delta L(x_0, y_0; u, v)}{4uv} = S,$$

где $\frac{\Delta L(x_0, y_0; u, v)}{4uv}$ определяется равенством (1.3).

Мы изучаем класс тригонометрических рядов, удовлетворяющих условиям:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{m=0}^{\infty} |A_{m, n}| &= O\left(\frac{1}{n}\right), \\ \sum_{n=0}^{\infty} |A_{m, n}| &= O\left(\frac{1}{m}\right), \end{aligned} \right\} \quad (A)$$



где

$$|A_{m, n}| = \max \{ |a_{m, n}|, |b_{m, n}|, |c_{m, n}|, |d_{m, n}| \},$$

и доказываем следующие теоремы.

Теорема 1. Если ряд (1.1) является рядом класса (A), то для сходимости его в точке (x_0, y_0) к сумме S необходимо и достаточно, чтобы он был суммируем L к значению S .

Теорема 2. Если ряд (1.1) класса (A) является рядом Фурье такой функции $f(x, y)$, что

$$f(x, y) \rightarrow S_1, \text{ при } x \rightarrow x_0 + 0, y \rightarrow y_0 + 0,$$

$$f(x, y) \rightarrow S_2, \text{ при } x \rightarrow x_0 - 0, y \rightarrow y_0 - 0,$$

то этот ряд в точке (x_0, y_0) сходится к значению $S = \frac{S_1 + S_2}{2}$.

Теорема 3. Если ряд (1.1) класса (A) является рядом Фурье функции $f(x, y)$, непрерывной на некотором сегменте $[a, b; c, d]$, то ряд (1.1) равномерно сходится на этом сегменте.

В. Г. Челидзе

О взаимоотношении между методами суммирования Абеля и (C, α, β)

В этой работе приводятся теоремы о двойных рядах, отдельными частными случаями которых являются результаты работы [1].

1. Пусть функция $F(x, y)$ определена в окрестности точки (x_0, y_0) . Возьмем три положительных числа λ, p, q , причем $\lambda \geq 1$, и $p \leq q$.

Мы будем говорить, что функция $F(x, y)$ имеет пределом число A в ограниченном смысле, если для любого $\varepsilon > 0$ существует такое $\eta(\varepsilon) > 0$, что

$$|F(x, y) - A| < \varepsilon, \text{ когда } 0 < (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 < \eta^2,$$

$$\frac{1}{\lambda} |y - y_0|^q \leq |x - x_0| \leq \lambda |y - y_0|^p.$$

В этом случае будем писать

$$\lim F(x, y) = A.$$

$$(x, y)_{pq}^{\lambda} \rightarrow (x_0, y_0)$$

Далее, обозначим через $M_{\lambda, p, q}(\delta; x_0, y_0)$ и $m_{\lambda, p, q}(\delta; x_0, y_0)$ соответственно верхнюю и нижнюю грань функции $F(x, y)$ в области G , определенной следующими неравенствами:

$$\frac{1}{\lambda} |y - y_0|^q \leq |x - x_0| \leq \lambda |y - y_0|^p,$$

$$0 < (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 \leq \delta^2,$$

где δ — сколь угодно малое положительное число.

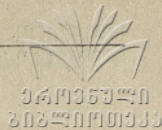
Пределы

$$\lim_{\delta \rightarrow 0} M_{\lambda, p, q}(\delta; x_0, y_0) \text{ и } \lim_{\delta \rightarrow 0} m_{\lambda, p, q}(\delta; x_0, y_0)$$

мы будем обозначать соответственно символами

$$\overline{\lim} F(x, y) \text{ и } \underline{\lim} F(x, y),$$

$$(x, y)_{pq}^{\lambda} \rightarrow (x_0, y_0) \quad (x, y)_{pq}^{\lambda} \rightarrow (x_0, y_0)$$



Нетрудно показать, что, если

$$\overline{\lim} F(x, y) = \underline{\lim} F(x, y) = A,$$

$$(x, y)_{pq}^\lambda \rightarrow (x_0, y_0) \quad (x, y)_{pq}^\lambda \rightarrow (x_0, y_0)$$

то

$$\lim F(x, y) = A.$$

$$(x, y)_{pq}^\lambda \rightarrow (x_0, y_0)$$

2. Пусть дана двойная числовая последовательность $\left\{ S_{mn} \right\}_{m, n=0}^{\infty}$.

Положим

$$\overline{S}_{mn} = \sup \left\{ S_{ik} \right\}_{i \geq m, k \geq n}, \quad \underline{S}_{mn} = \inf \left\{ S_{ik} \right\}_{i \geq m, k \geq n}.$$

Очевидно, что двойная последовательность $\left\{ \overline{S}_{mn} \right\}_{m, n=0}^{\infty}$ является

убывающей, а $\left\{ \underline{S}_{mn} \right\}_{m, n=0}^{\infty}$ — возрастающей.

Положим

$$\overline{S} = \lim_{m, n \rightarrow \infty} \overline{S}_{mn}, \quad \underline{S} = \lim_{m, n \rightarrow \infty} \underline{S}_{mn}.$$

Числа \overline{S} и \underline{S} называются соответственно верхним и нижним пределом последовательности $\left\{ S_{mn} \right\}_{m, n=0}^{\infty}$ и обозначаются символами

$$\overline{\lim}_{m, n \rightarrow \infty} S_{mn} \quad \text{и} \quad \underline{\lim}_{m, n \rightarrow \infty} S_{mn}.$$

Легко заметить, что $\underline{S} \leq \overline{S}$.

Нетрудно показать, что, если $\overline{S} = \underline{S}$, то двойная последовательность $\left\{ S_{mn} \right\}_{m, n=0}^{\infty}$ сходится к числу S .

В самом деле, так как для любых m и n

$$\underline{S}_{mn} \leq S_{mn} \leq \overline{S}_{mn},$$

то

$$\lim_{m, n \rightarrow \infty} \underline{S}_{mn} = \lim_{m, n \rightarrow \infty} S_{mn} = \lim_{m, n \rightarrow \infty} \overline{S}_{mn}.$$

3. Рассмотрим двойной числовой ряд

$$\sum_{m, n=0}^{\infty} a_{mn}.$$

Положим

$$\sigma_{mn}^{\alpha\beta} = \frac{S_{mn}^{\alpha\beta}}{A_m^\alpha A_n^\beta}, \quad (2)$$

где A_m^α и $S_{mn}^{\alpha\beta}$ определяются из следующих соотношений:

$$(1-x)^{-\alpha-1} = \sum_{m=0}^{\infty} A_m^\alpha x^m,$$

$$(1-x)^{-\alpha-1} (1-y)^{-\beta-1} \sum_{m, n=0}^{\infty} a_{mn} x^m y^n = \sum_{m, n=0}^{\infty} S_{mn}^{\alpha\beta} x^m y^n \quad (3)$$

(α и β — данные числа > -1).

Далее пусть γ и δ — некоторые положительные числа, удовлетворяющие условию $\gamma\delta \leq (\alpha+1)(\beta+1)$.

Определение 1. Ряд (1) мы будем называть двойным рядом класса $T_{\alpha\beta}^{\gamma\delta}$, если выполнены следующие условия:

1) двойной степенной ряд

$$f(x, y) = \sum_{m, n=0}^{\infty} a_{mn} x^m y^n \quad (4)$$

абсолютно сходится при $|x| < 1$, $|y| < 1$,

$$2) \quad \sum_{n=0}^{\infty} \alpha_n A_n^\beta = 0, \quad \sum_{m=0}^{\infty} \beta_m A_m^\alpha = 0,$$

где

$$\alpha_n = \lim_{x \rightarrow 1} \alpha_n(x), \quad \beta_m = \lim_{y \rightarrow 1} \beta_m(y),$$

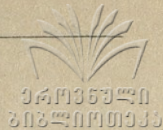
причем

$$\alpha_n(x) = (1-x)^{\alpha+\gamma+1} \sum_{m=0}^{\infty} A_m^\alpha \sigma_{mn}^{\alpha\beta} x^m, \quad (5)$$

$$\beta_m(y) = (1-y)^{\beta+\delta+1} \sum_{n=0}^{\infty} A_n^\beta \sigma_{mn}^{\alpha\beta} y^n. \quad (6)$$

Определение 2. Ряд (1) мы будем называть двойным рядом класса $T_{\alpha\beta}^{*\gamma\delta}$, если выполнены следующие условия:

1) ряд (4) сходится абсолютно при $|x| < 1$, $|y| < 1$,



$$2) \quad \sum_{n=0}^{\infty} \alpha_n^* A_n^\beta = 0, \quad \sum_{m=0}^{\infty} \beta_m^* A_m^\alpha = 0,$$

где

$$\alpha_n^* = \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{\sigma_{mn}^{\alpha\beta}}{A_m^\gamma}, \quad \beta_m^* = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sigma_{mn}^{\alpha\beta}}{A_n^\delta}. \quad (7)$$

Лемма. Если существуют α_n^* и β_m^* , то существуют также α_n и β_m и справедливы равенства:

$$\alpha_n = \frac{\Gamma(\alpha + \gamma + 1)}{\Gamma(\alpha + 1) \Gamma(\gamma + 1)} \alpha_n^*, \quad \beta_m = \frac{\Gamma(\beta + \delta + 1)}{\Gamma(\beta + 1) \Gamma(\delta + 1)} \beta_m^*. \quad (8)$$

Доказательство. Покажем сперва, что

$$\lim_{x \rightarrow 1-} a(x) = \frac{\Gamma(\alpha + \gamma + 1)}{\Gamma(\alpha + 1) \Gamma(\gamma + 1)}, \quad (9)$$

где

$$a(x) = (1-x)^{\alpha+\gamma+1} \sum_{m=0}^{\infty} A_m^\alpha A_m^\gamma x^m.$$

Так как

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \frac{A_m^\alpha}{m^\alpha} = \frac{1}{\Gamma(\alpha + 1)},$$

то

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \frac{A_m^\alpha A_m^\gamma}{A_m^{\alpha+\gamma}} = \frac{\Gamma(\alpha + \gamma + 1)}{\Gamma(\alpha + 1) \Gamma(\gamma + 1)} = A.$$

Возьмем теперь произвольное число $\varepsilon > 0$; тогда можно найти такое целое число $\nu(\varepsilon) > 0$, что

$$(A - \varepsilon) A_m^{\alpha+\gamma} < A_m^\alpha A_m^\gamma < (A + \varepsilon) A_m^{\alpha+\gamma}, \quad \text{когда } m > \nu(\varepsilon).$$

Следовательно,

$$(A - \varepsilon) a_\nu(x) < b_\nu(x) < (A + \varepsilon) a_\nu(x), \quad (10)$$

где

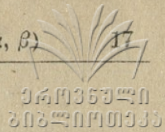
$$a_\nu(x) = (1-x)^{\alpha+\gamma+1} \sum_{m=\nu+1}^{\infty} A_m^{\alpha+\gamma} x^m, \quad (11)$$

$$b_\nu(x) = (1-x)^{\alpha+\gamma+1} \sum_{m=\nu+1}^{\infty} A_m^\alpha A_m^\gamma x^m.$$

Так как

$$\lim_{x \rightarrow 1-} a_\nu(x) = 1,$$

то из соотношений (10) получим:



$$A - \varepsilon \leq \lim_{x \rightarrow 1} b_\nu(x) \leq \overline{\lim}_{x \rightarrow 1} b_\nu(x) \leq A + \varepsilon.$$

но

$$\lim_{x \rightarrow 1} b_\nu(x) = \lim_{x \rightarrow 1} a(x), \quad \overline{\lim}_{x \rightarrow 1} b_\nu(x) = \overline{\lim}_{x \rightarrow 1} a(x).$$

Поэтому

$$A - \varepsilon \leq \lim_{x \rightarrow 1} a(x) \leq \overline{\lim}_{x \rightarrow 1} a(x) \leq A + \varepsilon.$$

Отсюда, в силу произвольности ε , получим:

$$\lim_{x \rightarrow 1} a(x) = A.$$

Таким образом, справедливо равенство (9). Докажем теперь справедливость равенств (8). Возьмем произвольное число $\varepsilon > 0$; тогда, в силу (7), можно найти такое целое число $\nu_n(\varepsilon) > 0$, что

$$(\alpha_n^* - \varepsilon) A \gamma_m^m < \sigma_{mn}^{\alpha\beta} < (\alpha_n^* + \varepsilon) A \gamma_m^m, \text{ когда } m > \nu_n(\varepsilon).$$

На основании этих неравенств получим:

$$(\alpha_n^* - \varepsilon) b_{\nu_n}(x) < \alpha_n(x) < (\alpha_n^* + \varepsilon) b_{\nu_n}(x), \tag{12}$$

где $\alpha_n(x)$ и $b_{\nu_n}(x)$ определяются соответственно из соотношений (5) и (11). Так как

$$\lim_{x \rightarrow 1} b_{\nu_n}(x) = \overline{\lim}_{x \rightarrow 1} b_{\nu_n}(x) = \lim_{x \rightarrow 1} a(x) = A,$$

то из (12) получим:

$$(\alpha_n^* - \varepsilon) A \leq \lim_{x \rightarrow 1} \alpha_n(x) \leq \overline{\lim}_{x \rightarrow 1} \alpha_n(x) \leq (\alpha_n^* + \varepsilon) A.$$

В силу произвольности ε , имеем:

$$\lim_{x \rightarrow 1} \alpha_n(x) = A \alpha_n^*,$$

то есть справедливо первое равенство из (8).

Аналогично доказывается второе равенство из (8).

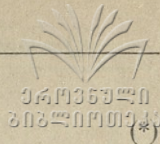
Нетрудно показать, что из существования α_n и β_m , вообще говоря, не следует существование α_n^* и β_m^* .

Теорема 1. Класс $T_{\alpha\beta}^{\gamma\delta}$ является подклассом класса $T_{\alpha\beta}^{\gamma\delta}$.

Эта теорема является следствием вышедоказанной леммы.

Теорема 2. Если ряд (1) является рядом класса $T_{\alpha\beta}^{\gamma\delta}$

то справедливы следующие соотношения:



$$\lim_{m,n \rightarrow \infty} \sigma_{mn}^{\alpha\beta} \leq \lim f(x,y) \leq \overline{\lim} f(x,y) \leq \overline{\lim}_{m,n \rightarrow \infty} \sigma_{mn}^{\alpha\beta},$$

$$(x,y)_{pq}^{\lambda} \rightarrow (1,1) \quad (x,y)_{pq}^{\lambda} \rightarrow (1,1)$$

где

$$p = \frac{\delta}{\alpha + 1}, \quad q = \frac{\beta + 1}{\gamma}.$$

Доказательство. Так как ряд (4) абсолютно сходится при $|x| < 1$, $|y| < 1$, то, в силу (2) и (3), имеем:

$$f(x,y) = (1-x)^{\alpha+1} (1-y)^{\beta+1} \sum_{m,n=0}^{\infty} A_m^{\alpha} A_n^{\beta} \sigma_{mn}^{\alpha\beta} x^m y^n,$$

причем ряд в правой части абсолютно сходится при $|x| < 1$, $|y| < 1$. Положим

$$\underline{\sigma} = \lim_{m,n \rightarrow \infty} \sigma_{mn}^{\alpha\beta}, \quad \overline{\sigma} = \overline{\lim}_{m,n \rightarrow \infty} \sigma_{mn}^{\alpha\beta}$$

Допустим сперва, что $\underline{\sigma}$ и $\overline{\sigma}$ — конечные числа. Возьмем произвольное число $\varepsilon > 0$. Так как ряд (1) является двойным рядом класса $T_{\alpha\beta}^{\gamma\delta}$, то существует такое целое число $\nu(\varepsilon) > 0$, что

$$\underline{\sigma} - \varepsilon < \sigma_{mn}^{\alpha\beta} < \overline{\sigma} + \varepsilon, \text{ когда } m > \nu, n > \nu, \quad (13)$$

$$-\frac{\varepsilon}{2} < \sum_{n=0}^{\nu} \alpha_n A_n^{\beta} < \frac{\varepsilon}{2},$$

$$-\frac{\varepsilon}{2} < \sum_{m=0}^{\nu} \beta_m A_m^{\alpha} < \frac{\varepsilon}{2}.$$

Затем можно определить такое $\eta(\varepsilon) > 0$, что

$$-\varepsilon < \sum_{n=0}^{\nu} A_n^{\beta} \alpha_n(x) y^n < \varepsilon, \quad (14)$$

$$-\varepsilon < \sum_{m=0}^{\nu} A_m^{\alpha} \beta_m(y) x^m < \varepsilon, \quad (15)$$

когда $0 < 1-x < \eta$, $0 < 1-y < \eta$.

Далее,

$$f(x,y) = f_1(x,y) + f_2(x,y) + f_3(x,y),$$

где

$$f_1(x, y) = \frac{(1-x)^{\alpha+1}}{(1-y)^\beta} \sum_{m=0}^y A_m^\alpha \beta_m(y) x^m, \quad (16)$$

$$f_2(x, y) = \frac{(1-y)^{\beta+1}}{(1-x)^\gamma} \sum_{n=0}^y A_n^\beta \alpha_n(x) y^n - \omega(x, y), \quad (17)$$

причем

$$\omega(x, y) = (1-x)^{\alpha+1} (1-y)^{\beta+1} \sum_{m=0}^y \sum_{n=0}^y A_m^\alpha A_n^\beta \sigma_{mn}^{\alpha\beta} x^m y^n,$$

$$f_3(x, y) = (1-x)^{\alpha+1} (1-y)^{\beta+1} \sum_{m=\nu+1}^{\infty} \sum_{n=\nu+1}^{\infty} A_m^\alpha A_n^\beta \sigma_{mn}^{\alpha\beta} x^m y^n. \quad (18)$$

Пусть теперь x и y удовлетворяют условиям:

$$0 < 1-x < \eta, \quad 0 < 1-y < \eta, \quad \frac{1}{\lambda} (1-y)^\eta \leq 1-x \leq \lambda (1-y)^\nu,$$

где λ —данное число ≥ 1 . Тогда на основании (15) и (14) получим:

$$f_1(x, y) > -\varepsilon \frac{(1-x)^{\alpha+1}}{(1-y)^\beta} \geq -\varepsilon \lambda^{\alpha+1},$$

$$f_2(x, y) > -\varepsilon \frac{(1-y)^{\beta+1}}{(1+x)^\gamma} - \omega(x, y) > -\varepsilon \lambda^\gamma - \omega(x, y).$$

Отсюда вытекает, что

$$\overline{\lim} f_1(x, y) \geq -\varepsilon \lambda^{\alpha+1},$$

$$(x, y)_{pq}^\lambda \rightarrow (1, 1)$$

$$\underline{\lim} f_2(x, y) \geq -\varepsilon \lambda^\gamma,$$

$$(x, y)_{pq}^\lambda \rightarrow (1, 1)$$

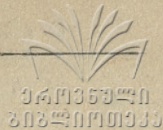
Далее, на основании (13) получим:

$$f_3(x, y) > (\underline{\sigma} - \varepsilon) (1-x)^{\alpha+1} (1-y)^{\beta+1} \sum_{m=\nu+1}^{\infty} A_m^\alpha x^m \cdot \sum_{n=\nu+1}^{\infty} A_n^\beta y^n.$$

Отсюда следует, что

$$\underline{\lim} f_3(x, y) \geq \underline{\sigma} - \varepsilon,$$

$$(x, y)_{pq}^\lambda \rightarrow (1, 1)$$



Следовательно,

$$\lim_{(x,y) \xrightarrow{\lambda} (1,1)} f(x,y) \geq -\varepsilon \lambda^{\alpha+1} - \varepsilon \lambda^{\gamma} + \underline{\sigma} - \varepsilon.$$

В силу произвольности ε , получим:

$$\lim_{(x,y) \xrightarrow{\lambda} (1,1)} f(x,y) \geq \underline{\sigma}.$$

Аналогично доказывается, что

$$\overline{\lim}_{(x,y) \xrightarrow{\lambda} (1,1)} f(x,y) \leq \overline{\sigma}.$$

Таким образом, доказана справедливость соотношений (*), когда $\underline{\sigma}$ и $\overline{\sigma}$ — конечные числа.

Для случая, когда $\underline{\sigma} = -\infty$ и $\overline{\sigma} = +\infty$, теорема тривиальна.

Пусть теперь $\underline{\sigma} = +\infty$. Тогда для любого числа $M > 0$ и произвольного числа $\varepsilon > 0$ можно найти такое целое число $\nu = \nu(M, \varepsilon) > 0$ и такое $\eta(\varepsilon) > 0$, чтобы были выполнены неравенства (14) и (15) и неравенство

$$\sigma_{mn}^{\alpha\beta} > M, \text{ когда } m > \nu, n > \nu.$$

Имеем:

$$f(x,y) = f_1(x,y) + f_2(x,y) + f_3(x,y),$$

где $f_1(x,y)$, $f_2(x,y)$, $f_3(x,y)$ определяются равенствами (16), (17), (18).

Рассуждением, аналогичным вышеизложенному, получим:

$$\lim_{(x,y) \xrightarrow{\lambda} (1,1)} f_1(x,y) > -\varepsilon \lambda^{\alpha+1}, \quad \lim_{(x,y) \xrightarrow{\lambda} (1,1)} f_2(x,y) > -\varepsilon \lambda^{\gamma},$$

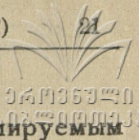
$$\lim_{(x,y) \xrightarrow{\lambda} (1,1)} f_3(x,y) \geq M.$$

Следовательно,

$$\lim_{(x,y) \xrightarrow{\lambda} (1,1)} f(x,y) \geq -\varepsilon \lambda^{\alpha+1} - \varepsilon \lambda^{\gamma} + M.$$

В силу произвольности ε и M , получим:

$$\lim_{(x,y) \xrightarrow{\lambda} (1,1)} f(x,y) = +\infty.$$



Теорема полностью доказана.

Определение 3. Двойной ряд (1) называется суммируемым методом (C, α, β) к числу S , если

$$\lim_{m, n \rightarrow \infty} \sigma_{mn}^{\alpha\beta} = S.$$

Определение 4. Ряд (1) мы будем называть $A_{p,q}^\lambda$ суммируемым к числу S , если двойной степенной ряд (4) абсолютно сходится при $|x| < 1$, $|y| < 1$ и справедливо равенство

$$\lim f(x, y) = S.$$

$$(x, y)_{pq}^\lambda \rightarrow (1, 1)$$

Теорема 3. Если двойной ряд (1) является двойным рядом класса $T_{\alpha\beta}^{\gamma\delta}$ и, кроме того, он суммируем методом (C, α, β) к числу S , то он будет $A_{p,q}^\lambda$ -суммируемым к тому же числу S , где $p = \frac{\delta}{\alpha+1}$, $q = \frac{\beta+1}{\gamma}$.

Эта теорема является следствием теоремы 2.

Теорема 4. Если ряд (1) является двойным рядом класса $T_{\alpha\beta}^{*\gamma\delta}$, то справедливы соотношения (*).

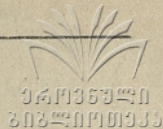
В самом деле, на основании теоремы 1, $T_{\alpha\beta}^{*\gamma\delta}$ является подклассом класса $T_{\alpha\beta}^{\gamma\delta}$; а потому, в силу теоремы 2, справедливы соотношения (*).

Теорема 5. Если ряд (1) является двойным рядом класса $T_{\alpha\beta}^{*\gamma\delta}$ и, кроме того, он суммируем методом (C, α, β) к числу S , то он будет $A_{p,q}^\lambda$ -суммируемым к тому же числу S

$$\left(p = \frac{\delta}{\alpha+1}, \quad q = \frac{\beta+1}{\gamma} \right).$$

Эта теорема является следствием теоремы 4.

Для случая, когда $\alpha_n^* = 0$ ($n = 0, 1, \dots$), $\beta_m^* = 0$ ($m = 0, 1, \dots$), теорема 5 была доказана М. Ф. Тиманом [1].



ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. Ф. Тиман, О (C, α, β) суммируемости двойных рядов: Доклады Академии наук СССР, т. 76, № 5, 1951.

Тбилисский государственный университет
имени Сталина

Кафедра математического анализа

(Поступило в редакцию 15. V. 1953)

3C. ზედიძე

უკონვერტუალური აბელიანა და (C, α, β) შეჯამებალობათა შორის
რეზიუმე

ამ შრომაში მტკიცდება თეორემები, რომელთა კერძო შემთხვევებს წარმოადგენენ [1] ნაშრომის შედეგები.

Н. С. Кахнишвили

Исследование плоских задач теории упругости методом теории потенциалов

ВВЕДЕНИЕ

Плоские задачи теории упругости, как известно, хорошо изучены. Кроме известного метода аналитических функций комплексного переменного, который систематически применен в теории этих задач в трудах Г. В. Колосова, Н. И. Muskhelishvili, Д. И. Шермана, С. Г. Михлина и др., плоские задачи теории упругости могут быть изучены и другими методами.

В частности, ряд статических задач теории упругости был рассмотрен методом теории потенциалов и интегральных уравнений еще Фредгольмом и Лауричелла.

В последнее время метод потенциалов систематически был развит В. Д. Купрадзе в применении к граничным задачам стационарных колебаний трехмерных упругих тел, метод, позволивший построить полную теорию основных граничных пространственных задач.

Целью настоящей работы является построение аналогичной теории в случае двух измерений и, на основании этой теории, подробное исследование основных плоских граничных задач теории упругости. Хотя обе теории имеют много общего и развиваются параллельно, однако, во многих случаях, результаты, полученные для пространственных задач, тривиально на плоские задачи не распространяются. В частности, в случае плоскости особо обстоит дело с поведением решений внешних граничных задач, характер которых на бесконечности по существу отличается от характера решений на бесконечности в случае пространства.

Для теории плоских задач характерно также то обстоятельство, что здесь важную роль играют сингулярные интегральные уравнения с ядрами типа Коши, что ряд важных задач решается в конечном виде и некоторые другие моменты, которые не имеют места в теории трехмерных задач.

В работе построены две серии интегральных уравнений: одна — типа Фредгольма, другая — сингулярные уравнения с ядрами типа Коши. Хотя первый тип уравнений по известным обстоятельствам проще, мы отдаем преимущество сингулярным уравнениям, ибо они дают возможность сохранить полную аналогию предлагаемого метода решения граничных задач теории упругости с методом потенциалов в теории основных граничных задач гармонических функций (задачи Дирихле и Неймана).

Если решения первой (на границе заданы смещения) и второй (на границе заданы напряжения) задач будем искать в виде потенциалов, соответственно двойных и простых слоев первого рода, то для определения вектор-плотностей получаются союзные системы сингулярных интегральных уравнений с ядрами типа Коши, индекс которых оказывается равным нулю.

Благодаря этому обстоятельству, эти уравнения довольно просто исследуются и дают решения внутренних и внешних граничных задач, как в случае колебания, так и в случае статического состояния.

При этом получаются не только полная теория граничных задач, но и простые интегральные уравнения, которые могут быть применены для разработки удобных схем приближенных вычислений, а в некоторых частных, но важных случаях (круг, бесконечная плоскость с круговым отверстием и др.) содержат вырожденные ядра и решаются в конечном виде.

Предлагаемая работа существенно опирается на известные результаты В. Д. Купрадзе, изложенные в книге: „Граничные задачи теории колебаний и интегральные уравнения“, М.-Л., 1950 г. и в его же статье „Граничные задачи теории установившихся упругих колебаний“, опубликованной в журнале „Успехи математических наук“, т. VIII, вып. 3 (55), 1953 г.

§ 1. Фундаментальные решения

Речь идет об интегрировании уравнений стационарных колебаний

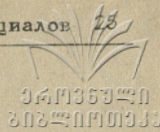
$$\Delta \vec{u} + \frac{\lambda + \mu}{\mu} \text{grad div } \vec{u} + \frac{\omega^2}{\mu} \vec{u} = 0 \quad (1.1)$$

и уравнений равновесия

$$\Delta \vec{u} + \frac{\lambda + \mu}{\mu} \text{grad div } \vec{u} = 0, \quad (1.2)$$

где $\vec{u} = (u_1, u_2)$ есть вектор смещения, λ и μ — упругие постоянные Ляме, а ω означает частоту колебаний.

Тензор напряжений обозначим через



$$T = \begin{vmatrix} \sigma_x, \tau_{xy} \\ \tau_{yx}, \sigma_y \end{vmatrix}.$$

Элементы тензора напряжений связаны со смещением зависимостями, вытекающими из закона Гука:

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \lambda \operatorname{div} \vec{u} + 2\mu \frac{\partial u_1}{\partial x}, \\ \tau_{xy} = \tau_{yx} &= \mu \left(\frac{\partial u_1}{\partial x} + \frac{\partial u_2}{\partial y} \right), \\ \tau_y &= \lambda \operatorname{div} \vec{u} + 2\mu \frac{\partial u_2}{\partial y}. \end{aligned}$$

Пусть дано плоское упругое тело B_i , ограниченное гладкой в смысле Ляпунова линией S . Часть плоскости, дополняющую $(B_i + S)$ до полной плоскости и содержащую бесконечно удаленную точку, будем называть внешней областью B_a .

Точку на границе S будем обозначать через $Q(\xi, \eta)$, произвольную точку B_i или B_a — через $P(x, y)$. Расстояние между точками P и Q обозначим через $r = \sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2}$. Нормаль к линии S в точке Q , направленную во вне (из B_i в B_a), примем за положительную нормаль и будем обозначать через n_Q .

Ниже мы рассмотрим основные граничные задачи теории упругости для уравнения (1.1) и для уравнения (1.2).

В. Д. Купрадзе (см. [1], § 48) были построены фундаментальные решения для уравнения (1.1) $\vec{u}^{(1)} = (u_1^1, u_2^1)$ и $\vec{u}^{(2)} = (u_1^2, u_2^2)$, компоненты которых выражаются формулой:

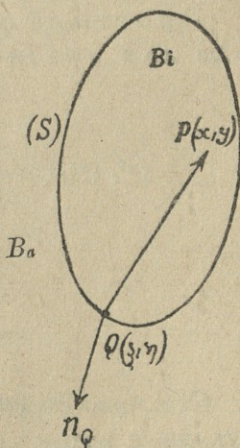


Рис. 1.

$$\begin{aligned} u_j^i(P, Q) &= \frac{\partial^2}{\partial x_i \partial x_j} \ln \frac{1}{r} \int \frac{r}{b} \tau H^{(1)}_0(\omega \tau) d\tau + \\ &+ \left(\frac{\partial r}{\partial x_i} \frac{\partial r}{\partial x_j} \right) \left[\frac{1}{a^2} H_0^{(1)}(k_1 r) - \frac{1}{b^2} H_0^{(1)}(k_2 r) \right] + \frac{\varepsilon_{ij}}{b^2} H_0^{(1)}(k_2 r) \quad (1.3) \\ &\quad (i, j = 1, 2), \quad \varepsilon_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases} \end{aligned}$$



где

$$a^2 = \lambda + 2\mu, \quad b^2 = \mu, \quad k_1 = \frac{\omega}{a}, \quad k_2 = \frac{\omega}{b}, \quad a H_0^{(1)}(\omega\tau)$$

функция Ганкеля нулевого порядка первого рода.

Эти решения всюду регулярные функции, за исключением точки $r=0$, где они имеют логарифмическую особенность; в бесконечности они удовлетворяют так называемому условию излучения (об условии излучения см. [1], § 21 и [2]).

Матрицу, составленную из $u^i_j(P, Q)$ ($i, j=1, 2$), обозначим через

$$\Gamma^s_1(P, Q) = \begin{vmatrix} u^1_1, & u^2_1 \\ u^1_2, & u^2_2 \end{vmatrix} \quad (1.4)$$

и будем называть простым фундаментальным решением колебаний первого рода.

Столбцы $\Gamma^s_1(P, Q)$, рассмотренные как векторы, представляют решения уравнения (1.1).

Простыми фундаментальными решениями первого рода для уравнения (1.2) будем называть следующую матрицу

$$\Gamma^{s0}_1(P, Q) = \begin{vmatrix} nln \frac{1}{r} + m \frac{(x-\xi)^2}{r^2}, & m \frac{(x-\xi)(y-\eta)}{r^2} \\ m \frac{(x-\xi)(y-\eta)}{r^2}, & nln \frac{1}{r} + m \frac{(y-\eta)^2}{r^2} \end{vmatrix}, \quad (1.5)$$

где

$$n = \frac{\lambda + 3\mu}{2\mu(\lambda + 2\mu)}, \quad m = \frac{\lambda + \mu}{2\mu(\lambda + 2\mu)}.$$

Столбцы $\Gamma^{s0}_1(P, Q)$, рассмотренные как векторы, представляют регулярные всюду решения уравнения (1.2) за исключением точек $r=0$ и $r=\infty$, где они имеют логарифмическую особенность.

Заметим, что матрицу $\Gamma^{s0}_1(P, Q)$ нельзя получить из $\Gamma^s_1(P, Q)$, если в выражения $u^i_j(P, Q)$ прямо подставим $\omega=0$.

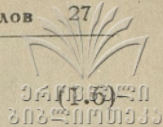
Доказывается, что:

$$\Gamma^s_1(P, Q) = \Gamma^{s0}_1(P, Q) + \Omega(P, Q; \omega),$$

$$\Omega(P, Q; \omega) = \|\omega_{ij}\| \quad (i, j=1, 2),$$

где ω_{ij} есть регулярные функции при $r=0$ и имеют логарифмическую особенность при $\omega=0$.

Рассмотрим теперь вектор напряжения $T \vec{u}$, который определяется следующим образом:



$$T \vec{u} = 2\mu \frac{d\vec{u}}{dn} + \lambda \vec{n} \cdot \operatorname{div} \vec{u} + \mu [\vec{n} \cdot \operatorname{rot} \vec{u}].$$

Если произведем операцию T , определенную по формуле (1.6), над матрицей $\Gamma^s_1(P, Q)$ (по точке P), получим матрицу $T_P \Gamma^s_1(P, Q)$, союзная матрица которой является решением уравнения (1.1). Обозначим эту матрицу через $\Gamma^d_1(P, Q)$; доказывается, что

$$\Gamma^d_1(P, Q) = \left\{ \alpha R(P, Q) + \beta I \right\} \frac{d}{dn_Q} \ln \frac{1}{r} + \beta S(P, Q) + L(P, Q; \omega), \quad (1.7)$$

где

$$R(P, Q) = \left\| \begin{array}{cc} \left(\frac{\partial r}{\partial \xi} \right)^2 & \frac{\partial r}{\partial \xi} \frac{\partial r}{\partial \eta} \\ \frac{\partial r}{\partial \xi} \frac{\partial r}{\partial \eta} & \left(\frac{\partial r}{\partial \eta} \right)^2 \end{array} \right\|, \quad (1.8)$$

$$S(P, Q) = \frac{1}{r} \left\| \begin{array}{cc} 0, & -\frac{dr}{dS_Q} \\ \frac{dr}{dS_Q}, & 0 \end{array} \right\| \quad (1.9)$$

$$\frac{1}{r} \frac{dr}{dS_Q} = \frac{\partial}{\partial \xi} \ln \frac{1}{r} \cos n_Q y - \frac{\partial}{\partial \eta} \ln \frac{1}{r} \cos n_Q x,$$

I —единичная матрица,

$$\alpha = \frac{2(\lambda + \mu)}{\lambda + 2\mu}, \quad \beta = \frac{\mu}{\lambda + 2\mu}.$$

$L(P, Q; \omega)$ вполне определенная матрица, элементы которой при $r=0$ остаются ограниченными.

$\Gamma^d_1(P, Q)$ будем называть двойным фундаментальным решением колебаний первого рода.

При $\omega=0$, $L(P, Q; \omega)$ обращается в нуль и $\Gamma^d_1(P, Q)$ переходит в $\Gamma^{d0}_1(P, Q)$ —двойное фундаментальное решение первого рода для уравнения (1.2).

Рассмотрим теперь оператор N , определенный следующим образом:

$$N \vec{u} = \frac{m+n}{n} \frac{d\vec{u}}{dn} + \frac{m}{n} \frac{(m+n)}{(n-m)} \vec{n} \cdot \operatorname{div} \vec{u} + \frac{m}{n} [\vec{n} \cdot \operatorname{rot} \vec{u}]. \quad (1.10)$$

Если операцию N произведем над матрицей $\Gamma_1^s(P, Q)$ (по точке P), получим матрицу $N\Gamma_1^s(P, Q)$, союзная матрица которой является решением уравнения (1.1). Обозначим эту матрицу через $\Gamma_{II}^d(P, Q)$,

$$\Gamma_{II}^d(P, Q) = \left\{ \alpha_1 R(P, Q) + \beta_1 I \right\} \frac{d}{dn_Q} \ln \frac{1}{r} + H(P, Q; \omega) \quad (1.11)$$

и будем называть её двойным фундаментальным решением колебаний второго рода; при этом:

$$\alpha_1 = \frac{2(\lambda + \mu)}{\mu(\lambda + 3\mu)}, \quad \beta_1 = \frac{2}{\lambda + 3\mu},$$

а $H(P, Q; \omega)$ — определенная матрица, элементы которой при $r=0$ остаются ограниченными. При $\omega=0$, $H(P, Q; \omega)=0$ и $\Gamma_{II}^d(P, Q)$ обращается в $\Gamma_{II}^{d0}(P, Q)$ — двойное фундаментальное решение второго рода для уравнения (1.2).

Аналогично строятся простые фундаментальные решения второго рода для уравнения (1.1) и (1.2)

$$\Gamma_{II}^s(P, Q) = \frac{1}{\lambda + \mu} \left\{ \frac{1}{2} \Phi(P, Q) - (\lambda + 2\mu) \Gamma_1^s(P, Q) \right\} \quad (1.12)$$

и

$$\Gamma_{II}^{s0}(P, Q) = \frac{1}{\lambda + \mu} \left\{ \frac{1}{2} \Phi^0(P, Q) - (\lambda + 2\mu) \Gamma_1^{s0}(P, Q) \right\}, \quad (1.13)$$

где $\Phi(P, Q)$ и $\Phi^0(P, Q)$ вполне определенные матрицы, которые суть решения, соответственно, уравнения (1.1) и (1.2).

Матрица $\Gamma_{II}^{s0}(P, Q)$ для задач равновесия в случае конвексной области введена Вейлем, матрица $\Gamma_{II}^s(P, Q)$ для задач колебаний в случае произвольной области построена В. Д. Купрадзе (см. [1], § 35).

§ 2. Упругие колебательные и статические потенциалы; их свойства

При помощи указанных в § 1 фундаментальных решений можно построить упругие колебательные и статические потенциалы.

Векторы, определенные интегралами:

$$\overline{V}_1(P) = \int_S \Gamma_1^s(P, Q) \overline{\varphi(Q)} dS_Q^*, \quad (2.1)$$

* Произведение $\Gamma_1^s(P, Q) \overline{\varphi(Q)}$ понимается как произведение матрицы на вектор.

$$\overline{V^0_I(P)} = \int_S \Gamma^{s0}_I(P, Q) \overline{\varphi(Q)} dS_Q,$$

где $\overline{\varphi(Q)}$ — вектор, удовлетворяющий на S условию Гельдера, будем называть, соответственно, упругим колебательным и статическим потенциалами простого слоя первого рода.

Векторы, определенные интегралами:

$$\overline{W_I(P)} = \int_S \Gamma^d_I(P, Q) \overline{\psi(Q)} dS_Q, \quad (2.2)$$

$$\overline{W^0_I(P)} = \int_S \Gamma^{d0}_I(P, Q) \overline{\psi(Q)} dS_Q,$$

где $\overline{\psi(Q)}$ — вектор, удовлетворяющий на S условию Гельдера, будем называть, соответственно, упругим колебательным и статическим потенциалами двойного слоя первого рода.

Векторы, определенные интегралами:

$$\overline{W_{II}(P)} = \int_S \Gamma^d_{II}(P, Q) \overline{\mu(Q)} dS_Q, \quad (2.3)$$

$$\overline{W^0_{II}(P)} = \int_S \Gamma^{d0}_{II}(P, Q) \overline{\mu(Q)} dS_Q,$$

где $\overline{\mu(Q)}$ — непрерывный на S вектор, будем называть, соответственно, упругим колебательным и статическим потенциалами двойного слоя второго рода.

Наконец, векторы, определенные интегралами:

$$\overline{V_{II}(P)} = \int_S \Gamma^d_{II}(P, Q) \overline{\nu(Q)} dS_Q, \quad (2.4)$$

$$\overline{V^0_{II}(P)} = \int_S \Gamma^{s0}_{II}(P, Q) \overline{\nu(Q)} dS_Q,$$

где $\overline{\nu(Q)}$ — непрерывный на S вектор, будем называть, соответственно, упругим колебательным и статическим потенциалами простого слоя второго рода.

Построенные таким образом потенциалы удовлетворяют, соответственно, уравнениям (1.1) и (1.2) во всех точках плоскости, не принадлежащих S .

Аналогично тому, как это доказывается в случае пространства (см. [1], §§ 32—37), можно доказать следующие теоремы:

Теорема I. Если $\overline{\varphi(Q)}$ непрерывный на S вектор, то $\overline{V_I(P)}$ изменяется непрерывно при переходе точки P через границу S .

Теорема II. Если $\overline{\varphi(Q)}$ вектор, удовлетворяющий на S условию Гельдера, то потенциал двойного слоя первого рода стремится к пределам, когда $P \rightarrow P_0 \in S$ по нормали:

$$\overline{W_{I, \text{вн}}(P_0)} = \mp \pi I \overline{\varphi(P_0)} + \int_S \Gamma_{I, \text{вн}}^d(P_0, Q) \overline{\varphi(Q)} dS_Q^*, \quad (2.5)$$

верхний знак соответствует стремлению к пределу изнутри, нижний—стремлению извне.

Теорема III. Если $\overline{\mu(Q)}$ непрерывный на S вектор, то потенциал двойного слоя второго рода стремится к пределам, когда $P \rightarrow P_0 \in S$ по нормали:

$$\overline{W_{II, \text{вн}}(P_0)} = \mp \frac{\pi}{\mu} I \overline{\mu(P_0)} + \int_S \Gamma_{II, \text{вн}}^d(P_0, Q) \overline{\mu(Q)} dS_Q. \quad (2.6)$$

Теорема IV. Если $\overline{\varphi(Q)}$ вектор, удовлетворяющий на S условию Гельдера, то $T \overline{V_I(P)}$ стремится к пределам, когда $P \rightarrow P_0 \in S$ по нормали:

$$T_{\text{вн}} \overline{V_I(P_0)} = \pm \pi I \overline{\varphi(P_0)} + \int_S T_{P_0} \Gamma_{I, \text{вн}}^s(P_0, Q) \overline{\varphi(Q)} dS_Q, \quad (2.7)$$

Теорема V. Если $\overline{\nu(Q)}$ непрерывный на S вектор, то $\overline{TV_{II}(P)}$ стремится к пределам, когда $P \rightarrow P_0 \in S$ по нормали:

$$T_{\text{вн}} \overline{V_{II}(P_0)} = \pm \pi I \overline{\nu(P_0)} + \int_S T_{P_0} \Gamma_{II, \text{вн}}^s(P_0, Q) \overline{\nu(Q)} dS_Q, \quad (2.8)$$

Применением теории сингулярных интегральных уравнений доказывается следующая теорема, которую назовем обобщенной теоремой Ляпунова-Таубера (см. [4]), если $\overline{\psi(Q)}$ вектор, удовлетворяющий вместе с производной условию Гельдера на S , то:

* В дальнейшем через $\overline{F_i(P_0)}$, где $P_0 \in S$, будем обозначать предельное значение вектора $\overline{F(P)}$ изнутри, а через $\overline{F_a(P_0)}$ —предельное значение вектора $\overline{F(P)}$ извне.

$$(\overline{TW}_1(P_0))_i = (\overline{TW}_1(P_0))_a.$$

Аналогичные теоремы имеют место и для статических потенциалов.

§ 3. Основные граничные задачи и теоремы единственности

Мы будем рассматривать следующие основные граничные задачи.

Первая граничная задача. Найти непрерывный в области $(B+S)$ вектор $\overline{u} = (u_1, u_2)$, имеющий в B непрерывные производные первых двух порядков, удовлетворяющий уравнению (1.1) (или соответственно уравнению (1.2)) и граничному условию:

$$\overline{u}(P_0) = \overline{f}(P_0), \quad (3.1)$$

где $\overline{f}(P_0)$ заданный на S вектор, удовлетворяющий условию Гельдера.

Если область B простирается в бесконечность, то вектор $\overline{u}(P)$ должен на бесконечности удовлетворять условию излучения.

В случае статических задач это требование заменяется ограниченностью на бесконечности.

Будем называть первую граничную задачу задачей D (или соответственно — задачей D°).

Вторая граничная задача. Найти непрерывный в области $(B+S)$ вектор $\overline{u} = (u_1, u_2)$, имеющий в B непрерывные производные первых двух порядков, удовлетворяющий уравнению (1.1) (или соответственно уравнению (1.2)) и граничному условию:

$$\overline{Tu}(P_0) = \overline{f}(P_0), \quad (3.2)$$

где $\overline{f}(P_0)$ заданный на S вектор, удовлетворяющий условию Гельдера. Будем называть эту задачу задачей T (или соответственно — задачей T°).

Доказывается следующая основная теорема единственности. Регулярное* в области B_a решение уравнения (1.1) (или соответственно уравнения (1.2)), удовлетворяющее на границе одному из условий

$$\overline{u}(P_0) = 0$$

или

$$\overline{Tu}(P_0) = 0,$$

есть тождественный нуль (см. [2] и [3], § 40).

* Под регулярным решением подразумевается непрерывный и дважды дифференцируемый в области B_a вектор, удовлетворяющий на бесконечности условию излучения (в случае статических задач — на бесконечности ограниченный вектор).

Решения внутренней второй однородной задачи отличаются друг от друга только жестким смещением тела как целого. Это естественно, ибо такое смещение никакого влияния на напряжения не оказывает.

§ 4. Решение основных граничных задач в статическом случае применением сингулярных интегральных уравнений

Рассмотрим задачу D^0 . Решение этой задачи будем искать в виде статического потенциала двойного слоя первого рода:

$$\overline{u}(P) = \int_S \Gamma^{a_0}_1(P, Q) \overline{\psi}(Q) dS_Q,$$

где $\overline{\psi}(Q)$ — искомый вектор, удовлетворяющий на S условию Гельдера. Для определения вектор-плотности $\overline{\psi}(Q)$ получим систему интегральных уравнений:

$$\begin{aligned} \mp \pi I \overline{\psi}(P_0) + \int_S \Gamma^{a_0}_1(P_0, Q) \overline{\psi}(Q) dS_Q = \\ = \overline{f}(P_0). \end{aligned} \quad (4.1)$$

Из двух знаков перед $\pi I \overline{\psi}(P_0)$ верхний соответствует внутренней, а нижний — внешней задаче.

$\overline{f}(P_0)$ заданный вектор, удовлетворяющий на S условию Гельдера.

Систему (4.1) можно переписать в следующем виде:

$$\begin{aligned} \mp \pi I \overline{\psi}(P_0) + \int_S \left\{ \alpha R(P_0, Q) + \beta I \right\} \frac{d}{dn_Q} \ln \frac{1}{r} \overline{\psi}(Q) dS_Q + \\ + \beta \int_S S(P_0, Q) \overline{\psi}(Q) dS_Q = \overline{f}(P_0), \end{aligned} \quad (4.2)$$

где $R(P, Q)$ и $S(P, Q)$ определенные, по формулам (1.8) и (1.9), матрицы. Рассмотрим интеграл

$$\overline{J}_1(P_0) = \beta \int_S S(P_0, Q) \overline{\psi}(Q) dS_Q. \quad (4.3)$$

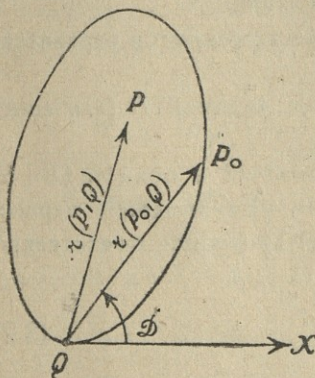


Рис. 2.

Пусть t —дуговая абсцисса точки Q на кривой S (см. [5]), t_0 —дуговая абсцисса точки $P_0 \in S$;

$$t_0 - t = r e^{i\vartheta}, \quad (4.4)$$

где

$$r = |t_0 - t| \text{ и } \vartheta = \arg(t_0 - t).$$

Логарифмируя равенство (4.4) и дифференцируя (при переменном t и постоянном t_0), получим:

$$\frac{dt}{t-t_0} = \frac{dr}{r} + i d\vartheta,$$

откуда

$$\frac{dr}{r} = \frac{dt}{t-t_0} - i \frac{d\vartheta}{dS_Q} dS_Q. \quad (4.5)$$

В силу (4.5), интегралу (4.3) можно придать следующий вид:

$$\overline{J_1(t_0)} = B \int_S \frac{\overline{\psi(t)} dt}{t-t_0} - Bi \int_S \overline{\psi(t)} \frac{d\vartheta}{dS_Q} dS_Q, \quad (4.6)$$

где

$$B = \begin{vmatrix} 0, & -\beta \\ \beta, & 0 \end{vmatrix}.$$

В силу равенства (4.6), система (4.2) переписется в следующем виде:

$$\mp \pi I \overline{\psi(t_0)} + B \int_S \frac{\overline{\psi(t)} dt}{t-t_0} + \int_S K(t_0, t) \overline{\psi(t)} dS_Q = \overline{f(t_0)}, \quad (4.7)$$

где

$$K(t_0, t) = \left\{ \alpha R(t_0, t) + \beta I \right\} \frac{d}{dn_t} \ln \frac{1}{r(t_0, t)} - Bi \frac{d\vartheta}{dS} \quad (4.8)$$

удовлетворяет на S условию Гельдера.

Система (4.7) представляет систему сингулярных интегральных уравнений с ядром типа Коши, индекс которой (см. [5])

$$\kappa = \frac{1}{2\pi i} \left[\ln \frac{\det(\pi I - B)}{\det(\pi I + B)} \right]_S = \frac{1}{2\pi} \left[\arg \frac{\det(\pi I - B)}{\det(\pi I + B)} \right]_S = 0. \quad (4.9)$$

Рассмотрим теперь задачу T^0 . Решение этой задачи будем искать в виде статического потенциала простого слоя первого рода:

$$\overline{u(P)} = \int_S \Gamma^{s_0_1}(P, Q) \overline{\varphi(Q)} dS_Q, \quad (4.10)$$

где $\overline{\varphi(Q)}$ искомый вектор, удовлетворяющий условию Гельдера на S .
 В случае бесконечной области матрица $\Gamma^{s_0}(P, Q)$ неограничена на бесконечности, так как при $r = \infty$ она имеет логарифмическую особенность.

Для того, чтобы (4.10) был ограничен на бесконечности, необходимо и достаточно

$$\int_S \overline{\varphi(Q)} dS_Q = 0. \quad (4.11)$$

Для определения вектор-плотности $\overline{\varphi(Q)}$ получим систему интегральных уравнений:

$$\begin{aligned} \pm \pi I \overline{\varphi(P_0)} + \int_S \left\{ \alpha R(P_0, Q) + \beta I \right\} \frac{d}{dn_{P_0}} \ln \frac{1}{r} \overline{\varphi(Q)} dS_Q + \\ + \beta \int_S S_1(P, Q) \overline{\varphi(Q)} dS_Q = \overline{f(P_0)}, \end{aligned} \quad (4.12)$$

где $\overline{f(P_0)}$ на S заданный вектор, удовлетворяющий условию Гельдера, а $S_1(P, Q)$ союзная матрица с матрицей $S(P, Q)$.

Систему (4.12) можно переписать в следующем виде:

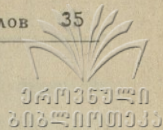
$$\begin{aligned} \pm \pi I \overline{\varphi(t_0)} + B \int_S \frac{\overline{\varphi(t)} dt}{t - t_0} + B \int_S \overline{\varphi(t)} \frac{e^{i[\theta(t_0) - \theta(t)]} - 1}{t - t_0} dt + \\ + \int_S K_1(t_0, t) \overline{\varphi(t)} dS_Q = \overline{f(t_0)}, \end{aligned} \quad (4.13)$$

где $K_1(t_0, t)$ матрица союзная с матрицей $K(t_0, t)$, а через $\theta(t_0)$ обозначен угол, составленный с осью Ox , касательной к S в точке t_0 .

Системы (4.2) и (4.12) можно переписать в следующем виде (см. [5]):

$$\begin{aligned} \mp \pi I \overline{\psi(t_0)} + B \int_S \frac{\overline{\psi(t)} \cos \alpha(t_0, t)}{r(t_0, t)} dS_Q + \int_S M(t_0, t) \overline{\psi(t)} dS_Q = \\ = \overline{f(t_0)}, \quad (D^{0s, ia})^* \\ \pm \pi I \overline{\varphi(t_0)} - B \int_S \frac{\overline{\varphi(t)} \cos \alpha(t, t_0)}{r(t_0, t)} dS_Q + \end{aligned}$$

* Через $(D^{0s, ia})$ и $(T^{0s, ia})$ мы обозначаем системы сингулярных интегральных уравнений, соответствующие первой и второй статическим задачам.



$$+\int_S M_1(t_0, t) \overrightarrow{\varphi}(t) dS_Q = \overrightarrow{f}(t_0), \quad (T^{0s}_{i, a}),$$

где через $\alpha(t_0, t)$ обозначен угол, составленный положительной касательной в t с направлением вектора $\overrightarrow{u_0}$;

$$M(t_0, t) = \left\{ \alpha R(t_0, t) + \beta I \right\} \frac{d}{dn} \ln \frac{1}{r(t_0, t)},$$

а $M_1(t_0, t)$ союзная с ней матрица.

Системы однородных интегральных уравнений, соответствующие системам уравнений $(D^{0s}_{i, a})$ и $(T^{0s}_{i, a})$, обозначим через $(D^{0s}_{i, a})_0$ и $(T^{0s}_{i, a})_0$.

Системы $(D^{0s}_{i, a})_0$ и $(T^{0s}_{i, a})_0$ представляют союзные системы однородных сингулярных интегральных уравнений, именно, союзной уравнению $(D_i^{0s})_0$ является уравнение $(T_a^{0s})_0$, а союзной уравнению $(D_a^{0s})_0$ — уравнение $(T_i^{0s})_0$.

Так как индекс системы уравнений $(D^{0s}_{i, a})_0$ равняется нулю, то уравнения $(D_i^{0s})_0$ и $(T_a^{0s})_0$ и, соответственно, уравнения $(D_a^{0s})_0$ и $(T_i^{0s})_0$ имеют одинаковое число линейно независимых решений. Это обстоятельство играет существенную роль в нашем исследовании.

Покажем, что уравнение $(D_i^{0s})_0$ имеет только тривиальное решение.

Допустим притивоположное; пусть нетривиальное решение уравнения $(D_i^{0s})_0$ есть $\overrightarrow{\psi^*}(Q)$. Докажем, что $\overrightarrow{\psi^*}(Q) = 0$.

Рассмотрим потенциал двойного слоя первого рода с плотностью $\overrightarrow{\psi^*}(Q)$:

$$\overrightarrow{W^{0*}_1}(P) = \int_S \Gamma^{d0}_1(P, Q) \overrightarrow{\psi^*}(Q) dS_Q. \quad (4.14)$$

Вектор (4.14) есть в B_i решение уравнения (1.2), вдоль S удовлетворяющий условию

$$\overrightarrow{W^{0*}_1}(P_0) = 0.$$

В силу теоремы единственности, $\overrightarrow{W^{0*}_1}(P) = 0$, когда $P \in B_i$; тогда

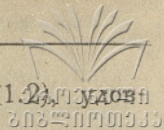
$$T_i \overrightarrow{W^{0*}_1}(P_0) = 0. \quad (4.15)$$

Согласно обобщенной теореме Ляпунова-Таубера

$$T_i \overrightarrow{W^{0*}_1}(P_0) = T_a \overrightarrow{W^{0*}_1}(P_0).$$

В силу равенства (4.15),

$$T_a \overrightarrow{W^{0*}_1}(P_0) = 0. \quad (4.16)$$



Вектор $\overrightarrow{W_1^{0*}}(P)$ — регулярное в B_a решение уравнения (1.2), удовлетворяющее на S граничному условию (4.16).

В силу теоремы единственности, $\overrightarrow{W_1^{0*}}(P) = 0$, когда $P \in B_a$.

Наконец, согласно свойству потенциала двойного слоя первого рода

$$0 = \overrightarrow{W_1^{0*}}(P) - \overrightarrow{W_1^{0*}}(P_0) = -2\pi I \overrightarrow{\psi^*}(P_0),$$

откуда $\overrightarrow{\psi^*}(Q) = 0$, что и требовалось доказать.

Таким образом, уравнение $(D_i^{0s})_0$ не имеет нетривиальных решений и, так как индекс $\kappa = 0$, не имеет нетривиальных решений и уравнение $(T_a^{0s})_0$.

Следовательно, системы неоднородных уравнений (D_i^{0s}) и (T_a^{0s}) разрешимы при произвольной правой части и, таким образом, задачи D_i^0 и T_a^0 разрешимы при любом векторе $\overrightarrow{f}(P_0)$.

Как мы уже заметили, потенциал простого слоя первого рода неограничен на бесконечности. Для регулярности искомого решения необходимо и достаточно выполнение условия:

$$\int_S \overrightarrow{\varphi}(Q) dS_Q = 0.$$

Это условие действительно соблюдается: в самом деле, из уравнения (T_a^{0s}) интегрированием по dS_{P_0} получим:

$$-\pi I \int_S \overrightarrow{\varphi}(P_0) dS_{P_0} + \int_S dS_{P_0} \int_S T_{P_0} \Gamma_1^{s0}(P_0, Q) \overrightarrow{\varphi}(Q) dS_Q = \int_S \overrightarrow{f}(P_0) dS_{P_0}. \quad (4.17)$$

Но, так как

$$\int_S T_{P_0} \Gamma_1^{s0}(P_0, Q) dS_{P_0} = -\pi I, \text{ когда } P_0, Q \in S,$$

то условие

$$\int_S \overrightarrow{f}(Q) dS_Q = 0 \quad (4.18)$$

является необходимым и достаточным для того, чтобы построенный потенциал простого слоя первого рода был ограниченным на бесконечности.

Условие (4.18) выражает равенство нулю главного вектора. Таким образом, если главный вектор равняется нулю, задача T_a^0 всегда имеет решение, ограниченное на бесконечности, выражаемое потенциалом простого слоя (4.10).

Рассмотрим систему уравнений $(D^{0s}_a)_0$. Непосредственной проверкой убеждаемся, что системе уравнений $(D^{0s}_a)_0$ удовлетворяют векторы:

$$\overrightarrow{\psi_1(Q)} = \overrightarrow{C} \text{ и } \overrightarrow{\psi_2(Q)} = \overrightarrow{\chi(Q)},$$

где $\overrightarrow{C} = (C_1, C_2)$ произвольный постоянный вектор, а $\overrightarrow{\chi(Q)}$ вектор с компонентами:

$$\chi_1(Q) = -\varepsilon\eta,$$

$$\chi_2(Q) = \varepsilon\xi,$$

(ξ и η — координаты точки Q , ε — произвольное постоянное).

Покажем, что система уравнений $(D^{0s}_a)_0$ не имеет других решений. Допустим противоположное, пусть решение рассматриваемого уравнения, отличное от $\overrightarrow{\psi_1(Q)}$ и $\overrightarrow{\psi_2(Q)}$, есть $\overrightarrow{\psi^*(Q)}$.

Составим потенциал двойного слоя первого рода:

$$\overrightarrow{W_1^{0*}(P)} = \int_S \Gamma^{a0}_1(P, Q) \overrightarrow{\psi^*(Q)} dS_Q. \quad (4.19)$$

Вектор (4.19) представляет в B_a решение уравнения (1.2), на бесконечности обращается в нуль и на S удовлетворяет условию:

$$\overrightarrow{W_1^{0*}{}_a(P_0)} = 0.$$

В силу теоремы единственности, $\overrightarrow{W_1^{0*}(P)} = 0$, когда $P \in B_a$.

Тогда

$$T_a \overrightarrow{W_1^{0*}(P_0)} = 0. \quad (4.20)$$

По обобщенной теореме Ляпунова-Гаубера

$$T_i \overrightarrow{W_1^{0*}(P_0)} = T_a \overrightarrow{W_1^{0*}(P_0)}$$

и, в силу равенства (4.20),

$$T_i \overrightarrow{W_1^{0*}(P_0)} = 0. \quad (4.21)$$

Вектор $\overrightarrow{W_1^{0*}(P)}$ представляет в B_i решение уравнения (1.2), вдоль S удовлетворяющий (4.21). В силу теоремы единственности, $\overrightarrow{W_1^{0*}(P)} = \overrightarrow{X(P)}$, когда $P \in B_i$, где $\overrightarrow{X(P)}$ выражает жесткое смещение ($\overrightarrow{X(P)} = \overrightarrow{C} + \overrightarrow{\chi(P)}$).

Согласно свойству потенциала двойного слоя первого рода

$$\overrightarrow{W_1^{i0*}(P_0)} - \overrightarrow{W_1^{a0*}(P_0)} = -2\pi \overrightarrow{\psi^*(P_0)} = \overrightarrow{X(P_0)},$$

откуда

$$\overrightarrow{\psi^*(Q)} = -\frac{1}{2\pi} \overrightarrow{X(Q)}.$$

Таким образом, система уравнений $(D_a^{0s})_0$ не имеет решений, отличных от $\overrightarrow{\psi_1(Q)} = C$ и $\overrightarrow{\psi_2(Q)} = \chi(Q)$; следовательно, и союзная система $(T_i^{0s})_0$ имеет два линейно независимых решения.

Для разрешимости задачи T^0 необходимо и достаточно, чтобы заданный вектор $\overrightarrow{f(Q)} = (f_1(Q), f_2(Q))$ удовлетворял условиям:

$$\int_S \overrightarrow{f(Q)} \overrightarrow{\psi_k(Q)} dS_Q = 0, \quad (k=1,2)$$

т. е.

$$\int_S \overrightarrow{f(Q)} dS_Q = 0 \quad (4.22)$$

и

$$\int_S [\eta f_1(Q) - \xi f_2(Q)] dS_Q = 0. \quad (4.23)$$

Равенство (4.22) выражает равенство нулю главного вектора, а равенство (4.23) — равенство нулю главного момента.

Таким образом, задача T^0 разрешима, если главный вектор и главный момент равняются нулю.

Для разрешимости задачи D^0_a необходимо и достаточно, чтобы заданный вектор $\overrightarrow{f(Q)}$ удовлетворял условиям:

$$\int_S \overrightarrow{f(Q)} \overrightarrow{\varphi_k(Q)} dS_Q = 0; \quad (4.24)$$

$$(k=1,2)$$

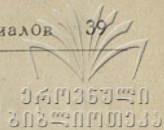
где $\overrightarrow{\varphi_1(Q)}$ и $\overrightarrow{\varphi_2(Q)}$ линейно независимые решения уравнения $(T_i^{0s})_0$.

Если условия (4.24) не выполнены, решение задачи D^0_a будем искать в следующем виде:

$$\overrightarrow{u(P)} = \int_S \Gamma^{d^0_1}(P, Q) \overrightarrow{\psi(Q)} dS_Q + [\Gamma^{s^0_1}(P, Q_1) - \Gamma^{s^0_1}(P, Q_2)] \overrightarrow{A}, \quad (4.25)$$

где $\overrightarrow{\psi(Q)}$ — искомый вектор, удовлетворяющий условию Гельдера на S , Q_1 и Q_2 фиксированные точки в B_i , а $\overrightarrow{A} = (A_1, A_2)$ — некоторый постоянный вектор, который должен быть определен.

Для вектора $\overrightarrow{\psi(Q)}$ имеем систему сингулярных интегральных уравнений:



$$\begin{aligned} \pi I \overrightarrow{\psi(t_0)} + B \int_S \frac{\overrightarrow{\psi(t)} dt}{t-t_0} + \int_S K(t_0, t) \overrightarrow{\psi(t)} dS_Q = \\ = \overrightarrow{f(t_0)} - [\Gamma^{s_0}_1(t_0, t_1) - \Gamma^{s_0}_1(t_0, t_2)] \overrightarrow{A}, \end{aligned} \quad (4.26)$$

где t_1 и t_2 — дуговые абсциссы точек Q_1 и Q_2 .

Для разрешимости уравнения (4.26) необходимо и достаточно, чтобы правая часть (4.26) удовлетворяла условиям:

$$\int_S \left\{ \overrightarrow{f(Q)} - [\Gamma^{s_0}_1(Q, Q_1) - \Gamma^{s_0}_1(Q, Q_2)] \overrightarrow{A} \varphi_k(Q) \right\} dS_Q = 0, \quad (k=1,2) \quad (4.27)$$

где $\overrightarrow{\varphi_1(Q)}$ и $\overrightarrow{\varphi_2(Q)}$ линейно независимые решения уравнения $(T_i^{0s})_0$.

Покажем, что вектор $\overrightarrow{A} = (A_1, A_2)$ можно выбрать так, чтобы выполнялось равенство (4.27).

Введем обозначения:

$$\begin{aligned} f_k = \int_S \overrightarrow{f(Q)} \overrightarrow{\varphi_k(Q)} dS_Q, \\ \overrightarrow{\gamma_k(Q_j)} = \int_S \Gamma^{s_0}_1(Q, Q_j) \overrightarrow{\varphi_k(Q)} dS_Q, \quad (k=1,2) \end{aligned} \quad (4.28)$$

$$\overrightarrow{\gamma_k^*(Q_1, Q_2)} = \overrightarrow{\gamma_k(Q_1)} - \overrightarrow{\gamma_k(Q_2)}.$$

В этих обозначениях равенства (4.27) запишутся в следующем виде:

$$\overrightarrow{\gamma_k^*(Q_1, Q_2)} \overrightarrow{A} = f_k \quad (k=1,2). \quad (4.29)$$

Детерминант системы (4.29) обозначим через Δ :

$$\Delta = \begin{vmatrix} \overrightarrow{\gamma_{11}^*}(Q_1, Q_2), \overrightarrow{\gamma_{12}^*}(Q_1, Q_2) \\ \overrightarrow{\gamma_{21}^*}(Q_1, Q_2), \overrightarrow{\gamma_{22}^*}(Q_1, Q_2) \end{vmatrix}$$

Докажем, что в B_i найдутся такие точки Q_1 и Q_2 , что $\Delta \neq 0$. Для этого достаточно показать, что векторы $\overrightarrow{\gamma_{11}^*}(Q_1, Q_2)$ и $\overrightarrow{\gamma_{21}^*}(Q_1, Q_2)$ линейно независимы. Допустим противоположное; пусть $c_1 \overrightarrow{\gamma_{11}^*}(Q_1, Q_2) +$

* Так как, $\Gamma^{s_0}_1(Q, Q_j)$ симметричная матрица, то

$$\begin{aligned} \{\Gamma^{s_0}_1(Q, Q_j) \overrightarrow{A}\} \overrightarrow{\varphi_k(Q)} = \{\Gamma^{s_0}_1(Q, Q_j) \overrightarrow{\varphi_k(Q)}\} \overrightarrow{A}. \\ (k=1,2) \end{aligned}$$

+ $c_2 \overline{\gamma^*_{2}(Q_1, Q_2)} = 0$, для всех $(Q_1, Q_2 \in B_i)$, где из коэффициентов c_k и c_2 один, по крайней мере, отличен от нуля, или

$$\int_S \left\{ \Gamma^{s_0}_1(Q, Q_1) - \Gamma^{s_0}_1(Q, Q_2) \right\} \sum_{k=1}^2 c_k \overline{\varphi_k(Q)} dS_Q = 0$$

(для всех $Q_1, Q_2 \in B_i$). (4.30)

Рассмотрим потенциал простого слоя первого рода:

$$\overline{V_1^{0*}}(\chi_1, \chi_2) = \int_S \left\{ \Gamma^{s_0}_1(\chi_1, Q) - \Gamma^{s_0}_1(\chi_2, Q) \right\} \sum_{k=1}^2 c_k \overline{\varphi_k(Q)} dS_Q, \quad \chi_1, \chi_2 \in B_i.$$

В силу равенства (4.30),

$$\overline{V_1^{0*}}(\chi_1, \chi_2) = 0, \quad \chi_1, \chi_2 \in B_i.$$

Согласно свойству потенциала простого слоя,

$$\overline{V_1^{0*}}(Q^0_1, Q^0_2) = \overline{V_1^{0*}}(Q^0_1, Q^0_2) = 0, \quad Q^0_1, Q^0_2 \in S.$$

Вектор $\overline{V_1^{0*}}(\chi_1, \chi_2)$ на бесконечности ограничен; по теореме единственности $\overline{V_1^{0*}}(\chi_1, \chi_2) = 0$ в области B_a .

Очевидно,

$$T_i \overline{V_1^{0*}}(Q^0_1, Q^0_2) = T_a \overline{V_1^{0*}}(Q^0_1, Q^0_2) = 0.$$

С другой стороны,

$$T_i \overline{V_1^{0*}}(Q^0_1, Q^0_2) - T_a \overline{V_1^{0*}}(Q^0_1, Q^0_2) = 2\pi \sum_{k=1}^2 c_k \overline{\varphi_k(Q_0)}.$$

Таким образом,

$$\sum_{k=1}^2 c_k \overline{\varphi_k(Q)} = 0;$$

а это противоречит тому, что векторы $\overline{\varphi_k(Q)}$ ($k=1, 2$) линейно независимы.

Следовательно, $\Delta \neq 0$ и из системы (4.29) можно определить постоянный вектор $\overline{A} = (A_1, A_2)$. При таком выборе вектора \overline{A} система интегральных уравнений (4.26) разрешима. Подставляя в (4.25) значение вектора $\overline{\psi(Q)}$, найденное из уравнения (4.26), получим решение задачи D^0_a .

Таким образом, задача D^0_a разрешима при любом заданном векторе $\overline{f(P_0)}$.

Если решения первой и второй граничных задач будем соответственно в виде потенциалов двойного и простого слоя второго рода, то для определения плотностей получим системы интегральных уравнений типа Фредгольма:

$$\mp \frac{\pi I}{\mu} \overline{\mu(P_0)} + \int_S \Gamma^{d_0}{}_{II}(P_0, Q) \overline{\mu(Q)} dS_Q = \overline{f(P_0)} \quad (D^{0r}{}_{i,a})$$

$$\mp \pi I \overline{\nu(P_0)} + \int_S T_{P_0} \Gamma^{s_0}{}_{II}(P_0, Q) \overline{\nu(Q)} dS_Q = \overline{f(P_0)}, \quad (T^{0r}{}_{i,a})$$

где верхний знак соответствует внутренней, а нижний — внешней задаче.

Системы регулярных интегральных уравнений $(D^{0r}{}_{i,a})$ и $(T^{0r}{}_{i,a})$ проще, чем системы сингулярных интегральных уравнений $(D^{0s}{}_{i,a})$ и $(T^{0s}{}_{i,a})$, но они не являются союзными системами. Поэтому эти уравнения не дают возможности сохранить аналогию с теорией граничных задач гармонических функций, в то время как применяя сингулярные интегральные уравнения, как мы видели, имеем полную аналогию с теорией решения основных граничных задач гармонических функций (задачи Дирихле и Неймана).

§ 5. Решение основных плоских граничных задач теории колебаний применением сингулярных интегральных уравнений

При помощи построенных в предыдущих параграфах упругих потенциалов первого рода, можно решить основные граничные задачи стационарных колебаний.

Рассмотрим первую задачу D . Решение ищем в виде упругого потенциала двойного слоя первого рода:

$$\overline{u(P)} = \int_S \Gamma^d_1(P, Q) \overline{\psi(Q)} dS_Q, \quad (5.1)$$

где $\overline{\psi(Q)}$ — искомый вектор, удовлетворяющий на S условию Гельдера. Для выполнения краевого условия, необходимо и достаточно, чтобы вектор $\overline{\psi(Q)}$ удовлетворял системе интегральных уравнений:

$$\mp \pi I \overline{\psi(P_0)} + \int_S \Gamma^d_1(P_0, Q) \overline{\psi(Q)} dS_Q = \overline{f(P_0)}, \quad (5.2)$$

где $\overrightarrow{f(P_0)}$ заданный на S вектор, удовлетворяющий условию Гельдера. Из двух знаков перед $\pi I \overrightarrow{\psi(P_0)}$ верхний соответствует внутренней, а нижний — внешней задаче.

Систему (5.2) можно переписать в следующем виде:

$$\mp \pi I \overrightarrow{\psi(P_0)} + \int_S \left\{ \alpha R(P_0, Q) + \beta I \right\} \frac{d}{dn_Q} \ln \frac{1}{r} \overrightarrow{\psi(Q)} dS_Q + \\ + \beta \int_S S(P_0, Q) \overrightarrow{\psi(Q)} dS_Q + \int_S L(P_0, Q; \omega) \overrightarrow{\psi(Q)} dS_Q = \overrightarrow{f(P_0)}, \quad (D^s_{i,a})$$

где $R(P, Q)$ и $S(P, Q)$ определенные, по формулам (1.8) и (1.9), матрицы;

$$\alpha = \frac{2(\lambda + \mu)}{\lambda + 2\mu}, \quad \beta = \frac{\mu}{\lambda + 2\mu},$$

а $L(P_0, Q; \omega)$ вполне определенная матрица, элементы которой на S удовлетворяют условию Гельдера.

Аналогично тому, как это было показано в случае статических задач (см. § 4), и в этом случае система уравнений $(D^s_{i,a})$ приводится к виду:

$$\mp \pi I \overrightarrow{\psi(t_0)} + B \int_S \frac{\overrightarrow{\psi(t)} dt}{t - t_0} + \int_S K(t_0, t) \overrightarrow{\psi(t)} dS_Q + \\ + \int_S L(t_0, t; \omega) \overrightarrow{\psi(t)} dS_Q = \overrightarrow{f(t_0)}, \quad (D^s_{i,a})$$

где t — дуговая абсцисса точки Q на S , а t_0 — дуговая абсцисса точки $P_0 \in S$,

$$B = \begin{vmatrix} 0, & -\beta \\ \beta, & 0 \end{vmatrix},$$

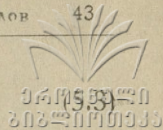
$K(t_0, t)$ — вполне определенная матрица, удовлетворяющая условию Гельдера.

Система $(D^s_{i,a})$ представляет систему сингулярных интегральных уравнений с ядром типа Коши, индекс которой

$$\kappa = \frac{1}{2\pi} \left[\arg \frac{\det(\pi I - B)}{\det(\pi I + B)} \right]_S = 0.$$

Рассмотрим теперь вторую задачу T .

Решение будем искать в виде упругого потенциала простого слоя первого рода:



$$\vec{u}(\vec{P}) = \int_S \Gamma^s_1(P, Q) \vec{\varphi}(\vec{Q}) dS_Q,$$

где $\vec{\varphi}(\vec{Q})$ искомый вектор, удовлетворяющий на S условию Гельдера.

Для определения вектора $\vec{\varphi}(\vec{Q})$ получим систему интегральных уравнений:

$$\begin{aligned} \pm \pi I \vec{\varphi}(\vec{P}_0) + \int_S \left\{ \alpha R(P_0, Q) + \beta I \right\} \frac{d}{dn_{P_0}} \ln \frac{1}{r} \vec{\varphi}(\vec{Q}) dS_Q + \\ + \beta \int_S S_1(P_0, Q) \vec{\varphi}(\vec{Q}) dS_Q + \int_S L_1(P_0, Q; \omega) \vec{\varphi}(\vec{Q}) dS_Q = \vec{f}(\vec{P}_0), \end{aligned} \quad (T^s_{i,a})$$

где $S_1(P_0, Q)$ и $L_1(P_0, Q; \omega)$ союзные матрицы соответственно, с матрицами $S(P_0, Q)$ и $L(P_0, Q; \omega)$. $\vec{f}(\vec{P}_0)$ заданный на S вектор, удовлетворяющий условию Гельдера.

Систему $(T^s_{i,a})$ можно переписать в следующем виде:

$$\begin{aligned} \pm \pi I \vec{\varphi}(t_0) + B \int_S \frac{\vec{\varphi}(t) dt}{t - t_0} + B \int_S \vec{\varphi}(t) \frac{e^{i[\theta(t_0) - \theta(t)]} - 1}{t - t_0} dt + \\ + \int_S K_1(t_0, t) \vec{\varphi}(t) dS_Q + \int_S L_1(t_0, t; \omega) \vec{\varphi}(t) dS_Q = \vec{f}(t_0), \end{aligned} \quad (T^s_{i,a})$$

где $K_1(t_0, t)$ матрица союзная с матрицей $K(t_0, t)$, а через $\theta(t_0)$ обозначен угол, составленный с осью Ox касательной к S в точке t_0 .

Рассмотрим системы однородных интегральных уравнений, соответствующие системам уравнений $(D^s_{i,a})$ и $(T^s_{i,a})$:

$$\begin{aligned} \mp \pi I \vec{\psi}(t_0) + B \int_S \vec{\psi}(t) \frac{\cos \alpha(t_0, t)}{r(t_0, t)} dS_Q + \\ + \int_S M(t_0, t) \vec{\psi}(t) dS_Q + \int_S L(t_0, t; \omega) \vec{\psi}(t) dS_Q = 0, \quad (D^s_{i,a}) \\ \pm \pi I \vec{\varphi}(t_0) - B \int_S \vec{\varphi}(t) \frac{\cos \alpha(t, t_0)}{r(t, t_0)} dS_Q + \end{aligned}$$

$$+ \int_S M_1(t_0, t) \overrightarrow{\varphi}(t) dS_Q + \int_S L_1(t_0, t; \omega) \overrightarrow{\varphi}(t) dS_Q = 0 \quad (T^s_{i,a})_0$$

(см. § 4, уравнения $(D^{0s}_{i,a})$ и $(T^{0s}_{i,a})$).

Системы $(D^s_{i,a})_0$ и $(T^s_{i,a})_0$ представляют союзные системы сингулярных интегральных уравнений, в частности союзной системой для уравнения $(D^s_{i_0})$ служит система уравнений $(T^s_{a_0})$ и союзной системой для уравнения $(D^s_{a_0})$ — система $(T^s_{i_0})$.

Так как индекс системы $(D^s_{i,a})_0$ равняется нулю, системы уравнений $(D^s_{i_0})$ и $(T^s_{a_0})$ и, соответственно, системы $(D^s_{a_0})$ и $(T^s_{i_0})$ имеют одинаковое число линейно независимых решений. Это обстоятельство позволяет провести полное исследование плоских задач установившихся колебаний теории упругости, аналогично граничным задачам уравнения мембраны.

Если система однородных уравнений $(D^s_{a_0})$ не имеет нетривиальных решений, то система $(D^s_{a_0})$ разрешима при произвольной правой части и, следовательно, задача D_a разрешима при любом векторе $f(P_0)$.

Допустим теперь, что система $(D^s_{a_0})$ имеет n линейно независимых решений; так как $\kappa=0$, система $(T^s_{i_0})$ имеет также n линейно независимых решений. Обозначим эти решения, соответственно, через:

$$\overrightarrow{\psi}_1(t), \overrightarrow{\psi}_2(t), \dots, \overrightarrow{\psi}_n(t)$$

$$\overrightarrow{\varphi}_1(t), \overrightarrow{\varphi}_2(t), \dots, \overrightarrow{\varphi}_n(t).$$

Для разрешимости системы $(D^s_{a_0})$ должны быть соблюдены условия:

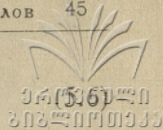
$$\int_S \overrightarrow{f}(t) \overrightarrow{\varphi}_j(t) dt = 0, \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (5.4)$$

а для разрешимости системы $(T^s_{i_0})$ — условия:

$$\int_S \overrightarrow{f}(t) \overrightarrow{\psi}_j(t) dt = 0, \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (5.5)$$

Если условия (5.4) не соблюдены, то система уравнений $(D^s_{a_0})$ неразрешима. В этом случае решение задачи D_a будем искать в следующем виде:*

* См. П. К. Зерагия, Об основных граничных задачах для колебательного уравнения с переменным коэффициентом: Труды Груз. Ордена Трудового Красного Знамени Политех. института им. С. М. Кирова, № 20, стр. 193—210, 1949 г.



$$\overline{u}(P) = \int_S \Gamma^d_1(P, Q) \overline{\psi}(Q) dS_Q + \sum_{j=1}^n \Gamma^s_1(P, Q_j) \overline{A}_j,$$

где $\overline{\psi}(Q)$ искомый вектор, удовлетворяющий условию Гельдера, $Q_j (j = 1, 2, \dots, n)$ фиксированные точки в B_i , а $\overline{A}_j (j = 1, 2, \dots, n)$ искомые постоянные, аксиальные векторы — $\overline{A}_j(A_j, 0)$.

Для определения вектора $\overline{\psi}(Q)$ получим систему сингулярных интегральных уравнений:

$$\begin{aligned} \pi I \overline{\psi}(t_0) + B \int_S \frac{\overline{\psi}(t) dt}{t-t_0} + \int_S K(t_0, t) \overline{\psi}(t) dS_Q + \\ + \int_S L(t_0, t; \omega) \overline{\psi}(t) dS_Q = \\ = \overline{f}(t_0) - \sum_{j=1}^n \Gamma^s_1(t_0, t_j) \overline{A}_j, \end{aligned} \quad (5.7)$$

где t_j — дуговая абсцисса точки $Q_j (j = 1, 2, \dots, n)$.

Так как (по предположению) система $(D^s_a)_0$ имеет нетривиальные решения, для разрешимости системы (5.7) необходимо и достаточно, чтобы правая часть уравнения (5.7) удовлетворяла условиям:

$$\int_S \left[\overline{f}(Q) - \sum_{j=1}^n \Gamma^s_1(Q, Q_j) \overline{A}_j \right] \overline{\varphi}_k(Q) dS_Q = 0, \quad (5.8)$$

($k = 1, 2, \dots, n$)

где $\overline{\varphi}_1(Q), \overline{\varphi}_2(Q), \dots, \overline{\varphi}_n(Q)$ полная система линейно независимых решений уравнения $(T^s_s)_0$.

Подберем векторы $\overline{A}_j = (A_j, 0) (j = 1, 2, \dots, n)$ так, чтобы выполнялись равенства (5.8).

Введем обозначения:

$$f_k = \int_S \overline{f}(Q) \overline{\varphi}_k(Q) dS_Q, \quad (5.9)$$

$$\begin{aligned} \overline{\gamma}_k(Q_j) = \int_S \Gamma^s_1(Q, Q_j) \overline{\varphi}_k(Q) dS_Q, \\ (k = 1, 2, \dots, n). \end{aligned}$$

В этих обозначениях равенства (5.8) запишутся в следующем виде:

$$\sum_{j=1}^n \overrightarrow{A_j} \overline{\gamma_k(Q_j)} = f_k, \quad (k=1, 2, \dots, n). \quad (5.10)$$

Таким образом, для определения векторов $\overrightarrow{A_j}$ ($j=1, 2, \dots, n$) получаем алгебраическую систему неоднородных уравнений.

Детерминант системы (5.10) обозначим через Δ .

$$\Delta = \begin{vmatrix} \gamma_{11}(Q_1), \gamma_{11}(Q_2), \dots, \gamma_{11}(Q_n) \\ \gamma_{21}(Q_1), \gamma_{21}(Q_2), \dots, \gamma_{21}(Q_n) \\ \dots \\ \gamma_{n1}(Q_1), \gamma_{n1}(Q_2), \dots, \gamma_{n1}(Q_n) \end{vmatrix}.$$

Докажем, что в B_i найдутся такие точки Q_1, Q_2, \dots, Q_n , для которых $\Delta \neq 0$. Для этого достаточно показать, что векторы:

$$\overline{\gamma_1(\zeta)}, \overline{\gamma_2(\zeta)}, \dots, \overline{\gamma_n(\zeta)}$$

(ζ фиксированная точка в B_i) линейно независимы. Допустим противоположное, пусть векторы

$$\overline{\gamma_1(\zeta)}, \dots, \overline{\gamma_n(\zeta)}$$

линейно зависимы, т. е. имеем:

$$c_1 \overline{\gamma_1(\zeta)} + c_2 \overline{\gamma_2(\zeta)} + \dots + c_n \overline{\gamma_n(\zeta)} = 0, \quad (\text{для всех } \zeta \in B_i)$$

(где среди коэффициентов c_1, c_2, \dots, c_n один по крайней мере отличен от нуля), или

$$\int_S \Gamma_{s_1}(Q, \zeta) \sum_{k=1}^n c_k \overline{\varphi_k(Q)} dS_Q = 0, \quad (\text{для всех } \zeta \in B_i).$$

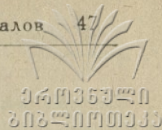
Обозначим через

$$\overline{\omega(Q)} = \sum_{k=1}^n c_k \overline{\varphi_k(Q)}.$$

Таким образом, имеем:

$$\int_S \Gamma_{s_1}(Q, \zeta) \overline{\omega(Q)} dS_Q = 0, \quad \text{для всех } \zeta \in B_i. \quad (5.11)$$

Рассмотрим упругий потенциал простого слоя первого рода:



$$\overline{V}_1(\vec{\chi}) = \int_S \Gamma^s_1(\vec{\chi}, Q) \overline{\omega}(Q) dS_Q,$$

который является решением уравнения (1.1).

В силу равенства (5.11), $V_1(\vec{\chi})=0$, когда $\vec{\chi} \in B_i$. Согласно свойству потенциала простого слоя,

$$\overline{V}_{1i}(Q_0) = \overline{V}_{1a}(Q_0) = 0, \quad Q_0 \in S.$$

Кроме этого, так как $V_1(\vec{\chi})$ на бесконечности удовлетворяет условию излучения, по теореме единственности, $\overline{V}_1(\vec{\chi})=0$ в области B_a . Очевидно, что

$$T_i \overline{V}_1(Q_0) = T_a \overline{V}_1(Q_0) = 0.$$

С другой стороны:

$$0 = T_i \overline{V}(Q_0) - T_a \overline{V}_1(Q_0) = 2\pi \overline{\omega}(Q_0),$$

т. е.

$$\overline{\omega}(Q) = 0.$$

Следовательно,

$$\sum_{k=1}^n c_k \overline{\varphi}_k(Q) = 0,$$

а это противоречит тому, что векторы $\overline{\varphi}_k(Q)$ ($k=1, 2, \dots, n$) линейно независимы.*

Таким образом, $\Delta \neq 0$ и, следовательно, из системы (5.10) можно определить постоянные векторы $\overline{A}_j = (A_j, 0)$. При таком выборе аксиальных векторов \overline{A}_j , система (5.7) разрешима. Подставляя в (5.6) значение вектора $\overline{\Psi}(Q)$, найденное из уравнения (5.7), получим решение задачи D_a .

Таким образом, если система уравнений $(D^s_a)_0$ не имеет нетривиальных решений, то задача D_a разрешима при любом векторе $\overline{f}(P_0)$ и решение дается в виде упругого потенциала двойного слоя первого рода; если система уравнений $(D^s_a)_0$ имеет нетривиальные решения, задача D_a разрешима, и в этом случае при любом векторе $\overline{f}(P_0)$, и решение дается в виде комбинации потенциала двойного слоя и некоторых дискретных потенциалов.

Рассмотрим теперь задачу T_a . Если система $(T^s_a)_0$ не имеет нетривиальных решений, то система (T^s_a) разрешима при произвольной правой части, следовательно, и задача T_a разрешима при любом векторе $\overline{f}(P_0)$. Если же система $(T^s_a)_0$ имеет линейно независимые решения:

$$\overline{\varphi}_1(t), \overline{\varphi}_2(t), \dots, \overline{\varphi}_n(t),$$

то для разрешимости системы (T^s_a) необходимо и достаточно, чтобы правая часть уравнения (T^s_a) удовлетворяла условиям:

$$\int_S \overline{f(t)} \overline{\psi_j(t)} dt = 0, \quad (5.12)$$

$$(j=1, 2, \dots, n)$$

где $\overline{\psi_j(t)}$ ($j=1, 2, \dots, n$) полная система линейно независимых решений уравнения $(D^s_i)_0$.

Если условия (5.12) не соблюдены, система (T^s_a) неразрешима. В этом случае решение задачи T_a будем искать в следующем виде:*

$$\overline{u(P)} = \int_S \Gamma^s_1(P, Q) \overline{\varphi(Q)} dS_Q + \sum_{j=1}^n \Gamma^s_1(P, Q_j) \overline{A_j}, \quad (5.13)$$

где $\overline{\varphi(Q)}$ искомый вектор, удовлетворяющий условию Гельдера, Q_j ($j=1, 2, \dots, n$) фиксированные точки в B_i , а $\overline{A_j}$ ($j=1, 2, \dots, n$) — искомые постоянные векторы $\overline{A_j} = (A_j, 0)$.

Для определения вектора $\overline{\varphi(Q)}$ получаем систему интегральных уравнений:

$$\begin{aligned} -\pi I \varphi(\overline{P_0}) + \int_S T_{P_0} \Gamma^s_1(P_0, Q) \overline{\varphi(Q)} dS_Q = \\ = \overline{f(P_0)} - \sum_{j=1}^n T_{P_0} \Gamma^s_1(P_0, Q_j) \overline{A_j}. \end{aligned} \quad (5.14)$$

Для разрешимости уравнения (5.14) необходимо и достаточно выполнение равенств:

$$\int_S \left\{ \overline{f(Q)} - \sum_{j=1}^n T_Q \Gamma^s_1(Q, Q_j) \overline{A_j} \right\} \overline{\psi_k(Q)} dS_Q = 0, \quad (5.15)$$

$$(k=1, 2, \dots, n)$$

Заметим, что

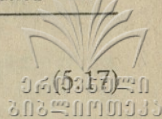
$$\left\{ T_Q \Gamma^s_1(Q, Q_j) \overline{A_j} \right\} \overline{\psi_k(Q)} = \overline{A_j} \left\{ \Gamma^s_1(Q_j, Q) \overline{\psi_k(Q)} \right\} \quad (5.16)$$

$$(k, j=1, 2, \dots, n).$$

Введем обозначения:

$$f_k = \int_S \overline{f(Q)} \overline{\psi_k(Q)} dS_Q,$$

* См. вноску на стр. 44.



$$\overline{\gamma_k(Q_j)} = \int_S \Gamma_{\alpha_1}^k(Q_j, Q) \overline{\psi_k(Q)} dS_Q, \\ (k=1, 2, \dots, n).$$

В этих обозначениях, в силу равенства (5.16), условия (5.15) запишутся в следующем виде:

$$\sum_{j=1}^n A_j \overline{\gamma_k(Q_j)} = f_k, \quad (5.18) \\ (k=1, 2, \dots, n).$$

Докажем, что найдутся в B_i такие точки Q_j ($j=1, 2, \dots, n$), для которых детерминант системы (5.18) отличен от нуля. Как в случае задачи D_a , и в этом случае допускаем, что векторы

$$\overline{\gamma_1(\zeta)}, \dots, \overline{\gamma_n(\zeta)} \quad (\zeta \in B_i)$$

линейно зависимы. Следовательно, потенциал двойного слоя первого рода

$$\overline{W_1(\zeta)} = \int_S \Gamma_{\alpha_1}^k(\zeta, Q) \sum_{k=1}^n c_k \overline{\psi_k(Q)} dS_Q = 0, \quad \text{когда } \zeta \in B_i.$$

Согласно обобщенной теореме Ляпунова-Таубера

$$T_i \overline{W_1(P_0)} = T_a \overline{W_1(P_0)} = 0, \quad (P_0 \in S).$$

В силу теоремы единственности, $\overline{W_1(\zeta)} = 0$, когда $\zeta \in B_a$, ($\overline{W_1(\zeta)}$ на бесконечности удовлетворяет условию излучения). Но, с другой стороны,

$$0 = \overline{W_1(P_0)} - \overline{W_1(P_0)} = 2\pi \sum_{k=1}^n c_k \overline{\psi_k(P_0)}.$$

Таким образом, векторы $\overline{\psi_k(Q)}$ ($k=1, 2, \dots, n$) линейно зависимы, что противоречит заданию. Следовательно, детерминант системы (5.18) отличен от нуля и из системы (5.18) определяются постоянные векторы $\overline{A_j} = (A_j, 0)$ ($j=1, 2, \dots, n$). При таком выборе векторов $\overline{A_j}$ система (5.18) разрешима и решение (5.14) дает нам значение вектора $\overline{\varphi(Q)}$.

Таким образом: если система уравнений $(T^s_a)_0$ или $(D^s_i)_0$ не имеет нетривиальных решений, то задача T_a разрешима при любом векторе $\overline{f(P_0)}$ и решение дается в ви-

де потенциала простого слоя первого рода; если система $(T^s_a)_0$ имеет нетривиальные решения, задача ТИЗ РАВНОВЕСИЯ шима и в этом случае при любом векторе $\vec{f}(P_0)$ и решение дается в виде комбинации потенциала простого слоя и дискретных потенциалов определенного вида.

§ 6. Решение основных граничных задач для полуплоскости и для круга

а) Полуплоскость. Предположим, что рассматриваемое упругое тело занимает нижнюю полуплоскость $y < 0$, которую мы обозначим через B_i , ось Ox будем обозначать через S , а верхнюю полуплоскость — через B_a .

Рассмотрим сперва первую граничную задачу: найти в B_i вектор $\vec{u}(P)$, удовлетворяющий уравнению

$$\Delta u + \frac{\lambda + \mu}{\mu} \operatorname{grad} \operatorname{div} u = 0, \quad (6.1)$$

если известно, что на границе S \vec{u} принимает значение $\vec{f}(P)$ и на бесконечности остается ограниченным.

Для вектора $\vec{f}(P)$ потребуем выполнения условия Гельдера и условий, достаточных для существования встречающихся ниже несобственных интегралов.

Расстояние между точками

$$Q(x, 0) \text{ и } P(\xi, \eta) \in B_i$$

обозначим через

$$r = \sqrt{(\xi - x)^2 + \eta^2}.$$

Будем искать решение поставленной задачи в виде статического потенциала двойного слоя первого рода

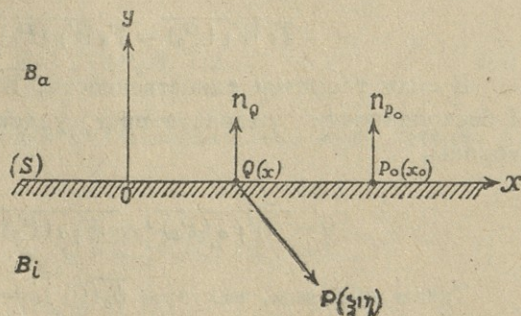


Рис. 3.

$$\vec{u}(P) = \int_S \Gamma^{a0}_1(P, Q) \vec{\psi}(Q) dS_Q, \quad (6.2)$$

где $\vec{\psi}(Q)$ — искомый вектор, удовлетворяющий на S условию Гельдера.

Для определения вектора $\vec{\psi}(Q)$ получим систему сингулярных интегральных уравнений:

$$\begin{aligned}
 & -\pi I \overline{\psi(P_0)} + \int_S \left\{ \alpha R(P_0, Q) + \beta I \right\} \frac{d}{dn_Q} \ln \frac{1}{r} \overline{\psi(Q)} dS_Q + \\
 & + \beta \int_S S(P_0, Q) \overline{\psi(Q)} dS_Q = \overline{f(P_0)}, \quad (6.3)
 \end{aligned}$$

где $R(P_0, Q)$ и $S(P_0, Q)$ вполне определенные матрицы, а α и β — постоянные (см. § 1).

Так как нормаль в точке Q — n_Q перпендикулярна к оси Ox , а $r(P_0, Q)$ имеет направление оси x -ов, то

$$\frac{d}{dn_Q} \ln \frac{1}{r(P_0, Q)} = 0. \quad (6.4)$$

В силу равенства (6.4), система уравнений (6.3) переписется в следующем виде:

$$-\pi I \overline{\psi(P_0)} + \beta \int_S S(P_0, Q) \overline{\psi(Q)} dS_Q = \overline{f(P_0)}, \quad (6.5)$$

или

$$I \overline{\psi(x_0)} + \frac{B}{\pi i} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\overline{\psi(x)} dx}{x - x_0} = -\frac{1}{\pi} \overline{f(x_0)}, \quad (6.6)$$

где x — абсцисса точки $Q \in S$, x_0 — абсцисса точки $P_0 \in S$, а

$$B = \begin{vmatrix} 0, & \beta i \\ -\beta i, & 0 \end{vmatrix}.$$

Решение системы (6.6) находится эффективно и дается формулой:

$$\overline{\psi(x)} = -\frac{1}{\pi(1-\beta^2)} \overline{f(x)} + \frac{\beta}{\pi^2(1-\beta^2)} E \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\overline{f(x_1) dx_1}{x_1 - x}, \quad (6.7)$$

где

$$E = \begin{vmatrix} 0, & 1 \\ -1, & 0 \end{vmatrix}.$$

Решение первой граничной задачи будет:

$$\overline{u(P)} = -\frac{1}{\pi(1-\beta^2)} \int_S \Gamma^{d_0}(P, Q) \overline{f(Q)} dS_Q -$$

$$-\frac{\beta}{\pi^2(1-\beta^2)} \int_S \Gamma^{d0}_1(P, Q) \left\{ \int_S S(Q_1, Q) \overline{f(Q_1)} dS_{Q_1} \right\} dS_Q \quad (6.8)$$

Рассмотрим теперь вторую граничную задачу: найти в B_i вектор $\overline{u(P)}$, удовлетворяющий уравнению (6.1), если известно, что на границе S вектор \overline{T} и принимает значение $\overline{f(P)}$ и на бесконечности ограничен.

Для вектора $\overline{f(P)}$ потребуем выполнения условий Гельдера и условий достаточных для существования встречающихся ниже несобственных интегралов.

Решение задачи ищем в виде статического потенциала простого слоя первого рода

$$\overline{u(P)} = \int_S \Gamma^{s0}_1(P, Q) \overline{\varphi(Q)} dS_Q,$$

где $\overline{\varphi(Q)}$ — искомый вектор, удовлетворяющий на S условию Гельдера.

Для определения вектора $\overline{\varphi(Q)}$ получим систему сингулярных интегральных уравнений:

$$I \overline{\varphi(x_0)} - \frac{B}{\pi i} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\overline{\varphi(x)} dx}{x-x_0} = \frac{1}{\pi} \overline{f(x_0)}. \quad (6.9)$$

Решение этой системы дается в следующем виде:

$$\overline{\varphi(x)} = \frac{1}{\pi(1-\beta^2)} \overline{f(x)} + \frac{\beta}{\pi^2(1-\beta^2)} E \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{f(x_1) dx_1}{x_1-x}. \quad (6.10)$$

Решение второй граничной задачи будет:

$$\begin{aligned} \overline{u(P)} = & \frac{1}{\pi(1-\beta^2)} \int_S \Gamma^{s0}_1(P, Q) \overline{f(Q)} dS_Q - \\ & - \frac{\beta}{\pi^2(1-\beta^2)} \int_S \Gamma^{s0}_1(P, Q) \left\{ \int_S S(Q_1, Q) \overline{f(Q_1)} dS_{Q_1} \right\} dS_Q. \end{aligned} \quad (6.11)$$

Для того, чтобы потенциал простого слоя первого рода был ограниченным на бесконечности, необходимо и достаточно

$$\int_S \overline{\varphi(Q)} dS_Q = 0. \quad (6.12)$$

С другой стороны, интегрированием равенства (6.9) по dx_0 получаем, что для выполнения равенства (6.12) необходимо и достаточно

$$\int_S \overline{f(Q)} dS_Q = 0.$$

Это равенство выражает условие равенства нулю главного вектора.

Если решения первой и второй граничных задач будем искать, соответственно, в виде потенциалов двойного и простого слоя второго рода,

$$\overline{u(P)} = \int_S \Gamma^{d0}_{||}(P, Q) \overline{\psi(Q)} dS_Q$$

и

$$\overline{u(P)} = \int_S \Gamma^{s0}_{||}(P, Q) \overline{\varphi(Q)} dS_Q,$$

то для определения векторов $\overline{\psi(Q)}$ и $\overline{\varphi(Q)}$ получим не интегральные уравнения (ядро обращается в нуль) а равенства:

$$\overline{\psi(Q)} = -\frac{\mu}{\pi} \overline{f(Q)}$$

и

$$\overline{\varphi(Q)} = -\frac{1}{\pi} \overline{f(Q)}.$$

Для того, чтобы вторая граничная задача имела на бесконечности ограниченное решение, необходимо и достаточно

$$\int_S \overline{f(Q)} dS_Q = 0.$$

б) Круг и бесконечная плоскость с круговым отверстием. Пусть B ; есть круг радиуса R ; окружность обозначим через S^* внешнюю область—через B_a .

Рассмотрим первую граничную задачу. Будем искать решение этой задачи в виде статического потенциала двойного слоя второго рода

$$\overline{u(P)} = \int_S \Gamma^{d0}_{||}(P, Q) \overline{\psi(Q)} dS_Q, \quad (6.13)$$

где $\overline{\psi(Q)} = (\psi_1(Q), \psi_2(Q))$ —искомый непрерывный вектор на S .

Согласно свойствам потенциала двойного слоя второго рода, для определения вектора $\overline{\psi(Q)}$ получим систему интегральных уравнений на Фредгольма:

$$\begin{aligned} & \mp \frac{\pi}{\mu} I \overline{\psi(P_0)} + \int_S \left\{ \alpha_1 R(P_0, Q) + \right. \\ & \left. + \beta_1 I \right\} \frac{d}{dn_Q} \ln \frac{1}{r} \overline{\psi(Q)} dS_Q = \\ & = \overline{f(P_0)}, \end{aligned} \quad (6.14)$$

где $\overline{f(P_0)}$ на S заданный непрерывный вектор,

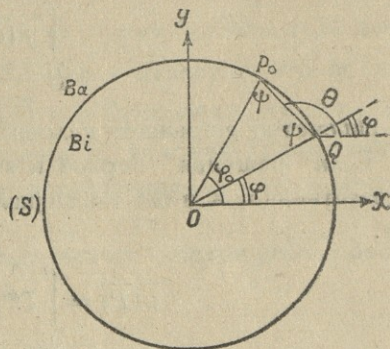


Рис. 4.

$$\alpha_1 = \frac{2(\lambda + \mu)}{\mu(\lambda + 3\mu)}, \quad \beta_1 = \frac{2}{\lambda + 3\mu}.$$

Из двух знаков перед $\frac{\pi}{\mu} I \overline{\psi(P_0)}$ верхний соответствует внутренней, а нижний — внешней задаче.

Пусть (R, φ_0) и (R, φ) полярные координаты, соответственно, точек P_0 и Q .

Легко установить, что

$$\left. \begin{aligned} \left(\frac{\partial r}{\partial \xi} \right)^2 &= \frac{1}{2} - \frac{1}{2} (\cos \varphi \cos \varphi_0 - \sin \varphi \sin \varphi_0), \\ \left(\frac{\partial r}{\partial \eta} \right)^2 &= \frac{1}{2} + \frac{1}{2} (\cos \varphi \cos \varphi_0 - \sin \varphi \sin \varphi_0), \\ \frac{\partial r}{\partial \xi} \frac{\partial r}{\partial \eta} &= -\frac{1}{2} (\sin \varphi \cos \varphi_0 + \cos \varphi \sin \varphi_0), \\ \frac{d}{dn_Q} \ln \frac{1}{r(P_0, Q)} &= \frac{\cos(r, n)}{r} = -\frac{1}{2R}. \end{aligned} \right\} \quad (6.15)$$

В силу равенства (6.15), система (6.14) представляет вырожденную систему интегральных уравнений, которая запишется в следующем виде:

$$\begin{aligned} \mp \frac{\pi}{\mu} \psi_1(\varphi_0) - \frac{1}{2\mu} c^1_1 + \frac{\alpha_1 \cos \varphi_0}{4} c^1_2 - \frac{\alpha_1 \sin \varphi_0}{4} c^1_3 + \\ + \frac{\alpha_1 \cos \varphi_0}{4} c^2_3 + \frac{\alpha_1 \sin \varphi_0}{4} c^2_2 = f_1(\varphi_0), \\ \mp \frac{\pi}{\mu} \psi_2(\varphi_0) - \frac{1}{2\mu} c^2_1 + \frac{\alpha_1 \cos \varphi_0}{4} c^1_3 + \frac{\alpha_1 \sin \varphi_0}{4} c^1_2 - \\ - \frac{\alpha_1 \cos \varphi_0}{4} c^2_2 + \frac{\alpha_1 \sin \varphi_0}{4} c^2_3 = f_2(\varphi_0), \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} (D^{0r_i a})$$

где

$$\begin{aligned} c^k_1 &= \int_0^{2\pi} \psi_k(\varphi) d\varphi, \\ c^k_2 &= \int_0^{2\pi} \cos \varphi \psi_k(\varphi) d\varphi, \\ c^k_3 &= \int_0^{2\pi} \sin \varphi \psi_k(\varphi) d\varphi, \\ & \quad (k=1,2). \end{aligned} \quad (6.16)$$

Рассмотрим сперва внутреннюю граничную задачу. Для неизвестных коэффициентов c^k_i ($i=1,2,3$; $k=1,2$) получаем систему алгебраических уравнений, решение которой сразу находится; решение же уравнения (D^{0r_i}) представится в следующем виде:

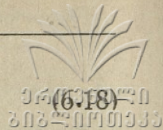
$$\begin{aligned} \overline{\psi(\varphi_0)} = -\frac{\mu}{\pi} \overline{f(\varphi_0)} + \frac{\mu}{4\pi^2} \int_0^{2\pi} f(\varphi) d\varphi + \\ + \int_0^{2\pi} N(\varphi_0, \varphi) \overline{f(\varphi)} d\varphi, \end{aligned} \quad (6.17)$$

где

$$\begin{aligned} N(\varphi_0, \varphi) = \left\| \begin{array}{cc} a_1 \cos \varphi_0 \cos \varphi + a_2 \sin \varphi_0 \sin \varphi, & a_1 \cos \varphi \sin \varphi - a_2 \sin \varphi_0 \cos \varphi \\ a_1 \sin \varphi_0 \cos \varphi + a_2 \cos \varphi_0 \sin \varphi, & a_1 \sin \varphi_0 \sin \varphi - a_2 \cos \varphi_0 \cos \varphi \end{array} \right\|, \\ a_1 = -\frac{(\lambda + \mu)}{4\pi^2}, \quad a_2 = \frac{\mu(\lambda + \mu)}{4\pi^2(\lambda + 2\mu)}. \end{aligned}$$

Решение задачи D^0_i будет:

$$\overline{u(P)} = \int_S \Gamma^{a_0}_{ii}(P, Q) \left\{ -\frac{\mu}{\pi} \overline{f(Q)} + \right.$$



$$+ \frac{\mu}{4\pi^2 R} \int_S \overline{f(Q_1)} dS_{Q_1} + \frac{1}{R} \int_S N^*(Q, Q_1) \overline{f(Q_1)} dS_{Q_1} \} dS_Q,$$

где

$$N^*(Q, Q_1) = N(\varphi_0, \varphi_1).$$

В частности, если $\overline{f(P_0)} \equiv 0$ на S , то $\overline{u(P)} \equiv 0$, когда $P \in B_1$.

Рассмотрим теперь внешнюю граничную задачу. Для искомым коэффициентов c^k , ($i=1, 2, 3$; $k=1, 2$) получаем систему алгебраических уравнений, для разрешимости которой необходимо и достаточно

$$\int_0^{2\pi} \overline{f(\varphi)} d\varphi = 0. \quad (6.19)$$

Если это условие выполнено, то решение уравнения (D^{0r}_a) дается в следующем виде:

$$\overline{\psi(\varphi_0)} = \frac{\mu}{\pi} \overline{f(\varphi_0)} + \overline{C} - \int_0^{2\pi} N_1(\varphi_0, \varphi) \overline{f(\varphi)} d\varphi, \quad (6.20)$$

где $\overline{C} = (C_1, C_2)$ произвольный постоянный вектор,

а

$$N_1(\varphi_0, \varphi) = \left\| \begin{array}{l} a_2 \cos \varphi_0 \cos \varphi + a_1 \sin \varphi_0 \sin \varphi, \quad a_2 \cos \varphi_0 \sin \varphi - a_1 \sin \varphi_0 \cos \varphi \\ a_2 \sin \varphi_0 \cos \varphi + a_1 \cos \varphi_0 \sin \varphi, \quad a_2 \sin \varphi_0 \sin \varphi - a_1 \cos \varphi_0 \cos \varphi \end{array} \right\|.$$

В решении задачи D^0_a произвольный вектор не войдет, так как

$$\int_S \Gamma^{a0}_{||}(P, Q) dS_Q = 0, \quad \text{когда } P \in B_a.$$

Решение задачи D^0_a будет:

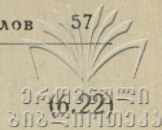
$$\overline{u(P)} = \int_S \Gamma^{a0}_{||}(P, Q) \left\{ \frac{\mu}{\pi} \overline{f(Q)} - \frac{1}{R} \int_S N_1^*(Q, Q_1) \overline{f(Q_1)} dS_{Q_1} \right\} dS_Q, \quad (6.21)$$

где

$$N_1^*(Q, Q_1) = N_1(\varphi, \varphi_1).$$

В частности, если $\overline{f(P_0)} \equiv 0$ на S , то $\overline{u(P)} \equiv 0$, когда $P \in B_a$.

Если условие (6.19) не выполнено, то решение задачи ищем в следующем виде:



$$\overline{u}(P) = \int_S \Gamma^{a0}_{||}(P, Q) \overline{\psi}(Q) dS_Q + \overline{A},$$

где $\overline{A} = (A_1, A_2)$ — искомый постоянный вектор.

Подберем вектор $\overline{A} = (A_1, A_2)$ так, чтобы выполнялись равенства:

$$\int_0^{2\pi} \{f_1(\varphi) - A_1\} d\varphi = 0, \quad \int_0^{2\pi} \{f_2(\varphi) - A_2\} d\varphi = 0.$$

Для этого надо положить:

$$A_1 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f_1(\varphi) d\varphi \quad \text{и} \quad A_2 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f_2(\varphi) d\varphi.$$

При таком выборе вектора \overline{A} уравнение

$$\frac{\pi}{\mu} I \overline{\psi}(P_0) + \int_S \left\{ \alpha_1 R(P_0, Q) + \right. \\ \left. + \beta_1 I \right\} \frac{d}{dn_Q} \ln \frac{1}{r(P_0, Q)} \overline{\psi}(Q) dS_Q = \overline{f}(P_0) - \overline{A}$$

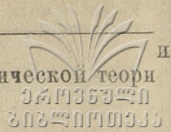
разрешимо и решение задачи D^0_a дается в следующем виде:

$$\overline{u}(P) = \int_S \Gamma^{a0}_{||}(P, Q) \left\{ \frac{\mu}{\pi} [\overline{f}(Q) - \overline{A}] - \right. \\ \left. - \frac{1}{R} \int_S N_{1*}(Q, Q_1) [\overline{f}(Q_1) - \overline{A}] dS_{Q_1} \right\} dS_Q + \overline{A}.$$

Аналогично решается вторая граничная задача применением статического потенциала простого слоя второго рода.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Д. Купрадзе, Граничные задачи теории колебаний и интегральные уравнения. М.-Л., 1950.
2. В. Д. Купрадзе, Теорема единственности в краевых задачах стационарной теории упругости: Труды Тбилизского государственного университета, 1936.



3. Н. И. Мухелишвили, Некоторые основные задачи математической теории упругости: Издат. АН СССР, Москва, 1949.
4. А. М. Ляпунов, Работы по теории потенциала. М.—Л., 1949.
5. Н. И. Мухелишвили, Сингулярные интегральные уравнения. М.—Л., 1946.

Тбилисский государственный университет
имени Сталина

Кафедра дифференциальных и интегральных уравнений

(Поступило в редакцию 20. V. 1953)

6. კახნიაშვილი

ღრუკალოვის თეორიის გრძელნი ამოცანების გამოკვლევა პოტენციალთა მეთოდით

რეზიუმე

გარდა კომპლექსური ცვლადის ანალიზურ ფუნქციათა ცნობილი მეთოდისა, რომელიც სისტემატურად გამოიყენება დრეკადობის თეორიის სასაზღვრო ამოცანების ამოსახსნელად, დრეკადობის თეორიის ბრტყელი ამოცანები შეისწავლებიან აგრეთვე პოტენციალის თეორიისა და ინტეგრალურ განტოლებათა მეთოდით.

ეს უკანასკნელი მეთოდი სისტემატურად განავითარა დრეკადობის თეორიის სტატიკური და ე. წ. სტაციონარული ამოცანების შესასწავლად ვ. დ. კუბრაძემ, რომელმაც ამ გზით მოგვცა საავანზომილებიანი სივრცის ძირითადი სასაზღვრო ამოცანების დამთავრებული თეორია.

წინამდებარე შრომაში გადმოცემულია ანალოგიური თეორია ორი განზომილების შემთხვევაში და ამის საფუძველზე შესწავლილია დრეკადობის თეორიის ძირითადი ბრტყელი სასაზღვრო ამოცანები.

საქმე ეხება სტაციონარული რხევის

$$\Delta u + \frac{\lambda + \mu}{\mu} \operatorname{grad} \operatorname{div} \vec{u} + \frac{\omega^2}{\mu} \vec{u} = 0 \quad (1)$$

და წონასწორობის

$$\Delta \vec{u} + \frac{\lambda + \mu}{\mu} \operatorname{grad} \operatorname{div} \vec{u} = 0 \quad (2)$$

ძირითადი განტოლებების ინტეგრირებას.

აგებულია (1) და (2) განტოლებების ოთხი სხვადასხვა გვარის ფუნდამენტალური ამოხსნები და მათი საშუალებით დრეკადი პოტენციალები.

განხილული დრეკადი პოტენციალების თვისებების საფუძველზე ლარულ ინტეგრალურ განტოლებათა თეორიის გამოყენებით შესწავლილია დრეკადობის თეორიის ბრტყელი სასაზღვრო ამოცანები.

დამტკიცებულია პირველი და მეორე ძირითადი გარე სასაზღვრო ამოცანების ამოხსნადობა.

დრეკადი პოტენციალების გამოყენებით სტატიკის ძირითადი სასაზღვრო ამოცანები ეფექტური სახით ამოხსნილია ნახევარი სიბრტყისათვის, წრისათვის და უსასრულო სიბრტყისათვის წრიული ხვრელით.

Г. Т. Вепхвадзе

Исследование равновесной формы поперечного сечения руслового потока

1. Введение

В естественных потоках обычно устанавливается форма поперечного сечения, определяемая запасом энергии и сопротивлением ложа деформациям. В размываемом грунте поток деформирует русло в такой степени, которая соответствует равновесию между силами воздействия со стороны потока и силами сопротивления стенки.

С целью определения формы поперечного сечения подобного русла на прямом участке реки, составляем уравнение, выражающее условие предельного равновесия сил воздействия потока на частицу грунта и сил сопротивления.

2. О формировании русла предельного равновесия

Рассматриваем живое сечение потока, свободно вырабатывающего русло, с плавным очертанием смоченного периметра, симметричным относительно оси. Последнее условие позволяет ограничиться рассмотрением одной половины сечения.

Ось абсцисс располагаем горизонтально, с началом координат на нижней точке дна, ось ординат—вертикально вверх (рис. 1).

Если выделенная частица грунта находится на высоте y и наклонена к горизонту под углом Ψ , то условие равновесия выразится уравнением:

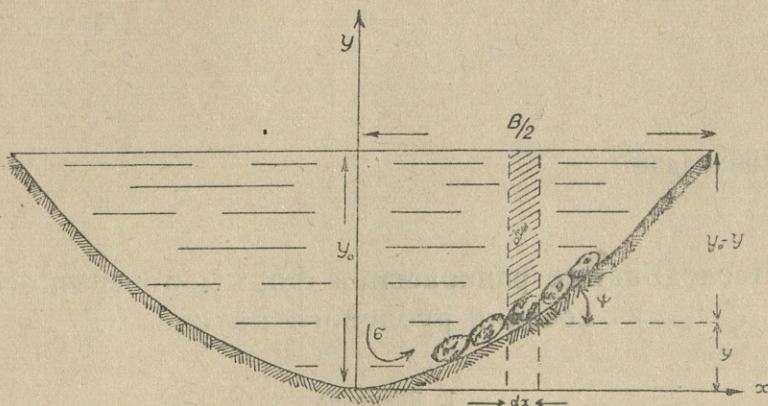
$$\sqrt{(G \sin \Psi - \sigma S)^2 + (\tau_0 S)^2} \leq f G \cos \Psi, \quad (1)$$

где $G \sin \Psi$ —тангенциальная составляющая веса частицы грунта, направленная по откосу вниз, G —вес частицы в воде, равный

$$G = S (\gamma_0 - \gamma) d,$$

S —площадь верхней грани частицы, d —ее высота, γ_0 —удельный вес

частицы, γ — удельный вес воды, σS — сила, обусловленная поперечной циркуляцией, вызванной неравномерным распределением энергии в потоке



- черт. 1

Рис. 1.

и, в первом приближении, пропорциональная градиенту кинетической энергии [1]

$$\sigma S = -\sigma_0 \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{v^2}{2g} \right) S, \quad (2)$$

v — средняя скорость вертикального столба жидкости над частицей, равная

$$v = C \sqrt{i (y_0 - y)} = \varphi \sqrt{y_0 - y},$$

где $\varphi = C \sqrt{i}$, i — гидравлический уклон, C — коэффициент Шези. Считая коэффициент φ постоянным по ширине реки, получим:

$$\sigma S = \sigma_0 \frac{\varphi^2}{2g} \frac{dy}{dx} S. \quad (3)$$

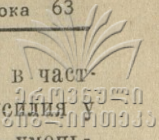
Направление этой силы определяется характером циркуляции. При течении I-го типа (по классификации Лосиевского) она направлена вверх по откосу, т. е. в сторону убывания кинетической энергии.

$\tau_0 S$ — сила, направленная по оси и вызванная влекущим действием потока на верхнюю грань частицы, равная

$$\tau_0 S = \gamma (y_0 - y) i S, \quad (4)$$

$fG \cos \Psi$ — сила трения частицы о дно.

Кроме перечисленных сил, вследствие обтекания частицы потоком, могут появиться добавочные гидродинамические напряжения, зависящие от



формы частицы и ее расположения относительно соседних частиц, в частности; подъемная сила Жуковского и вихревые, взвешивающие усилия у дна. Результирующее действие этих подъемных усилий равносильно уменьшению веса частицы.

Что же касается f , то его надо понимать, как значение коэффициента трения, соответствующее состоянию предельного равновесия частицы. Под действием указанных сил частица находится в состоянии сравнительно легконарушаемого равновесия. Благодаря наличию циркуляции скорости и подъемной силы, прилегание к смежным частицам совершается иногда по слою воды. Кроме того, благодаря пульсирующей природе силы влечения, частицы могут перекашиваться или совершать скачкообразные движения, которым соответствует $f=0$. Эти соображения позволяют считать, что в случае предельного равновесия f может принимать весьма малые значения.

Для сравнительно малых значений угла Ψ можно принять

$$\cos \Psi = 1, \quad \sin \Psi = \frac{dy}{dx}.$$

Подставляя, кроме того, в уравнение (1) значения G , σS и $\tau_0 S$ из (2), (3) и (4) и рассматривая предельный случай равновесия, получим:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{f}{1-D} \sqrt{1 - \left(\frac{A}{f}\right)^2 (y_0 - y)^2}, \quad (5)$$

где

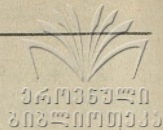
$$A = \frac{\gamma}{\gamma_0 - \gamma} \frac{i}{d}; \quad (6)$$

$$D = \frac{\sigma_0 \varphi^2}{2(\gamma_0 - \gamma)g} \frac{1}{d}. \quad (7)$$

Интегрирование уравнения (5) при начальных условиях: $x=0$, $y=0$, дает

$$x = \frac{1-D}{A} \left[\arcsin \frac{Ay_0}{f} - \arcsin \frac{A(y_0 - y)}{f} \right].$$

В нижней точке дна, т. е. при $y=0$, $\frac{dy}{dx}=0$, что налагает добавочное условие на величину A :



$$1 - \frac{A^2 y_0^2}{f^2} = 0, \text{ т. е. } A = \frac{f}{y_0}.$$

Окончательно:

$$x = y_0 \frac{(1-D)}{f} \left[\frac{\pi}{2} - \arcsin \left(1 - \frac{y}{y_0} \right) \right]. \quad (8)$$

Поскольку φ постоянно по ширине реки, то

$$\varphi = \frac{v_m}{\sqrt{h_m}},$$

где v_m и h_m — средняя скорость и средняя глубина всего сечения. Тогда

$$D = \frac{\sigma_0 \Pi_k}{2d(\gamma_0 - \gamma)} = D_0 \Pi_k,$$

где $D_0 = \frac{\sigma_0}{2d(\gamma_0 - \gamma)}$, а $\Pi_k = \frac{v_m^2}{gh_m}$ параметр кинетичности.

Используя условие: при $x = \frac{B}{2}$, $y = y_0$, придем к зависимости:

$$\frac{B}{y_0} = \frac{\pi}{f} (1-D). \quad (9)$$

Эта зависимость показывает, между прочим, что чем больше кинетичность потока Π_k , тем меньше отношение ширины к глубине, т. е., при прочих равных условиях, в бурных потоках глубина русла должна быть больше.

Форму русла мы будем ниже характеризовать безразмерным коэффициентом [2, 3]:

$$\delta = \frac{\sqrt{\omega}}{\chi}, \quad (10)$$

где ω — площадь живого сечения, χ — смоченный периметр. С улучшением гидравлических свойств русла коэффициент формы растет. Для рек, ширина которых велика по отношению к глубине, можно с достаточной точностью принять:

¹ Последнее допущение является вполне логичным; действительно, поскольку

$$A = \frac{\gamma}{\gamma_0 - \gamma} \frac{i}{d}, \text{ то } f = Ay_0 = \frac{\gamma i y_0}{(\gamma_0 - \gamma) d} = \frac{\tau_0}{(\gamma_0 - \gamma) d}.$$

Но из (4) при $y=0$, $\tau_0 = i \gamma y_0$. Поэтому $\tau_0 = (\gamma_0 - \gamma) f d$. Этот результат можно объяснить следующим образом: на дне, где нет поперечных течений, градиент $\frac{\partial}{\partial x} \frac{v^2}{2g} = 0$, поперечных напряжений также нет и все касательные напряжения поглощаются продольными составляющими веса потока.

$$\delta = \frac{V\bar{\omega}}{B}$$

Площадь живого сечения ω может быть найдена из уравнения:

$$d\omega = (y_0 - y) dx.$$

Подставляя значение dx из (5) и произведя интеграцию, получаем:

$$\omega = \frac{2(1-D)y_0^2}{f}. \quad (11)$$

Пользуясь уравнениями (9) и (11), определим δ в виде:

$$\delta = \frac{C_0}{V\sqrt{1-D_0\Pi_k}}, \quad (12)$$

где

$$C_0 = \frac{V\sqrt{2f}}{\pi}.$$

Как видим, форма поперечного сечения, даже для схематизированного русла, зависит от величины сцепления и трения частиц, от размеров выступов шероховатости, т. е. донного материала и показателя кинетичности потока.

Для натурной проверки полученной закономерности были обработаны гидрометрические данные по ряду рек Грузии. Численные значения коэффициентов формы и параметров Π_k наносились на оси ординат. В результате получена закономерность, удовлетворительно отвечающая формуле (12). На графиках (рис. 2—4, см. стр. 66) приведены кривые связи $\delta(\Pi_k)$. Пунктиром проведена кривая, выражаемая уравнением (12), а точки — экспериментальные.

3 Некоторые соображения об устойчивости русла

Угловой коэффициент касательной к кривой (12)

$$K = \frac{d\delta}{d\Pi_k} = \frac{D_0}{2C_0^2} \delta^3 \quad (13)$$

может быть рассмотрен, как характеристика степени устойчивости русла в смысле сохранения неизменной его формы. Действительно, из двух участков кривых $\delta(\Pi_k)$ при равных δ меньшей изменяемостью формы характеризуется тот из них, которому соответствует меньшее значение K (меньший уклон). Это значит, что при равных изменениях энергии (характеризующихся изменением параметра кинетичности, т. е. уровня воды или скорости), русло меньше деформируется у тех рек, которые имеют меньшее значение параметра K .

В пределе, вполне устойчивому состоянию соответствует:

$$K \rightarrow 0.$$

Условие это выполняется: 1) при $D_0 \rightarrow 0$, 2) при $C_0 \rightarrow \infty$. При-
 нимаем во внимание, что

$$D_0 = \frac{\sigma_0}{2(\gamma_0 - \gamma)d} \text{ и } C_0 = \frac{V2f}{\pi}$$

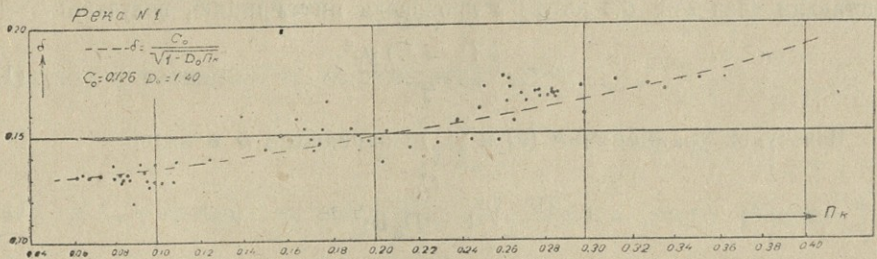


Рис. 2.

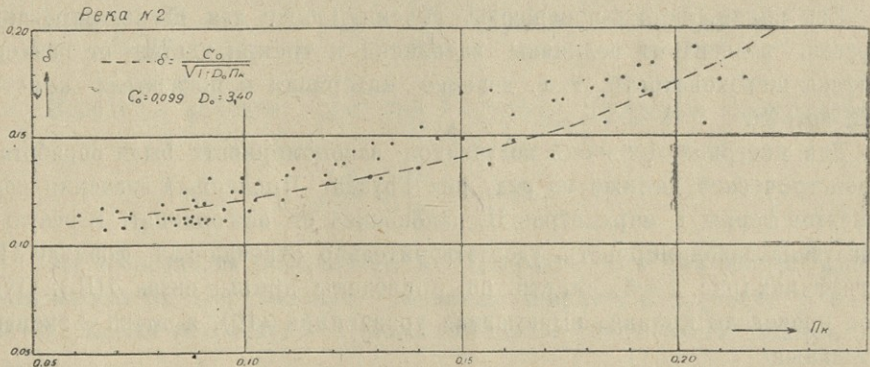


Рис.

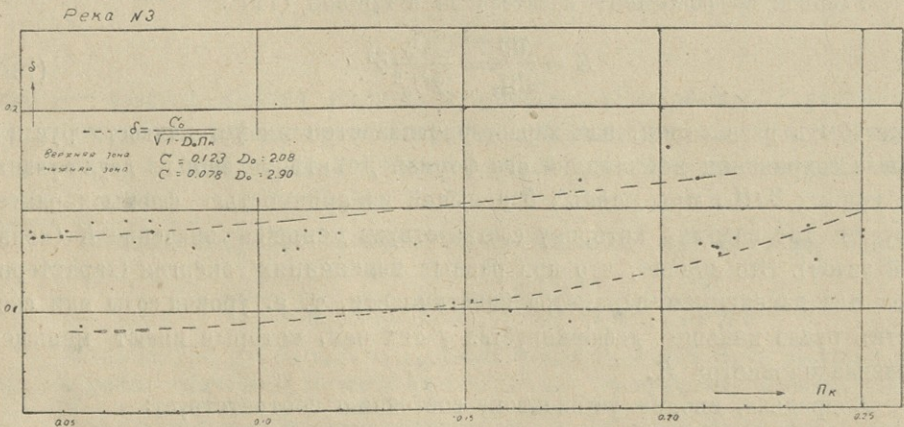


Рис. 4.

закключаем, что первое из этих условий ($D_0 \rightarrow 0$) для русла заданной формы выполняется: а) при $\sigma_0 \rightarrow 0$, т. е. при отсутствии поперечных течений, которыми обуславливается размыв русла и отложение наносов; б) при бесконечном (практически — большом) увеличении размера и плотности донного материала ($d_0 \rightarrow \infty$, $\gamma_0 \rightarrow \infty$), что действительно соответствует устойчивому состоянию.

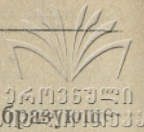
Второе условие $C_0 \rightarrow \infty$ практически неосуществимо, так как f — малая величина, но увеличение C_0 (а следовательно, и f) также способствует увеличению устойчивости русла.

С увеличением коэффициента K устойчивость уменьшается и в пределе, при $K \rightarrow \infty$, бесконечно малого изменения параметра кинетичности достаточно для скачкообразного изменения формы. Это — случай неустойчивости формы — случай образования оврагов, размывов в лессовых грунтах, коренного изменения русла при паводках.

Это условие $K \rightarrow \infty$ выполняется в двух случаях: 1) при $D_0 \rightarrow \infty$, 2) при $C_0 \rightarrow 0$. Первый из них возможен: а) при $\sigma_0 \rightarrow \infty$, т. е. при весьма интенсивных поперечных течениях, которые вызывают интенсивный размыв одних частей русла и отложения в других частях и, следовательно, резкое изменение формы; б) при $d \rightarrow 0$ или $\gamma_0 \rightarrow \gamma$ (или при одновременном существовании обоих условий), что означает наличие чрезвычайно мелких частиц и также способствует изменению формы. Второе условие $C_0 \rightarrow 0$ означает уменьшение трения и сцепления частиц ($f \rightarrow 0$) и также способствует уменьшению устойчивости русла.

Если зависимость $\delta(\Pi_k)$ представлена двумя зонами (например, рис. 4), расположенными одна над другой (причем хронологически нижняя зона предшествует верхней), тогда более высокая зона характеризуется большими значениями δ (при тех же Π_k) и соответствует лучшим гидравлическим условиям русла. Следовательно, при тех же значениях Π_k в сечениях верхней зоны скорости будут больше, чем в нижних. Поэтому в верхней зоне сопротивляемость ложа больше, чем в нижней. Это, повидимому, объясняется структурой ложа (размывом русла при паводке до геологически более твердых пород). Следовательно, если график $\delta(\Pi_k)$ представлен двумя зонами со скачком между ними, то это соответствует внезапному изменению гидравлических свойств потока (вызванному, напр., прохождением паводка).

Зависимость $\delta(\Pi_k)$ (рис. 4) можно разделить на две зоны. Зона, расположенная выше, соответствует лучшим гидравлическим условиям, вместе с тем она является более пологой (меньшее значение K); следовательно, русло стало более устойчивым в смысле постоянства формы. Вместе с тем, нижней зоне соответствует меньшее значение параметра C_0 . Следовательно, параметр C_0 должен характеризовать размываемость ложа и значение его больше у русел, лучше сопротивляющихся размыву. Последний результат согласуется с физическим смыслом параметра.



4. Выводы

С целью нахождения формы поперечного сечения русла, образуемого при размыве, составлено уравнение, выражающее условие равновесия между силами воздействия со стороны потока и силами сопротивления русла. Интегрирование полученного уравнения позволяет определить форму равновесного русла и установить зависимость между коэффициентом формы δ и характеристиками потока.

Исследование этой зависимости дает представление о морфологических процессах и возможность определить коэффициент устойчивости русла K .

ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Лосиевский, Лабораторное исследование процессов образования перекаатов. Ленинград, 1934, стр. 17.
2. М. А. Мостков, Основы расчета гидросиловых установок, ч. II. Тбилиси, 1934, стр. 166.
3. Т. Д. Золотарев, Гидроэлектроцентраль в электроэнергетической системе. М.-Л., 1939, стр. 172.

Тбилисский государственный университет
имени Сталина
Кафедра общей физики

(Поступило в редакцию 13. IV. 1953)

ბ. პეპხვაძე

ნაკადის განივი კვეთის წონასწორული ფორმის გამოკვლევა

რეზიუმე

ბუნებრივი ნაკადის მიერ გამოიწვევებული ფორმა ჩვეულებრივ განისაზღვრება ნაკადის ენერჯის მარაგით და დეფორმაციებისადმი კალაპოტის წინააღმდეგობით. კალაპოტის წარეცხვის შედეგად მყარდება წონასწორობა ნაკადის მხრივ კალაპოტზე მოქმედ ძალებსა და კალაპოტის წინააღმდეგობის ძალებს შორის.

ასეთი წონასწორული კალაპოტის განივი კვეთის ფორმის განსაზღვრის მიზნით ვადგენთ განტოლებას, რომელიც გამოსახავს წონასწორობას ყამირის ნაწილაკზე ნაკადის მხრივ მოქმედ ძალებსა და წინააღმდეგობის ძალებს შორის. მიღებული განტოლების ინტეგრირება საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ წონასწორული კალაპოტის ფორმა და დავამყაროთ დამოკიდებულება ფორმის δ კოეფიციენტსა და ნაკადის ენერჯის შორის.

ამ დამოკიდებულების გამოკვლევის შედეგად შესაძლებელი ხდება კალაპოტის მდგრადობის K კოეფიციენტის განსაზღვრა.

მ. შაკაშენიძე

ჩეხონანსული თეორიის სიყალბე და მხლარი იდეოლოგია *

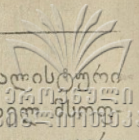
გამარჯვებული სოციალიზმის ქვეყანაში საბჭოთა კავშირის ეკონომიურ და პოლიტიკურ ზრდასთან დაკავშირებით დიდმა სტალინმა საბჭოთა მეცნიერებს დაუსახა უდიდესი ამოცანა: „უახლოეს დროში გადავაჭარბოთ მეცნიერების მიღწევებს ჩვენი ქვეყნის ფარგლებს გარეთ“. ჩვენი მეცნიერება, რომლის განვითარების გზები განათებულია მარქს-ენგელს-ლენინ-სტალინის მოძღვრებით, სწრაფად მიდის წინ; დიდი სტალინის დავალება მეცნიერების მრავალ დარგში; შეიძლება ითქვას, ნამდვილად შესრულებულია.

კომუნისტური პარტია, მისი ორგანიზატორნი და ხელმძღვანელები, დიდი ლენინი და სტალინი, უდიდეს ყურადღებას აქცევენ საბჭოთა მეცნიერების იდეოლოგიურ სიწმინდეს.

საბჭოთა კავშირის კ. პ. ცენტრალური კომიტეტი 1946 წლის 14 აგვისტოს დადგენილებაში ჟურნალების „ზვეზდის“ და „ლენინგრადის“ შეცდომების შესახებ აღნიშნავდა: „უკანასკნელ ხანებში საბჭოთა მწერლების მნიშვნელოვან და კარგ ნაწარმოებებთან ერთად გამოჩნდა მრავალი უიდეო, იდეოლოგიურად მავნე ნაწარმოებები (ზოშჩენკოს და ახმეტოვას სახით). ამ ავტორებმა დიდი ხანია სპეციალობად გაიხადეს უნიათო, უშინაარსო და უხამს ნაწარმოებთა წერა, დამპალი უიდეობის, უხამსობისა და აპოლიტიკურობის ქადაგება, რითაც ცდილობენ მოუწამლონ ჩვენს ახალგაზრდობას შეგნება და მოახდინონ მათი დეზორიენტირება“. შემდეგ, 1948 წელს, ამას მოჰყვა მუსიკის და დრამატურგიის დარგში ღონისძიებანი იდეოლოგიური სიწმინდის შესახებ. 1948 წლის აგვისტოში ვ. ლენინის სახელობის სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა საკავშირო აკადემიის სესიამ მიჩურინის, ლისენკოს, ვილიამის აგრობიოლოგიურ სწავლებათა საფუძველზე გვიჩვენა მიჩურინული ბიოლოგიის მიღწევები წინააღმდეგ ვეისმანიზმისა და მორგანიზმისა, რომლებიც უარყოფდნენ გეოგრაფიულ გარემოს გავლენას განვითარებაზე და იდეალიზმს ქადაგებდნენ.

1947 წელს ჩატარებულმა ფილოსოფიურმა დისკუსიამ საბჭოთა ფილოსოფოსების წინაშე მთელი სიმკაცრით დააყენა საკითხი იმის შესახებ, რომ აუცილებელია გარდატეხა მათ თეორიულ საქმიანობაში და მობრუნება თანა-

* შრომაში მოცემულია „ჩეხონანსული კონცეფციის“ შესახებ არსებული თანამედროვე ლიტერატურის მიმოხილვა.



დროულობისაკენ, საბჭოთა სოციალისტურ სახელმწიფოში სოციალისტურდ
მშენებლობის პრაქტიკისაკენ, სახალხო-დემოკრატიულ ქვეყნებში, მფედლ-ქვეყნებში
ლიოში კომუნისმისათვის ბრძოლის გამოცდილების განზოგადებისა და გავრ-
ცელებისაკენ.

1950 წელს ჩატარდა დისკუსია ფიზიოლოგიის საკითხებზე. სადაც გამო-
აშკარავებულ იქნა მთელ რიგ ფიზიოლოგთა შეცდომები, აღიარებულ იქნა
პავლოვის ფიზიოლოგიური მიმართულება ნამდვილ მეცნიერულ მიმართულე-
ბად და დაისახა ღონისძიებანი შემდგომში მეცნიერების ამ დარგის განვი-
თარებისათვის.

1950 წელს ვაზეთ „პრავდის“ ფურცლებზე ჩატარებულ დისკუსიას ენათ-
მეცნიერების საკითხებზე და ამხანაგ სტალინის შრომას „მარქსიზმი და ენათ-
მეცნიერების საკითხები“ აქვს უდიდესი ისტორიული მნიშვნელობა; კომუნის-
ტური პარტიის იდეურ ცხოვრებაში ეს შრომა ღირსშესანიშნავი მოვლენაა.
ამხანაგ სტალინის ეს შრომა იძლევა მარქსისტულ ფილოსოფიაში პარტიული
პრინციპულობის გატარების ახალ ნიმუშს, მნიშვნელოვან სტალინურ მითითე-
ბას იმაზე, რომ „არც ერთ მეცნიერებას არ შეუძლია განვითარდეს და წინ წავი-
დეს შეხედულებათა ბრძოლის გარეშე, კრიტიკის თავისუფლების გარეშე“.
აქ მოცემულია მოწინავე მეცნიერების განვითარების აუცილებელი კანონი.

XIX პარტიულ ყრილობას წინ უძღოდა ამხანაგ სტალინის შრომის
„სოციალიზმის ეკონომიკური პრობლემები სსრ კავშირში“ გამოსვლა. პარ-
ტიის XIX ყრილობის გადაწყვეტილებით ეს შრომა საფუძვლად დაედო
პარტიის არსებული პროგრამის გადამუშავებას. ყრილობამ ეს ნაშრომი მიიღო
როგორც კომუნისმის აშენებისათვის ბრძოლის პროგრამა.

ამხ. ნ. ხრუშჩოვი XIX ყრილობაზე ამხანაგ სტალინის შრომის შესახებ
აღნიშნავდა: „მარქსიზმ-ლენინიზმის თეორიაში ახალი ფასდაუდებელი წვლი-
ლია ამხანაგ სტალინის შრომა „სოციალიზმის ეკონომიკური პრობლემები
სსრ კავშირში“. ამხანაგი სტალინი შემოქმედებითად ავითარებს რა მარქსი-
სტულ-ლენინურ მეცნიერებას, აიარაღებს პარტიასა და საბჭოთა ხალხს მოძღ-
ვრებით თანამედროვე კაპიტალიზმისა და სოციალიზმის ეკონომიური კანონე-
ბის ხასიათის შესახებ, სოციალიზმიდან კომუნისმში გადასვლის მომზადე-
ბის პირობების შესახებ“¹.

ამხანაგ სტალინის ეს შრომა ძირითადად, როგორც ვხედავთ, პოლიტი-
კური ეკონომიის საკითხებს შეეხება, მაგრამ აქ მოცემული და დაზუსტებუ-
ლი საკითხები და კანონები წარმოადგენენ, როგორც აღვნიშნეთ, გზებს და
პირობებს სოციალიზმიდან კომუნისმში თანდათანობით გადასვლის საფუძ-
ველს. ამდენად ის შეეხება მეცნიერების ყველა დარგს და მის შუქზე უნდა
განვითარდეს შემდგომ საბჭოთა მეცნიერება და კერძოდ ქიმია.

ყველა ეს ღონისძიება, მიმართული საბჭოთა მეცნიერების იდეოლოგი-
ური სიწმინდის დაცვისაკენ, უდიდეს პასუხისმგებლობას აკისრებს საბჭოთა
მეცნიერ-მუშაკებს და, კერძოდ, საბჭოთა ქიმიკოსებს — დაუზოგავად ამხილონ

ქიმიაში ყოველგვარი მცდარი, იდეალისტური და მეტაფიზიკური შეხედულებანი.

პროგრესულ-მატერიალისტურმა იდეებმა ხელი შეუწყო მოწინავე რუსულ მეცნიერებს, რომ პირველად რუსეთში ჩასახულიყო და განვითარებულიყო ქიმიის მეცნიერების დარგში ღირსშესანიშნავი თეორიები, რომლებსაც თანამედროვე მატერიალისტური საბჭოთა ქიმიის შემდგომი განვითარებისათვის უდიდესი ღირებულება და მნიშვნელობა ჰქონდა და აქვს დღესაც.

მ. ვ. ლომონოსოვმა ცალკე ატომების ურთიერთქმედების შედეგად პირველად შემოიტანა ცნება მოლეკულის (კორპუსკულის) შესახებ, როგორც რთულ, თვისობრივად ახალ წარმოქმნაზე. ლომონოსოვის ეს დებულება ითვლება რუსეთში თეორიული ქიმიის ჩასახვის საწყისად.

გამოჩენილმა რუსმა მეცნიერმა დ. ი. მენდელეევიმ გასული საუკუნის 60-იანი წლების ბოლოს აღმოაჩინა ქიმიური ელემენტების პერიოდული კანონი, რამაც მეცნიერების ისტორია გაამდიდრა უდიდესი აღმოჩენით, რითაც ქიმია ახალ, უფრო მაღალ საფეხურზე აიყვანა. მენდელეევის პერიოდულ სისტემაში მოცემული ქიმიური ელემენტების მწყობრი განლაგება პერიოდული კანონისა გამოხატავს ქიმიურ ელემენტთა დიალექტიკურ ერთიანობას.

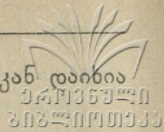
ქიმიის ისტორიაში უდიდეს აღმოჩენას წარმოადგენს XIX საუკუნის მეორე ნახევრის დასაწყისში ალექსანდრე მიხეილის ძე ბუტლეროვის მიერ მოცემული ქიმიური აღნაგობის თეორია, რომელიც თავისი შინაარსითა და მნიშვნელობით შეიძლება დავაყენოთ მენდელეევის ქიმიური ელემენტების პერიოდული კანონისა და ჩ. დარვინის ევოლუციური მოძღვრების სიმაღლეზე.

გამოჩენილი რუსი მეცნიერების: ა. მ. ბუტლეროვის, ვ. ვ. მარკოვიჩოვის, ა. მ. ზაიცევის, ე. ე. ვაგნერის, მ. ი. კონოვალოვის, ნ. ი. დემიანოვის, ს. ნ. რეფორმატსკის, ნ. მ. კიუნერის, ლ. ა. ჩუგაევის, ა. ე. ფავორსკის, ნ. დ. ზელინსკის, ა. ე. არბუზოვისა და სხვათა ღირსშესანიშნავმა შრომებმა ფასდაუდებელი წვლილი შეიტანეს სტრუქტურული თეორიის განვითარებაში. აღნაგობის თეორია გადაიქცა მეცნიერულ საფუძვლად ორგანული ქიმიის მრეწველობისა, რომლის განვითარება, თავის მხრივ, თეორიის წინაშე აყენებდა ახალ ამოცანებს.

უნდა აღინიშნოს, რომ ქიმიური აღნაგობის თეორიის ძირითადი საფუძვლები ჩამოყალიბებულ და განვითარებულ იქნა გენიალური რუსი ქიმიკოსის ა. მ. ბუტლეროვის შრომებში.

როგორც ყველა სხვა დიდი აღმოჩენა, ასევე აღნაგობის თეორიაც ერთბაშად როდი შექმნილა. მას წინ უძღოდა მრავალი ცდა, რომ გაეგოთ, აეხსნათ ორგანულ შენაერთთა შიდა აღნაგობა. მაგრამ ამ ცდებმა ა. მ. ბუტლეროვზე ადრე მეცნიერნი ვერ მიიყვანა აღნაგობის თეორიამდე.

თავისი დროის გავლენიანი წარმომადგენლები კოლბე და ვიურცი მოლეკულთა ქიმიური აღნაგობის გამოკვლევის ახალი ცდის წინააღმდეგ გამოდიოდნენ და პრინციპულად განუხორციელებლად თვლიდნენ ასეთ ამოცანას. კეკულე, რომელიც თითქმის ახლო მივიდა აღნაგობის თეორიის ძირითად საკითხებთან, დარჩა ჟერარის ავტორიტეტისა და ტრადიციების ტყვედ, — მან



ვერ შეძლო გადაედგა ნაბიჯი ახალი თეორიის შექმნისაკენ და უკან დაინიშნა ტიპების თეორიის პოზიციამდე.

ა. მ. ბუტლეროვმა გვიჩვენა, რომ ქიმიური თვისება და ნივთიერებათა ურთიერთდამოკიდებულება აიხსნება და გაპირობებულია მათი ქიმიური აღნაგობით. ის აღნიშნავდა, რომ „რთული ნაწილაკის ქიმიური ბუნება განისაზღვრება მისი შემადგენელი ელემენტარული ნაწილაკების ბუნებით, მათი რაოდენობითა და ქიმიური აღნაგობით“. შემდეგ: „თუ შევეცდებით ნივთიერებათა ქიმიური აღნაგობის განსაზღვრას და თუ შევძლებთ მის გამოხატვას ჩვენი ფორმულებით, მაშინ ეს იქნება, თუმცა არა სრული, მაგრამ განსაზღვრულ ხარისხამდე, ნამდვილი რაციონალური ფორმულები. ამ გაგებით, თითოეული სხეულისათვის იქნება მხოლოდ ერთი რაციონალური ფორმულა და, როცა ცნობილი გახდება სხეულის ქიმიურ თვისებათა და მათი ქიმიურ აღნაგობასთან დამოკიდებულების საერთო კანონები, მაშინ მსგავსი ფორმულა იქნება ყველა ამ თვისებათა გამოხატვა“. ბუტლეროვის ეს დასკვნები მას აუცილებლად ხდის აღნაგობის თეორიის ერთადერთ ავტორად. მისი შეხედულება ძირითადად განსხვავდება კეკულეს შეხედულებისაგან, რომელიც ქიმიურ ფორმულებში ხედავდა მხოლოდ ქიმიური რეაქციის გამოხატვის წესს და მიაჩნდა, რომ ფორმულებს „არავითარ შემთხვევაში არ შეუძლია კონსტიტუციის გამოხატვა, ე. ი. არსებულ შენაერთებში ატომთა განაწილება“. ბუტლეროვი განსაკუთრებით ხაზს უსვამდა იმ გარემოებას, რომ აუცილებელია მხედველობაში მივიღოთ მოლეკულაში ცალკე ატომებისა და ატომთა ჯგუფებს შორის ურთიერთხევაგვლენა. მან გვიჩვენა, რომ თითოეული ატომთა ჯგუფის ტიპური რეაქციები მოლეკულის თითოეული სტრუქტურული გამოვლენისა უცვლელი არ რჩება. მათი გამოვლენის სისრულე და სპეციფიკური თავისებურებანი დამოკიდებულია ყველა ატომის ხასიათზე, რომლებიც მოლეკულაში შედიან, ისეთებისაც კი, რომლებიც უშუალოდ დაკავშირებული არ არიან მოცემული ატომების ჯგუფებთან, მათ რიცხვზე, ურთიერთშეფარდებაზე, კავშირის ხასიათზე და ა. შ., ე. ი. მჭიდრო კავშირშია მთლიანად მოლეკულის ქიმიურ აღნაგობასთან.

ატომთა ურთიერთხევაგვლენის იდეაზე დამყარებით ბუტლეროვმა შემდგომ განავითარა მოლეკულათა თვისებებთან და მათ ქიმიურ აღნაგობასთან დაკავშირებით ქიმიური აღნაგობის ძირითადი საკითხები.

ბუტლეროვი გვასწავლიდა, რომ ყურადღება მიგვექცია მოლეკულის შემადგენელი ნაწილების განუწყვეტელი მოძრაობისა და მათი ურთიერთმოქმედებისათვის; ის წერდა: „ახლა ჩვენ ვუყურებთ ქიმიურ ნაერთს არა როგორც რაღაც მკვდარს, უძრავს, არამედ ისეთს, რომელიც მუდმივ მოძრაობაშია და ეს მოძრაობა ჩართულია მის უმცირეს ნაწილებში: ხშირი ურთიერთშეფარდება, რომლებიც მუდმივად ცვალებადობენ, ჯამღებიან ზოგიერთ მუდმივ საშუალო რეზულტატში“.

ბუტლეროვი მუდამ მატერიალისტური მსოფლმხედველობიდან გამოდიოდა, და ამაში იყო მისი ბრძოლის ძალა მოწინააღმდეგეების მიმართ. ის წერდა: „ჩვენ არა მარტო უფლება გვაქვს, არამედ ვალდებული ვართ ვილა-

პარაკოთ ნაწილაკებზე და ატომებზე, ყველა მათი შეფარდებით, სინამდვილეში არსებულზე და უნდა გვწამდეს, რომ ჩვენი მსჯელობა იქნება მოწყვეტილი რეალური საფუძვლისაგან, არამედ, პირიქით, უნდა ვაბედულად დავამტკიცოთ, რომ ჩვენი მსჯელობა შეინარჩუნებს ცნობილ დამოკიდებულებას მასზე, რაც ობიექტურ სამყაროში ნამდვილად არსებობს და ჩვენ მიერ შეიცნობა ჩვეულებრივი დაკვირვების გზით, ცლით და აზროვნებით“.

ამით ბუტლეროვი ხაზს უსვამდა იმ გარემოებას, რომ თითოეულ ქიმიურ ნაწილაკს ახასიათებს მხოლოდ ერთი განსაზღვრული აღნაგობა, რომ ერთ ნაწილაკში არ შეიძლება მოთავსდეს რამდენიმე სხვადასხვა აღნაგობა. ნაწილაკთა აღნაგობის ერთიანობა, როგორც ბუტლეროვი გვასწავლიდა, არ შეიძლება ავტომატურად იმ წესებს, რომლებიც ჩვენ გვაქვს და რომლებითაც შეგვიძლია ქალაქებში მოლექულის აღნაგობა გამოვხატოთ.

ბუტლეროვს უკვე იმ დროისათვის ნათლად ჰქონდა წარმოდგენილი, რომ ქიმიური მოძრაობა თვისობრივად განსხვავდება მატერიის მოძრაობის სხვა ფორმებისაგან. ამასთან ერთად ის იყენებდა ენერჯის შენახვის კანონს და მიგვითითებდა მოლექულაში მოძრაობის სხვადასხვა ფორმის ღრმა კავშირზე. ის წერდა: „ქიმიური შეერთების დროს ნაერთში შემავალ ნივთიერებათა დამახასიათებელ განსაზღვრული გვარის მოძრაობებს შეუძლიათ ერთმანეთში ინტერფერირება მოახდინონ და გადავიდნენ, ენერჯის შენახვის კანონის თანახმად, მოძრაობის ახალ სახეში—სითბურ მოძრაობაში“, შემდეგ დასძინს, რომ „არ შეცდება ის, ვინც აღიარებს, რომ ქიმიის ყველა მოვლენა არის მოძრაობა“.

ბუტლეროვის ამ გამოთქმის სიმართლეს ამტკიცებს ენგელსი, რომელმაც 1873 წ. 30 მაისს მარქსისადმი მიწერილ წერილში განსაზღვრა: „ბუნებისმეტყველების საგანი არის მოძრავი ნივთიერება, სხეული“.

ლ. ი. მენდელეევი, ახასიათებდა რა ა. მ. ბუტლეროვს როგორც სწავლულ მეცნიერს, წერდა: „ბუტლეროვი — ყაზანის უნივერსიტეტის ორდინარული პროფესორი, ერთ-ერთი ღირსშესანიშნავია რუს სწავლულებს შორის. ის რუსია სწავლა-განათლებისა და მისი შრომების ორიგინალობის მიხედვით, მოწაფე ჩვენი გამოჩენილი აკადემიკოსის ნ. ზინინისა; ის ქიმიკოსი გახდა არა უცხო მხარეში, არამედ ყაზანში, სადაც განაგრძობს განვითარებას დამოუკიდებელი ქიმიური სკოლა. ა. მ. ბუტლეროვის მეცნიერული შრომების მიმართულება არ წარმოადგენს ვაგრძელებას ან იდეების განვითარებას მისი წინაპრებისას, არამედ ეკუთვნის პირადად მას. ქიმიისაში არსებობს ბუტლეროვის სკოლა, ბუტლეროვის მიმართულება“.

სამწუხაროდ, მას შემდეგ, რაც ბუტლეროვის მიერ ფორმულირებულ იქნა აღნაგობის ძირითადი საფუძვლები და ამ თეორიამ მოიპოვა სულ უფრო და უფრო მეტი მომხრეები ჩვენი ქვეყნის ფარგლებს გარეთ, მისი სახელი თანდათან უფრო იშვიათად იხსენიებოდა. ბურჟუაზიული მეცნიერები თვლიდნენ ბუტლეროვის აღნაგობის თეორიას შეუფერებლად, გაუგებრობად და დამახინჯებად. ქიმიის ისტორიის წიგნების დიდი რიცხვი და, კერძოდ, ორგანული ქიმიის

სახელმძღვანელოები აღნაგობის თეორიის შემქმნელად აღიარებენ კეკელიძეს და იშვიათად მასთან ერთად კუპერს. ბუტლეროვის სახელი ცალკე მემორიალში ვაში გვხვდება მხოლოდ როგორც მომცემი სახელწოდებისა „ქიმიური აღნაგობა“. ამასთან ქიმიური აღნაგობის გაგებას, რომელიც ბუტლეროვმა დააწესა, ბურჟუაზიული სწავლულები ცვლიან სტრუქტურული ფორმულებით, და ხშირად ბუტლეროვის სახელი, როგორც ქიმიური აღნაგობის თეორიის შემქმნელისა, არ იხსენიება. ეს არის ქეშმარიტი აზრის დამახინჯების ტენდენცია, ბუტლეროვის ქიმიური აღნაგობის თეორიის საკითხთან დაკავშირებით, ისტორიული ფაქტების ფალსიფიკაცია, რუსი მეცნიერების მნიშვნელობის დამცირება, რასაც ზოგიერთი საბჭოთა ქიმიკოსი არა კრიტიკულად ეპყრობოდა.—არ აფასებდნენ ბუტლეროვის როლს ქიმიური აღნაგობის თეორიის შექმნაში.

ბუტლეროვის თეორიის შექმნიდან დღემდე უკვე 90 წელმა განვლო. ამ ხნის მანძილზე აღნაგობის თეორიამ თავისი განვითარების რთული გზა გაიარა. უმეტეს შემთხვევაში ეს თეორია საესებით შესაბამებოდა ფაქტებს. მაგრამ იყო ცალკე შემთხვევები შეუსაბამობისა, რომლის შესახებ ბუტლეროვი შემდეგ აღნიშნავს: „ფაქტები, რომლებიც არ იხსნება არსებული თეორიებით, მეცნიერებისათვის განსაკუთრებით ძვირფასია, მათი დამუშავებიდან გამოდის, რომ ახლო მომავალში უნდა ველოდოთ ახალ განვითარებას“.

საბჭოთა ქიმია ვითარდება ბრწყინვალე ეპოქაში, სოციალისტურ სახელმწიფოში, სადაც მშრომელი ხალხის შემოქმედებითი შრომა გამოყენებული მათივე კეთილდღეობისათვის, ქვეყნის შემდგომი ძლიერებისა და სიმტკიცისათვის. კომუნისტური პარტიისა და საბჭოთა მთავრობის ხელმძღვანელობა და შემოქმედებითი საქმიანობა უდიდეს მაორგანიზებელ ძალად გადაიქცა ჩვენი ქვეყნის სახალხო მეურნეობის ყველა დარგის გრანდიოზულ წინსვლისა და აღანიანთა საზოგადოების მეცნიერულ საფუძვლებზე გარდასაქმნელად. ყველაფერი ეს უდიდეს გავლენას ახდენს მთლიანად საბჭოთა მეცნიერებაზე და, კერძოდ, ქიმიის მეცნიერებაზე.

საბჭოთა ქიმიკოსებმა გააგრძელეს და განავითარეს ლომონოსოვის, მენდელეევის, ბუტლეროვის, მარკოვნიკოვისა და სხვების მიერ შექმნილი ნივთიერების აღნაგობის თეორია და საუკეთესო შედეგებიც მიიღეს.

ქიმიის მეცნიერებასა და ქიმიური მრეწველობის განვითარებას ჩვენს ქვეყანაში განსაკუთრებით ხელი შეუწყო უკანასკნელი ორი ათეული წლის მანძილზე მოღვაწეულთა ქიმიური აღნაგობის გამოკვლევამ თანამედროვე ფიზიკის ექსპერიმენტული და თეორიული მეთოდებით. ამით დადასტურდა დიდი რუსი ქიმიკოსის ლომონოსოვის სიტყვები: „ფიზიკა და ქიმია ისე არიან ერთმანეთთან დაკავშირებული, რომ ერთს მეორის გარეშე სრულიად არ შეუძლია არსებობდეს“. ამ გარემოებას ხაზს უსვამდა ენგელსი და აღნიშნავდა უდიდესი შედეგების მიღებას ამ ორი მეცნიერების ურთიერთკავშირით და დახმარებით.

ფიზიკური მეთოდების გამოყენება ქიმიაში არა მარტო ამდიდრებს და აღრმავებს ქიმიური მოვლენების შეცნობას, არამედ სახავს ახალ გზებს შემ-



დგომი გამოკვლევებისათვის. უკვე შესაძლებელი გახდა მთელი რიგი რეაქციების მექანიზმის გამოკვლევა.

ამგვარად, ქიმიისა და ფიზიკის ურთიერთკავშირმა, ქიმიაში კვლევის ფიზიკური მეთოდების გამოყენებამ განავითარა და წინ წასწია ჩვენი ცოდნა ნივთიერებათა ქიმიური აღნაგობის საქმეში.

ბუტლეროვის ქიმიური აღნაგობის თეორიაში მატერიის მოძრაობის ძირითადი ქიმიური ფორმები სწორადაა მოცემული. სახელდობრ, აღნაგობის თეორია სწორად გამოხატავს მოძრაობის ძირითადი ფორმების მთავარ თვისებებს იმიტომ, რომ ამ თეორიის საფუძველია ნივთიერების მოლეკულის ქიმიური თვისებებისა და აღნაგობის ერთიანობაზე წარმოდგენა, აქ ქიმიური ცვლილებები განიხილება როგორც ქიმიური აღნაგობის ცვლილებები.

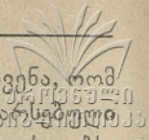
მოძრაობის ქიმიური ფორმის საფუძვლად უნდა ავიღოთ კვანტური კანონები, რომლებსაც ემორჩილება ელექტრონი, ატომი და მოლეკულები. ამის შედეგად ქიმიური აღნაგობის თეორიის განუყრელ შემადგენელ ნაწილად გახდა კვანტური ქიმია, რაც კარგად გამოხატავს მატერიის თვისებებს.

კვანტური კანონები არ ამოწურავენ ყველა კანონზომიერებას, რომლებსაც ემორჩილება მატერიის მოძრაობის ქიმიური ფორმები. კვანტური მექანიკის საშუალებით შეიძლება შესწავლილ იქნეს მხოლოდ ნივთიერებათა ის თვისებები, რომლებზეც არ მოქმედებენ სპეციფიკური კანონზომიერებანი, დაკავშირებული ნაწილაკთა (ელექტრონები, ატომები, მოლეკულები) დიდი რიცხვის ურთიერთმოქმედების რთული ფორმების არსებობასთან.

კვანტური მექანიკით შეიძლება გადაწყვეტილ იქნეს მოლეკულის ენერჯის გამოთვლა. ატომთა სივრცული განაწილება, ელექტრონული სიმკვრივის განაწილება, გარე ველში მოლეკულის ქცევა, მარტივი მოლეკულების ერთეული ქიმიური გარდაქმნის ელემენტარული აქტის მექანიზმი და სხვ. მოლეკულთა ქიმიური აღნაგობის გართულების მიხედვით და ამის შედეგად უფრო მეტ თვისებათა გამოვლენით თანდათან უფრო რთული ხდება მოლეკულთა ის თავისებურებანი, რომლებიც სწორედ ამ გართულებით არის გამოწვეული და არსებითად დამოკიდებულია ნაწილაკთა დიდი რიცხვის ურთიერთმოქმედებაზე. ამ მოვლენების შესასწავლად კვანტური მექანიკა არ არის საკმარისი და ის ვერავითარ პასუხს ვერ გვაძლევს რთული ქიმიური პროცესების შესახებ.

თითქმის მარტივ მოლეკულთა შემთხვევებშიც კი ისეთი საკითხები, როგორიცაა ნივთიერებათა რეაქციული უნარი, მათი ქიმიური გარდაქმნის მექანიზმი და კინეტიკა, აღარ არის შესაძლებელი შესწავლილ იქნეს მარტო კვანტური მექანიკით. ამგვარად, მეცნიერება მოძრაობის ქიმიურ ბუნებაზე—ქიმია არ შეიძლება დაყვანილ იქნეს კვანტურ მექანიკამდე.

ბუნებრივია, რომ მატერიის მოძრაობის ქიმიური ფორმის შესწავლა ძირითადად ყოველთვის უნდა მოხდეს ქიმიური გამოკვლევის გზით, და ქიმიის განვითარებაში წამყვანი როლი უნდა მიეკუთვნოს ქიმიური აღნაგობის თეორიას.



წყალბადის მოლეკულის კვანტურ-მექანიკურმა გამოთვლამ გვიჩვენა, რომ ატომების (მოლეკულების) ურთიერთმოქმედებისათვის ბუნებაში ყველა ცნობილი ძალიდან მნიშვნელობა აქვს მხოლოდ ელექტრულ ძალებს. ამიტომ არსებით როლს თამაშობს ელექტრონთა კვანტური თვისებები, რომელთა მხედველობაში მიღების გარეშე შეუძლებელია გავიგოთ ატომთა და მოლეკულათა ქიმიური ბმისა და ქიმიურ თვისებათა ბუნება. ელექტრონთა თვისებების არასაკმარისმა ცოდნამ წყალბადის მოლეკულის ბმის ენერჯის გამოთვლის ცდებში გამოიწვია უმედგობა კლასიკური ფიზიკის წარმოდგენებით.

ატომგულისა და ელექტრონების ურთიერთმოქმედების შედეგად ელექტრონული სიმკვრივის განაწილება, რომელიც შეეფერება ორი ატომი წყალბადის ელექტრონთა სისტემას, ატომგულთა შორის მანძილის შემცირების მიხედვით იცვლება. ამ ცვლილების ხასიათი არსებითად დამოკიდებულია ელექტრონთა კვანტურ თვისებებზე, კერძოდ პაულის პრინციპის მიხედვით გამოხატულ თვისებებზე. ატომგულთა შორის სივრცეში ელექტრონული სიმკვრივე ანტიპარალელური ელექტრონული სპინების შემთხვევაში გახდება უფრო მეტი, ვიდრე ორი იზოლირებული ატომის შესაბამისი ელექტრონული სიმკვრივის ჯამი. ამიტომ სისტემის ენერჯია ატომებს შორის განსაზღვრულ მანძილამდე მცირდება. ეს იმას ნიშნავს, რომ ატომები ურთიერთ მიიზიდებიან და წარმოიშვება ქიმიური ბმა (სწრაფვა ანუ კავშირი). პარალელური სპინების შემთხვევაში ორი ატომის გულთა შორის სივრცეში ელექტრონული სიმკვრივე მცირდება. მათი მიახლოვებისას ენერჯია დიდდება, ე. ი. ატომები ურთიერთ განიზიდებიან და, მაშასადამე, მათ შორის ბმა არ წარმოიშვება.

თუ წყალბადის მოლეკულას მიუახლოვდება წყალბადის მე-3 ატომი, მაშინ, მოლეკულაში ელექტრონული სპინების ურთიერთკომპენსაციის გამო, სივრცეში ელექტრონული სიმკვრივე მოლეკულის თითოეულ გულსა და მესამე ატომის გულს შორის მცირდება, რაც იწვევს მოლეკულის განზიდვას ატომისაგან.

გამოთვლებიდან გამომდინარეობს, რომ ქიმიკოსების მიერ აღრეგამოთქმული აზრი მოლეკულაში ატომთა ურთიერთგავლენის გადაცემის შესახებ ელექტრონთა გადასაცემების გზით ჯაჭვური ბმის საფუძველზე (მოლეკულაში ელექტრონული სიმკვრივის გადასაწილების საშუალებით), კარგად ეთანხმება ელექტრონთა ცნობილ კვანტურ თვისებებს. კვანტურმა ქიმიამ ხელი შეუწყო იმ სპეციფიკური კანონების აღმოჩენას, რომელსაც ემორჩილება ეს ცვლილებები ელექტრონული სიმკვრივის განაწილებაში.

ძრავალატომიან მოლეკულათა თვისობრივად კვანტურ-ქიმიურმა განხილვამ გვიჩვენა, რომ ვალენტობის მაძღრობისა და ატომთა ქიმიური ურთიერთმოქმედების მანძილის მიხედვით სწრაფი შემცირების შედეგად ორი ერთმანეთთან დაუკავშირებელი ატომების ურთიერთმოქმედების პირობები არსებითად განსხვავდება იმ ორი ატომის ურთიერთმოქმედების პირობებისაგან, რომლებიც ერთმანეთთან უშუალოდ დაკავშირებული არიან. ამ მიზეზით ატომები, რომლებიც ერთმანეთთან უშუალოდ შეკავშირებული არ არიან,

ერთმანეთზე გავლენას ახდენენ მხოლოდ მათ შორის მყოფი ატომებით. ამგვარად, რთულ მოლეკულათა კვანტურ-ქიმიური განხილვა სავსებით დაკონკრეტულს ხდის ბუტლეროვის თეორიის დებულებას, თვისობრივ განსხვავებასთან უშუალოდ დაკავშირებულ ატომების ურთიერთგავლენის ხასიათს იმ ატომებს შორის, რომლებიც დაკავშირებული არიან სხვა ატომების საშუალებით. სინამდვილეში ყველა მოლეკულას აქვს სავსებით განსაზღვრული წესი ატომთა დაკავშირებისა, რაც ბუტლეროვის სწავლებასთან სავსებით შეთანხმებულია. ამგვარად, კვანტური მექანიკის გამოყენებამ ქიმიური ბმის და მოლეკულათა აღნაგობის პრობლემებში ფიზიკური დასაბუთება მისცა ქიმიური აღნაგობის თეორიის მრავალ წარმოდგენას.

უკანასკნელ წლებში საბჭოთა ქიმიაში, ნაყოფიერ მიმართულებებთან ერთად, მოლეკულათა აღნაგობის თეორიაში გავრცელდა საზღვარგარეთელ მეცნიერთა მიერ შექმნილი თეორიული კონცეფცია, რომელიც ცნობილია „ელექტრონული რეზონანსის თეორიის“ სახელწოდებით.

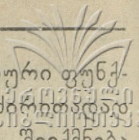
ამ თეორიამ ვერ დააკმაყოფილა და არც შეეძლო დაეკმაყოფილებინა მის მიმართ წაყენებული მოთხოვნა, ვინაიდან „რეზონანსის“ კონცეფციის საფუძვლად მიღებული იყო ზოგიერთი მცდარი მიახლოებითი კვანტურ-ქიმიური გამოთვლები, რომლებიც ახდენდნენ კვანტური მექანიკის სპეკულაციას, მაგრამ მისი არსიდან არ გამომდინარეობდნენ. „რეზონანსის“ თეორია ფაქტიურად პრეტენზიას აცხადებს საერთოდ ქიმიური აღნაგობის თეორიის როლზე, მაგრამ სინამდვილეში არ შეადგენს თანამედროვე ქიმიური აღნაგობის თეორიის ნაწილს.

„რეზონანსული“ კონცეფციის თანახმად, მოლეკულაში არსებობს განსაკუთრებული კვანტურ-მექანიკური მოვლენა—„რეზონანს-სტრუქტურა“, რაც მდგომარეობს „სტრუქტურულ, ცალკე ფორმების ერთიმეორეზე „ზედადდებაში“, რომლებიც განიხილებიან როგორც ობიექტურად არსებულნი; „ზედადდება“ („რეზონანსი“) ამ „სტრუქტურებისა“ აპირობებს მოლეკულის სტაბილობას, უზრუნველყოფს ყველა მის მთავარ თვისებას და თვით არსებობასაც. ამ თეორიის ავტორები: პაულინგი, უელანდი და სხვები „რეზონანს-სტრუქტურულ“ ცნების ნათელ განსაზღვრას არ იძლევიან. მათ შრომებში განსაზღვრული არაა „რეზონანსის“ ტერმინის არსი და მნიშვნელობა.

თვით ავტორები ტერმინს „რეზონანს-სტრუქტურას“ განიხილავენ როგორც ცნებას, რომელიც გამოვლინდება მხოლოდ დაკავშირებითი გამოთვლის კერძო შეთოდის მონაცემების საფუძველზე. სხვა მეთოდების გამოყენების დროს ეს ცნება საერთოდ არ გაჩნდება.

ყველაფერი ეს ხელს არ უშლის „რეზონანსული“ თეორიის კონცეფციის ავტორებს და მის მომხრეებს თავიანთ შრომებში, მონოგრაფიებსა და სტატიებში ილაპარაკონ „რეზონანსულ-სტრუქტურაზე“, როგორც რეალურ ფიზიკურ მოვლენაზე, რომელიც მოლეკულაში ხდება, და თვით „სტრუქტურებზე“, როგორც მდგომარეობებზე მოლეკულაში ობიექტურად არსებულზე.

რას წარმოადგენს სინამდვილეში პაულინგის „რეზონანსული სტრუქტურა“



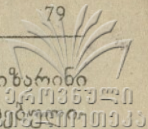
ტურა“. ნებისმიერი მოლეკულის ვალენტური ელექტრონების ტალღური ფუნქცია ელექტრონული წყვილების ნულოვანი მიახლოების მეთოდში ძირითადი იმყოფება აგზნებულ, ანუ შესფოთებულ მდგომარეობაში, რაც შეიქმნება განსაზღვრული წესით იზოლირებული ატომების ერთელექტრონიანი ტალღური ფუნქციებიდან. ასეთი წარმოდგენა სწორია მხოლოდ ატომთა შორის დიდი მანძილის შემთხვევაში, ხოლო მოლეკულებისათვის, რომლებიც ატომთა შორისი ნამდვილი მანძილით არიან დაშორებული, ასეთი რამ ძლიერ მიახლოებითია. კვანტური მექანიკის პრინციპის თანახმად, მოლეკულის ეს ტალღური ფუნქცია მხედველობაში უნდა დებულვობდეს ატომის მიხედვით ელექტრონთა განაწილებაში ყველა შესაძლებელ კომბინაციას. ამ დროს ტალღური ფუნქცია შედგება მთელი რიგი შესაკრებებიდან, რომელთაგან თითოეულს უპასუხებს ატომებს შორის ელექტრონული სპინების ისეთი განაწილება, რომელთა დროს ანტიპარალელურ სპინებს იჩენენ ატომების სავსებით განსაზღვრული წყვილების ელექტრონები. პირობითად მიღებულია, რომ ეს შესაკრებები გამოვხატოთ გრაფიკულად ვალენტური სქემის სახით, სადაც ანტიპარალელური ელექტრონული სპინებით ატომები შეერთდებიან ხაზებით. პაულინგმა ამ ვალენტურ სქემებს უწოდა „რეზონანსული სტრუქტურები“, რომლებიც თითქოს ობიექტურად არსებობენ და რეალურ ფიზიკურ მოვლენებს წარმოადგენენ.

პაულინგი „რეზონანსულ სტრუქტურებს“ ფაქტიურად ისე ეპყრობა და ღებულობს; როგორც ჩვეულებრივ სტრუქტურულ ფორმულებს, თუმცა ზემოთქმულიდან ჩანს, რომ მათ სულ სხვა შინაარსი აქვთ და უმრავლეს შემთხვევაში არ გააჩნიათ არავითარი (გარეგანი) მსგავსება.

არ არსებობს „რეზონანსის“ მოვლენა, რადგან ამ ტერმინით არსებითად წოდებულია განსაზღვრული მათემატიკური ოპერაცია, რომელიც არ შეეფერება რაიმე მოლეკულაში ობიექტურად არსებულ ეფექტს. „რეზონანსულ სტრუქტურებზე“ და მათ „რეზონანსზე“ წარმოდგენებს არ აქვთ არც ექსპერიმენტული და არც თეორიული საფუძველი და წარმოადგენენ წმინდა წყლის სპეკულაციას.

„რეზონანსული“ კონცეფციის მომხრეები ამტკიცებენ, რომ, მაგალითად, ნაფტალინის მოლეკულაში რეზონანსებს 42 „სტრუქტურა“, ხოლო ანტრაცენის მოლეკულაში—429 „სტრუქტურა“, რისთვისაც ყველა ესენი ვითომცდა არსებობენ მოლეკულაში. ასეთი მტკიცება აშკარა წინააღმდეგობაშია ბუტლეროვის სწავლებასთან, რომლის თანახმად თითოეულ მოლეკულას აქვს ატომთა-შორისი კავშირების მხოლოდ ერთი, სავსებით განსაზღვრული განაწილება.

პაულინგის აზრით, ქიმიკოსების მიერ დასმული საკითხი, თუ რომელი შეეფერება სინამდვილეს შესაძლებელი სტრუქტურული ფორმიდან, მაგ., ბენზოლისათვის, შეცდომაა. „რეზონანსის“ თეორიამ ეს საკითხი მოხსნა და გვიჩვენა, რომ ყველა შესაძლებელი სტრუქტურა დიდი ან მცირე „ხარისხით“ შედის მოლეკულაში და არსებობს მასში. პაულინგი მეცნიერების წინაშე აყენებს მკდარ ამოცანას, თითქოს ექსპერიმენტულად აღმოეჩინათ „რეზონანსული სტრუქტურა“, ასეთი სტრუქტურა არ არსებობს და არც მისი



ექსპერიმენტულად აღმოჩენა შეიძლება. განა შეიძლებოდა ქიმიის ალიზაინი აღმოეჩინა ქვანახშირის კუბრში, რომ ის მასში ობიექტურად არ არსებობდა? ცხადია, რომ არა. ასევე, რაც ობიექტურად, რეალურად არ არსებობს, მას ჩვენ ვერ ავსახავთ. შევიცნობთ და ავსახავთ მხოლოდ მას, რაც ნამდვილად არსებობს.

პაულინგმა და მისმა მომხრეებმა განავითარეს „რეზონანსული სტრუქტურა“ და ამით „რეზონანსი“ დასახეს რაღაც პირველად, მოლეკულაში ობიექტურად არსებულად, რაც თითქოს წინასწარ განსაზღვრავს ყველა მის თვისებას. ამით „რეზონანსული“ თეორიის ავტორებმა მოლეკულის თვისებათა განმსაზღვრავი ნამდვილი ფაქტორები შეცვალეს წარმოდგენითი ქმნილებით, ფიქციური ცნებებით და დამახინჯეს ჰეშმარიტი აზრი მოლეკულათა აღნაგობის საკითხებზე, გამოყენებული კვანტურ მექანიკაში.

ზემოთქმულის საფუძველზე აშკარად ჩანს, რომ „რეზონანსული თეორიის“ მომხრეები აღიარებენ ფილოსოფიაში იდეალიზმს; ობიექტურად არსებულად და ფიზიკურ რეალობად აცხადებენ ბუნებაში არ არსებულ ფიქციურ ცნებებს, წარმოდგენითს ქმნილებებს, დამახინჯებულ აზრებს.

რადგან „რეზონანს-სტრუქტურის“ ცნება ფიქციურია, ცხადია, რომ ცნება, რომელიც შემოდის ქიმიის „რეზონანსული“ წარმოდგენების საფუძველზე, აგრეთვე ფიქციურია. ასეთია, მაგალითად, ცნება „რეზონანსული ენერჯის“ შესახებ, რომელსაც თითქოს თავის საწყისად აქვს „სტრუქტურათა კვანტურ-მექანიკური რეზონანსი“.

„რეზონანსის“ კონცეფციის მომხრეები მსგავსი ფაქტების განხილვისას ემყარებოდნენ კვანტურ მექანიკურ გამოთვლებს, რაც წარმოადგენს ორგანული ქიმიის ადითიური სქემიდან გადახვევას. ეს უკანასკნელი შემდეგში მდგომარეობს: მაგალითად, ბენზოლის შემთხვევაში, თუ კეკულეს ფორმულიდან გამოვალთ და გამოვივლით წარმოქმნის ენერჯის, როგორც ჯამს მარტივი და ორმაგი კავშირებისას, მაშინ გამოდის, რომ ბენზოლის წარმოქმნის ნამდვილი ენერჯია (ატომებიდან) მეტია ამგვარად გამოთვლილ ჯამზე. ენერჯიების ეს სხვაობა პაულინგმა, უელანდმა და სხვებმა სავსებით ნებისმიერად გააიგივეს მოცემულ მოლეკულაში II-ელექტრონთა ენერჯიის სხვაობის შედეგებთან, რომლებიც მიიღება ორი კვანტურ მექანიკური გამოთვლის დროს, რაც შესრულებულია ელექტრონების წყვილების მიღების საფუძველზე, მიახლოებითი სიზუსტით. მათ შორის სხვაობას დაერქვა „რეზონანსის ენერჯია“. მეორე გზით გამოთვლილი ენერჯიის მოკლება მიეწერება დამატებითი სტრუქტურების მხედველობაში მიღებით გამოთვლილი მეთოდის წმინდა მათემატიკურ შედეგს. ის არ გამოხატავს რაიმე ენერჯიის რეალურ ცვლილებას „რამდენადაც რეზონანსული სტრუქტურა“, რომელიც მიღებულია შედარებისათვის, არ არსებობს არც განხილულ მოლეკულაში, არც სხვა რომელიმე ნებისმიერ მოლეკულაში. ამგვარად, „რეზონანსის ენერჯია“ ისეთივე სპეკულატიური ხასიათის ცნებაა, როგორც თვით „რეზონანსი“.

რეზონანსული კონცეფცია გახდა იდეალისტურ კონცეფციად, რომელსაც ახასიათებს სინამდვილის შეცვლა ფიქციით. პაულინგის მოწაფე უელან-

დი წერს: „რეზონანსის“ იდეა წარმოადგენს უმთავრესად გააზრებულ კონცეფციას, ვიდრე სხვა ფიზიკური თეორიები. ის არ გამოხატავს თვითნებურ კულის რაიმე შინაგან თვისებას, არამედ წარმოადგენს მათემატიკურ წესს, გამოგონილს ფიზიკოსის ან ქიმიკოსის მიერ საკუთარი მოხერხებულობისათვის“. ამგვარად, პაულინგი და მისი მომხრეები „რეზონანსის“ თეორიას ამართლებენ „სარგებლობის“ და „მოხერხებულობის“ თვალსაზრისით, რაც მათ მიერ ამ თეორიის დაცვის ძირითადი არგუმენტი იყო. ასევე, უელანდი აღნიშნავს, რომ „მოლეკულის ფიზიკურ და ქიმიურ თვისებებზე გავლენას ახდენს „რეზონანსი“, ანუ, უელანდის აზრით, გააზრებული კონცეფცია „გავლენას ახდენს მოლეკულის ფიზიკურ და ქიმიურ თვისებებზე“, ე. ი. მოლეკულაზე და მის თვისებებზე — ობიექტურ რეალობაზე გავლენას ახდენს და მართავს მას გონების მიერ გამოწერილი კანონები. ასეთი მიდგომა ძირითადად შემცდარი და მიუღებელია.

ენგელსი „ანტი-დიურინგის“ შესავალში წერს: „ჩემი ამოცანა იყო არა ის, რომ შემეტანა დიალექტიკური კანონები გარედან ბუნებაში, არამედ იმაში, რომ მენახა ის მათში და მით განმეფითარებინა“, ე. ი. ეს კანონები თვით ბუნების სინამდვილეშია და არა გონება იგონებს მას.

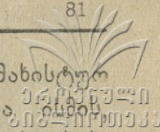
ცხადია, რომ „რეზონანსის თეორიის“ მეთოდოლოგიური საფუძვლები წარმოადგენენ აწერის მოხერხებულობის მახისტურ პრინციპს, რაც არსებითად არის „აზროვნების ეკონომია“, დამოუკიდებლად იმისა გამოხატავს ეს „აწერა“ ნამდვილ რეალობას თუ არა. სამწუხარო ისაა, რომ ამ პრინციპის მომხრეები ვერ ამჩნევენ, რომ ნაფტალინის 42 „სტრუქტურის“ და ანტრა-ცენის 429 „სტრუქტურის“ განხილვა გაცილებით უფრო მოუხერხებელია, ვიდრე მოლეკულის ერთი ნამდვილი სტრუქტურისა.

ე. ი. ლენინი გვასწავლიდა, რომ „აზროვნების ეკონომიის პრინციპს, თუ მას ნამდვილად ავიღებთ „შემცნების თეორიის საფუძვლად“, არ შეუძლია არაფერი მოგვცეს თუ არა „სუბიექტური იდეალიზმი“, რომ ვარსებობთ მხოლოდ მე და ჩემი შეგრძნებები, ამას უღრის „ეკონომიურად ვაზროვნებთ“.

ლენინი გვასწავლიდა, რომ „ადამიანის აზროვნება მაშინ არის „ეკონომიური“, როცა ის ობიექტურ ჭეშმარიტებას სწორად ასახავს, და ამ სისწორის კრიტერიუმი არის პრაქტიკა, ექსპერიმენტი, ინდუსტრია“.

ამგვარად, „რეზონანსის თეორია“ წარმოადგენს იდეალისტურ კონცეფციას, რომელიც ეწინააღმდეგება თანამედროვე მეცნიერების ყველა მონაცემს. ის მეთოდოლოგიურად მიუღებელი და გაუმართლებელია; ფიზიკურად არარსებული და უნაყოფო. ამ თეორიამ, რომელიც აცხადებდა პრეტენზიას ყველაფრის შემცველ და ყველაფრის ამხსნელ თეორიაზე, სინამდვილეში მოგვცა მნიშვნელოვანი მავნებლობა ქიმიური აღნაგობის თეორიის შესწავლის საქმეში იმით, რომ მრავალი მკვლევარის ყურადღება მიმართა უნიადაგო და უსარგებლო ფსევდომეცნიერული თეორიის შექმნისაკენ და წამოაყენა მავნე დებულება იმ ფაქტების ახსნისა, რომლებიც სინამდვილეში აუხსნელი და გაუგებარი დარჩა.

ორგანული მოლეკულის რეალური სტრუქტურის შეცვლა ფიქციური



„სტრუქტურებით“ რეზონანსულ თეორიაში წარმოადგენს ტიპიურ მახასიათებელ ფოკუსს. ამხანაგი ლენინი ბაზაროვის წინააღმდეგ წერდა: „კითხვა რაგორ შეუძლია ხალხს, რომელიც ჯერ კიდევ გონება-შეშლილი არ არის, ამტიციოს სალი გონებით და მტიციე მესხიერებით, თითქოს „გრძობითი წარმოდგენები არის ჩვენს გარეშე არსებული სინამდევლე?“ (ტ. 14, გვ. 102). რეზონანსის თეორიაც ასეთი იდეალისტური შეხედულების შემცველია.

რეზონანსულ თეორიაზე უფრო ადრე წარმოიშვა ინგოლდის მეზომერული თეორია, მაგრამ ორივე თეორია იმდენად დაახლოებული გამოვიდნენ, რომ ისინი ამჟამად შეერთებულია ერთ მთლიან იდეალისტურ თეორიად. მეზომერული თეორია იყენებს ბენზოლის მსგავს ორგანული მოლეკულის იმავე რთულ შემთხვევას, როცა მათი ქეშმარიტი სტრუქტურა ჩვეულებრივი ვალენტური ფორმულებით არ შეიძლება იქნეს გამოხატული. ასეთ შემთხვევაში ინგოლდი იძლევა წინადადებას—შედგეს ორი წარმოდგენითი (ზღვრული) სტრუქტურა, რომლებიც შეიძლება და გამოხატული ყოფილიყო ჩვეულებრივი ფორმულებით, მაგრამ შემდეგ რეალური მოლეკულის ქეშმარიტი სტრუქტურა განსაზღვრულ იქნეს როგორც საშუალო ორ ფიქციურ „სტრუქტურას“ შორის (მეზოს = საშუალო). ასეთ შემთხვევაში რეალური ობიექტი გამოდის როგორც წარმომადგენელი არარეალურისაგან, ფიქტიურისაგან, წარმოდგენითი კონსტრუქციისაგან, რაც შემოტანილია მხოლოდ გრაფიკული გამოხატვის მოხერხებულობისათვის. აქედან ჩანს, რომ არავითარი პრინციპული განსხვავება პაულინგის „რეზონანსულ“ თეორიასა და ინგოლდის „მეზომერულ“ თეორიას შორის არ არსებობდა და არ არსებობს.

რეზონანსულ თეორიას, ისე როგორც თანამედროვე ბურჟუაზიულ მეცნიერებას: მახიზმს, სუბიექტურ იდეალიზმს, აგნოსტიკურ თეორიებსახასიათებს მეტაფიზიკის სახეობა, რასაც უწოდებენ მექანიციზმს. მექანიციზმისათვის საერთოდ დამახასიათებელია შესასწავლი ობიექტის სპეციფიკურ განსაკუთრებულებათა უარყოფა, მატერიის მოძრაობის მაღალი ფორმების დაყვანა დაბალზე, თვისობრივი განსხვავება რაოდენობრივისაგან, მთელის გაიგივება ნაწილების ჯამთან. მექანიციზმი წინათ ცდილობდნენ ყველა მოვლენა, და მათ შორის ცოცხალი ორგანიზმი, დაეყვანათ უცვლელი ატომების მექანიკამდე. ელემენტარების, ფოტონების, პროტონისა და სხვა ე. წ. „ელემენტარული“ ნაწილაკების აღმოჩენის შემდეგ მათ მიზნად დაისახეს დაიყვანონ ბუნების ყველა მოვლენა ამ ფიზიკური ნაწილაკების მექანიკამდე, ე. ი. კვანტურ მექანიკამდე, მაღალი მოვლენები უდაბლეს მოვლენებამდე. მექანიკურ დაყვანას საბოლოო ჯამით აქვს თავისი მცდარი „ლოგიკა“, თავისი მცდარი თანმიმდევრობა: საზოგადოებრივი მოვლენები დაიყვანება ბიოლოგიურამდე, საზოგადოება ცხადდება ბიოლოგიური ინდივიდუუმების მარტივ ჯამად („სოციალური დარვინიზმი“, მალტუზიანობა). თავის მხრივ, ბიოლოგიური ინდივიდუუმში დაიყვანება უჯრედების ჯამამდე (ვეისმანიზმი, მორგანიზმი); გენი—ორგანულ მოლეკულათა ჯამამდე; ორგანული მოლეკულა — კვანტურ-მექანიკურ სისტემამდე. ამით განისაზღვრება თანამედროვე რეაქციული ბურჟუაზიული მეცნიერების სისტემაში რეზონანსული თეორიის ადგილი და დანიშნულება.

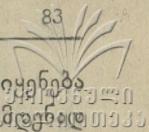
ეს თეორია არის გამომხატურება რთული მოვლენების მარტივში მექანიკური დაყვანისა იმ მიზნით, რომ მეცნიერებიდან ვაძეგებულ იქნეს ობიექტური კანონების ზომიერების იდეა და წინ იქნეს წამოწეული ბურჟუაზიული იდეოლოგია.

მარქსისტული კონცეფციის გამოყენებით, „ფიზიკური“ იდეალისტები, როგორც არიან დირაკი, ბორი, იორდანი, კომპტონი გამალებით შეუდგნენ აშკარა იდეალისტური იდეების პროპაგანდას „ელექტრონის თავისუფალი ნების“ შესახებ, ინდეტერმინიზმის იდეების პროპაგანდას მიკრო-სამყაროში, რომელსაც კვანტური მექანიკა სწავლობს. ასე, მაგალითად: დირაკი თავის წიგნში „კვანტური მექანიკის საფუძველი“ ამტკიცებს, რომ „ჩვენ უნდა გადავხედოთ ჩვენს წარმოდგენებს მიზეზობრიობის შესახებ. კვანტურ თეორიაში ადგილი აქვს პრინციპულ ინდეტერმინიზმს... არ უნდა ვიფიქროთ, რომ კვანტურ თეორიაში დეტერმინიზმის უარყოფა არის რაღაც სამწუხარო, მატერიის აღნაგობის რაციონალურ თეორიაში დეტერმინიზმი აუცილებლად არ უნდა იყოს“. ასეთ იდეალისტურ შეხედულებათა საფუძველზე დირაკი აშენებს თავის „სუპერპოზიციის პრინციპს“, რომელიც დიდი ინტერესით მიიღეს (მდგომარეობის ზედდადება) პაულინგის მომხრეებმა.

კვანტური მექანიკის შემქმნელი შრედინგერი თავის წიგნში „რა არის სიცოცხლე ფიზიკის თვალსაზრისით“ (1947 წ.) თავისთავზე კისრულობს საესებით უაზრო და რეაქციულ ამოცანას—დაიყვანოს ცოცხალი ორგანიზმი შუალედი საფეხურებით გენებამდე, შემდეგ ორგანულ მოლეკულებამდე და ეს უკანასკნელი კვანტური მექანიკის გაგებამდე. ამ წიგნის შესახებ აკადემიკოსი ლისენკო ლენინის სახელობის სოფლის-მეურნეობის მეცნიერებათა საკავშირო აკადემიის სესიაზე ოთხი წლის წინ აღნიშნავდა, რომ „შრედინგერის წიგნში ბიოლოგია საესებით მორგანულია“.

თავის წიგნში შრედინგერი ყოვლად გაუმართლებელ ცდას იძლევა, რომ სიცოცხლის საფუძვლის შემადგენელი ბიოლოგიური პროცესები დაიყვანოს გენებამდე, გენები—ორგანულ მოლეკულამდე, რომლისგანაც თითქოს ისინი წარმოშობილია, ხოლო ორგანული მოლეკულები—კვანტურ-მექანიკურ წარმოქმნამდე, ე. ი. დაიყვანოს სიცოცხლე კვანტურ მექანიკამდე, მაშინ როცა თვით კვანტური მექანიკა განიხილება იდეალიზმის საფუძველზე. მთელი ამ იდეალისტურ-მექანიკური ჯაჭვის არსებით მხარედ ჩაითვლება კვანტურ მექანიკამდე დაყვანა ორგანული, განსაკუთრებით ცილოვანი ნივთიერებისა, რომლისგანაც წარმოშობილია ცოცხალი ორგანიზმების ნივთიერი საფუძველი. შრედინგერი განგებ მიმართავს სიცოცხლის მოვლენებისა და ორგანული ნივთიერების მექანიკურ განხილვას, რომ დაასაბუთოს იდეალიზმი. ეს ჩანს მისი განცხადებიდან, რომ „ჩემი სხეული ახდენს ფუნქციონირებას, როგორც სუფთა მექანიკაში“. ამ თეზისისა და იმ მითითების შემდეგ, რომ ადამიანს აქვს სულიერი მოქმედების უნარი, ის აღიარებს აშკარა ხეცობას: „განა არ წარმოადგენს ჩვენ მიერ მოყვანილი დასკვნა იმაზე მეტს, რაც შეუძლია ბიოლოგმა მოგვცეს, რომელიც ერთი ხელის მოსმით ამტკიცებს ღმერთის არსებობასა და სულის უკვდავებას“.

აქ აშკარად ვხედავთ, რომ მოძრაობის მაღალი ფორმის დაყვანა დაბალ-



ზე და საბოლოო ანგარიშით კვანტურ მექანიკამდე უშუალოდ გამოიყენება იდეალიზმის დაცვისა და პროპაგანდისათვის. აქ უკვე ვხედავთ, თუ რამდენად მჭიდროდაა გადანასკვნული ერთმანეთში ერთი ტიპის იდეალისტურ-მექანიკური მიმართულებანი, რომლებიც მოქმედებენ რეაქციული საზღვარგარეთის მეცნიერების სხვადასხვა სფეროში: ბიოლოგიაში—ვეისმანიზმ-მორგანიზმი, შრედინგერის, დირაკისა და სხვა „ფიზიკური“ იდეალისტების შეხედულებანი—ფიზიკაში, პაულინგის და ინგოლდის შეხედულებანი—ორგანულ ქიმიაში. ყველაფერი ეს არის ერთი ჯაჭვი და აქვს ერთი ძირი მცდარი მეცნიერების თეორიაში, რომელიც ემსახურება ბურჟუაზიის იდეოლოგიას—იდეალიზმს.

ამხანაგი ლენინი ორპოცი წლის წინათ, ე. ი. გაცილებით უფრო ადრე ვიდრე კვანტური მექანიკა შეიქმნებოდა, მიგვითითებდა მექანიკური იდეის, სახელდობრ, მთელი ქვეყნის პროცესების ელექტრონთა მოძრაობამდე „დაყვანის“ შეუძლებლობასა და გაუმართლებლობაზე.

ლენინი წერდა: „როცა მთელ მსოფლიოს „დაიყვანენ“ ელექტრონთა მოძრაობამდე, მაშინ ყველა განტოლებიდან შეიძლება ელექტრონი ამოღებულ იქნეს, იმიტომ რომ ის ყველგან იგულისხმება, და ელექტრონების ჯგუფების ან აგრეგატების შეფარდება დაიყვანება მათ ურთიერთ აჩქარებამდე,—მოძრაობის ფორმები რომ იყოს ისე მარტივი, როგორც მექანიკაში“ (ტ. 14, გვ. 175). ამ სიტყვებიდან ჩანს, რომ ლენინი, რომელიც ამხელდა ფიზიკაში „მათემატიკურ“ ფორმალიზმს და იდეალიზმს, არ უშვებდა შესაძლებლად ასეთ „დაყვანას“. საესებით ცხადია, რომ ქიმიური პროცესები, თუ ცოცხალი ბუნების მოვლენებზე არ ვილაპარაკებთ, ისე მარტივი არ არიან, როგორც მოვლენები, რომლებსაც მექანიკა სწავლობს.

რაგინდ აუცილებელი და მნიშვნელოვანიც უნდა იყოს ელექტრონების მოძრაობის გამოკვლევა, არასდროს არ უნდა გაუშვათ მხედველობიდან ის ფაქტი, რომ ორგანული ქიმია ეყრდნობა არა ელემენტარულ, მარტივ სისტემებს—ელექტრონებს (ელექტროობით დამუხტულ ნაწილაკებს), არამედ რთულ ქიმიურ სისტემებს, რომელთა სპეციფიკა კვანტური მექანიკით არ აიხსნება. არ შეიძლება ცალკე ელექტრონების ფიზიკური მახასიათებლის საფუძველზე აიხსნას, ამოიწუროს ორგანული მოლეკულის ქიმიური თავისებურება, მით უმეტეს ძლიერ რთული სისტემის ქიმიური ნივთიერებებისა, რომლებიც მონაწილეობას ღებულობენ ორგანულ სინთეზში.

„რეზონანსისა“ და „მეზომერიის“ მეთოდოლოგიურად მცდარ და ფიზიკურად გაუმართლებელ კონცეფციას საბჭოთა ქიმიკოსებს შორის აღმოუჩნდნენ თანამგრძობანი და მომხრენი, რომლებიც ამ თეორიებს მხარს უჭერდნენ და ავითარებდნენ თავიანთ შრომებში. ასეთები იყვნენ ი. კ. სირკინი, მ. ე. დიატიკინა, მ. კ. ვოლკენშტეინი, ა. ი. კიპრიანოვი და სხვები.

მეტი თუ ნაკლები ზომით შეცდომები დამზვებული აქვთ ჩვენს ქართველ ქიმიკოსებსაც, რომელთაგან ნაწილმა უკვე აღიარა და ნაწილმა კი უნდა აღიაროს მათ მიერ დამზვებული შეცდომა, რა მოცულობითაც უნდა იყოს ის.

1948 წელს, როდესაც უკვე „რეზონანსული“ თეორია ფართოდ გავრცელებული იყო, ერთ-ერთ ჩემს შრომაში—„ქიმიაში ხმარებულ ზოგიერთ

ცნებათა განმარტებისათვის“ (უნივერსიტეტის შრომები XXXI, 1948 წ., გვ. 106) ჩემ მიერ დაშვებული არა ზუსტი ფორმულირება დატანული დებულებებს განვითარება. მაგალითად, მე ვწერდი: „ქიმიაში სავსებით შეიცვალა სწავლა ქიმიური სწრაფვის შესახებ; მისი რთული ბუნების გაგება მომავლის საქმეა, თუმცა ნაწილობრივ ქიმიური რეზონანსის თეორიამ აშკარა გახადა უკანასკნელ ხანებში ზოგი რამ“, რაც შეცდომად უნდა ჩაითვალოს. ამავე შრომაში მოცემულია არასწორი აზრი, რომ „თითქოს მასას შეუძლია ენერგიაში გადასვლა და, პირიქით, მასის და ენერჯის შენახვის კანონების ერთ კანონში გაერთიანების შესაძლებლობა“. ეს დებულებაც შეცდომად უნდა ჩაითვალოს.

ლიტერატურა

1. Состояние теории химического строения в органической химии: Докл. комиссии ОХН АН СССР, 1951.
2. Резолюция совещания по теории химического строения в органической химии. Москва, 14 июня 1951 г.
3. Б. Кедров, Против идеализма и механизма в органической химии: „Большевик“ № 19, 1951 г.
4. „Вопросы философии“ №№ 1, 2, 3, 1951 г.
5. შ. შარაშენიძე, ქიმიაში ხმარებულ ზოგიერთ ცნებათა შესახებ: სტალინის სახელობის თბილისის სახ. უნივერსიტეტის შრომები, 1948 წ.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ფიზიკური ქიმიის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1953. IV. 25.)

Ш. Шарашенидзе

Теория резонанса и ее порочная идеология

Резюме

Теория химического строения А. М. Бутлерова, относящаяся к началу второй половины XIX века, занимает важное место в истории развития химии. Теория органической химии А. М. Бутлерова по своему значению может быть поставлена на одном уровне с периодическим законом Д. И. Менделеева и с эволюционной теорией Ч. Дарвина.

А. М. Бутлеров всегда исходил из материалистического миропонимания и в этом был залог его успеха в борьбе с противниками теории химического строения. А. М. Бутлеров писал, что мы имеем „не только право, но и обязанность говорить о наших частицах и атомах со всеми их отношениями, как о существующих на деле, и сохранить при этом уверенность, что суждения наши вовсе не будут отвлеченностями без реальной подкладки. Напротив, мы смело можем утверждать, что они сохраняют известное отношение к тому, что действительно существует в объективном мире и познается нами обычным путем наблюдения, опыта и мышления“.

За 90 с лишним лет—от создания теории А. М. Бутлерова до наших дней—теория строения прошла сложный путь своего развития. К сожалению, в последнее время имела место недооценка, непонимание и извращение бутлеровской теории строения со стороны не только зарубежных, но и некоторых советских ученых. Это явная тенденция исказить истинный смысл теории химического строения А. М. Бутлерова, фальсификация исторических фактов, которая сводится к умалению значения русской науки, что со стороны некоторых советских ученых было обусловлено некритическим отношением.

Основные формы движения материи нашли правильное отражение в теории строения А. М. Бутлерова. Теория строения правильно отражает главные свойства основных форм движения именно потому, что в основе этой теории лежит представление об единстве химических свойств и строения, а химические изменения рассматриваются как изменения химического строения.

В последние годы, наряду с плодотворным направлением в теории строения молекул, в советской химии получила распространение развитая зарубежными учеными теоретическая концепция, известная под названием „теории электронного резонанса“.

Согласно концепции „резонанса“ в молекуле происходит особое квантово-механическое явление—„резонанс структур“, состоящее в „наложении“ друг на друга отдельных структурных форм, рассматриваемых как объективно существующие; резонанс (наложение) этих структур обуславливает устойчивость молекулы, ее важнейшее свойства, а также самое ее существование.

Авторы этой теории Паулинг, Уэланд и другие—не дают ясного определения „резонанса структур“. В их работах отсутствует сущность и значение термина „резонанс“. О „резонансе структур“ указанные авторы говорят как о реально существующем физическом явлении, происходящем в молекуле, и о самых „структурах“ как о состояниях объективно существующих в молекуле.



Не существует явления „резонанса“, т. к. под этим термином разумеется определенная математическая операция, которая не соответствует какому-либо объективно существующему эффекту в молекулах. Представления о „резонансе структур“ и о „резонансе“ лишены какого бы то ни было экспериментального и теоретического основания и являются по своему характеру спекулятивными. Концепция резонанса является идеалистической, где действительность подменена фикцией. Она противоречит данным современной науки, т. к. является методологически неприемлимой и бесплодной.

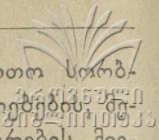
ა. პარეკაძე

ბუნებრივი თიხებიდან მიღებული კოლოიდების სოკოვანი თინისაგან ორგანულ ნივთიერებათა ორთქლის მიმართ

ბუნებრივი ადსორბენტებით აღვილად აქროლად სითხეთა ორთქლისა და აირების სორბციულმა მოვლენებმა მეტად დიდი პრაქტიკული გამოყენება პოვა წარმოების სხვადასხვა დარგში. ბუნებრივი სახის სორბენტებიდან თავისი სიაფითა და კარგი სორბციული თვისებებით თავიდანვე დიდ ყურადღებას იმსახურებდა [1, 2, 3, 4] და ამჟამადაც ფართო გამოყენება აქვს ბენტონიტური თიხების ნაირსახეობას. ამით აიხსნება, რომ სოციალისტური მრეწველობის მნიშვნელოვანი დარგები (ნავთობის, ცხიმის, ქაღალდის წარმოების, ხელოვნური აბრეშუმის, კაუჩუკის, ცელულოზისა და სხვ.). სორბენტებად წარმატებით იყენებენ მათეთრებელ თიხებს.

ბუნებრივი თიხების კარგი სორბციული თვისებების მიუხედავად, სისტემატურად წარმოებდა ცდები მათი სორბციული თვისებების გაუმჯობესებისათვის. დღემდე მიღებული მონაცემებიდან დადებით შედეგებს იძლევიან თიხების მინერალური მყავებითა და თერმიული (გაცხელება) გააქტივების მეთოდები. თიხების გააქტივების აღნიშნულმა მეთოდებმა უშუალო საწარმოო პრაქტიკული გამოყენება პოვა, მაგრამ მათი გააქტივების ეფექტური მეთოდების გამონახვას ამჟამადაც დიდი მნიშვნელობა ენიჭება.

ბუნებრივი თიხები რთული შემადგენლობის სორბენტთა ჯგუფს ეკუთვნიან. არ ვეხებით რა თიხებში შემავალი მშთანთქმელი კომპლექსების კლასიფიკაციას და მათ შესახებ სხვადასხვა ავტორთა შეხედულებების დახასიათებას, საჭიროდ ვთვლით აღვნიშნოთ, რომ ამ შეხედულებებიდან ყველაზე მართებულ მოსაზრებას კ. კ. გედროიცი [5] იძლევა. ამ უკანასკნელის წარმოდგენით, ნიადაგისა და თიხების შთანთქმითი უნარიანობა გაპირობებულია მათში შემავალი ხუთი შემდეგი ჯგუფით: მექანიკური, ფიზიკური, ფიზიკურ-მექანიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური. აღნიშნული ჯგუფები შეიძლება ერთდროულად იმყოფებოდეს ნიადაგში როგორც კრისტალოიდური, ისე კოლოიდური სახით. თავის მხრივ, ნიადაგის კოლოიდები ჰუმატებისა და ალუმინო-სილიკატებისაგან შედგებიან. მათგან ჰუმატების შთანთქმითი ტევადობა მეტია ალუმოსილიკატებისაზე და, როგორც ფიქრობენ [6], თვით ალუმოსილიკატების შთანთქმითი ტევადობა მათი ნაწილაკების ზედაპირზე თხელი აპკის სახით ადსორ-



ბირებული ჰუმატებითაა გამოწვეული. ნიადაგის კოლოიდების საერთო სორბციული ტევადობიდან ჰუმატების, როგორც ორგანული ნივთიერებების, ტევადობის სორბციული თვისებები დადგენილი იყო აგრეთვე სხვა ავტორების მიერაც [7, 8].

ნიადაგის კოლოიდების ამ ორი ჯგუფიდან წყალში საგრძნობლად ხსნადი ჰუმატებია. ტიპური კოლოიდების ანალოგიურად მათი გახსნის პროცესი საკმაოდ ხანდაზმული მოვლენაა. როგორც ჩანს, კოლოიდების გახსნას წინ უსწრებს მისი თანხვედრილი პირველადი პროცესი — გაჯირჯვება. გაჯირჯვებული მასის დაწილადებულ მდგომარეობაში გადასვლა მექანიკური შეწვრთვით ჩქარდება.

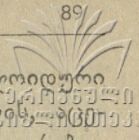
კოლოიდური დისპერსიული სისტემები მაღალი სორბციული თვისებებით ხასიათდებიან. სუსპენდირებულ მდგომარეობაში მათი სორბციული თვისებები ანიონებისა და კათიონების გაცვლითი ადსორბციის გზით ნიმდინარეობენ და უმრავლეს შემთხვევაში ქემოსორბციულ პროცესთა ჯგუფს ეკუთვნიან. მაგრამ მყარი აირმშრალი ფაზის სახით იგივე კოლოიდები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ნაკლებ ან აპოლარულ სითხეთა ორთქლის რეკუპერაციის საქმეში. ამ თვალსაზრისით ჩვენს მიზანს შეადგენდა ბუნებრივი ასკანთიხიდან მიღებული კოლოიდური ფრაქციის სორბციული თვისებების შესწავლა ტოლუოლის, აცეტონისა და ეთილის სპირტის ორთქლის მიმართ.

ქსპერიმენტული ნაწილი

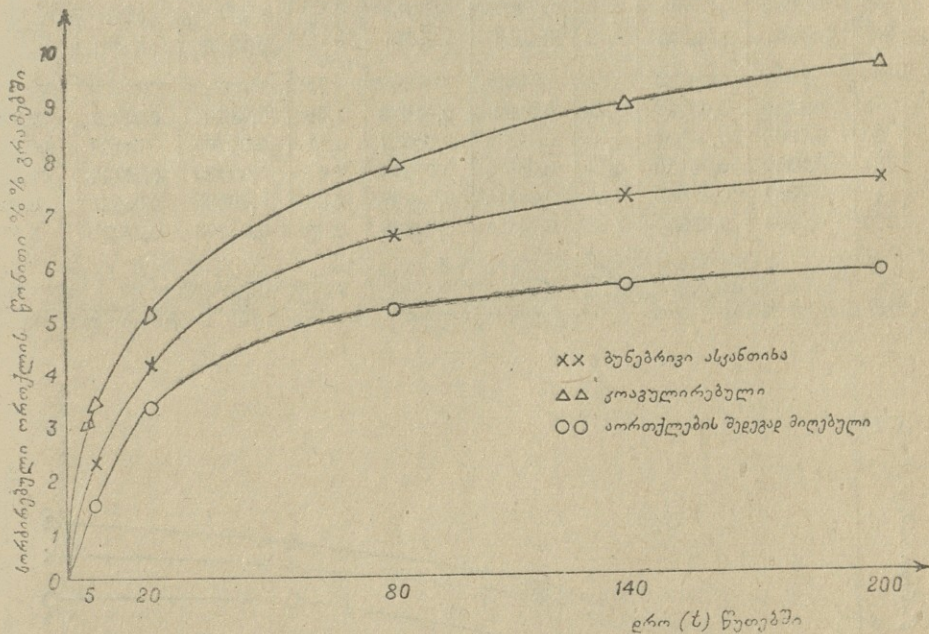
ბუნებრივი ასკანთიხის დაფხვიერებული მასა 10 გრამის რაოდენობით შეგვექონდა 300 მლ-რი მოცულობის მქონე მინის ჭურჭელში. ემატებოდა მას გამოხდილი წყლის 200 მლ და სრული გაჯირჯვების მოხდენისათვის 24 საათის განმავლობაში ვტოვებდით. რის შემდეგ კოლბა ხუთი წუთის განმავლობაში ინტენსიურად ირხეოდა ელექტროძრავასთან დაკავშირებული როტატორით, რომლის რხევის სიხშირე წუთში 1500 უდრიდა და რხევის ამპლიტუდა 15 მმ. ინტენსიური ნჯღრევის შედეგად ვიღებდით აგრეგატულად მდგრად თიხის სუსპენზიებს, რომლებიც ათეული დღე-ღამის განმავლობაში სედიმენტაციას არ განიცდიდნენ. სუსპენზიის მიღების მომენტიდან 48 საათის განვლის შემდეგ, გამოლოქილიდან სუსპენზირებული მასის მოშორების მიზნით, სუსპენზია ფრთხილად გადაგვექონდა მეორე ჭურჭელში და მასზე $FeCl_3$ *) მოქმედებით ვღებულობდით კოაგულირებულ თიხას. კოაგულირებული მასიდან ჭარბი სითხე ფილტრაციის გზით შორდებოდა. წყლის საბოლოოდ მოშორებისათვის კოაგულიატი აირმშრალი თიხის მიღებამდე $70-75^{\circ}C$ -ზე თერმოსტატში შრებოდა.

ჩვენ მიერ გამოყენებული იყო სუსპენზიიდან კოლოიდური ფრაქციის გამოყოფის მეორე გზაც — წყლის აორთქლება, რისთვისაც თიხის სუსპენზია აირმშრალი თიხის მიღებამდე ზომიერად ცხელდებოდა წყლის აბაზანაზე, კოა-

* 10 გრამი თიხიდან მიღებული სუსპენზია კონცენტრირებული $FeCl_3$ -ის ხსნარის 2-3 წვეთის დამატებით კოაგულირდებოდა.



გულირებულ და სითხის აორთქლების გზით მიღებული თიხის კოლოიდური ფრაქციის სორბციული თვისებები შესწავლილი გვექონდა ტოლუოლის (C₆H₆) ტონისა და ეთილის ორთქლის მიმართ. მიღებული შედეგები შედარებულია ბუნებრივი თიხით იმავე სითხეთა ორთქლის სორბციულ თვისებებთან. ყველა ცდაში თიხის მარცვლების დიამეტრი ~ 0,1 მმ-ს უდრიდა. ჰაერისა და გამხსნელის ორთქლის ნარევათა ნაკადის სიჩქარე ყველა ცდაში ერთნაირი (0,019 ლიტ. წუთში) იყო. ტოლუოლის ორთქლის კონცენტრაცია ჰაერის ნაკადში უდრიდა 0,0509 გრ/ლიტრს აცეტონის 0,0558 გრ/ლიტრზე და ეთილის სპირტის 0,0115 გრ/ლიტრზე. შედეგები მოტანილია 1, 2 და 3 ტაბულებში.



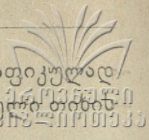
სურ. 1.

ტაბულა № 1

ტოლუოლის ორთქლის სორბცია ($f = 20-20,5^{\circ}$)

სორბირებული ორთქლის რაოდენობა

სორბც. დრო (ტ) წუთებში	ბუნებრივი ასკანთიხა			კოაგულირებული ფრაქცია			წყლის აორთქლ. გზით მიღებული ფრაქცია		
	აღებული წონაზე	ერთ გრამზე	წონით 0,010-ში	აღებული წონაზე	ერთ გრამზე	წონით 0,010-ში	აღებული წონაზე	ერთ გრამზე	წონით 0,010-ში
	5	0,0150	0,03685	3,69	0,02314	0,04628	4,63	0,01060	0,02394
20	0,0206	0,04815	4,82	0,02906	0,05812	5,82	0,01720	0,04189	4,29
80	0,0240	0,05896	5,89	0,03664	0,07993	7,99	0,0212	0,05286	5,29
140	0,0280	0,06879	6,88	0,04597	0,09194	9,19	0,0220	0,05511	5,51
200	0,0298	0,07321	7,32	0,04951	0,09902	9,90	0,0240	0,05985	5,99



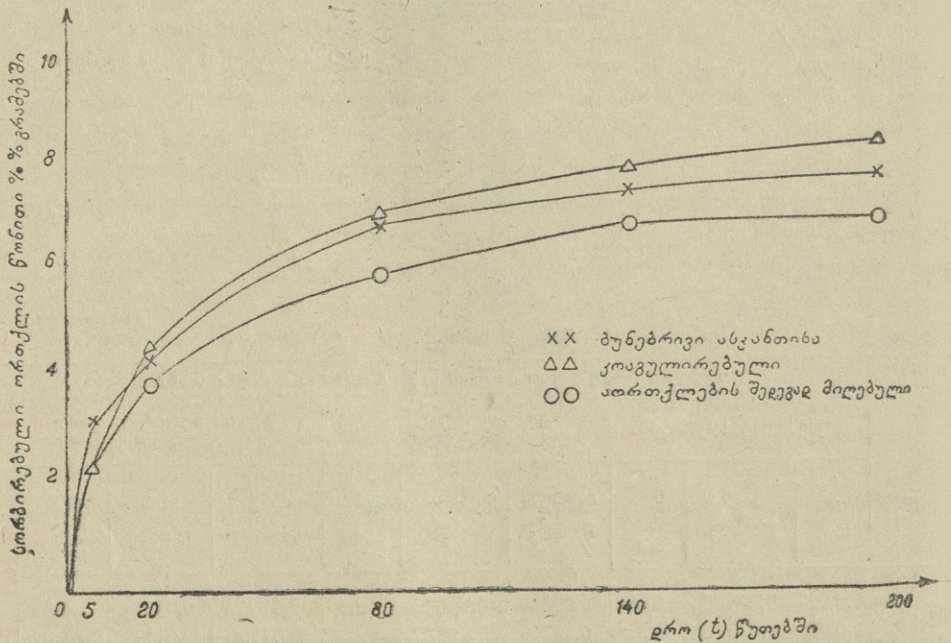
თუ № 1 ტაბულაში მოტანილ რიცხობრივ მასალებს გრაფიკულად გამოვსახავთ (სურ. № 1), ნათლად დავინახავთ, რომ კოაგულირებული თიხის სორბციული უნარი აღემატება ორი დანარჩენი თიხის ამავე უნარს.

ტაბულა № 2

აცეტონის ორთქლის სორბცია ($t = 20,0 - 20,5^{\circ}$)

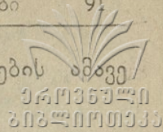
სორბ. დრო (t) წუთებში	სორბირებული ორთქლის რაოდენობა								
	ბუნებრივი ასკანიბა			კოაგულირებული ასკანიბა			წყლის აორთქლების შედეგად მიღებული ასკანიბა		
	აღებულ წონაზე	ერთ გრამზე	წონით 0,01/0,01-ში	აღებულ წონაზე	ერთ გრამზე	წონით 0,01/0,01-ში	აღებულ წონაზე	ერთ გრამზე	წონით 0,01/0,01-ში
5	0,1560	0,03019	3,02	0,0102	0,01978	1,98	0,0120	0,02221	2,22
20	0,0250	0,04839	4,84	0,02352	0,04607	4,61	0,0222	0,04109	4,11
80	0,0360	0,06910	6,91	0,03826	0,07494	7,49	0,0332	0,06144	6,14
140	0,0369	0,07665	7,66	0,04114	0,08059	8,05	0,0358	0,06627	6,63
200	0,0404	0,07880	7,88	0,04536	0,08885	8,89	0,03793	0,07021	7,02

№ 2 ტაბულის რიცხობრივი მონაცემები წარმოდგენილია № 2 სურათზე, საიდანაც ჩანს, რომ კოაგულირებული ასკანიბის სორბციული უნარი



სურ. 2.

მეტია ბუნებრივი და აორთქლების შედეგად მიღებული თიხების ამავე უნარზე.

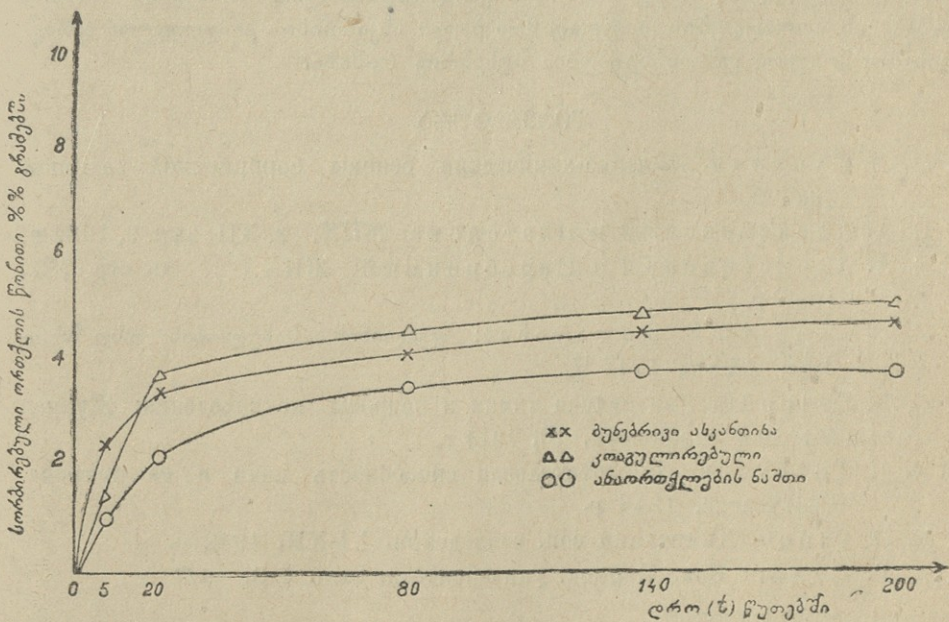


ტაბულა № 3

ეთილის სპირტის ორთქლის სორბცია ($t = 20,0 - 20,5^{\circ}$)

სორბც. დრო (t) წუთებში	სორბირებული ორთქლის რაოდენობა								
	ბუნებრივი ასკანთიხა			კოაგულირებული ასკანთიხა			წყლის აორთქლების შედეგად მიღებული ასკანთიხა		
	აღებულ წონაზე	ერთ გრამზე	წონით $\frac{1}{10} \frac{1}{10} \frac{1}{10}$ -ში	აღებულ წონაზე	ერთ გრამზე	წონით $\frac{1}{10} \frac{1}{10} \frac{1}{10}$ -ში	აღებულ წონაზე	ერთ გრამზე	წონით $\frac{1}{10} \frac{1}{10} \frac{1}{10}$ -ში
5	0,0120	0,02631	2,63	0,00920	0,01639	1,64	0,0082	0,01194	1,19
20	0,0154	0,03377	3,38	0,02061	0,03673	3,67	0,0146	0,02127	2,13
80	0,01979	0,04341	4,34	0,02553	0,04549	4,55	0,0224	0,03263	3,26
140	0,0204	0,0448	4,48	0,0266	0,04741	4,74	0,0252	0,03687	3,69
200	0,0222	0,04874	4,87	0,0284	0,05063	5,06	0,0262	0,03831	3,83

№ 3 ტაბულის რიცხოვრივი მონაცემები წარმოდგენილია მე-3 სურათზე. სურათიდან ჩანს, რომ კოაგულირებული თიხის სორბციული თვისება



სურ. 3.

აღემატება ბუნებრივისა და აორთქლების შედეგად მიღებული თიხის მშრალი ნაშთის ამავე თვისებებს.

მიღებული შედეგების ერთმანეთთან შედარება გვარწმუნებს, რომ ბუნებრივთან შედარებით კოაგულიაციისა და წყლის აორთქლების შედეგად მიღებული თიხის კოლოიდური ფრაქციების განსხვავებული სორბციული თვისებები მათი სხვადასხვა სტრუქტურული აღნაგობით უნდა აიხსნას. როგორც ჩანს, აორთქლების გზით მიღებულთან შედარებით კოაგულირებული მასა ნაკლებ კომპაქტური—ფაშარი აღნაგობისაა. გარდა აღნიშნულისა, შეიძლება დავუშვათ, რომ თიხის სუსპენზიის აორთქლების პროცესი კარგი სორბციული თვისებების მქონე ადვილად აქროლად ორგანულ ნაერთთა მოშორებით იყო გამოწვეული სორბციული უნარის შემცირება.

დასკვნა

1. შესწავლილია ბუნებრივი ასკანთიხის სორბციული თვისებები ტოლუოლის, აცეტონისა და ეთილის სპირტის ორთქლის მიმართ და ამავე ნივთიერებათა ორთქლის მიმართ შედარებულია ის ბუნებრივი ასკანთიხიდან კოაგულიაციისა და წყლის აორთქლების შედეგად დარჩენილი კოლოიდური ფრაქციების სორბციულ თვისებებთან.

2. დადგენილია, რომ ტოლუოლის, აცეტონისა და ეთილის სპირტის ორთქლის მიმართ კოაგულიაციის გზით მიღებული ასკანთიხის კოლოიდური ფრაქცია მეტი სორბციული თვისებით ხასიათდება.

3. ტოლუოლის, აცეტონისა და ეთილის სპირტის ორთქლის მიმართ სუსპენზიის აორთქლების შედეგად მიღებული ასკანთიხის კოლოიდური ფრაქციის სორბციული უნარი ნაკლებია ბუნებრივ თიხაზე.

ლიტერატურა

1. М. М. Дубинин, Физико-химические основы сорбционной техники, 1935 г.
2. Е. А. Алексеевский и Платонова: ЖПХ. т. XII, вып. 9, 1939 г.
3. Е. А. Алексеевский и Серебряный: ЖПХ. т. 10, стр. 787, 1937 г.
4. ა. ვარლუკაძე, ნ. ჯალაღანია: სტალინის სახელობის თსუ შრომები, XXXა, 1947 წ.
5. К. К. Гедройц, Коллоидная химия и вопросы почвоведения: Журнал опытной агрономии, 15, 1914 г.
6. Н. Н. Горбунов, Поглотительная способность почв и ее природа. Сельхозгиз, 1948 г.
7. Е. Н. Гапон, Химизация соц. земледелия, XI-XII, 1932 г.
8. А. Г. Силин: Изв. Пермск. университета, вып. 7-8, 1927 г.

სტალინის სახელობის

ეთილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ფიზიკური ქიმიის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1953. IV. 25)

А. Я. Вардукадзе

Сорбционные свойства почвенных коллоидов, полученных из бентонитовых глин, по отношению к парам органических веществ

Резюме

Исследование сорбционных свойств паров бензола, ацетона и этилового спирта на коллоидной фракции асканглины и сравнение полученных результатов по сорбции паров тех же веществ на природной аскангине привели нас к заключению, что, по сравнению с натуральной, коагулированная коллоидная фракция асканглины характеризуется повышенной сорбционной способностью. По сравнению с этиловым спиртом пары бензола и ацетона гораздо сильнее адсорбируются на коагулированной коллоидной фракции асканглины, чем на природной глине.

3. ხუნი, ა. გვინაძე

ბარიტის მალნაზში ვიტერიტის განსაზღვრის მეთოდისათვის

ბარიტი მნიშვნელოვანი მინერალური ნედლეულია; იგი ფართო გამოყენებას პოულობს როგორც მრეწველობის, ისე ტექნიკის მრავალ დარგში. ამ უკანასკნელთან მჭიდროდ არის დაკავშირებული ბარიტის მადნის ქიმიური შედგენილობის შესწავლა.

ბარიტის მადანში ბარიუმის ნაერთთა ფორმების დადგენა და მათი რაოდენობითი შემცველობის გამორკვევა (რაციონალური ანალიზი) ერთ-ერთ მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს ბარიტის მადნების დახსნათებისათვის. ბარიტის მადნებში ვიტერიტს იშვიათად ვხვდებით დიდი რაოდენობით. უმეტეს შემთხვევაში ბარიტები არ შეიცავენ ვიტერიტს, ან თუ მას შეიცავენ, მისი რაოდენობა იშვიათად აღემატება ერთეულ პროცენტებს.

ჩვენ მიერ ამ საკითხის შესწავლის შედეგად მიღებულ მასალებს მიყვარა, იმ დასკვნამდე, რომ პრაქტიკაში ამჟამად გამოყენებული განსაზღვრის მეთოდის არასრულყოფის გამო¹ უმეტეს შემთხვევაში ადგილი აქვს ქიმიური ანალიზის შედეგად ვიტერიტის შემცველობის ამა თუ იმ რაოდენობით კონსტატირებას (2%-მდე), იმ შემთხვევაშიც კი, როდესაც ბარიტის მადანი მას პრაქტიკულად არ შეიცავს.

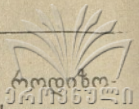
ზემოთქმულის მიხედვით ბარიტებში ვიტერიტის განსაზღვრის ზუსტი მეთოდის დამუშავება მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს. ჩვენ შევეცადეთ დაგვეზუსტებინა ბარიტებში ვიტერიტის განსაზღვრასთან დაკავშირებული მთელი რიგი საკითხები. ამ მიმართულებით განსაკუთრებული ყურადღება მივაქციეთ: ბარიტებში ვიტერიტის შემცველობის თვისებითად დადგენას, ბარიტისაგან ვიტერიტის რაოდენობრივად დაცილების საკითხს, ვიტერიტის განსაზღვრაზე მჭავებში ბარიტის ხსნადობის გავლენას, კალციტის გავლენის საკითხს ვიტერიტის განსაზღვრაზე და სხვ.

ექსპერიმენტული ნაწილი

ა) ბარიტებში ვიტერიტის შემცველობის თვისებითი აღმოჩენა

ბარიტებში ვიტერიტის არსებობის თვისებითად დასადგენად შეიძლება გამოყენებულიყო ის რეაქციები, რომლებიც ჩვეულებრივ გამოიყენება ბარიუმის იონის თვისებითად აღმოსაჩენად. მაგალითად, ბარიუმის იონის აღ-

¹ გაცხელებით ვიტერიტის გამოტანა 10%-იან მარილმჟავას ხსნარით და ამ ხსნარში მისი განსაზღვრა BaSO₄-ის სახით.



მოსაჩენად იყენებენ სულფატიონს [1], ქრომატიონს, ნატრიუმის როდიონ-ნატს [2], ამონიუმის ფლუოროსილიკატს, კალიუმის პერმანგანატს და დიკრომ-გირდმჟავას ნარევეს, ნიტროოქსიბენზოის მჟავას [3] და სხვ. მოყვანილი რეაქციებიდან ზოგი არასპეციფიკურია, ზოგი არასაკმაო მგრძნობიარობისა ან კიდევ ნაკლებად ხელმისაწვდომია.

ვიტერიტის შემცველობის თვისებითად დასადგენად ჩვენ გამოვიყენეთ ფაიგლის [4] მიერ მოწოდებული რეაქცია, რომელიც ხასიათდება ბარიუმ იონის მიმართ დიდი მგრძნობიარობით და სპეციფიკურობით (სტრონციუმის გამო-რიცხვით), ამავე დროს რეაქტივი ხელმისაწვდომია.

შემოსხენებული რეაქტივი წარმოადგენს ამონიუმის აცეტატში გახსნილ ტყვიის სულფატს, რომელშიც ბარიუმის იონების შეტანა იწვევს რეაქციის ინდუცირებას ტყვიისა და ბარიუმის სულფატების თეთრი ნალექის წარმოქმნით.

ცხრილი № 1

გამოყენებული გამხსნელი	ფაიგლის რეაქტივის მოქმედებით მიღებულია			
	BaCO ₃ -ის პრეპარატი	ვიტერიტი	BaSO ₄ -ის პრეპარატი	ბარიტი
წყალი ცივად	ოპალესცენცია დაყოვნების შემდეგ	ოპალესცენცია დაყოვნების შემდეგ	არავითარი სიმღვრიე	არავითარი სიმღვრიე
წყალი ადუღებით	"	"	"	"
0,1%-იანი ძმარმჟავა ცივად	შესამჩნევი სიმღვრიე	იძლევა ოპალესცენციას მაშინვე	ოპალესცენცია	"
0,1%-იანი ძმარმჟავა ადუღებით	იძლევა შესამჩნევ ნალექს	იძლევა შესამჩნევ სიმღვრიეს	იძლევა ოპალესცენციას მაშინვე	"
0,5%-იანი ძმარმჟავა ცივად	მაშინვე იძლევა დიდი რაოდენობით ნალექს	მაშინვე იძლევა დიდი რაოდენობით თეთრ ნალექს	იძლევა შესამჩნევ სიმღვრიეს	"
0,5%-იანი ძმარმჟავა ადუღებით	"	"	"	"
1%-იანი ძმარმჟავა ცივად	"	"	იძლევა თვალსაჩინო სიმღვრიეს	"
1%-იანი ძმარმჟავა ადუღებით	"	"	"	"
5%-იანი ძმარმჟავა ცივად	"	"	"	"
5%-იანი ძმარმჟავა ადუღებით	"	"	"	"

ცდები ტარდებოდა როგორც ბარიუმსულფატისა და ბარიუმკარბონატის ქიმიურად წმინდა პრეპარატებზე, ისე ბარიტზე და ვიტერიტზე¹, წყლისა.

¹ ოპტიკური ბარიტი—BaSO₄—99,7%, ვიტერიტი—BaCO₃—98,98%.

და სხვადასხვა კონცენტრაციის ძმარმჟავას მოქმედებით მიღებულ ფიტერიტში ბარიუმ იონის თვისებითად აღმოსაჩინად.

ჩატარებული ცდების შედეგად (იხ. ცხრ. № 1) ირკვევა, რომ, ბარიუმის სულფატისაგან განსხვავებით, ბარიუმის კარბონატის 0,5%-იანი ძმარმჟავითი გამონატურტი (როგორც ცივად, ისე ვაცხელებით) იძლევა მკვეთრად განსხვავებულ შედეგს. ამ პირობებში ბარიუმის სულფატის ხსნადობით გამოწვეული უმნიშვნელო სიმღვრიე უშეცდომოდ შეიძლება განვასხვაოთ ბარიუმის კარბონატის გახსნით მიღებულ მნიშვნელოვანი რაოდენობის თეთრი ნალექისაგან. ბუნებრივ ობიექტებზე ამ რეაქციის გამოყენება უფრო მკვეთრ შედეგს იძლევა ვიტერიტის აღმოსაჩინად: ბარიტი ზემომოყვანილ პირობებში არ იძლევა არავითარ სიმღვრიეს, მაშინ როდესაც ვიტერიტი იძლევა მნიშვნელოვან ნალექს.

ზემომოყვანილი რეაქციის გამოყენებით შესწავლილ იქნა ვიტერიტის შემცველობაზე საქართველოს ზოგიერთი საბადოს ბარიტები. საანალიზოდ გამოვიყენეთ ბარიტის ის ნიმუშები, რომლებშიც სხვადასხვა ანალიტიკოსების მიერ ჩატარებული ქიმიური ანალიზის შედეგად მიღებული იყო ვიტერიტის შემცველობა 1—2%-მდე. ამ ნიმუშებზე ჩატარებულმა ცდებმა უარყოფითი შედეგები მოგვცა მათში ვიტერიტის შემცველობაზე. იმ ნიმუშებში კი, რომლებშიც ვიტერიტის რაოდენობა ქიმიური ანალიზის შედეგად ნაჩვენებია იყო 3-დან 6%-მდე რეაქტივი იძლეოდა ვიტერიტის შემცველობის მაჩვენებელ უტყუარ შედეგს.

ბ) ბარიტის მადნებში ვიტერიტის აღმოჩენის მსვლელობა

ჩატარებული ცდების საფუძველზე შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ვიტერიტის აღმოჩენის რეაქცია შემდეგი მსვლელობით:

საკვლევ ობიექტს 0,5 გ ფარგლებში ათავსებენ 100 მლ-იან კოლბაში, უმატებენ 10—15 მლ-მდე 0,5%-იან ძმარმჟავას და ადუღებენ 3—4 წუთს, ფილტრავენ მჭიდრო ფილტრში. მიღებული ფილტრატის ორ წვეთს ათავსებენ სასაგნე მინაზე ორი წვეთი რეაქტივის გვერდით 0,5 სმ-ზე და აერთებენ წვრილი მინის წკირით. საკვლევ ობიექტში ვიტერიტის შემცველობის შემთხვევაში წარმოიშვება დამახასიათებელი თეთრი ფერის ნალექი თვალსაჩინო რაოდენობით. რეაქცია შეიძლება სინჯარაშიც ჩატარდეს.

შენიშვნა: რეაქტივს ასე ამზადებენ: იღებენ ტყვიის აცეტატის 10%-იანი ხსნარის რამდენიმე მილილიტრს და უმატებენ იმდენივე 10%-იან გოგირდმჟავას ხსნარს. მიღებულ თეთრ ნალექს ტყვიის სულფატისას ფილტრავენ, რეცხავენ წყლით; ნალექი გადააქვთ ქიქაში და ხსნიან ამონიუმის აცეტატის ნაჯერ ხსნარში. მიიღება გამჭვირვალე ხსნარი, რომელიც დიდხანს ინახება.

გ) ბარიტებში ვიტერიტის რაოდენობითი განსაზღვრა

რაკი ჩვენ მიერ ჩატარებული სპეციალური ცდებით დადგენილ იქნა [5], რომ ვიტერიტის განსაზღვრის აქამდე გამოყენებული მეთოდით მიღებული არასწორი შედეგების უმთავრესი მიზეზი მარილის მჟავაში ბარიუმსულფატის ხსნადობით იყო გამოწვეული, — ცდები ჩატარებული იყო იმ მიმართულებით, რომ შერჩეული ყოფილიყო ისეთი გამხსნელი, რომელიც გამორიცხავდა ბა-



რიტის ხსნადობას, ვიტერიტის სრულიად გახსნის პირობებში- ამ მიზნით მკვლევარებმა ტარდებოდა მარილმჟავას და ძმარმჟავას სხვადასხვა კონცენტრაციის ხსნარის გამოყენებით როგორც ქიმიურად წმინდა პრეპარატზე, ისე ბარიტისა და ვიტერიტის ხელოვნურ ნარევეზე.

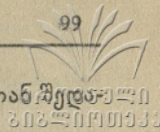
ბარიუმის კარბონატის და ბარიუმის სულფატის განსაზღვრულ წონაქს ვათავსებდით 100—150 მლ ტვეადობის ქიმიურ ჭიქაში და ვუმატებდით 50 მლ ცვალებადი კონცენტრაციის ზემოაღნიშნულ მჟავეებს; ნახშირორჟანგის გამოყოფის შეწყვეტის შემდეგ ვაცხელებდით ადუღებამდე (დუღილის გარეშე) და გაცივების შემდეგ ვფილტრავდით მკვირვ ფილტრში, ვრეცხავდით ცხელი წყლით 3—4-ჯერ; ფილტრატს ვაზავებდით 100-150 მლ-მდე და ვუმატებდით მარილმჟავას იმ ანგარიშით, რომ მისი კონცენტრაცია 1%-ის ფარგლებში ყოფილიყო და მასში ვსაზღვრავდით ბარიუმს სულფატის სახით.

ჩატარებული ცდების შედეგები მოცემულია მე-2 ცხრილში. მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ ბარიუმის სულფატის ხსნადობით გამოწვეული ცდო-

ცხრილი № 2

№ ცდის რიცხვი	BaCO ₃ : BaSO ₄	დამატებული მჟავეების მლ-ში	მიღებულია განსხვავება BaSO ₄ -ის სახით აღებულია შედარებით მგ-ობით					5%-იანი ძმარმჟავას გამოყენებისას	შ ე ნ ი შ ე ნ ა
			მარილმჟავას კონცენტრაცია						
			2%	4%	6%	8%	10%		
1	1 : 2	50	3,5	—	—	—	12,7	1,5	*) შედეგები საშუალოა 4-კარგად თანხვედრისი განსაზღვრის დან
			3,5	—	—	—	13,9	1,2	
2	1 : 5	50	3,8*)	—	—	—	12,8*)	—	
			3,8*)	5,5*)	6,8*)	9,1*)	12,0*)	1,0	
3	1 : 10	50	3,7	5,7	7,4	9,6	13,4	1,8	
			4,8	6,8	8,2	10,3	12,2	1,2	
4	3 : 50	50	4,2	—	7,8	—	11,2	—	
			3,5	—	6,9	—	12,8	—	
5	1 : 50	50	10,0	15,8	19,4	24,8	28,3	—	
			11,2	16,2	17,2	23,5	27,0	—	
6	3 : 50	100	—	—	—	—	—	0,9	
			—	—	—	—	—	1,2	
7	BaSO ₄	50	—	—	—	—	—	—	

მიღება ცვალებადობს მარილმჟავას კონცენტრაციის მიხედვით 3,3—12,9 მგ-მდე. ნარევის 5%-იანი ძმარმჟავათი დამუშავების შემთხვევაში ბარიუმის სულფატის ხსნადობით გამოწვეული ცდომილება თითქმის 10-ჯერ მცირდება.



ბა 10%-იანი მრავილმუჯავათი დამუშავებისას მიღებულ ცდომილებასთან შედარებით.

ბუნებრივ ობიექტებზე ჩატარებულმა ცდებმა კი გვიჩვენა, რომ მოწოდებული სქემით ბარიტის უფრო ნაკლებად ხსნადობის გამო (ბარიუმსულფატის პრეპარატთან შედარებით), ვიტერიტის განსაზღვრის სიზუსტეზე ბარიტის ხსნადობით გამოწვეული ცდომილება გამორიცხულია. ამის გამო, როგორც მიღებული შედეგებიდან ჩანს (იხ. ცხრილი № 3), ვიტერიტის განსაზღვრა რეკო-

ცხრილი № 3

№-ს რიგზე	აღებულია მგ		მიღებულია BaSO ₄ მგ-ბით	მიღებულია BaCO ₃		სხვაობა BaCO ₃ -ს %/ო-ში	შენიშვნა
	ვიტერიტი	ბარიტი		მგ-ში	%-ში		
1	100,0	100,0	117,0	98,92	99,92	-0,08	
2	100,0	100,0	116,8	98,75	99,76	-0,24	
3	50,0	100,0	58,5	49,46	99,93	-0,07	გასახსნელად გამოყენებულ იქნა 2,5%-იანი ძმარმუჯავა
4	50,0	100,0	58,4	49,38	99,78	-0,22	
5	100,0	100,0	119,2	100,78	101,80	+1,8	ნარევეში დამატებით შეტანილ იყო 100,0 მგ CaCO ₃
6	100,0	100,0	119,8	101,29	102,31	+2,31	" "
7	100,0	—	117,2	99,09	100,09	+0,09	
8	—	100,0	0,0				

მენდებულა ხერხით ბარიტისა და ზომიერი რაოდენობა კალციტის თანაობით დამაკმაყოფილებელ შედეგებს იძლევა.

ცდებმა გვიჩვენა, რომ ძმარმუჯავას უფრო დაბალი კონცენტრაციის პირობებშიც შეიძლება მიღწეულ იქნეს ხელოვნურ ნარევეში ბარიუმის კარბონატის სრული დაცილება ბარიუმის სულფატისაგან; მაგრამ ჩვენ მხედველობაში მივიღეთ ბუნებრივი ობიექტის რამდენიმედ განსხვავებული ხასიათი და მასში კალციტის თანაობა, ამიტომაც ვიტერიტის ბარიტისაგან რაოდენობრივად დასაცილებლად ვისარგებლეთ 5%-იანი ძმარმუჯავას ხსნარით, რომლის მოქმედებით ბარიტის ხსნადობა პრაქტიკულად გამორიცხულია და ამდენად მინიმუმამდე დაყვანილი ხსნადობით გამოწვეული ცდომილება.

განსაზღვრის მსვლელობა. ჩვენ მიერ ჩატარებული ცდების საფუძველზე ბარიტებში ვიტერიტის რაოდენობრივად განსაზღვრისათვის მისაღებად მიგვაჩნია გამოყენებულ იქნეს განსაზღვრის შემდეგი მსვლელობა.

საანალიზო ნიმუშზე წინასწარ ატარებენ თვისებით რეაქციას, ისე როგორც ეს მოცემული გვაქვს ზემოთ (იხ. გვ. 97); ნიმუშში ვიტერიტის შეტულობაზე დადებითი რეაქციის მიღების შემთხვევაში აწარმოებენ მის რაოდენობრივად განსაზღვრას შემდეგნაირად:



ნიმუშის განსაზღვრულ წონაკს (0,5-დან 1,0 გ-მდე) ათავსებენ 100-150 მლ ტევადობის ქიმიურ ჭიქაში, უმატებენ 25-50 მლ (ნიმუშში კარბონატების შეცულობის მიხედვით) 5%-იან ძმარმჟავას, ახურავენ საათის მინას, ნახშირორჟანგის გამოყოფის შეწყვეტის შემდეგ აცხელებენ ადუღებამდე, აცივებენ, ფილტრავენ მჭიდრო ფილტრში ქალაღის მასის გამოყენებით. ნალექს რეცხავენ ძმარმჟავით შემთავებული წყლით 4—5-ჯერ. მიღებულ ფილტრატს აზავებენ 100—150 მლ-მდე და უმატებენ მარილმჟავას იმ ანგარიშით, რომ ხსნარში მისი კონცენტრაცია 1%-ს არ აღემატებოდეს. ხსნარში ბარიუმის განსაზღვრას აწარმოებენ ბარიუმის სულფატის სახით ჩვეულებრივი ხერხით. ვიტერიტის შემცველობას $\frac{P}{a}$ -ობით ანგარიშობენ ფორმულით

$$\text{BaCO}_3\% = \frac{P \cdot 0.8455}{a} \cdot 100,$$

სადაც P— BaSO_4 -ის წონაა, a—საანალიზოდ აღებული ნიმუშის წონაკი.

შენიშვნა: თუ საანალიზო ობიექტში CaCO_3 -ის შემცველობა 20%-ს აღემატება, მოსალოდნელია BaCO_3 -ის გადიდებული შედეგების მიღება. ასეთ შემთხვევაში BaSO_4 -ის მიღებულ ნალექს ასუფთავებენ კონცენტრირებულ H_2SO_4 -ში გახსნით და შემდგომი განზავებისას მისი განოლექვით [6].

პრაქტიკულ ინტერესს შეადგენდა შეგვემოწმებინა ჩვენ მიერ მოწოდებული ხერხით ვიტერიტის შემცველობა საქართველოს ბარიტის იმ ნიმუშებში, რომლებშიც მისი შემცველობა სხვადასხვა ანალიტიკოსების მონაცემებით 2%-მდე იყო ნაჩვენები.

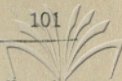
ამ მიზნით ჩვენ მიერ შემოწმებული 12 ნიმუშიდან ვიტერიტი საერთოდ არ იქნა აღმოჩენილი 11 ნიმუშში. ერთ ნიმუშში, რომელშიც ვიტერიტი 7,28%-ის რაოდენობით იყო ნაჩვენები, ჩვენი ხერხით მიღებულ იქნა 6,54%-ამასთანავე ეს ნიმუში იძლეოდა მკვეთრ თვისებით რეაქციას.

დასკვნა

1. შემუშავებულია ბარიტის მადნებში ვიტერიტის თვისებითი და რაოდენობითი განსაზღვრის მეთოდი:

ა) ბარიტის მადნებში ვიტერიტის შემცველობის თვისებითად დადგენისათვის გამოყენებულია ბარიუმ იონის ინდუცირებული დალექვა ტყვიის სულფატით. ამ რეაქციის მაღალი გრძნობიერება შესაძლებლობას იძლევა ნიმუშში ვიტერიტის მეთაფი პროცენტების რაოდენობით შემცველობის შემთხვევაშიც უტყუარად იქნეს დადგენილი ვიტერიტის შემცველობა. დამუშავებული და მოცემულია ვიტერიტის თვისებითად განსაზღვრის მსვლელობა;

ბ) შესწავლილია ბარიუმის კარბონატის გასახსნელად გამოყენებული სხვადასხვა კონცენტრაციის მარილმჟავასა და ძმარმჟავას გავლენა ბარიუმ-სულფატის ხსნადობაზე. ამ უკანასკნელის მნიშვნელოვანი ხსნადობის გამო მარილის მჟავაში ბარიუმკარბონატის განსაზღვრის შედეგები მიუღებელია. შემუშავებულია ვიტერიტის რაოდენობითი განსაზღვრის ხერხი, დამყარებული საკვლევი ნიმუშის 5%-იან ძმარმჟავაში გახსნაზე. ბუნებრივ ობიექტებზე ჩატარებული ცდებით დადგენილია მოწოდებული ხერხით ვიტერიტის შემცველობა



ბის განსაზღვრის შესაძლებლობა (5%-მდე მისი შემცველობის პირობებში) შეადგენს უშუალოდ 0,5% ცდომილებით.

2. ბარიტებში ვიტერიტის შემცველობის ანალიზური მონაცემების შემოწმებამ მოწოდებული ხერხით დაგვანახვა მნიშვნელოვანი დაცილება მისი ჰემარიტი შემცველობისაგან.

ლიტერატურა

1. В. А. Зильберминц, Руководство и таблицы для определения минералов, стр 36 (1936).
2. J. Watson. Mineralog. Magazine 24, 21 (1935); P. West, L. Smith, J. Chem Educ., 17, 139 (1940).
3. Л. М. Кульберг и Р. Б. Лиокумович: Журнал аналитич. химии, т. IV, вып. 4 (1949).
4. Ф. Файгль, Капельный анализ, стр. 310 (1937).
5. ა. გეგენავა, საკანდიდატო დისერტაცია, ქ. თბილისი, 1951 წ.
6. В. Хухия: Бюллетень ВИМС № 8, 1951 г.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ანალიზური ქიმიის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1953.V.15)

В. Л. Хухия, А. Г. Гегенава

К методике определения витерита в баритовых рудах

Резюме

1. Разработан метод качественного и количественного определения витерита в баритах:

а) для качественного установления содержания витерита в баритовых рудах использована реакция индуцированного осаждения иона бария с сульфатом свинца. Высокая чувствительность этой реакции, при предложенном ходе анализа, позволяет надежно установить наличие десятых долей процента витерита в барите;

б) изучено влияние сульфата бария при применении различных концентраций соляной и уксусной кислот в процессе растворения карбоната бария с последующим его определением. Вследствие значительного растворения сульфата бария в примененных концентрациях соляной кислоты, получаются неверные результаты определения витерита. Даже при отсутствии последнего в испытуемом объекте констатируется его содержание до 2-х %.

Предложен способ определения витерита в баритах, основанный на обработке навески в 5%-ой уксусной кислоте. Проведенными в родных объектах опытами установлена возможность определения витерита в баритах при его содержании до 5% со средней относительной ошибкой 0,5%.

2. Проверка имеющихся аналитических данных по содержанию витерита в некоторых баритовых рудах предложенным нами методом выявила значительные отклонения от истинного его содержания.

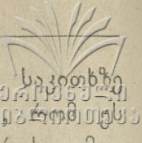
პლ. ჯანელიძე

გრანიტისა და მანგიის პრობლემა

გასულ თვეში¹ მოსკოვში ჩატარდა თათბირი, რომელშიც მონაწილეობას იღებდნენ საკავშირო მეცნიერებათა აკადემიის გეოლოგიურ-გეოგრაფიულ მეცნიერებათა განყოფილება, სსრკ-ს ყოფ. გეოლოგიის სამინისტრო, მოკავშირე რესპუბლიკათა აკადემიები და საკავშირო აკადემიის ფილიალები და რომელიც მიეძღვნა პრობლემას „Закономерности развития магматизма в связи с полезными ископаемыми“. თათბირის მუშაობის შესახებ საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გეოლოგიისა და მინერალოგიის ინსტიტუტში მოსმენილ იქნა თათბირის მონაწილეთა, პროფ. გ. ზარდიისა და შ. ჯავახიშვილის ინფორმაცია, ხოლო ამ დღეებში მიღებულ იქნა Известия Академии Наук СССР, серия геологическая, 1953 г., № 1, რომელშიც მოთავსებული არის რიგი მოხსენება, შემდეგში თათბირზე წაკითხული. ამან საშუალება მომცა, რამდენადმე მაინც გავცნობოდი თათბირის ზოგ მხარეს, და მინდა აქ, სანამ უფრო ვრცელ მასალას მივიღებდეთ, ჩემი წინასწარი შთაბეჭდილება გამოვსთქვა. ეს მით უფრო ბუნებრივი იქნება, რომ იმავე საკითხებზე თბილისში რამდენიმე წლის წინათაც გვექონდა საკმაოდ ცხარე დისკუსია.

უეჭველია, რომ თათბირი ძლიერ შინაარსიანი ყოფილა და აზრთა გაცხოველებული გაცვლა-გამოცვლა გამოუწვევია. კამათის ცენტრში მდგარა უმთავრესად გრანიტის პრობლემა. შესაძლებელია ითქვას, რომ ამ ერთ დროს მწვავე საკითხში დღეს საკმაოდ შორსმწვდომი ერთაზროვნება შეღავნდება. პრაქტიკულად თათბირის ყველა მონაწილე აღიარებს გრანიტის მეტასომატურად წარმოშობის ფაქტს და ამ მოვლენის დიდ მნიშვნელობას. მართალია, ამ შეხედულებების დასასაბუთებლად თათბირზე პრინციპულად ახალი არაფერი თქმულა, მაგრამ მისადმი დამოკიდებულება სრულიად აშკარაა. რომ გრანიტი შეიძლება მიღებულ იქნეს, როგორც ულტრამეტამორფიზმის პროდუქტი, ამას აღარაფერია, ან თითქმის აღარაფერი ეკვობს. ამიტომ დისკუსიის საგანი იყო არა ის, არსებობს თუ არა პალინგენეტიური (მეტასომატურად წარმოშობილი) გრანიტი, არამედ საკითხი, არის, თუ არა, მის გვერდით მაგმური გრანიტიც.

¹ მოხსენდა გეოლოგიისა და მინერალოგიის ინსტიტუტის და გეოლოგიისა და პალეონტოლოგიის კათედრის სხდომას 1953 წლის მაისის 30-ს.



მგონია, არ შეეცდები, თუ ვიტყვი, რომ ამგვარად დასმულ საკითხზე ყველა დადებითს პასუხს იძლევა. მხოლოდ შთაბეჭდილება ისეთივეა, როგორც პასუხი ძირითადად უკიდურესი პოზიციის არიდების სურვილით არის გამოწვეული, დასაბუთება კი მცირე ჩანს. ეს კია, რომ დისკუსიის მონაწილეთა მეტი წილი მაგმურად სთვლის მცირე ზომის და ნაკლებად ღრმული ინტრუზიების გრანიტს. ზოგი „მცირე ინტრუზიების“ ამ ცნებას განსაკუთრებულ მიღწევადაც კი მიიჩნევს. მიუხედავად ამისა ხსენებული ცნების მკაფიო განმარტება, როგორც თვით მოკამათებებიც აღნიშნავენ, არავის მოუცია. მხოლოდ გამოთქმებისა და მსჯელობის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ აქ გრანიტის გამკვეთი სხეულები იგულისხმება.

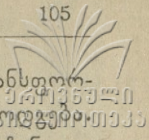
ეს წარმოდგენა ახალი არ არის და არც „ტრანსფორმიზმის“ მოძღვრებას ეწინააღმდეგება. თავის ცნობილ შრომაში ვეგმანი (Wegmann) აგვიწერს გრანიტიზაციის პროცესს, მის წინ მიმდინარე მეტამორფიზმის ზონებს (კატაზონა, მეზონა, ეპიზონა) და აღნიშნავს მოვლენის თანხმობითს განვითარებას გეოსინკლინური ნაღებების დაძირვის პირობებში. „თანხმობა“, რა თქმა უნდა, აქ უნდა გავიგოთ არა როგორც ტექტონიკური თანხმობა ნაღებების შრეებრივობასთან, არამედ როგორც უწყვეტო გადასვლა მეტამორფიზმის უფრო და უფრო ნაკლებად ინტენსიურ არეებში. კერძოდ, ეს იქნება თანხმობა მეტამორფიზმის პროცესში წარმოშობილ ფიქლებრივობასთან.

მაგრამ ასეთი მდგომარეობა ბოლომდე არ რჩება და არც დაკვირვებისათვის არის ეს სურათი მისაწვდომი. დაძირვა-მეტამორფიზმს მოჰყვება დანაოჭების პაროქსიზმი, ვაწევას შესცვლის შეკუმშვა და იგივე ძალები, რომელნიც შრეებრივი და ფიქლებრივი ქანების შეკეცვას იწვევენ, გრანიტზედაც იმოქმედებენ. ზოგ პირობებში შესაძლებელია გრანიტმა საფარის დანაოჭება პლასტიურად გაიზიაროს—მივიღებთ „თანხმობითს გრანიტს“. ამ მხრივ საყურადღებოა ფროლოვას წერილი [7], რომელშიც აღწერილი არის აღდანის მასივის არქეულის თანხმობითი გრანიტები. უფრო ხშირად კი გრანიტი ჰკვეთს შემცველ ქანებს იმის მგსავსად, როგორც ეს დიაპირულ ნაოჭებში ხდება, და წარმოიშობა გამკვეთი ინტრუზიები კონტაქტური მეტამორფიზმის ორეოლით და სხვა თანამგზავრი მოვლენებით.

აუცილებელი არ არის, რომ გრანიტი ამ შემთხვევაში მაინცდამაინც მაგმას წარმოადგენდეს, ე. ი. მთლიანად გამდნარი იყოს. მკვლევარები ფიქრობენ და ექსპერიმენტიც ადასტურებს, რომ საკმაოა გრანიტული მასის ნაწილი, ესთქვათ 25 % [6], თხევად მდგომარეობაში იყოს, რომ გრანიტმა საჭირო დენადობა შეიძინოს. ამიტომ ინტრუზიის გამკვეთი ხასიათი არ კმარა იმის დასამტკიცებლად, რომ მაგმასთან გვაქვს საქმე. საჭიროა დამატებითი საბუთები.

მაგრამ მთავარი მაინც ეს როლია. ესთქვათ, მცირე ინტრუზიები (უკეთ, გამკვეთი ინტრუზიები) მაგმურ სხეულებს წარმოადგენენ. ეს ხომ გადნობილი გრანიტი იქნება და არა ის მაგმა, რომელიც თავად გრანიტის წყაროდ იგუ-

¹ თათბირზე „ტრანსფორმისტებს“ უწოდებდნენ გრანიტის მეტამორფული წარმოშობის თეორიის მიმდევართ



ლისხმება; ეს ხომ პალინგენეტური გრანიტული მაგმა იქნება და „ტრანსტორ-
მისტებსა“ და მაგმატისტებს შორის დავის გადამწყვეტად ვერ გამოდგება.
სამწუხაროდ, ეს გარემოება ბევრისათვის შეუმჩნეველი დარჩენილა.
საკითხი ის კი არ არის, შეიძლება, თუ არა, გრანიტიზაცია ზოგჯერ სრულ
გაღწეობამდე მივიდეს სათანადო ტემპერატურის და წნევის პირობებში,
არამედის, არსებობს, თუ არა, იუვენური გრანიტი და იუვენუ-
რი გრანიტული მაგმა.

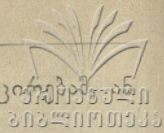
რამდენიმე ათეული წლის წინათ ასეთი კითხვა არც დაისმოდა. დღეს
მდგომარეობა რადიკალურად გამოცვლილს არის და არა მარტო იმიტომ, რომ
მეტასომატოზის მოძღვრებას მრავალი მიმდევარი ჰყავს,—საქმე ის არის,
რომ არსებითად შეიცვალა ჩვენი წარმოდგენა მიწის შიგნეთის აგებულების
შესახებ. გეოფიზიკამ დაადგინა, რომ არა მარტო გრძივი, არამედ განივი
სეისმური ტალღებიც მიწის გულამდე ვრცელდებიან. მაშასადამე, მიწის ქვიშური
ქერქი მთლიანად მტკიცე მდგომარეობაში იმყოფება და თხევადი აგრეგა-
ტული მდგომარეობა მხოლოდ მცირე უბნებში შეიძლება არსებობდეს.

წინათ მიწის მაგარ ქერქს ქვეშ, რომლის სისქე 50—100 კმ უნდა ყო-
ფილიყო, მდნარი პიროსფერო იგულისხმებოდა. ეს იყო მაგმური ფენა,
რომელიც მთელ მიწას უვლიდა გარს, და საკითხი ის კი არ იყო, არსებობს,
თუ არა, მაგმა, არამედ ის, არსებობს ორი ან მეტი მაგმა, თუ მხოლოდ ერთი,
რომლის დიფერენციაცია იძლევა სხვადასხვა სახის მაგმებს. ბოლო დროს
გაბატონებული იყო შეხედულება, რომ არის მხოლოდ ერთი ფუძე მაგმა და
გრანიტული (თუ გრანოდიორიტული) მაგმა მის დიფერენციატს წარმოადგენს.
დღეს ვითარება სხვა არის. დღეს მტკიცე მიწაში მდნარი მაგმის
წარმოშობის საკითხი ისმის.

ამ გარემოებას ზოგნი (Кропоткин და სხვები) ო. შმიდტის კოსმოგო-
ნიურ თეორიას უკავშირებენ, მაგრამ ადვილი დასანახავია, რომ ასეთი კავ-
შირი, თავისთავად უაღრესად საყურადღებო, საკითხის ისტორიიდან არ
გამომდინარეობს და არც აუცილებელი არის. შმიდტის თეორია კიდევ
რომ არ გამართლდეს, საკითხი ძალაში დარჩება, სანამ ძალაში არის გეოფი-
ზიკის ხსენებული მონაცემები. თანაც საკითხი ეხება არა მარტო გრანიტულს,
არამედ საერთოდ ყოველგვარ მაგმას.

მართალია, ეფუზიური ვულკანიზმი და ბაზალტური ლავის უზარმაზარი
მასები, რომელიც მიწის ზედაპირის სხვადასხვა ადგილას და სხვადასხვა დროს
ამონთხეულან, ფუძე მაგმის არსებობას თითქო უდავოს ხდიან; აქვე შეიძლება
მოვიგონოთ ჰავაიური ტიპის ვულკანები და მათი ლავის ტბები, მაგრამ
მით უფრო საჭირო არის ამ მაგმის გენეზისის გარკვევა.

ეს არის თანამედროვე პეტროლოგიის და გეოლოგიის ერთ-ერთი დიდი
პრობლემა, რომელსაც გვერდს ვერ აფუხვევთ, რადგან მთლიანად მტკიცე
მდგომარეობაში მიწის ქერქის ნივთიერების დიფერენციაცია და კერძოდ იუ-
ვენური გრანიტის წარმოშობა ძნელი ასახსნელი იქნებოდა. პასუხიც ჯერ-
ჯერობით თითქო ერთადერთია: მიწის შიგნეთის რომელიმე უბანში გაღწეობა,



ძალიანი ან ნაწილობრივი, შეიძლება გამოიწვიოს ან წნევის შემცირება ტემპერატურის აწევამ.

წნევის შემცირებას ჩვეულებრივ გაწვევითი ნაპრალების გაჩენას უკავშირებენ და ასევე იქცევა პ. კროპოტკინი. მაგრამ ამას უეჭველად უნდა მიემატოს გეოანტიკლინური აზრებაც, რაზედაც მე საკმაოდ მომიხდა შეჩერება წერილში ოროგენის წარმოშობის შესახებ [2]. მართალია, იმ ღრმაფოკუსიან მიწისძვრებს, რომელნიც აღმოსავლური აზიის ახალგაზრდა ოროგენებს ახლავან, მკვლევარები ნაპრალებს უკავშირებენ, მაგრამ ჯერ ერთი, ეს არის შეკრული ნაპრალები, შესხლეტების გასწვრივი, და მეორეც—ნაპრალების ამოსავლები ემთხვევა გეოანტიკლინისწინა ღრმაობებს, მაშინ როდესაც ვულკანიზმი ლოკალიზებულია თვით გეოანტიკლინებზე.

რაც შეეხება ტემპერატურის ადგილობრივ აწევას, მის მთავარ ფაქტორად დღეს რადიოაქტიურ სითბოს სთვლიან, თუმცა სრულიად აუხსნელი რჩება, რატომ ვერ ვხედავთ რადიოაქტიური მოქმედების ასეთ კერებს ოკეანეებს ქვეშ მიუხედავად იმისა, რომ სწორედ მათ უჭირავს მიწის ზედაპირის უდიდესი ნაწილი. ამ რადიოაქტიურ სითბოს პ. კროპოტკინი უმატებს კიდევ ოროგენეტურ მოძრაობათა პროცესში განვითარებულ ღრესვის სითბოს, თუმცა არაფერს ამბობს იმის შესახებ, რატომ უნდა დაემთხვეს ამ სითბოს გამოყოფის ადგილი რადიოაქტიური კერებისას, ხოლო ორივე ოროგენულ ზოლს.

მეორე მხრივ, როგორც არ უნდა იყოს თვით ოროგენეტური ენერჯის წყარო, ეს მაინც უდავოა, რომ ტექტონიკური მოძრაობები სითბოს დიდ რაოდენობას ათავისუფლებენ, მაგრამ ძნელი სათქმელია, თაბაშობს, თუ არა, ეს სითბო რაიმე მნიშვნელოვან როლს მაგმის წარმოშობაში.

ყოველ შემთხვევაში ამ გზით შეიძლება მივიღოთ მასალის სრული ან ნაწილობრივი გადნობა, მაგრამ ეს კიდევ არ სწყვეტს იუვენური გრანიტული მაგმის საკითხს. გრანიტული მაგმის პრობლემა არის არა მარტო აგრეგატული მდგომარეობის, არამედ აგრეთვე ნივთიერი შედგენილობის პრობლემა.

აქ უნდა აღვნიშნოთ, რომ გრანიტული მაგმის წარმოშობის საკითხს გვერდს ვერ აუვლიან ვერც მაგმატისტები, რადგან ორი მაგმის ჰიპოთეზი და პირველყოფილი გრანიტული მაგმის მთლიანი ფენის წარმოდგენა მიწის გარშემო რადიკალურად უკუვლდებულ უნდა იქნეს მას შემდეგ, რაც გამოიჩინა, რომ სიალური მასალა მარტო კონტინენტებზედ არის ძირითადად თავმოყრილი. სხვაგვარად რომ მოვიქცეთ, ჩვენს წინ წამოიჭრება მთლიანი სიალის დაწყვეტის და კონტინენტებში შემოკრების ძველი ამოუხსნადი გამოცანა.

ასეთსავე მდგომარეობაში არიან ტრანსფორმისტებიც: კიდევ რომ დაფუშვათ, რომ დღეს მარტო პალინგენეტური გრანიტი წარმოიშობა, ეს ხომ სიალის უკვე არსებობას ჰკლვის ხმობს და, რაკი სიალი ძირითადად მარტო კონტინენტებზე გვხვდება, საჭიროა მისი წარმოშობის ახსნა,— ისევე იუვენური გრანიტის პრობლემა! რა თქმა უნდა, ამ გრანიტის წარმოშობის მექანიზმი მათ, შეიძლება, სხვაგვარად წარმოიდგინონ.

თათბირის მონაწილენი თითქო ყველანი ერთი აზრის არიან იმის შესახებ, რომ უახლოეს გეოლოგიურ წარსულში გრანტიზაცია ყოველთვის გენულ ზონებთან არის დაკავშირებული. სხვადასხვა სიტყვებით ყველა ამ ფაქტს აღნიშნავს, თუმცა ხსენებული კავშირის ბუნებას არავენ განმარტავს. მხოლოდ კროპოტკინისათვის [5] ტექტონიკური მოძრაობა სითბოს ერთ-ერთ წყაროს წარმოადგენს.

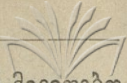
იგივე კროპოტკინი ფიქრობს, რომ იუვენური გრანტიის წარმოშობაც ამავე პირობებში ხდება და ხდებოდა იმთავითვე. ამიტომ პირველი სიალური მასალა და კონტინენტების პირველი კვანძები სწორედ უძველეს ოროგენებში წარმოიშვა. აქედან მიმდინარეობდა შემდეგ კონტინენტების ზრდა წესით, რომელსაც ოროგენების მიგრაცია შეიძლება ვუწოდოთ. გაკვრით კროპოტკინს თვით სიტყვა მიგრაციაც კი აქვს ნახმარი და სათანადო რუკა მოცემული.

გრანტიული მასალის გამოყოფას ის ასე აგვიწერს: მიწის გარე ფენა (სიმა) დაახლოებით პერიოდული შედგენილობის არის. ადგილობრივი ჭარბი გათბობა (სითბოს წყარო მისთვის, როგორც დავინახეთ, რადიოაქტივობა და ტექტონიკური მოძრაობები არის) იწვევს ქანის ნაწილობრივ გაღნობას. ღნება დნობის უფრო დაბალი ტემპერატურის მქონე მასალა და ამრიგად პორებში და უფრო დიდ შუალედებში წარმოიშობა დაახლოებით გრანოლოიდული შედგენილობის ევტექტიკური მდნარი. ოროგენეტიკური მოძრაობის დროს ამ ფლუიდის გამოწვევრა ხდება და გრანტიული მასალა, როგორც უფრო მსუბუქი, ზევითკენ ამოდის. დასაწყისში ეს „ზევით“ მიწის ზედაპირი იქნებოდა, შემდეგ კი გეოსინკლინის ძირი.

ამრიგად, კროპოტკინი მიწის ქერქის მასალის დიფერენციაციას და გრანტიის წარმოშობას გაღნობა-გამოწვევით ხსნის. ეს უმეტესად საყურადღებო ნაბიჯია, თუმცა თვით იდეა ახალი არ არის. სხვათა შორის, ამ საკითხს მეც შეეხე ჩემს მოხსენებაში კონტინენტების წარმოშობის შესახებ, სადაც ვაალის [4] წერილი დავიმოწმე.

კრისტალიზაციური დიფერენციაციის მოძღვრებას თათბირის მონაწილენი და მათ შორის თითქო მაგმატიკებიც უარყოფითად ეპყრობიან. ისინი ფიქრობენ, რომ ლევისონ-ლესინგმა და განსაკუთრებით ლოდონიკოვმა ამ შეხედულების მცდარობა დიდი ხანია დაამტკიცეს. საფუძველი ის არის, რომ უკანასკნელი მეცნიერის აზრით კრისტალიზაციურმა დიფერენციაციამ დედა მაგმის ვერდით ორი კომპლემენტური ქანი უნდა მოგვეცეს, ერთი დედაქანზე უფრო ფუძე, მეორე—უფრო მჟავე. ასე რომ, თუ a იქნება დედაქანის შედგენილობა, b —ერთი დიფერენციატის და c —მეორის, მათი დამოკიდებულება ისეთი უნდა იყოს, რომ $b+c=a$, ე. ი. b და c ერთი მეორის კომპლემენტური უნდა იყოს a -ს მიმართ. რადგან ბუნებაში ორი ასეთი დიფერენციატი არ არსებობს, „მათემატიკურად“ მტკიცდება, რომ კრისტალიზაციური დიფერენციაციის თეორია მცდარია.

ადვილი დასანახავია, რომ ეს მსჯელობა გაუგებრობაზე არის აგებული. კრისტალიზაციური დიფერენციაციის დროს წარმოიშობა არა ორი, არამედ მხოლოდ ერთი, მჟავე დიფერენციატი. მეორე, ფუძე, დედაქანს უბრუნდება,



მას ერთვის და მის შედგენილობას სცვლის. როგორც შედეგს, ჩვენ მივიღებთ სახეშეცვლილ დედაქანს (სქემატურად ეს იქნება $a+c$) და მჟავე დამფარვეს ატს, როგორც უფრო მსუბუქს (b). სხვათა შორის, ასეთი დიფერენციაცია ექსპერიმენტულადაც დადასტურებული არის.

ეს კია, რომ კრისტალიზაციური დიფერენციაცია ჰგულისხმობს მთლიანად მდნარი მასალის დაკრისტალებას, ხოლო გადნობა-გამოწებრვის კონცეცია სელექტიური გადნობით კმაყოფილდება. მე ორივე ამ პროცესს ვიყენებდი. თუ სრული გადნობა გეოსინკლინის ქვეშ უარყოფილი იქნება, მაშინ პრიმატი გადნობა-გამოწებრვის მექანიზმს მიენიჭება.

ყოველ შემთხვევაში მას შემდეგ, რაც დადგენილად ითვლება, რომ სიალის ბელტები, ე. ი. კონტინენტები, ლოკალიზებული არიან მიწის ზედაპირის ნაწილზე და ოკეანეების ფსკერი შიშველ ან თითქმის შიშველ სიმახს წარმოადგენს, სიალის წარმოშობა სიმახს დიფერენციაციით გეოლოგიური აუცილებლობა არის. მაშასადამე, აუცილებელია იუვენური გრანიტის წარმოშობაც წარსულში და არავითარი საბუთი არა გვაქვს წარმოვიდგინოთ, რომ დღეს ეს პროცესი დამთავრებული არის. პირობით, ახალი ოროგენების დაბადება სწორედ საწინააღმდეგოს ამტკიცებს: ოროგენის განვითარება და სიალის განვითარება პარალელურად მიმდინარეობს.

რაც შეეხება სიალის წარმოშობის მექანიზმს, ეს საკითხი იმდენადვე ნათელი არ არის. სელექტიური გადნობა და გამოწებრვა ისევე შესაძლებელია, როგორც სრული გადნობა და კრისტალიზაციური დიფერენციაცია. უკანასკნელ შემთხვევაში განმეორებითი კრისტალიზაცია უნდა ვიგულისხმოთ. მომავალმა კვლევამ უნდა გამოარკვიოს, ორივე მექანიზმი დებულობს, თუ არა, მონაწილეობას იუვენური გრანიტის წარმოშობაში, ან როგორი არის თვითეულის წილი ამ პროცესში.

ახლა ორიოდე სიტყვა შეხედულებათა და მოსახრებათა იმ რიგზე, რომელსაც უკანასკნელი წლების მანძილზე ვავითარებდი. მთების წარმოშობის მოვლენათა ანალიზმა და იმ მასალის გათვალისწინებამ, რომელიც ამ საკითხის შესახებ დაგროვილა, მიმიყვანა დასკვნამდე, რომ მთების წარმოშობა მიმდინარეობს გარკვეული წესით, რომელსაც შეიძლება მთების მიგრაცია ვუწოდოთ: მთების ახალი სისტემა ძველის გვერდით ვითარდება კონტინენტიდან ოკეანისაკენ. ხოლო, რაკი მთების წარმოშობა გეოსინკლინებთან არის დაკავშირებული, მთების მიგრაციის მეორე სახეს წარმოადგენს გეოსინკლინების მიგრაცია.

მეორე მხრივ, წყნარი ოკეანის ჩრდილო-დასავლური კუთხის შესახებ გამოკვეყნებულმა ახალმა მასალებმა საშუალება მომცეს დამესკვნა, რომ ოროგენების ოკეანის კონტინენტის მოსახლურე ზოლში იწყება. ეს არის ახალგაზრდა ოროგენი, რომელსაც გეოსინკლინის ვერ ვუწოდებთ, რადგან გეოსინკლინის მთავარი ნიშნები (ინტრა-ან პერიკონტინენტური მდებარეობა, შედარებით მკირე სიღრმე, ინტენსიური სელიმენტაცია) მას ჯერ არა აქვს. გეოსინკლინი ოროგენის განვითარების გვიანი სტადია არის. მთების და გეოსინკლინების მიგრაციის საფუძველი სწორედ ოროგენის მიგრაცია იქნება.

ახალგაზრდა ოროგენისათვის დამახისიათებელი არის ოკეანური მტკიცე კონტინენტის რეგონები და დიდი მასშტაბის ნაოკები. ეს არის მეგაანტიკლინი (მარიანის კუნძულების ზურგობი, შუა ატლანტური ზურგობი) და მეგასინკლინი (ფილიპინების აუზი, ატლანტური ოკეანის შუაზურგობის აღმოსავლეთით და დასავლეთით მდებარე ნაწილები).

მეგანაოჭის წარმოშობა მიწის ქერქის დიდ სიმტკიცეს ჰგულისხმობს და გამოწვეულია ტანგენსურა ძალებით. მეგაანტიკლინის აზეგება სიმძიმის ძალის წინააღმდეგ ხდება და მისი შესაძლებელი ამპლიტუდი სწორედ ქერქის სიმტკიცით არის განსაზღვრული. ამის გამო მეგაანტიკლინის აზეგება მის ქვეშ წნევის შემცირებას იწვევს. როგორც ჩანს, ამას მაგმის წარმოშობა მოჰყვება და ამიტომ მეგაანტიკლინთან დაკავშირებული არის ინტენსიური ეფუზიური ვულკანიზმი.

იმავე გარემოების გამო მეგასინკლინი ვულკანური მოვლენებისაგან თავისუფალი არის: იგი იზოსტაზისის საწინააღმდეგოდ არის ჩაზნექილი, თუმცა მცირედ, და მის ქვეშ წნევა გაზრდილია.

სხვაგვარია პირობები ოროგენის განვითარების გეოსინკლინურ სტადიაში. ახლა უკვე ნალექების ინტენსიური დაგროვება მიმდინარეობს და ინტერ-ოროგენეტულ პერიოდებში გეოსინკლინის ფსკერის დაძირვა ხდება. დაძირვას იწვევს არა დანაოჭება და, მაშასადამე, შეკუმშვა, არამედ ძირითადად ნალექების სიმძიმე და ბუნებრივი ტენდენცია იზოსტაზისური წონასწორობისაკენ. ასეთი დაძირვა კი შრეების გაწეღვას და გათხელებას ჰგულისხმობს. ამ პირობებში ბუნებრივია ვირტუალურად ღია ნაპრალების წარმოშობა, რასაც წნევის შემცირება და ვულკანიზმის გაღვივება უნდა მოჰყვეს. ამიტომ არის ეფუზიური ვულკანიზმი არსებითად გეოსინკლინებთან და მათ დაძირვასთან დაკავშირებული; ამით აიხსნება კონტრასტი ოროგენის განვითარების გეოსინკლინურისწინა და გეოსინკლინურ სტადიათა შორის.

ოროგენის და მთების მიგრაცია კონტინენტებიდან ოკეანეებისაკენ მიმდინარეობს დისტალურად. ამ გზით წარმოებს კონტინენტების ზრდა. ეს შეხედულება დღეს უკვე საკმაოდ ფესვგადგმულია მეცნიერებაში. მაგრამ ამავე შეხედულების აუცილებელი თანამგზავრი არის დასკვნა, რომ კონტინენტების უძველესი კვანძი, საიდანაც კონტინენტის განვითარება დაიწყო, უძველესი ოროგენი უნდა ყოფილიყო. ამგვარად ოროგენების, კონტინენტების წარმოშობა და მაგმის გენეზისი სიალის გენეზისის ჩათვლით, ერთს განუყოფად პრობლემას წარმოადგენს.

მე შევეცადე ეს პრობლემა სხვადასხვა მხრით განმეხილა [1—4]. რა თქმა უნდა, არ შეიძლება პრეტენზია მქონდეს, რომ საკითხი გადავჭერი, მაგრამ მოსკოვის თათბირი გვიჩვენებს, რომ, თუმცა დაცალკევებულად და ერთმანეთთან დაუკავშირებლად, ჩემ მიერ ჩამოყალიბებული ერთობილი თეორიის ყველა ელემენტი თანამედროვე მეცნიერების უახლეს დასკვნებს ემთხვევა ან უაღრესად აქტუალური დისკუსიის საგანს წარმოადგენს. თითქო მეცნიერული აზრის განვითარების გეზი სწორად უნდა იყოს ნაგრძნობი და ვაგებული.



მოხსენებულ ლიტერატურა

1. ჯანელიძე ა., მთების წარმოშობის საკითხისათვის: საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. IV, ნაკვ. 5, 1943.
2. ჯანელიძე ა., ოროგენის დაბადება: თბილისის სახ. უნ-ტის შრომები, ტ. XXXVI, 1949.
3. ჯანელიძე ა., ატლანტური ოკეანის პრობლემა: იქვე, ტ. XLII, 1951.
4. ჯანელიძე ა., კონტინენტების წარმოშობის პრობლემა: იქვე, ტ. XLVIII, 1953.
5. Кропоткин П. Н., Современные геофизические данные о строении земли и проблема происхождения базальтовой и гранитной магмы: Изв. АН СССР сер. геол., n° 1, 1953.
6. Кузнецов Ю. А., К проблеме происхождения магматических пород. Там-же.
7. Фролова Н. В., О происхождении гранитов архея Восточной Сибири. Там-же.

სტალინის სახელობის
 თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
 გეოლოგიის და პალეონტოლოგიის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1953. X. 25)

А. Джanelidze

Проблема гранита и магмы

Аннотация

В связи с состоявшимся в Москве совещанием „О закономерностях развития магматизма“ и учитывая его материалы, автор излагает свои соображения по некоторым обсуждавшимся на совещании вопросам.

Поскольку данные геофизики противоречат гипотезе сплошной подкоревой магматической оболочки, а наличие магмы является установленным фактом, приходится допустить локализованное образование магматических очагов. Таким образом возникает проблема магмообразования и условий, его определяющих.

С другой стороны, проблема гранита ставит перед исследователем новые вопросы. Так как гранитизация путем метасоматоза уже предполагает наличие сиалического материала, объяснить таким образом вообще происхождение гранита невозможно. Приходится искать пути образования первичного гранита.

Приуроченность сиалического материала к континентальным массам и его отсутствие на дне типических океанов позволяет предполагать внутреннюю связь между генезисом гранита и образованием континентов. Первичный гранит, как и континенты, образуется за счет основной оболочки земли (сима) в процессе орогенезиса. Автором учитывается возможность как полного плавления и последующей повторной кристаллизационной дифференциации, так и частичного плавления.

კეთავან ყაჩიშვილი

ბზიფისა და აფხაზეთის მაღალმთიანი ქედების ლანდშაფტური დახასიათებისათვის

ბზიფისა და აფხაზეთის მაღალმთიანი ქედები აფხაზეთის ასსრ ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილში მდებარეობენ, მდ. ბზიფის ზემო წელის აუზში.

აფხაზეთის მაღალმთიანი ქედი კავკასიონის მთავარი ქედის პარალელურ, გვერდით ქედს წარმოადგენს, ხოლო ბზიფის ქედი კი კავკასიონის მთავარი ქედის პარალელურ, მეორე მწკრივს შეადგენს.

აღნიშნული ქედები ლანდშაფტური ინდივიდუალობით ხასიათდებიან, რის გამოც შესაძლებელია მათი ლანდშაფტური დაპირისპირება.

თითოეული აღნიშნული ქედისათვის დამახასიათებელია ფიზიკურ-გეოგრაფიული მთლიანობა, რაც შესაძლებლობას გვაძლევს წარმოვიდგინოთ ისინი როგორც აფხაზეთის ჩრდილო-დასავლეთი მხარის ორი დამოუკიდებელი ლანდშაფტური რაიონის გამოხატულება.

ავტორის მიერ ველად მუშაობის შედეგს წარმოადგენს ლანდშაფტური ვერტიკალური ზონების დადგენა და მათი დახასიათება ლანდშაფტური რაიონების ფონზე.

ბზიფის ქედის ქარსული ლანდშაფტი

ბზიფის განედურ ქედს საკვლევე ტერიტორიის სამხრეთი ნაწილი უჭირავს: აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ იგი გადაჭიმულია 32 კმ-ის მანძილზე, აჩაფარის გადასასვლელიდან მდ. ბზიფის მერიდიონალურ-ანტიკვადენტურ ხეობამდე, რომელიც განსაზღვრავს ბზიფის ქედის დაცილებას, ხეობის დასავლეთ მხარეზე განლაგებული არაბიკის კირქვიანი მაღალმთიანი ნასივისაგან.

ჩრდილოეთით ბზიფის განედურ ქედს მდ. ბზიფის ღრმა და ვიწრო გასწვრივი ხეობა ნიჰყვება, რომლისკენაც ქედის კლდოვანი და შვეული ჩრდილო კალთები ეშვება. ქედის სამხრეთი, უფრო დამრეცი კალთა ინტენსიურად არის დანაწევრებული და მის ძირში აფხაზეთის გორაკ-ბორცვიანი მხარეა გადაშლილი. ამ უკანასკნელისაგან ბზიფის ქედი რელიეფში მკაფიოდ გამოხატული მაღალი და ციცაბო ბეჭით ისაზღვრება.

შედარებით დაბალი და ადვილად მისადგომია ბზიფის ქედის პერფერული — აღმოსავლეთი და დასავლეთი კალთები, თუმცა აქაც აღინიშნება რელიეფის ინტენსიური დანაწევრება, მრავალი მშრალი და მცირეწყლოვანი ხეობები.

მთელ თავის სიგრძეზე ბზიფის ქედი დიდი ანტიკლინური ნაოქის გარეგნულ გამოსახულებას გვაძლევს; ნაოქის ღერძი ქედის მაღალმთიან ნაწილს მიუყვება აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ. თხემზე სიმაღლეები თანაბრად არის განვითარებული; საშუალოდ მისი სიმაღლე 2500 მეტრამდის აღწევს.

ბზიფის ანტიკლინის ფონზე გეოლოგი კუროჩკინი რამდენიმე მეორად ნაოქა სტრუქტურასაც გამოჰყოფს, მაგრამ რამდენადაც ეს უკანასკნელი რელიეფში იმდენად მეტყველ გამოსახულებას არ გვაძლევს, როგორც თვით ძირითადი ანტიკლინი, რომლის ფრთები ქედის კალთებს შეესატყვისებიან, ამიტომ ჩვენც მათ გავრცელებაზე არ შევჩერდებით.

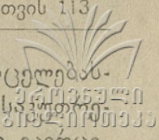
აღსანიშნავია, რომ ანტიკლინის ფონზე, გარდა მეორადი ნაოქა სტრუქტურებისა, შესაძლებელია განედური მიმართულების ჩარღვევების გატარებაც, რომელთა გასწვრივაც ანტიკლინმა ლოდა მასივებად დატეხვა განიცადა, ლოდების ზონალური და ერთიმეორის მიმართ თანმიმდევრული შეცოცებების საშუალებით.

ეს რთული მოძრაობანი, ეტყობა, ხანგრძლივი გეოლოგიური პერიოდის მანძილზე მიმდინარეობდა და ლოდების დიფერენციალური მოძრაობანი ერთდროული არ უნდა ყოფილიყო.

ბზიფის ანტიკლინური ქედი ძირითადად კარბონატული ქანებით არის აგებული; სამხრეთი კალთის რელიეფწარმომშობ ქანებს წარმოადგენენ ბარემული ასაკის კირქვები, ხოლო ჩრდილო კალთის აგებულებაში მონაწილეობენ ტიტონური დოლომიტები.

ბზიფის ანტიკლინური ქედის გული ბაიოსური ტუფობორფირიტული ქანებითაა აგებული, რომლებიც რელიეფში მყლავნდება ბზიფის ქედის დასავლეთ კალთაში ჩაჭრილ ღრმა და ვიწრო მდ. ზუკვისა და მდ. ზირხვის ხეების გასწვრივ. გეოლოგ კუროჩკინის აზრით, ბაიოსური ტუფობორფირიტული წყება ბევრად უფრო ინტენსიურად არის დისლოცირებული, ვიდრე მასზე განლაგებული კარბონატული წყება, რომელიც ბზიფის ქედის ძირითად რელიეფწარმომშობ წყებას წარმოადგენს.

ტექტონიკური თვალსაზრისით ბზიფის ანტიკლინის დასავლეთ გავრცელებად შეიძლება წარმოვიდგინოთ მაღალმთიანი კირქვიანი არაბიკის მასივი, რომელიც ტოპოგრაფიულად მარაოსებრივ რთულ ანტიკლინურ ნაოქს უპასუხებს. არაბიკის მასივის ციცაბო, კლდოვანი კალთები რთული მარაოსებური ანტიკლინური ნაოქის ფრთებს შეესატყვისებიან, რომელთა შორისაც მთა არაბიკის რთული მთიანი ანსამბლი ანტიკლინის თაღის გამოსახულებას გვაძლევს რელიეფში და აგებულია ვალანტინურ-ჰოტრივული და, ნაწილობრივ, ბარემული მასიური, სქელშრებბრივი კირქვებით; არაბიკის მასივის კალთები კი აგებულია ბიტუმინიანი კირქვებით და ნერინების შემცველი დოლომიტებით, რომლებიც ზედა ტიტონური ასაკის ბრეჩიული კირქვების ანალოგებად შეიძლება ჩაითვალოს გეოლოგ კუროჩკინის გამოკვლევების მიხედვით.



ბზიფის ქედის რელიეფწარმომშობი კარბონატული ქანების გავრცელებასთანაა დაკავშირებული კარსტული ლანდშაფტის განვითარება; განსაკუთრებით დამახასიათებელია ზედაპირული კარსტული ფორმების ფართო გავრცელება ქედის თხემზე და აგრეთვე მის სამხრეთ კალთაზე, რომელიც, მართალია, ფართოფოთლოვანი ტყით არის დაფარული, მაგრამ კარსტული ფორმები აქ, ტყის ზონაშიც, საკმაოდ მკაფიოდ გამოიყოფიან. სანამ კარსტული ლანდშაფტის დახასიათებას დავიწყებდეთ, აღვნიშნავთ ბზიფის ქედის სამხრეთ-დასავლეთ კალთაზე ტუფოპორფირიტული-ბაიოსური ქანების სუბსტრატზე განვითარებული ლანდშაფტური ვერტიკალური ზონების თავისებურებას.

ბზიფის ქედის სამხრეთ-დასავლეთი ცაცაბო კალთები მდ. ბზიფის გარდვიარდმო-ანტიცედენტური ხეობის ძირთან წყდება; აქ მდ. ბზიფის მარცხენა შემდინარის მდ. ზირხვის შესართავთან კოლხეთის ტიპის ტყეს ზონალური გავრცელება აქვს ქედის ძირის გასწვრივ, ზღვის დონიდან 360 მეტრამდე. ტყის ედიფიკატორებია წიფლა, წაბლი, რცხილა და მუხა (მცირედად). ქვეტყე უმთავრესად წარმოდგენილია ბზის ბუჩქნარითა და თხმელას მოზარდი ხეებით, ხშირი მაცვლის ბარდებით; გარეული ვაზისა და კატაბარდას ლიანებით გადახლართული ტყე თითქმის გაუვალია, ჭანსაკუთრებით იქ, სადაც ბზის ბუჩქნარებს დღემდე შეკრული კორომი შეუნარჩუნებიათ.

360 მეტრის სიმალიდან დაბალტანიანი ტყის ლანდშაფტი ნეკერჩხლის, რცხილისა და მუხის ქარბობით ხასიათდება. ქვეტყეში მარადმწვანე ბუჩქნარები აღარ შეგვხვდება და მათ ფოთლომცვენი ჯიშები ცვლიან — იელი, თრიმლი, წიფლის მოზარდი ბუჩქნარი; ბარდებიდან — სურო და ეკალ-ლიჭი, რომელნიც ჰიფსომეტრულად უფრო ზევით კიდევ შეგვხვდება.

460 მეტრის სიმალიდან, მდ. ზირხვას მარჯვენა მხარეზე, ისევ ტუფოპორფირიტული ქანების სუბსტრატზე, მაღალტანიანი წიფლის ტყის ზონა ვრცელდება. აქ წიფლნარში ხშირია კეთილშობილი ნეკერჩხლის და ცაცხვის დიდი ბონეტიტის ხეები.

ქედის თხემიდან ჩამონგრეული კირქვის ვეებერთელა ლოდები მაღალტანიან წიფლის ტყეს ზღაპრულ იერს ანიჭებს. ლოდებთან გვიმრის საფარია განვითარებული, მაშინ როდესაც საკმაოდ დაჩრდილულ (წიფლისა და ცაცხვის ხეების ფართო ქორბუდით) ტყეში ნიადაგი მკვდარი საფარითაა დაფარული. ციცაბო კალთა ძველად, ეტყობა, ტყის დასაცურებლად იყო გამოყენებული, ტყის გაჩეხვისა და განადგურების ნიშნები დღემდე თვალსაჩინოა.

წყაროებით ღარბია ბზიფის ქედის აღნიშნული კალთა, ისევე როგორც მთლიანად მთელი ქედი, თუმცა იშვიათად შეგვხვდებით პატარა წყაროებს, რომელთა ირგვლივაც ბალახის საფარი გარეულ ღორს გაუთელია (*Sus scrofa atilla Thom*), ეს უკანასკნელი კი ტყეში დიდი რაოდენობითაა გავრცელებული.

მაღალტანიანი წიფლის ტყის ლანდშაფტის მაცხოვრებლებია აგრეთვე დათვი, მგელი, კვერნა; მღრღნელებიდან ციყვი, რომელიც აქ წიფლის ნაყოფით იკვებება.



აღნიშნული მაღალტანიანი წიფლის ტყის ლანდშაფტი, საკმაოდ უფრო ფეროვანი იერით, 1250 მეტრის სიმაღლემდე ვრცელდება, რის შემდეგ ლანდშაფტი საკმაოდ მკუთრად იცვლება.

1250 მეტრიდან ტყის ზედა საზღვრამდე წიფლნარ-სოჭნარ ტყის ლანდშაფტს ზონალური გავრცელება აქვს. მაღალტანიანი ლამაზი სოჭის ხეები აქ *Abies Nordmanniana*-ს სახეობით არიან წარმოდგენილნი, რომელთა ბონეტი ზონის ქვედა ნაწილშიც მნიშვნელოვანია, ხოლო ცალკეული ეგზემპლარების მაქსიმალური სიმაღლე 30 და 35 მეტრამდეც აღწევს.

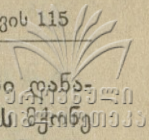
როგორც ამდენხანს, ახლაც ციცაბო კალთა ბაიოსური ტუფობორფირიტული ქანების სუბსტრატზეა განვითარებული, რომელთა გაშიშვლება აქ ტექტონიკური შეცოცების ხაზმა გამოიწვია და ამ უთანხმოების გასწვრივ გამომუშაებულმა მდ. ზირხვის ღრმა და ვიწრო ხევა, ბზიფის ანტიკლინური ქედის ღერძის გასწვრივ, ანტიკლინის გულის გამოვლინებით; ახლა, რაკი მდ. ზირხვის სათავეებამდე ავედით, ღრმა კრილი აღარ შეგვხვდება და ძირითადი რელიეფწარმომშობი ქანები ამიერიდან უფრო ახალგაზრდა და სულ სხვა ლითოლოგიური შემადგენლობის ქანებით — მასიური კირქვებით იქნება წარმოდგენილი, რომელთა გავრცელებასთანაც დაკავშირებულია კარსტული ლანდშაფტის განვითარება.

წიფლნარ-სოჭნარი მაღალტანიანი ტყის ლანდშაფტის ფონზე შესამჩნევია მიკრო-ლანდშაფტური დასურათებანიც თხემიდან ჩამონგრეული კირქვის დიდი ლოდების იზგვლივ; აქ ყურადღებას იპყრობს უთხოვარას საკმაოდ მოზრდილი ხეებით შექმნილი კორომები, მარადმწვანე ბუჩქნარებით — წყავისა და ჭყორის დაჯგუფებებით შექმნილი. მიკრო-ლანდშაფტური დასურათებანი.

1450 მეტრის სიმაღლეზე კირქვებით აგებულ დიდი დაქანების კალთაზე სუფთა სოჭნარი ტყის ლანდშაფტური ზონა ვიწრო არშიასა ქმნის. ახალგაზრდა სოჭის ხეებს შორის გვხვდება გიგანტი, დიდი სივანისა და ტანწორ-წეტა ხეებიც, რომელთა ბონეტიტი 30 მეტრზე ნაკლები არ უნდა იყოს. 1660 მეტრამდე სოჭნარი ტყისათვის დამახასიათებელია მარადმწვანე ბუჩქნართა — ჭყორისა და წყავის განვითარება, ხოლო აღნიშნული სიმაღლიდან წიწვნარ ტყეში, ვიდრე ტყის ზედა საზღვრამდე, ჩვენ მათ აღარ შევხვდარილვართ.

აღსანიშნავია, რომ ტყის ზედა საზღვარსა და სუბალპურ მდელოთა ლანდშაფტურ ზონებს შორის გარდამავალი ლანდშაფტური ქვეზონა სრულებით არ არის განვითარებული. ტანბრცილა ტყის ვიწრო ზონა აქ ტყის ლანდშაფტს არ გაუყვება ისე, როგორც კავკასიონის სხვა მაღალმთიან ქედებზე.

ტყის ზედა საზღვრიდან, ე. ი. 1850 მეტრიდან, 2100 მეტრამდე, ბზიფის ქედის თხემური ნაწილი სუბალპური მდელოს ლანდშაფტს უპყრია, მისთვის დამახასიათებელი ზედაპირული კარსტული ფორმების ფართო გავრცელებით.



აქ პირველ რიგში ყურადღებას იპყრობს ქედის თხემის ძლიერ დაწვევება უამრავი, სხვადასხვა სიღრმისა და სხვადასხვა დიამეტრის კარსტული ძაბრებით. მეორე მხრივ, აღსანიშნავია აფხაზეთისა და მთელი კავკასიონის მაღალმთიანი ქედებისათვის დამახასიათებელი დეკიანების განუვითარებლობა, რაც ჯერ კიდევ ალბოვისა და მერე ვორონოვის მიერ იყო შემჩნეული.

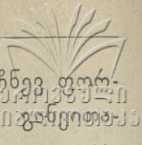
სუბალპური მდელოს ფონზე აქ იმდენად დამახასიათებელი არ არის მაღალბალახეულობის განვითარება, თუმცა მისი შეხვედრა შესაძლებელია თხემის ჩრდილო პერიფერიაზე და დაჩრდილულ, ტენიან ადგილებში — ღრმა კარსტული ძაბრების ძირში, ისიც მხოლოდ ფრაგმენტების სახით, მაშინ როდესაც ბზიფის ქედის მეზობელ მაღალმთიან აფხაზეთის ქედის ძირითად დასურათებას მაღალბალახეულობა წარმოადგენს, დეკიანების ფართო გავრცელებით.

საინტერესოა ბზიფის ქედის სუბალპური მდელოს ფონზე არყის ხის ხან ცალკეული ეგზემპლარების, ხან კი, მავალითად „აბაცისა“ და „ბლიას“ საძოვრებთან, *Betula pubescens*-ით შექმნილი კორომების განვითარება უფრო შემადლებულ, კლდოვან, კირქვიან მწვერვალებზე.

გეობოტანიკოსი ა. კოლოკოვსკი აღნიშნავს [2], რომ ბზიფის ქედის თხემის ჩრდილო პერიფერიაზე დამახასიათებელია ფიქნარის (*Pinus hamata*) პატარა კუნძულების განვითარება. აღსანიშნავია ქვიან და ღორღიან ადგილებში დაბალი, მარადმწვანე ბუჩქნარის *Daphne pseudosericea* E. Pobed. გავრცელება, მაშინ როდესაც, როგორც ზემოთაც აღვნიშნეთ, კირქვიან ბზიფის ქედზე დეკას ბუჩქნარს სრულიად არ შეხვედრილვართ.

ვ. მალეევი ბზიფის ქედზე, ისევე როგორც კავკასიონის სხვა მაღალმთიან ქედებზე, დღეს ფიქვის (*Pinus hamata*) მცირე გავრცელებას ისტორიულ და თანამედროვე პერიოდის ჰავის ცვლილებებს უკავშირებს. აღნიშნული მკვლევარის აზრით, უფრო მშრალი ქსეროთერმიული პერიოდის განმავლობაში ფიქვნარს კავკასიონზე ბევრად უფრო ფართო გავრცელება უნდა ჰქონოდა. ამ აზრს კარგად გამოხატავს მისი ნაშრომის [4] ქვემოთ მოყვანილი ციტატი: „На известняковом Бзыбском хребте мною и А. А. Колаковским в 1935 г. наблюдался в субальпийском поясе на южных склонах своеобразный вариант субальпийской растительности с доминированием *Sesleria autumnalis*, с обилием *Arctostaphylos uva ursi*, *Daphne pontica*, *Helianthemum champecistus* и др. Всё это — растения, часто встречающиеся именно в сосновых лесах, и возможно, что в данном случае мы имеем дело с уцелевшей синузией соснового леса, покрывавшего эти склоны в сухую эпоху постгляциального времени — ксеротермического времени, а потом исчезнувшего в силу климатических изменений, или под влиянием человека“.

ბზიფის ქედის კარსტული დოლინებით დაწვევებული თხემის ფონზე მკაფიოდ გამოიყურებიან ცალკეული მწვერვალები, კლდოვანი კალთებით და დაკბილული წვერით. ასე, მაგ., „ბლიას“ საძოვრიდან აღმოსავლეთით დიდი



და მცირე ჭაფარას კლდოვანი მოწამეები დოლინების ფონზე შესამჩნევად გამოიყვანა. მებს წარმოადგენენ, რომელთა ძირში კირქვის ლოდების ხაოსი აღმართულია. ასეთ მწვერვალებზე ასვლა საკმაოდ ძნელია, კალთების დიდი დაქანებისა და კირქვიანი ზედაპირების ძლიერი დაკარვის გამო.

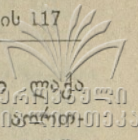
აღნიშნული მწვერვალებიდან ბზიფის ქედის ფართო თხემის პანორამა იშლება (თხემის სივანე ზოგან 12 კმ-მდე აღწევს), კარსტული დოლინებით ინტენსიურად დანაწევრებული, ღრმა ძაბრების ძირში თოვლის სქელი ფენის შენარჩუნებით ზაფხულის ცხელ დღეებშიც კი. თოვლის დნობის შედეგად პატარა ტბები წარმოიშვება — ერთადერთი სასმელი წყალი მწყემსებისათვის და საქონლისათვის.

ზედაპირული კარსტული ფორმების ფართო გავრცელებასთან ერთად აღსანიშნავია ქედის თხემზე და აგრეთვე მის სამხრეთ-დასავლეთ კალთაზე მიწისქვეშა კარსტული ფორმების იშვიათი გამოვლინება, რაც ბზიფის ანტიკლინური ქედის ჩარღვევებითა და ნახსლეტებით უნნიშვნელო და მცირემასშტაბიან დანაწევრებასთან უნდა იყოს დაკავშირებული. ერთ-ერთი ასეთი გამოვლინება მიწისქვეშა კარსტული გამოქვაბულების სახით გვაქვს თხემის უკიდურეს სამხრეთ-დასავლეთ ნაწილში, ზღვის დონიდან 1770 მ სიმაღლეზე; იგი ცნობილია აპსცერძხ-ის სახელწოდებით და ტყის ზედა საზღვართან მდებარეობს, წიფლნარის ზევით, რომელიც სუბალპური მდელოს ზონისაგან, ისევე როგორც სოქნარი ტყისზე ედა საზღვარი, გარდამავალი ლანდშაფტური ზონის, ტანბრეცილა სუბალპური ტყის ზონის გარეშე გადადის.

გამოქვაბულს შესასვლელის თავზე სქელშრებრივი, ზედაპირზე გამოფიტული კირქვები აქვს. გამოქვაბული ჩრდილო-ჩრდილო-დასავლეთით არის გაწოლილი. გამოქვაბულის შესასვლელის სიმაღლე 1,5 მეტრია, ხოლო შესასვლელის სივანე 1 მეტრს არ აღემატება. გამოქვაბულის სიღრმე დაახლოებით 30 მ უდრის მის ვასწვრივ, მთავარი ხეობის გარდა, პატარა კორიდორებიცაა განვითარებული. გამოქვაბულიდან წყარო გამოედინება. წყაროს დებიტი 200 გრამ-სეკუნდს უდრის. წყლის ტემპერატურა გამოქვაბულში 4° შეადგენდა (18 აგვისტოს, დილის 9 საათზე), ხოლო წყაროს გამოსასვლელის ადგილას კი — 6°; წვიმების დროს მისი დებიტი მნიშვნელოვნად მატულობს, ხოლო წყლის გამჭვირვალობა მცირდება.

აღსანიშნავია, რომ ტყის ზედა საზღვრის ვასწვრივ განვითარებული კარსტული დოლინები ბევრად უფრო ღრმა და ციცაბო კალთებით ხასიათდებიან, ვიდრე სუბალპურ ზონაში და, კერძოდ, „ბლიას“ საძოვრების მიდამოებში განვითარებული უფრო დიდი დიამეტრის მქონე, მაგრამ გაშლილი დოლინები. აქ, ეტყობა, დოლინების გაღრმავებას ხელი შეუწყურ მკვდარი საფარის ხარჯზე წარმოქმნილმა ჰუმუსის სიმუხავემ.

ბზიფის ქედის თხემის სამხრეთი ნაწილი, ისევე როგორც მისი დასავლეთი ნაწილი ინტენსიურად არის დანაწევრებული უთვალავი კარსტული დოლინებით, რომელთა წყალგამყოფები ზოგან გლუვი ზედაპირით, ზოგან კი გაშიშვლებული კირქვიანი, დანაწევრებული თხემით დაჰყურებენ პატარა და



დიდ კარსტულ ძაბრებს, რომელთა შორისაც ზოგში თოვლის სქელი ლაქა ჩაწოლილა. ზოგიერთი დოლინის ძირი კი დაჭობებულა და ახლახანს მხოლოდ ქლებული თოვლის კვალი ჯერაც არ გამქრალა. ზოგიერთ დოლინის ძირში და მის კალთებზე დაკბილული თხემიდან კირქვის ლოდები ჩამოყრილა, ინტენსიური გამოფიტვისა და სიმძიმის ძალის ზეგავლენით ლოდნარის გაუვალი ხაოსი განვითარებულა; აქ ლოდებს შორის წყალი ისე იწრითება, რომ ერთ წვეთსაც კი ვერ მოწრუტავს მგზავრი.

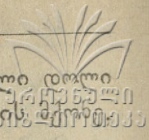
ბზიფის ქედის თხემის სამხრეთ პერიფერიაზე იმის გამო, რომ იგი სრულიად უწყლოა, სპონენლს საზაფხულო საძოვრებზე არ აძოვებენ. აქ დოლინების კალთებზე ყველაზე უკეთ არის დაცული სუბალპური მდელოს მაღალბალახეულობა, ხოლო ცალკეულ ლოდებზე ღვიის (*Juniperus depressa*) ვარობმული ბუჩქნარია განვითარებული.

სამხრეთი კალთის გასწვრივაც ტყის ზედა საზღვარი ტანბრეცილა ტყის ზონის გარეშეა გამოხატული. ტყე აქაც მაღალტანიანი წიფნარ-სოჭნარი ტყის ლანდშაფტით იწყება უეცრივ, სუბალპური ტყის ზონის გარეშე. მართალია, ტყის ავანგარდი ზოგიერთ შემთხვევაში წიფლის ახალგაზრდა და დაბალტანიანი ხეებით იწყება, რომელთა ტანი ოდნავ წაქეეულიცაა და გახრილია შიგნით, მაგრამ ტყეში შესვლისთანავე მაღალტანიანი სოჭის ხეები გვხვდება, რომელთა ბონეტიტი 15 მეტრზე ნაკლები არ არის. სოჭის ტყის კუნძულები გვხვდება სუბალპურ მდელოს ფონზედაც, რაც ტყის ზედა საზღვრის დაქვეითებას უნდა მოწმობდეს, ადამიანის ზეგავლენით გამოწვეულს. 1680 მეტრამდე სოჭნარ-წიფლნარი ტყის ლანდშაფტი განვითარებულია ციცაბო კალთაზე, რომლის ზედაპირი ინტენსიურად არის დაკარული და უამრავი კარსტული დოლინებითაა დაფარული.

1700 მეტრის ქვევით შერეულ ტყეში ახლა წიფლნარი ჭარბობს, დოლინების პანორამა გრძელდება. მხოლოდ იმის გამო, რომ ნიადაგი მკვდარი საფარით დაიფარა, დაკარული ზედაპირები იმდენად დამახასიათებელი აღარ არის. აქ ქვეტყე ძირითადად წყავისა და წიფლის ახალი ნაზარდით არის წარმოდგენილი. მაღალტანიანი წიფლის ხეების ირგვლივ სუროს ხშირი ბარდები გარსემოხვეული; გრძელდება კარსტული დოლინების თვალსაჩინო გამოვლინება, მხოლოდ აქ დოლინებმა უფრო სიმეტრიული ფორმა მიიღო და მათმა სიღრმემაც იმატა.

1350 მეტრის ქვევით ფართოფოთლოვან წიფლის ტყეში შევდივართ, რომლისთვისაც დამახასიათებელია ფართო ქობრუდის ქვეშ სქელი მკვდარი საფარის განვითარება, ქვეტყის სუსტი გამოსახულება და ალაგ-ალაგ *Fagetum nudum*-ის ასპექტი. აქ დოლინები იშლება, მათი ძირი ფართოვდება, ხოლო სიღრმე კი მნიშვნელოვნად მცირდება.

800 მეტრიდან ფართოფოთლოვან წიფლარ ტყეში თხემლის მეჩხერი და დაბალტანიანი ტყე იჭრება. კარსტული დოლინების დასურათება ჯერ კიდევ გრძელდება ამ ფონზე ფართო და დამრეკ კალთებიანი დოლინები ჭარბობს, მათ ძირზე გვიძრის ხშირი საფარია განვითარებული. მალე წიფლის ტყის ასპექტიც მთავრდება და 700 მეტრის სიმაღლიდან დაბალტანიანი, მე-



ორადი, თხმელის ტყის ზონა იწყება, რომლის ფონზედაც კარსტული დოლინების კომპლექსი ჯერ კიდევ გრძელდება, თუმცა მცირე დიამეტრის მაგრამ ღრმა ძაბრების გამოვლინებით.

ზღვის დონიდან 500 მეტრის სიმაღლეზე ბზიფის ქედის სამხრეთი კალთის ძირი შემოიწვრება, რომლის სამხრეთითაც გორაკ-ბორცვიანი, კულტურული ლანდშაფტის მქონე მხარე გადაიშლება.

აფხაზეთის მაღალმთიანი ქალის ლანდშაფტი

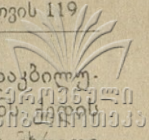
ბზიფის ქედის ჩრდილოეთით, კავკასიონის მთავარ ქედსა და მდ. ბზიფის გასწვრივი ხეობის შორის აფხაზეთის მაღალმთიანი ქედი მდებარეობს, რომლის ჩრდილო-აღმოსავლეთ კალთებში მდ. ბაიუს ასიმეტრიული და ღრმა ხეობა ჩაწოლილი, კავკასიონის მთავარი ქედის გასწვრივ.

აკად. ალ. ჯავახიშვილი [1] აფხაზეთის ქედის სახელწოდებას ხმარობს აფხაზეთის კავკასიონის მთავარი ქედის პარალელური ქედისათვის, რომელიც აღმოსავლეთით „იწყება სვან-აფხაზეთის ქედიდან კალამრა-სუკის მთასთან და მიემართება მდ. სეკენისა და მდ. ბრამბას შორის, მათ შეერთებამდის. გარდევული მდ. სეკენის და ჩჰალთას მიერ, იგი ჩჰალთას შესართავიდან განაგრძობს თავის მიმართვას მდ. ჩჰალთას გაყოლებით ადნაგეს ქედამდის... ადნაგეს ქედიდან, მოხრილი დასავლეთით, მისდევს მდ. ბზიფის სათავეს ჩედიმის მთამდის. ჩედიმის მთასთან წყდება მიმდევრობა აფხაზეთის ქედის მიმართულებისა. გარდევული მდ. ბზიფის შემდინარეებით — ბავით და ლაშიფსით, იგი დაწყვეტილი მიჰყვება მდ. ახეის, ბავის და ლაშიფსას აცეტუკას მთამდის, სადაც აფხაზეთის ქედი ხელმეორედ ებმის გარდიგარდმო ლვატ-გორას მთებით მთავარ ქედს. აცეტუკას მთიდან იგი მთლიანი ქედის სახით განაგრძობს თავის ჩ. დ. მიმართულებას აგფესთა-აიბვას მთებზე მდ. მზიმთის ზემო წელის გაყოლებით. დასავლეთ ბოლოზე აფხაზეთის ქედი, გარდევული მდ. მზიმთით, ამ მდინარის მარჯვენა ნაპირიდან მიემართება მთავარ ქედი-საკენ აჩიხოს მთასთან შესაერთებლად“.

ჩვენ მიერ შეაწავლილი აფხაზეთის ქედის (აკად. ალ. ჯავახიშვილის გაგებით) დასავლეთი ნაწილი, თვალსაჩინოდ გამოხატავს ფიზიკურ-გეოგრაფიული რაიონის მთლიანობას, რომლის ფონზედაც ვერტიკალური ლანდშაფტური ზონები მისი ბუნების მრავალფეროვნების მაჩვენებელი იქნებიან.

ლანდშაფტური რაიონის ჩრდილო საზღვარი კავკასიონის მთავარი ქედის შეეული და კლდოვანი სამხრეთი კალთით განისაზღვრება. სამხრეთი საზღვარი მდ. ბზიფის განედურ-კანიონისებრივ ხეობას მიჰყვება. დასავლეთით, მდ. ლაშიფსე-იუფშარის ხეობა აფხაზეთის ქედის დასავლეთ საზღვარს შემოსწვრს, ხოლო აღმოსავლეთით მდ. ბაიუს სათავეებში ჯერ კავკასიონის გასწვრივი და ქვემო წელში გარდიგარდმო ხეობა აღმოსავლეთ საზღვარს წარმოადგენს.

აღნიშნულ ფარგლებში აფხაზეთის მაღალმთიანი ქედის რელიეფისათვის დამახასიათებელია თხემის მნიშვნელოვანი სიგანე და მოსწორებული ხსისით,



რომლის ფონზედაც მერიდიანული მიმართულებების აჩხოს ქედის დაკბილული თხემი და მისი კლდოვანი კალთები მკაფიო ნაკეთს წარმოადგენს. სადა და მოვაკებული თხემისათვის. მაღალმთიანი აფხაზეთის ქედის სამხრეთი კალთები მდ. ბზიფის მარჯვენა შემდინარეებითაა მნიშვნელოვნად დანაწევრებული, რომელთა შორის მდ. ფშიცას ღრმა ხეობა ყველაზე მეტხველ რელიეფის ფორმასა ქმნის. აფხაზეთის ქედის ჩრდილო პერიფერია მდ. ბაიუს სათავეებს უბყრია, რომელთა მარჯვენა წყაროები მაღალ კარულ ტაფობებში იწყება და წყალგარდნილებით ეშვება მდ. ბაიუს მთავარ ხეობაში.

ტექტონიკური თვალსაზრისით, ისევე როგორც ოროგრაფიულად, აღსანიშნავია აფხაზეთის ქედის მთლიანობა, რომელიც ჩრდილო და სამხრეთ კალთების გასწვრივ მნიშვნელოვანი მასშტაბის მქონე შეცოცებით უნდა განისაზღვრებოდეს. კუროჩინი აფხაზეთის ქედის (ან როგორც თვითონ უწოდებს აჩხო-აგფესთის ქედის) სამხრეთ ნაწილში დიდი ამპლიტუდის განედური მიმართულების შეცოცებას გულისხმობს, რომლის გასწვრივაც აფხაზეთის ქედის შესატყვისი ანტიკლინური ნაოქის შემადგენელი ბაიოსური პორფირიტული წყება ზედა იურულ და ქვედა ცარცულ კირქვებზეა ჩრდილოეთიდან შეცოცებული. შეცოცება, მდ. ფშიცას სათავეებში აღნიშნული, ჩრდილო-დასავლეთისაკენ რიცის ტბის ჩრდილოეთით გამოხატულ შეცოცებას უერთდება.

აფხაზეთის ქედის ჩრდილო კალთის გასწვრივაც აღინიშნება შეცოცების ხაზის არსებობა და მისი გამოვლინება აქ რელიეფში უფრო თვალსაჩინოა. აფხაზეთის მაღალმთიანი ქედი, მოსწორებული თხემით და პერიფერიებზე მდ. ბზიფისა და ბაიუს შემდინარეებით დანაწევრებული, აგებულია ბაიოსური პორფირიტული ქანებით, ეროზიული პროცესების მიმართ მეტად გამძლე ქანებით. ამიტომ ქედის ჩრდილო კალთაში ჩაჭრილი მდ. ბაიუს გასწვრივი ღრმა ხეობა მეტად ციცაბო კალთებით ხასიათდება. განსაკუთრებით ციცაბოა აღნიშნული ხეობის ჩრდილო კალთა, რომელიც ამავე ღროს კავკასიონის მთავარი ქედის სამხრეთ კალთას წარმოადგენს და აგებულია გრანიტებითა და სხვა კრისტალური ქანებით; მდ. ბაიუს ხეობის ძირი კი ლიასური თიხა-ფიქლებით არის აგებული. ლიასური თიხა-ფიქლების წყება, რომელიც კავკასიონის მთავარი ქედის ძირშია გავრცელებული, შეცოცებულია უფრო სამხრეთით განვითარებულ ბაიოსურ ტუფო-პორფირიტულ წყებაზე; თავის მხრივ მთავარი ქედის შემადგენელი კრისტალური ქანები ჩრდილოეთიდან მდ. ბაიუს გასწვრივ ხეობაში ლიასურ თიხა-ფიქლებზეა შეცოცებული.

ამგვარად, თუ აფხაზეთის ქედის გავრცელების ფარგლებში შესაძლებელი იყო ლაპარაკი ტექტონიკური სტრუქტურის მთლიანობაზე, საკვლევი ტერიტორიის უკიდურეს ჩრდილო მხარეში აღსანიშნავია ტექტონიკურ სტრუქტურათა სირთულე, სადაც დიდმასშტაბიანი შეცოცების გასწვრივ რამდენიმე ლითოლოგიური ზონაა ქერცლისებრივად შეცოცებული.

აფხაზეთის მაღალმთიანი ქედის მოსწორებული თხემი სუბალპური მდგლოს ლანდშაფტით ხასიათდება. ქედის პერიფერიებისაკენ — მდ. ბაიუს ხეობაში და მდ. ბზიფის გასწვრივ კანიონში ტყის ლანდშაფტი რამდენიმე ვერტიკალურ ზონას ავლენს.

აფხაზეთის ქედის სამხრეთი კალთების ძირი ფართოფოთლოვან მაღალტანიან ტყეს უბყრია, რომელშიც წიფელა (*Fagus orientalis*) გაბატონებულია როგორც თამაშობს ტყის ლანდშაფტში. ხშირად შეგხვდებით წმინდა წიფლნარს, მისთვის დამახასიათებელი მკვდარი საფარიტო ხეების ბონიტეტი 20—25 მეტრამდე აღწევს; დამახასიათებელია ახალგაზრდა ნაზარდის კარგი განვითარება, მაშინ როდესაც ძველი, მაღალტანიანი ხეები შედარებით სუსტად არის განვითარებული. წიფლის ტყეში გვხვდება კეთილშობილი ნეკერჩხლისა და მუხის ხეებიც. ზოგან, წიფლის ტყეში ქვეტყე იელისა და ჭყორის ბუჩქნარით არის წარმოდგენილი; ბალახეული საფარი სუსტადაა განვითარებული წიფლის ხეების დიდი ქობრუდის ქვეშ და სახეობებით შედარებით ღარიბია.

1470 მეტრის სიმაღლიდან ზევით წიფლის ტყის ლანდშაფტი წიფლნარსოქნარი ტყის ასპექტით იცვლება, რომელიც ზოგან ვიწრო არშიასა ქმნის, ზოგან კი, მაგალითად, მდ. ბაიუს ჩრდილო კალთაზე, საკმაოდ ფართო ზონის სახით არის გამოხატული. სოქის ტყეში ქვეტყე სუსტად ან სრულყოფით არ არის განვითარებული.

1920 მეტრის სიმაღლეზე, ქედის სამხრეთი კალთის გასწვრივ, ტყის ზედა საზღვარი ტანბრეცილა ტყეების ვიწრო არშიით არის გამოხატული, რომელიც აკავშირებს ტყის ლანდშაფტს ჰიფსომეტრიულად უფრო მაღლა განვითარებულ სუბალპურ მდელოებთან.

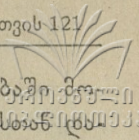
ტანბრეცილა ტყის ზონა აქ დაბალტანიანი წიფლის, ნეკერჩხლისა (*Acer Trautvetteri*) და შქერის გაუფალი ბუჩქნარით არის წარმოდგენილი.

2120 მეტრიდან სუბალპური მდელოს ლანდშაფტი გადაგვეშლება თვალწინ, რომლისთვისაც დამახასიათებელია მაღალბალახეულობის ფონზე დეკანების ფართო გავრცელება, ბზიფის კირქვიანი ქედის საწინააღმდეგოდ.

აფხაზეთის ქედის თხემზე ზოგან დღემდე შემონახულია მეოთხეული გაყინვარების კვალი; ასე, მაგალითად, ქედის მოსწორებულ და ფართო თხემზე აღმართულ აჩხოს ვიწრო ქედის დაკბილული თხემი მრავალი კარული სავარძლების გავრცელებით ხასიათდება. ასევე გლაციალურ ფორმათა მთელი კომპლექსი დამახასიათებელია მდ. ბაიუს ასიმეტრიული და ღრმა ხეობის კალთებისათვის; აჩხოს გადასასვლელის მიდამოებში აღსანიშნავია კარული სავარძლების საფეხურებრივი განლაგება. კარული სავარძლები აქ ზოგან პატარა ტბებით არის დაკავებული, ზოგან კი თოვლის ლაქებით, რაც კიდევ უფრო რელიეფურსა ქმნის მათ გამოსახულებას ლანდშაფტში.

ტბების ირგვლივ დამახასიათებელია კარის კალთებიდან ჩამოტანილი ქვა-ნაყარის განვითარება, სუბალპურ მდელოს მცენარეულობის ფონზე.

ერთ-ერთი კარული ტბა, აჩხოს გადასასვლელის მიდამოებში, 2230 მეტრის სიმაღლეზე მდებარეობს ზღვის დონიდან. ტბას თავზე დაჰყურებს პორფირიტული ქანებით აგებული კლდეები, შვერილები, რომლებიც მომავალში აქ ინტენსიურად მიმდინარე ფიზიკური გამოფიტვის პროცესების შედეგად მოინგრევა და ამით ტბის სანაპიროებთან განვითარებულ ქვა-ნაყარის ხაოსს კიდევ ახალი ლოდნარი შეემატება. ტბის სიღრმე უმნიშვნელოა, 1 მეტრზე ნაკლებია, ისევე როგორც ყველა დანარჩენი ტბისა, რომლებიც მდ. ბაიუს



სათავეების კარულ სავარძლებშია განლაგებული. ტბების საზრდოობა ნაწილობას იღებდნენ მდნარი წყლები (სეზონური თოვლის დნობის კავშირებით) და წვიმის წყლები.

კარული ტბების ციკაბო კალთებზე და ქვა-ნაყარზე ღვიის ბუჩქნარი განვითარებული, რომელთა ირგვლივ დეკის ხალიჩებია გადაფენილი.

ამგვარად, მდ. ბაიუს სათავეების ლანდშაფტისათვის დამახასიათებელია კარული სავარძლების საფეხურისებრივი განლაგება; კარული სავარძლების ძირი უმეტესად პატარა, გამჭვირვალე ტბებით არის დაკავებული და ხეობის ზემო წელი ახალგაზრდა ჰიდროგრაფიული ქსელის განვითარებით ხასიათდება, სადაც მდინარეთა ქსელის ჩასახვის გზებიც ძაფიოდ შესამჩნევია.

მდ. ბაიუს სათავეებში, ხეობის მარჯვენა კალთაზე, 6 კარული საფეხური ერთიმეორის მომდევნო (თხემიდან კალთის ძირისაკენ) წყალვარდნილებითაა დაკავშირებული. აქ 60 მეტრის სიმაღლის მქონე წყალვარდნილი კარულ სავარძელში ეშვება, სადაც 2.5 მეტრის სიღრმის ტბას გვაქვს. ტბიდან, თავის მხრივ, მეორე წყალვარდნილი მესამე კარულ სავარძელს გადასცემს ანკარა და ცივ წყალს. წყალი ვერც, ძაფისებრივი წყაროთი გამოედინება და იქვე იკარგება ვეებერთელა ლოდნარში, სადაც მას ღვიისა და დეკას გართხმული ბუჩქნარი ხარბად შთანთქავს.

მდ. ბაიუს სათავეების მარცხენა წყაროებიც კარული სავარძლებიდან იწყება. ესენიც, საფეხურებად, ერთიმეორეს მოსდევნ და თვალსაჩინო რელიეფის ფორმებსა ქმნიან კავკასიონის მთავარი ქედის სამხრეთ კალთაზე.

აჩხოს გადასასვლელის (2033 მეტრი) ჩრდილო-დასავლეთით მდ. ლაშიფსეს ფართო ხეობისაკენ იმლება პანორამა; გადასასვლელი ტანბრეცილა ტყის განვითარებით ხასიათდება, წიფლის ბუჩქნარის, მაღალმთიანი ნექერჩხლისა, დეკისა და შქერის გაბატონებით, სადაც სუბალპურ მაღალბალახეულობის მრავალ სახეობასაც შევხვდებით, *Scabiosa*-სა და *Campanula grandiflora*-ს ლამაზი თაიგულის გავრცელებით.

მდ. ლაშიფსეს ხეობა, ისევე როგორც მდ. ბაიუს ხეობა, ლიასურ ფიქლებშია ჩაჭრილი, ჩრდილოეთიდან მას თავზე დაჰყურებს კავკასიონის მთავარი ქედის კრისტალური ქანებით აგებული ციკაბო, სამხრეთი ესკარპები.

კრისტალური ქანებით აგებული მთა აჭარის მწვერვალი, დაკბილული თხემითა და შვეული კლდეებით, ისევე როგორც მდ. ბაიუს სათავეების მარცხენა კალთა, გლაციალურ ფორმათა კომპლექსის თვალსაჩინო გამოვლინებით ხასიათდება. აქაც, შვეული ესკარპების ძირში, ქვარნაყარის მთელი შლეიფები იშლება. აქაც კარული სავარძლების საფეხურისებრივი განლაგებაა დამახასიათებელი, სადაც კარულ სავარძლებში თოვლის ლაქები აგვისტოს თვეშიც კი არა ჰქრება. მდ. ლაშიფსეს ხეობა, ისევე როგორც მდ. ბაიუს ღობა და ასიმეტრიული ხეობა, გამომუშავებულია ასპიდური ფიქლების ზონის გასწვრივ, რომელზედაც ჩრდილოეთიდან შეცოცებულია კავკასიონის მთავარი ქედის კრისტალური ქანებით აგებული ზონა; თავის მხრივ, ასპიდური ფიქლების ზონა, რომელშიც გასწვრივი ხეობები გამომუშავდა, სამხრეთით ბაიუსურ ვულკანოგენურ (ტუფობორფირიტულ) წყებაზეა შეცოცებული.

რეგრესული ეროზიის შედეგს უნდა წარმოადგენდეს დღევანდელი მდ. ბაიუს სათავეები თანდათან უახლოვდება მდ. ლაშიფსეს მარცხენა შემდინარის — მდ. ახლოს სათავეებს, ისევე როგორც მდ. ავადხარის სათავეებთან სულ ახლოს განლაგდა მდ. მზიმთის სათავეები.

გეოლოგ კუროჩკინის აზრით, რეგრესული ეროზიის შედეგად მოსალოდნელია ახლო მომავალში მდ. ლაშიფსეს სათავეების მოტაცება მდ. მზიმთის სათავეების მიერ; ასევე, შესაძლებელია მდ. ლაშიფსესა და მდ. ბაიუს სათავეების დაახლოვების შედეგად მოხდეს მდ. ბაიუს სათავეების მოტაცება მდ. ლაშიფსეს მიერ, თუმცა, მეორე მხრივ, აღსანიშნავია, რომ მდ. ბაიუს სათავეები უფრო მაღლა მდებარეობს ზღვის დონიდან, ვიდრე მდ. ლაშიფსეს სათავეები, ამიტომ, ეგების გეოლოგ კუროჩკინის მოსაზრება ვერც კი გამართლდეს.

ლიტერატურა

1. ალ. ჯავახიშვილი, საქართველოს გეოგრაფია, ტომი I. გეომორფოლოგია. თბილისი, 1926 წ.
2. А. А. Колоковский, Растительность Бзибского известнякового хребта, как кормовая база для животноводства: Изд. ИАК СССР, Сухуми, 1937 г.
3. А. А. Колоковский, Закономерности экотопологического размещения основных фитоценозов в квартере: სოხუმის ბოტანიკური ბაღის შრომები, გამოცემა VI, სოხუმი, 1951 წ.
4. В. П. Малеев, Основные этапы развития растительности Средиземноморья и горных областей юга СССР (Кавказа и Крыма) в четвертичный период: Труды Гос. Никитского ботанического сада имени В. М. Молотова. Том XXV, вып. 1 — 2, Крымиздат, 1948 г.

სტალინის სახელობის

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ფიზიკური-ქვეყანათმცოდნეობის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1953. VI. 23)

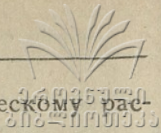
К. В. Кавришвили

К ландшафтной характеристике Бзибского и Абхазского высокогорных хребтов

Резюме

Бзибский и Абхазский хребты расположены в высокогорной северо-западной части Абхазской АССР, в верховьях Бзибского бассейна.

Каждый из этих хребтов характеризуется физико-географической целостностью, что побуждает автора сопоставить их, как два самосто-



ятельных типа ландшафта, соответствующих по географическому пространению двум ландшафтными районам Абхазии.

Целью настоящего очерка является—выявить на фоне ландшафтных районов закономерную смену вертикальной ландшафтной зональности, установленную автором в природе.

Ландшафтные вертикальные зоны выделяются вполне отчётливо, большей частью с хорошо выраженными естественными границами.

Бзибский высокогорный хребет можно подразделить на следующие зоны:

1. Зона Колхидского леса, выраженная вдоль поймы антецедентной долины р. Бзиби.

2. Зона широколистных лесов с преобладанием восточного бука и с мало развитым подлеском, выработанная на горных подзолистых почвах.

3. Зона высокоствольного буково-пихтового леса с вечнозеленым подлеском и с широким распространением некоторых реликтовых видов (*Taxus baccata* L. etc), выработанных на горных подзолистых (западный и юго-западный крутой склон) и перегнойно-карбонатных почвах (южный склон).

4. Зона высокогорного карстового ландшафта с субальпийской луговой и горно-ксерофитной растительностью; на фоне высокогорных лугов выделяются островные берёзовые (*Betula pubescens*) рощицы.

5. Зона сочетания высокогорного карстового и гляциального ландшафта с альпийскими лужайками, коврами и каменными осыпями.

Абхазский высокогорный хребет подразделяется на следующие высотные зоны:

6. Зона субальпийского высокотравия и зарослей кавказского рододендрона на платообразном широком гребне Абхазского хребта, выработанном на порфириновом байосовом субстрате.

7. Зона альпийского ландшафта на южном склоне главного хребта Кавказиони с целой серией ступенчато расположенных карровых углублений, с широким распространением каменных осыпей и с проявлением регрессивной эрозии вдоль подножия хребта.

8. Зона пойменных лесов (с *Alnus barbata*) с серией аллювиальных террас вдоль низовий р. Баю.

5. უკლება

მდინარე რიონის ჰიდროგრაფიისათვის

მდ. რიონი სათავეს იღებს კავკასიონის ქედის სამხრეთ კალთებიდან, ფასის მთის მახლობლად, და ქ. ფოთთან ერთვის შავ ზღვას. სათავეში მას ადგილობრივი მოსახლეობა „ფასის“ მდინარეს უწოდებს. ამ სახელწოდებიდან უნდა იყოს წარმოშობილი მდინარე რიონის უძველესი სახელწოდება „ფაზისი“.

მდ. ფაზისის აღწერა გვხვდება ბერძენი მწერლების ჰეკატეს, პინდარესა და სკილაქს კარიანდელის შრომებში VI—V ს.ს. ჩვ. წ. აღრ-დე [4].

ისტორიკოსი და გეოგრაფოსი სტრაბონი მდ. ფაზისის ახასიათებს როგორც კოლხეთის დიდ მდინარეს, რომელიც სანაოსნოა სარაპანის (შორაპანი) ციხე-სიმაგრემდე.

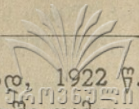
ბერძენი მწერალი არიანე (100—160 წწ.) ცნობებს იძლევა მდ. ფაზისის წყლის ფიზიკური თვისებების შესახებ.

რომის კათოლიკური ეკლესიის მისიონერი არქანჯელო ლამბერტი თავის შრომაში „Relatione della Colchide“ იძლევა მდ. რიონისა და მისი შემდინარეების ჰიპოსის (ცხენის წყალი), გლაუჯის (აბაშა), ტაკურის (ტეხურის) მოკლე დახასიათებას და ჰიდროგრაფიულ სქემას.

ძველ ლიტერატურულ წყაროებს შორის ყველაზე მნიშვნელოვანია ვახუშტი ბაგრატიონის ნაშრომი „აღწერა სამეფოსა საქართველოსა“ (1741—1744 წწ.), სადაც კარგად არის გაშუქებული მდ. რიონისა და მისი შემდინარეების ჰიდროგრაფია.

კავკასიაში „წყალთა სამართველოს“ დაარსების შემდეგ, კავკასიის სხვა მდინარეებთან ერთად, დაიწყო მდ. რიონის საფუძვლიანი შესწავლაც. 1890—1910 წლებში მდ. რიონზე და მის შემდინარეებზე მოაწყვეს წყალსაზომი საგუშაგოები წყლიანობის რეჟიმის შესწავლის მიზნით. რიონის აუზში ჩატარებულ იქნა ტაქტიკური აგეგმვა სოფ. ქვიტირის, მაღლაკის და ფარცხანაყანევის მიწების მორწყვისა და კოლხეთის ჭაობების ამოშრობის მიზნით, მაგრამ პირველი მსოფლიო ომის პერიოდში და მენშევიკების ბატონობის დროს საქართველოში მდინარეებზე ყოველგვარი დაკვირვებები შეწყდა.

საქართველოში საბჭოთა ხელისუფლების დამყარების დღიდანვე დაიწყო კვლევა-ძიებითი მუშაობა მდ. რიონის შესასწავლად სახალხო მეურნეობაში მისი წყლის გამოყენების მიზნით.



წინასწარი კვლევა-ძიებითი მუშაობის ჩატარების შედეგად, 1922 წ. დაიწყო პირველი საბჭოთა არხის მშენებლობა, რომელიც 1925 წელს დასრულდა- 1933 წელს ამუშავდა ჰიდროსადგური — საქართველოს ჰიდროგიანტი „რიონჰესი“, რომელიც იაფფასიან ელექტროენერჯიას აწვდის ჩვენი ქვეყნის სახალხო მეურნეობის უმნიშვნელოვანეს დარგებს.

რიონი დასავლეთ საქართველოს უდიდესი მდინარეა. წყლიანობით ის საქართველოს ყველა მდინარეებს ქარბობს.

აუზის ჩრდილოეთ საზღვარს კრისტალური ქანებით აგებული კავკასიონის ქედი წარმოადგენს; ქართლ-იმერეთისა და ახალციხე-იმერეთის ქედებით მდ. რიონი მტკვრის აუზს ესაზღვრება, ხოლო სვანეთის ქედითა და სამეგრელოს ქედის სამხრეთული განშტოებებით გამოეყოფა ენგურის ზემოწელის მარცხენა შემდინარეებისა და ხობის წყლის აუზებს.

აუზის წყალგამყოფი ხაზის კლაკნილობის კოეფიციენტი 1,30 უდრის, საშუალო სიმაღლე 1103 მეტრს შეადგენს, აუზის საშუალო დახრილობა 0,86 მეტრს უდრის, საშუალო სიგანე კი 41 კმ ს. რიონის მთავარი არტერიის მიმართ წყალშემკრები აუზი ასიმეტრიულია. ასიმეტრიულობის კოეფიციენტიც 0,23 უდრის მარცხენა მხარის სასარგებლოდ.

ზემოთ მოყვანილი დახასიათებათა მნიშვნელობა მეტად დიდია, რამდენადაც ისინი წარმოადგენს იძლევიან. აუზში მიმდინარე ჰიდროლოგიურ პროცესებზე, მათ გენეზისზე და განვითარებაზე.

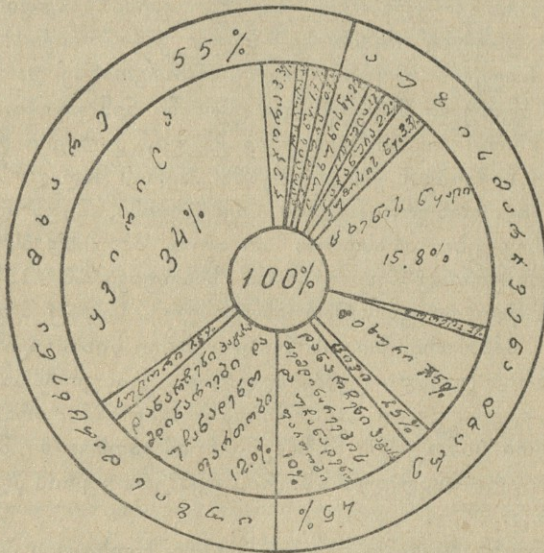
რიონის აუზი მის შემდინარეებს შოჭის არ არის თანაბრად განაწილებული: ყველაზე დიდი ფართობი მდ. ყვირილისა და ცხენისწყლის აუზებზე მოდის (იხ. სურ. 1).

მდ. რიონის წყლიანობა და ჰიდროგრაფიული ქსელი მისი აუზის რელიეფით და კლიმატით არის შეპირობებული.

სიმაღლის მატება აუზში კლიმატური პირობების ცვლას იწვევს. ჩრდილოეთიდან წამოსული ჰაერის ცივი მასების უშუალო შემოჭრისაგან აუზს კავკასიონის ქედი იცავს. ეს მასები იძულებული ხდებიან შემოუარონ კავკასიონს და რიონის აუზში შავი ზღვის მხრიდან შემოიჭრან, ზღვის ზედაპირზე გავლის შემდეგ, თბილი ჰაერის სახით. ხოლო ჰაერის ცივი მასების ნაწილი კავკასიონის დადაბლებულ ადგილებზე გადმოდის აუზში. კოლხეთის დაბლობისაკენ დაშვების დროს ისინი ადიაბატურად თბებიან და რიონის ქვემო წელში თბილი ჰაერის მასებს წარმოადგენენ. ამით არის გამოწვეული ის გარემოება, რომ აუზის ჰაერის საშუალო ტემპერატურა უფრო მაღალია მოსაზღვრე ჩრდილი მხარის მდინარეების აუზების ჰაერის საშუალო ტემპერატურაზე.

ზამთრის პერიოდში ჰაერის ყველაზე მაღალი საშუალო ტემპერატურით აუზში ხასიათდება რიონის შესართავის რაიონი. აქედან ის თანდათან მცირდება და კავკასიონის ქედზე მინიმუმს აღწევს. გამონაკლისს შაორის ამოქეა-

ბული წარმოადგენს, სადაც რელიეფის ფორმა ხელს უწყობს გამოსხივების გაძლიერებას და თერმიული ინვერსიის განვითარებას, რის გამოც აქ ზამთარში ჰაერის საშუალო ტემპერატურა და აბსოლუტური მინიმუმიც ძლიერ დაბალია. ზაფხული აუზში ზამთრის საწინააღმდეგო სურათს იძლევა. ზაფხულში შედარებით დაბალი ტემპერატურაა რიონის შესართავის მახლობლად, ზღვის სანაპიროზე. აუზის შუა წელში, რომელიც ტყითაა დაფარული, უფრო დაბალი ტემპერატურაა, ვიდრე შესართავის რაიონში.



სურ. 1. მდ. რიონის აუზის თარობის განაწილების გრაფიკი.

აუზში მდებარე ქვაბურებში (რაკის, ლეჩხუმის, ოკრიბის, შაორისა და სხვ.) უფრო თბილა, ვიდრე მათ გარშემო მდებარე მათის კალთებზე და თხემებზე.

აუზის მაღალმთიან ნხარეში ზაფხულის ტემპერატურა ყინვარების ინტენსიურ დნობას იწვევს და რიონის ზემო წელში ჩამონადენს 10-15%-ით ზრდის.

აუზის რელიეფის სირთულეს და ჰაერის ცირკულაციურ პროცესებს ატმოსფერული ნალექების განაწილებაში მრავალფეროვნება შეაქვთ. შავი ზღვიდან აღმოსავლეთისაკენ ატმოსფერული ნალექების ჯამი იზრდება, ხოლო შემდეგ, ქართლ-იმერეთის ქედისაკენ, მიუხედავად რელიეფის თანდათანობითი ამაღლებისა, მცირდება.

განედური მიმართულების ქედები (სამეგრელოს, ლეჩხუმის, რაკის და სხვ.), რომლებიც ციკაბოდ არიან აღმართული დასავლეთის ნოტიო ქარების მიმართ, სამხრეთ კალაებზე და თხემებზე გაცილებით მეტი რაოდენობის ნა-

ლექებს იძლევიან, ვიდრე ჩრდილოეთის კალთებზე და ქვაბურებში. ეს მოვლენა სათანადო გავლენას ახდენს აუზში ხვედრითი ჩამონადენის განაწილებაზე. რაქის ქედის ჩრდილოეთ მხარეზე ხვედრითი ჩამონადენი 2⁰/₁₀₀-ით ნაკლებია სამხრეთი მხარის ხვედრითს ჩამონადენზე. ლეჩხუმის ქვაბურში, ცაგერთან, ჩამონადენი 13⁰/₁₀₀-ით ნაკლებია, ვიდრე მის სამხრეთით მდებარე ხიდის ჩამონადენი. ეს ფაქტი მოითხოვს ჩამონადენის დღეპდღე არსებული რუკების გადასინჯვას და შესწორებას.

ატმოსფერული ნალექები არათანაბრად ნაწილდება წლის განმავლობაში. ყველაზე მეტი ატმოსფერული ნალექები შემოდგომაზე მოდის, ნაკლები რაოდენობით კი გაზაფხულზე. აუზის ზემოწელში კი — პირიქით: გაზაფხულზე და ზაფხულში მეტი ნალექები მოდის, ვიდრე შემოდგომაზე და ზამთარში.

უხვი ატმოსფერული ნალექები და ტენიანი ნიდაგები, მდიდარი მცენარეული საფარი, ხშირი ჰიდროგრაფიული ქსელი, ქაობები და ტბები — ყველა ესენი ხელსაყრელ პირობებს ქმნიან აუზში ჰაერის მაღალი სინოტივისათვის. მიუხედავად ხშირი ფიონური ქარების მოქმედებისა, შეფარდებითი სინოტივე აქ 20—30⁰/₁₀₀-ზე ნაკლები არასდროს არ არის. შავი ზღვის სანაპიროდან სიმაღლის ზრდასთან ერთად შეფარდებითი სინოტივე 10—15⁰/₁₀₀ მდე მცირდება [2], გამონაკლისს წარმოადგენს შორის ქვაბური, სადაც შეფარდებითი სინოტივე შავი ზღვის სანაპირო ზოლის შეფარდებითი სინოტივის ტოლია. ეს გამოწვეულია ზამთრის დაბალი ტემპერატურით, ქვაბურის გარშემო კალთებზე არსებული უხვი მცენარეული საფარით და მრავალი პატარა ტბების არსებობით. შეფარდებითი სინოტივის მაქსიმუმი არის ზაფხულში, მინიმუმი კი — ზამთარში. მისი წლიური მსვლელობა ჰაერის ტემპერატურის წლიური მსვლელობის თანხვედნილია.

მაღალი სინოტივის გამო რიონის აუზში ზაფხულის პერიოდში აორთქლება მცირეა, რის გამოც მდინარის ჩამონადენი შედარებით გაზრდილია.

დოც. მ. ო. კორძაიას [2] მიხედვით რიონის აუზში შეიძლება გამოვყოთ შემდეგი კლიმატური ზონები:

1. მაღალი მთის მარადი თოვლისა და ყინვარების ზონა.
2. მაღალი მთის უზაფხულო კლიმატის ზონა, ხანგრძლივი და მძლავრი თოვლის საბურველით.
3. ცივი ნოტიო ზამთრის კლიმატის ზონა, მოკლე და გრილი ზაფხულით.
4. ზომიერად თბილი და ნოტიო კლიმატის ზონა, საკმაო ნალექებით მთელი წლის განმავლობაში და არა ცხელი ზაფხულით.
5. ზომიერად თბილი და ნოტიო კლიმატის ზონა, ნალექების საკმაო რაოდენობით წლის ყველა სეზონში და ცხელი ზაფხულით.

რელიეფისა და კლიმატის ანალოგიურად მცენარეული და ნიდაგური საფარიც ზონალურად არის წარმოდგენილი. მარადი თოვლისა და ყინვარების ზონაში, სადაც, დიდი დაქანებისა და ძლიერი ქარის გამო, თოვლი ვერ ჩერდება, შიშველ ადგილებზე შეხიზნულან პაწაწინა მცენარეები. ასეთ ადგილებზე მათ არ აქვთ კორდი [1]. ამ ზონის მცენარეული საფარი ზედაპირულ ჩამონადენზე გავლენას არ ახდენს. მარადი თოვლის ხაზსა და ტყის ზონის შორის მდებარეობს

ალპური და სუბალპური ზონა, რომელიც, ხშირად ძლიერ დაბლა ჩამოწეული, თოვლითა და ყინვარებით გაწყვეტილია. აქ ბალახეულ მცენარეულ ბასთან ერთად გაჩენილია მთის ბუჩქნარი, რომელიც ძირითადად დეკიანებით არის წარმოდგენილი. დეკიანები აუზში საგრძნობი სისქის ნიადაგის საფარს ქმნიან. მაღალ მთებში დეკიანების გავრცელება ნიადაგს იცავს ეროზიისაგან, თოვლის დნობას აგვიანებს რამდენიმე დღით, ხელს უწყობს ნიადაგში წყლის ჩაქონვას და ახდენს ფერდობის ჩამონადენის რეგულირებას. დეკიანები ხშირად მარადი თოვლის ზონაშიც არიან ასული და ტყის ზონაშიც ჩამოდიან.

მაღალი მთის ტყეების ზედა საზღვარს ბალახეული და მთის ბუჩქნარი წარმოადგენს. აქ ცალკეულ ხეებს შორის გავრცელებულია მაღალი ბალახეული მცენარეულობა. ზედა საზღვრიდან შემოჭრილია როდოდენდრონი, ქვედა საზღვრიდან კი—წიწვიანები, რომლებიც ცალკეულ ეგზემპლარებად დგანან.

ტყის ეს ტიპი მთების შუა სარტყლის ტყეებს იფარავს თოვლის ზეგები-საგან, ახდენს ალპური ზონიდან წამოსული წყლის რეგულირებას, აკავებს ალპური და სუბალპური მდელოებიდან წამოსულ თქვებს და ამცირებს მათ გამანადგურებელ მოქმედებას [1].

მაღალი მთის ტყეების ქვევით მთების შუა და ქვედა სარტყლის ტყეებია გავრცელებული. მთის შუა სარტყლის ტყეებიდან ნ. კეცხოველი [1] ოთხ ძირითად ტიპს გამოყოფს:

1. წიწვიანი ტყეები.
2. შუა სარტყლის ტყე, მუხის ჭარბობით.
3. შუა სარტყლის ტყე, წიფლის ჭარბობით მარად მწვანე ქვეტყის გარეშე.
4. შუა სარტყლის ტყე, წიფლის ჭარბობით მარადმწვანე ქვეტყით.

წიწვიანი ტყეები რიონის აუზში ძირითადად ნაძვნარით არის წარმოდგენილი, რომელსაც ზოგჯერ სოკიც ერევა, ხოლო ქვედა საზღვარზე წიფლებიც გვხვდება. წიწვიანი ტყეების ქვევით გავრცელებულია ფოთლოვანი ტყეები, რომელთა დაჯგუფებიდან აღსანიშნავია: წიფლის ტყეები, წიფლნარ-წაბლნარი, მუხნარი, მუხნარ-რცხილნარი და სხვ. მთის ქვედა სარტყელში მუხნარ-რცხილნარის ტყეებია.

მთის შუა და ქვედა სარტყლის ტყეების როლი ჩამონადენის რეგულირებისათვის მეტად მნიშვნელოვანია. იგი ამცირებს კატასტროფულ წყალმოვარდნებს, ზრდის ჰაერის სინოტივს, ადიდებს ზამთრის ჩამონადენებს 5—6%-ით.

აუზის ქვემო ნაწილში, კოლხეთის დაბლობზე, გავრცელებულია კოლხეთის ტიპის ტყე, მარად მწვანე ქვეტყით, ჭაობიანი ნაწილი კი ჭაობის ტყეებითა და ჭაობის ბალახეულით არის დაფარული. უკანასკნელ ხანებში აქ მიმდინარეობს ჭაობების ამოშრობა, რის შემდეგ ჭაობის მცენარეულობა იცვლება კულტურული სუბტროპიკული მცენარეულობით.

რიონის აუზის ზემო წელის ფართობის 12,2% ყინვარებს და მარად თოვლს უჭირავს. მარადი თოვლისა და ყინვარების არსებობა აქ შეპირობებულია მაღალი მთების არსებობით და ოროგრაფიული თავისებურებით, რაც ხელსაყრელ პირობებს ქმნის ნოტიო ჰაერის მასების შემოჭრისათვის და კონ-

დენსაციისათვის. ატმოსფერული ნალექები აქ მთელი წლის განმავლობაში თოვლის სახით მოდის. ის დიდი რაოდენობით გროვდება მთების დასავლეთ-აღმოსავლეთის მხარეებზე და გამყოლ ღრმა ხეობებში და დროთა განმავლობაში დაბალი ტემპერატურის პირობებში ყინულად იქცევა. თანამედროვე ცინვარებიდან აქ აღსანიშნავია: ედენა, ზოფხიტო, კირტიშო, ხალაწა და სხვ., რომლებიც ხეობის ტიპის ცინვარებს მიეკუთვნებიან. გვხვდება აგრეთვე ფირნისა და დაკიდული ტიპის ცინვარებიც.

ცინვარები მდინარე რიონის წყლის რეგულირებას აწარმოებენ და ზაფხულის სეზონში მის წყლიანობას ზეჰო ნაწილში 10—15%-ით ზრდიან. ამგვარად, ცინვარები წარმოადგენენ ბუნებრივ წყალსათავსებს, რომლებიც წყალს მდინარეს სავეგეტაციო პერიოდში აწვდიან.

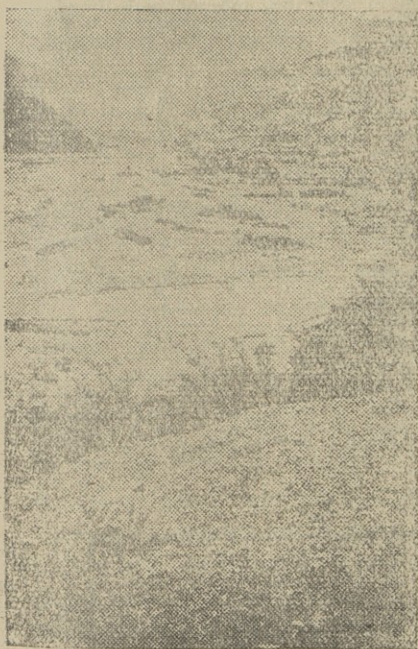
რიონის სათავეს ნაკადები ნამსხვერველი გამოფიტული მასალისა და თოვლის ლაქების ქვეშ გამოედინებიან, შემდეგ იკრიბებიან და მდინარის სათავეს ქმნიან. ერთი კილომეტრის დაშორებით მდინარე ვიწრო და ღრმა ხეობაში შედის და მერიდიანული მიმართულებით მიმდინარეობს. ხეობის ორივე მხარე ალპური მცენარეულობით არის შემოსილი. აქ მდინარე მოკლებულია ქალებსა და ტერასებს. კალაპოტის ფსკერი დაფარულია ლოდნარით. ხეობის ძირზე, ზამთრობით, ხშირი ზვავების გამო, დიდძალი თოვლი გროვდება, მდინარე გაზაფხულზე და ზოგჯერ ზაფხულშიც თოვლის ქვეშ მიმდინარეობს. რიონის ვიწრო და მიუდგომელი ხეობა გრძელდება მდინარე რუბოძალის შესართავამდე, რის შემდეგ მდინარის მიმართულება განედური ხდება და ხეობის ხასიათიც იცვლება. აქ იგი მიმდინარეობს კავკასიონისა და შოდის ქედებს შორის, ჩარღვევის ქვაბურში. აღნიშნული ქედები წყალგამყოფი ხაზიდან პირველად ციცაბო კალთებით ეშვებიან, შემდეგ კი მდინარის მახლობლად კალთების დახრილობა მცირდება და ხეობის ძირთან ტერასებით მთავრდება. ასეთ ტერასებზე მდებარეობენ სოფ. სოფ. ლები და ჭიორა.

სოფ. ლებთან რიონს მარცხნიდან მდ. ჩეშურა უერთდება, რომელიც სათავეს ცინვარ კირტიშოსთან იღებს და ტიპიური ცინვარული საზრდოობის მდინარეა.

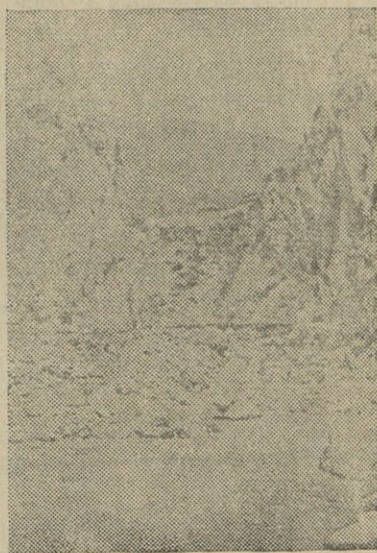
ჩეშურის შეერთების შემდეგ რიონის ხეობა კიდევ უფრო განვირგდება, აჩენს ქალას, რომელსაც ჭიორის ქალა ეწოდება, ამ უბანზე რიონი იკლავება, იტოტება და ქმნის მრავალ პატარა კუნძულს; მდინარის სიღრმე, სიჩქარე და დახრილობა მცირდება; კალაპოტში მორიგეობენ ჩქერები და მორეგები; კალაპოტის ფსკერი წვრილი რიყის ქვით არის დაფარული. სოფ. ჭიორასთან მარჯვნიდან რიონს მდ. შლაროლური ერთვის. რომელსაც შოდის მთიდან დიდძალი მაგარი მასალა ჩამოაქვს და გრანდიოზული გამოზიდვის კონუსს აჩენს. შლაროლურის მიერ მოტანილი მასალის დაგროვებით რიონი ზოგჯერ შეგუბდება და ჭიორის ქალა წყლით იფარება (იხ. სურ. 2).

სოფ. ჭიორიდან რიონის ხეობა ისევ ვიწროვდება, ხეობის კალთები წიწვიანი ტყეებით იმოსება, საგლოლოსთან მას მარცხნიდან უერთდება ჭანჭახის წყალი, რომელიც სათავეს ჭანჭახის (მამისონის) გადასასვლელთან ცინვარებიდან და მარადი თოვლიდან იღებს. სათავეში ნაკადულები ტროვის ძირში

იკრიბებიან და მდინარეს ქმნიან. აქ ტროპული ხეობის ფსკერი დაფარულია მაღალი ბალახეული მცენარეულობით და ოდნავ დაქაობებულია. ასევე ლებს რაჭაში ჭანჭახიან (წუმპიან) ადგილს უწოდებენ; აქედან უნდა იყოს წარმოშობილი მდ. „ჭანჭახის“ სახელწოდებაც; თუმცა მას სოფ. გლოლის შემდეგ გლოლის წყალსაც უწოდებენ. ჭანჭახის წყალი ტიპური ყინვარული საზრდოობის მთის მდინარეა. იგი სათავედან სამ.-დასავლეთის მიმართულე-ბით კავკასიონისა და კედელის ქედებს შორის ვიწრო და ღრმა ხეობაში მიმდინარეობს. ხეობის კალთები წიწვიანი ტყით არის დაფარული. საგლოლოს-თან ის ფართო ქალით უერთდება რიონს. აქვე რიონი კვეთს შოდა-კედელის



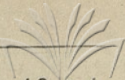
სურ. 2. კიორის ქალა, შლაროლურის გამოზიდვის კონუსი.



სურ. 3. მდ. რიონი ხიდიკართან.

ქედს, მიმდინარეობს სამხრეთის მიმართულეებით თიხა-ფიქლების გარდი-გარდმო და აჩენს გამკვეთ ხეობას. ვიწრობიდან გამოსვლის შემდეგ რიონის ხეობა განივრდება. მდინარე წყალუხვი ხდება, იტოტება და ქმნის კუნძულებს. სანაპირო ზოლში ჩნდება ტერასები, რომელთა სიმაღლე მდინარის დონიდან რამდენიმე მეტრს აღწევს. ტერასები ყველაზე კარგად ქალაქ ონთან არის გამოხატული: ხეობის ორივე მხარეზე მრავალი ადგილი დამეწყურულია. ხში-რია მინერალური წყაროების გამოსასვლელები (შოვი, უწერა და სხვ.).

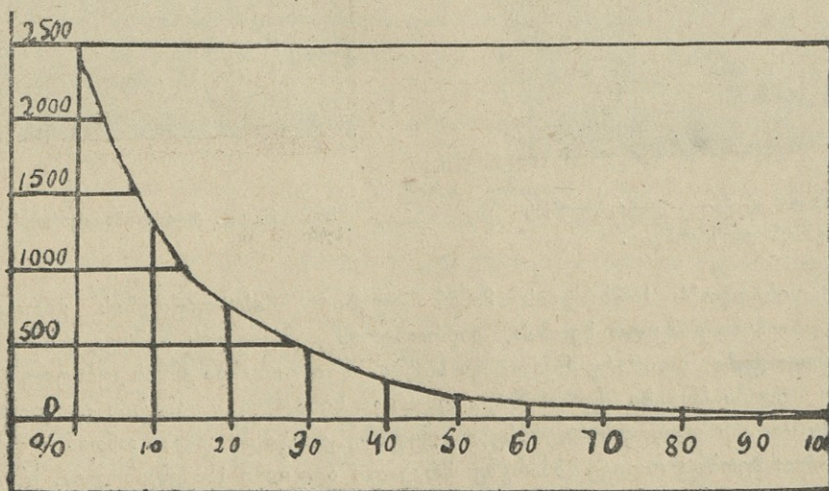
სოფ. ხიდიკართან, საელიოსა და სხვაეის მთებს შორის რიონი ვულკა-ნურ ქანებს კვეთს და ქმნის კანიონისებურ ხეობას (იხ. სურ. 3).



კანიონიდან გამოსვლის შემდეგ იგი მიმდინარეობს ფართო, სარმატულ სართულის თიხებითა და ქვიშაქვებით აგებული სინკლინის ძირზე, რომლის სიგრძეა 5 კმ-ს აღწევს [5]. რიონი აქ იტოტება, მას სანაპიროზე გასდევს ტერასები, რომლებზედაც სოფლებია გაშენებული. სოფ. კრებალოსთან ხეობა იწყებს შევიწროებას, თუმცა ამგებელი ქანები სარმატის სართულის ქვიშები და ქვიშაქვები შარაულის შესართავამდე გრძელდება. აქ კი რიონი სარმატულ ნაფენებს ტოვებს და კვეთს ცარცის ხნოვანების კორქვებით აგებულ ანტიკლინს და აჩენს კანიონისებურ ხეობას. ანტიკლინის ნაწილი რიონის მარჯვენა მხარეზე წარმოდგენილია კინჩხისა და ცხუკუშერის მთებით, ხოლო მარცხენა მხარე — რაჰის ქედის თავშავისა და ორწვერის მთებით კანიონში მდინარის სივანეზე 50%-მდე მცირდება. რიონი კანიონიდან სოფელ ალბანასთან გამოდის და აქვე მას მარჯვნიდან მდ. ლაჯანური უერთდება. საგლოლოდან ალბანამდე რიონს მრავალი შემდინარე ერთვის, რომელთა შორის მნიშვნელოვანია: საკაურა, ღარულა, ჯეჯორა, ლუხუნის წყალი, ასკის წყალი, რიცეულა, შარაულა და სხვ. აღნიშნული მდინარეები ტიპიური მთის მდინარეებია და ტიანშანის ტიპის მდინარეების ჯგუფს ეკუთვნიან.

ალბანიდან ქუთაისამდე რიონი ვიწრო ხეობაში მიმდინარეობს. ყველაზე ღრმა ხეობა თავშავისა და ხვამლის მთებს შორის აქვს. ხეობის ორივე მხარეზე, ქვემო მიმართულებით, წყალგამყოფი ქედების სიმაღლე თანდათანობით მცირდება. ამ უბანზე რიონი მნიშვნელოვან შემდინარეებს მოკლებულია.

რიონი მთელ სიგრძეზე სათავიდან ქუთაისამდე ტიპიურ მთის მდინარეს წარმოადგენს, ხოლო ქუთაისის ქვემოთ, კოლხეთის დაბლობში, იგი ვაკის მდინარის ტიპს მიეკუთვნება. მისი დახრილობა სათავიდან შესართავამდე თანდათანობით მცირდება. ყველაზე დიდი ვარდნა და დახრილობა რიონს.



სურ. 4. მდ. რიონის გასწვრივი პროფილი.

ზემო წელში აქვს, ხოლო ქვემო წელში, კოლხეთის დაბლობში, მისი დახრილობა ძალზე მცირეა (იხ. სურ. 4).

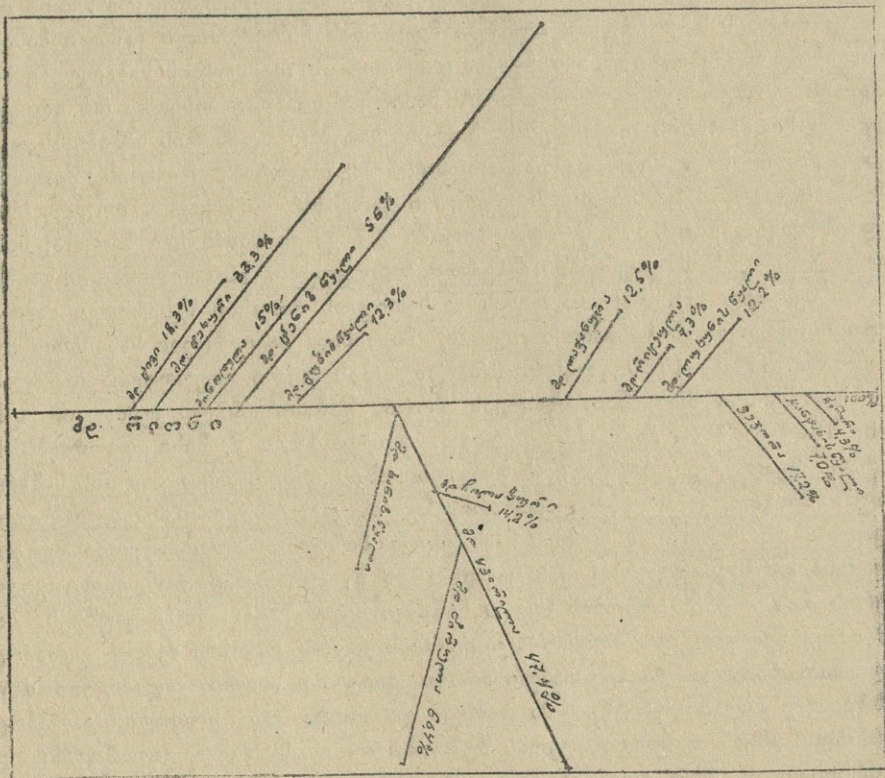
კოლხეთის დაბლობზე რიონი დასავლეთის მიმართულებით მიმდინარეობს. აქ ის იკლავება, იტოტება. აჩენს კუნძულებს, ჭალებსა და ტერასებს; წყალდიდობის დროს მდინარე დაბლობზე ზოგჯერ ახალ კალაპოტს იკეთებს და შეანდრებს ტოვებს, რომლებიც დროთა განმავლობაში ტბებად ან ჭაობებად იქცევა. მათ „მამდინარეებს“ ან „ნარიონალებს“ უწოდებენ. კოლხეთის დაბლობზე რიონის მიერ უხვად ილექება მთებიდან ჩამოტანილი ნაშალი მასალა, რის გამოც კალაპოტი ამაღლებულია და თითქმის დაბლობის სიმაღლეზე მდებარეობს. ეს ხელს უწყობს მდინარის ნაპირებიდან გადმოსვლას და ირგვლივ მდებარე მიდამოების დაჭაობებას. ბოლო ხანებში მდინარის ნაპირებს ჯებირებით ამაღლებენ. შესართავთან რიონი აჩენს დელტას, რომლის წარმოშობას ხელს უწყობს სამხრეთ-დასავლეთური ქარების მოქმედება. დელტა სწრაფად იზრდება; იგი 1578 წლიდან ზღვაში 2,7 კმ-ის მანძილით შეიჭრა; საშუალოდ XVI—XX საუკუნეების განმავლობაში ყოველ 100 წელიწადში გაიზარდა 0,5 მეტრით [7]. XIII საუკუნის დასასრულს რიონის შესართავი გამოყოფილი იყო ზღვიდან სანაპირო ცელით, მსგავსად შავი ზღვის სანაპირო მდინარეებისა. 1760—1780 წლებში წყალდიდობას ცელი გაურღვევია და მდინარეს ორი ტოტი შეუქმნია. ტოტებს შორის წარმოშობილი კუნძულის ფართობი 1804 წ. 102 ჰექტარს უდრიდა, ხოლო 1926 წ. მისი ფართობი 235 ჰექტარს შეადგენდა. 1926 წელს წყალდიდობის დროს ზღვა რიონის სამხრეთ ტოტში შეიჭრა, რის გამოც მდინარის წყლის დიდი ნაწილი ჩრდილო ტოტში გადავიდა. ამ მოვლენამ ფოთის ნავსადგურს საშიშარი მდგომარეობა შეუქმნა. ქალაქისა და ნავსადგურის დასაცავად 1939 წ. ფოთიდან რამდენიმე კილომეტრის დაშორებით რიონის წყლის ნაწილი ხელოვნურ არხში გაუშვეს, მაგრამ იმავე წელს ოქტომბრის წყალდიდობის დროს რიონმა ძველი კალაპოტი მთლიანად დატოვა და ხელოვნურ არხში გაიკეთა ახალი კალაპოტი; ძველ სამხრეთულ კალაპოტში წყალმა დაიწყო დაშრობა და ყოფილი კალაპოტი დაჭაობდა. ამჟამად მიმდინარეობს მუშაობა რიონის ძველ კალაპოტში დაბრუნებისათვის. ამას დიდი მნიშვნელობა აქვს ქ. ფოთის კეთილმოწყობისათვის და ნაოსნობისათვის.

მდ. რიონს კოლხეთის დაბლობზე მრავალი შემდინარე ერთვის, რომელთა შორის მნიშვნელოვანია; ყვირილა, ცხენისწყალი, ტეხური, ცივი და სხვ.

მდ. ყვირილა ერწოს ქვაბურში იწყება. ზემო წელში ვიწრო და ღრმა ხეობაში მიმდინარეობს. ხეობის ორივე მხარე ძირითადად მკარივი ქანებით არის აგებული. ასეთი ვიწრო ხეობა ზესტაფონამდე ვრცელდება, ხოლო შემდეგ იგი კოლხეთის დაბლობზე გამოდის და ვაკის მდინარედ იქცევა, იკლავება, იტოტება, აჩენს კუნძულებს, ჭალებსა და ტერასებს. ყვირილა შავი ზღვის სანაპირო მდინარეების ტიპს მიეკუთვნება. მისი აუზი ყინვარებისა და მარადი თოვლის საფარს მოკლებულია. საზრდოობს გრუნტის

წყლებითა და ატმოსფერული ნალექებით; წყალდიდობა თითქმის წლის ყველა სეზონში იცის. მდ. ყვირილის წყალი ზემოწელში გამოყენებულია მანდის გასამდიდრებლად და ქვემოწელში მორწყვისათვის.

მდ. ცხენისწყალის სათავე კავკასიონის სამხრეთ კალთაზე მდებარეობს. ზემოწელში იგი სვანეთისა და ლეჩხუმის ქედებს შორის ვიწრო და ღრმა ხეობაში მიმდინარეობს; სოფ. ნაგომრიდან იგი ლეჩხუმის ქვაბურში შედის, შემ-



სურ. 5. მდ. რიონის ჰიდროგრაფიული სქემა.

დეგ კვეთს კირქვების წყებას და ვიწრობით კოლხეთის დაბლობზე გამოდის და სოფელ ორპირთან რიონს მარჯვენა მხრიდან ერთვის. მდ. ცხენისწყალი ქვემოწელში მორწყვისათვის არის გამოყენებული. რიონის მთავარი შემდინარეებიდან აღსანიშნავია აგრეთვე მდ. ტეხური, რომელიც იწყება სამეგრელოს ქედის ტეხურიშდუღის მთის სამხრეთ კალთებზე. ის სათავიდან სოფ. ნოქალაქევამდე ტიპიური მთის მდინარეა, ხოლო შემდეგ, კოლხეთის დაბლობზე, ტიპიური ვაკის მდინარეა. ზემოწელში ხეობა ვიწრო და მიუდგომელი აქვს. მდინარის კალაპოტში ჭორომები და ჩანჩქერები ხშირად მორიგეობენ. ტეხურის შემდინარეზე—აბაშაზე აგებულია მძლავრი ჰიდროელექტრო სადგური „აბჰესი“.

რიონის აუზში დიდი გავრცელება აქვს კარსტულ მოვლენებს. მისი მრავალი შემდინარეები კარსტულ მხარეში მიმდინარეობენ. ასეთი მდინარეები მნიშვნელოვანია შაორი და ტყიბულა.

შაორი ნაქერალას ქედის ჩრდილო კალთებზე იწყება, ქედიდან ჩამოსული ნაკადულები შაორის ქვაბურში იკრიბება და იქვე კარსტულ გამოქვაბულებში იკარგება. 2 კილომეტრის შემდეგ ეს წყლები კარსტული ნაპრალებიდან გამოედინება მდ. შარაულის სახელწოდებით და სოფ. ჭრებალოს ქვევით ერთვის რიონს მარცხენა მხრიდან. შაორის აუზში მრავალი კარსტული ტბებიც არის. მათ შორის ყველაზე დიდია ხარისთვალი და ძროხისთვალი.

მდ. ტყიბულა ნაქერალის ქედის სამხრეთ კალთიდან მოედინება; ზემო წელში ის ოკრიბის ქვაბურში მოედინება, ახალ სოფელთან კარსტულ ნაპრალებში შედის და რამდენიმე კილომეტრზე მიწის ქვეშ მიედინება; სოფელ ძვერთან ის კარსტული გვირაბიდან გამოდის ძვერულის სახელწოდებით. იგი მარჯვენა მხრიდან მდინარე ჩოლაბურს კოლხეთის დაბლობში უერთდება. აღნიშნული მდინარეების წყლიანობას მათ აუზებში არსებული ქვაბურები არეგულირებენ.

როგორც დავინახეთ, რიონის აუზის ბუნებრივი პირობები და მდ. რიონის მთლიანობაში იმყოფებიან.

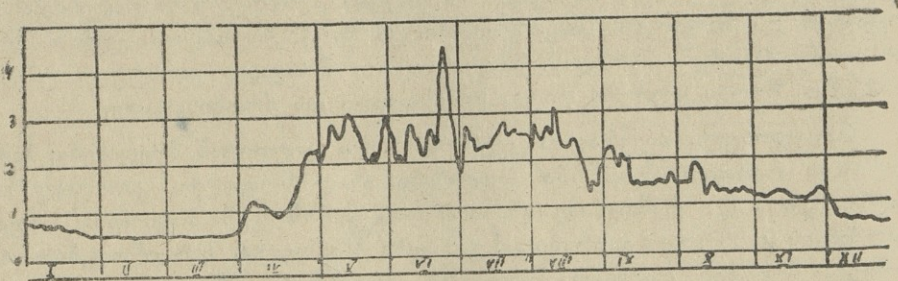
აუზში ფიზიკურ-გეოგრაფიული ლანდშაფტის ელემენტების (რელიეფი, კლიმატი, მცენარეული საფარი და სხვ.) ზონალურ გავრცელებასთან, მათ გეოგრაფიულ განლაგებასთან მჭიდროდ არის დაკავშირებული რიონის სისტემის მდინარეების ბუნება.

ამ მდინარეებში წყლიანობის რეჟიმის მიხედვით შეიძლება შემდეგი ტიპები გამოვყოთ:

1. კავკასიონის ქედის მაღალმთიანი მხარის მდინარეების ჯგუფი (ალტაის ტიპი), რომლებიც სათავეებს იღებენ ყინვარებიდან და მარადი თოვლიდან.
2. მაღალმთიანი მხარის მდინარეების ჯგუფი (ტიან-შანის ტიპი) სათავეებს იღებენ ყინვარებისა და მარადი თოვლის ქვედა საზღვრიდან.
3. შავი ზღვის სანაპირო მდინარეების ტიპი [8].

პირველ ჯგუფს, ე. ი. ალტაის ტიპის მდინარეებს, ეკუთვნის რიონის აუზის ზემოწელის თითქმის ყველა მდინარე, რომელნიც ყინვარებით და მარადი თოვლით საზრდოობენ, მათ წყალდიდობა გაზაფხულზე და ზაფხულში აქვთ, წყალმცირობა კი—ზამთარში. წყალდიდობის დასაწყისია აპრილის თვე და იგი სექტემბრამდე გრძელდება. წყალმცირობა კი ნოემბრის პირველ ნახევრიდან იწყება, როდესაც ჰაერის საშუალო ტემპერატურა 0°-ზე ქვევით ჩამოდის, რის გამოც ყინვარებისა და მარადი თოვლის დნობა წყდება და ატმოსფერული ნალექები თოვლის სახით მოდის. მდინარეები ამ დროს მხოლოდ და მხოლოდ მიწისქვეშა წყლებით საზრდოობენ (იხ. სურ. 6).

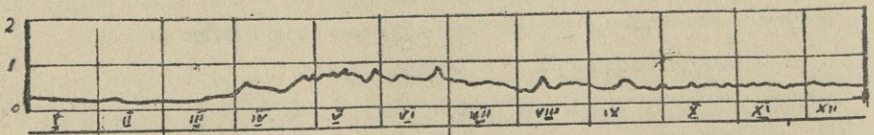
რიონის შუაწელის შემდინარეები მიეკუთვნებიან მეორე ჯგუფს ტიპის შანის ტიპის მდინარეებს. მათი უმეტესობა მაღალმთიან ზონაში ყინვარებისა და მარადი თოვლის ქვედა საზღვრიდან იწყება. საზრდოობაში მონაწილეობს თოვლის, წვიმისა და მიწისქვეშა წყლები. წყალდიდობა გაზაფხულის სეზონში



სურ. 6. რიონი გლოლასთან (ალტაის ტიპი).

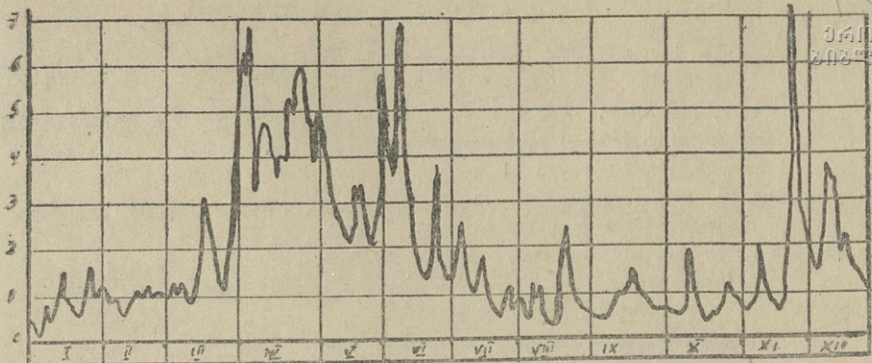
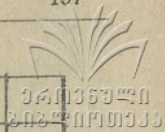
აქვთ, როდესაც ზამთარში დაგროვილი თოვლი დადებითი ტემპერატურის დადგომისთანავე ინტენსიურად დნობას იწყებს და მდინარეს დიდი რაოდენობით წყლის მასას აწვდის. წყალმცირობა ზამთარში იცის, როდესაც მდინარეები მხოლოდ მიწისქვეშა წყლებით საზრდოობენ. ზამთრის ჩამონადენი ალტაის ტიპის მდინარეებთან შედარებით ოდნავ მეტია, ეს იმიტომ გამოწვეულია, რომ რიონის აუზში ძირითადი ნაწილი ტყის მასივებით არის დაფარული, რომლებიც მდინარეების წყლების საუკეთესო რეგულატორს წარმოადგენს (სურ. 7).

მესამე ჯგუფში, ე. ი. შავი ზღვის სანაპირო მდინარეების ტიპში, აუზის ქვემო წელის შემდინარეები შედიან. ამ ტიპის მდინარეებისათვის წყალდიდო-



სურ. 7. მდ. საკაურა შესართავთან (ტიან-შანის ტიპი).

ბა დამახასიათებელია წლის თითქმის ყველა სეზონში. ეს მდინარეები ძირითადად წვიმის წყლებით საზრდოობენ, რადგან ატმოსფერული ნალექები აქ თითქმის მთელი წლის განმავლობაში წვიმის სახით მოდის, ხოლო საზრდოობის დანარჩენი კომპონენტები მეორე ხარისხიდან როგორც ასრულებენ (იხ. სურ. 8).



სურ. 8. მდ. ყვირილა ჭიათურასთან (შავი ზღვის სანაპირო მდინარეებთა ტიპი).

რიონის აუზის მდინარეების ტიპების დასახასიათებლად მოგვყავს წყლიანობის სეზონური განაწილების ტაბულა.

მდინარე	ტიპი	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	წლიური
ჩეშურა	ალტაის ტიპი	4,60%	21,0%	53,0%	21,4%	100%
რიცეულა	ტიან-შანის ტიპი	13,4%	41,1%	27,1%	18,4%	100%
ტყიბულა	შავი ზღვის სანაპირო მდინარეების ტიპი	21,7%	25,4%	28,7%	24,4%	100%

რიონის ზემოწელის შემდინარეები ხვედრითი ჩამონადენის დიდი მაჩვენებლებით ხასიათდებიან (68—75ლ/სეკ. 1 კმ²).

ყველაზე მცირე ჩამონადენი აუზში ყვირილას აქვს (22—27ლ/სეკ. კმ²). ერთოდ ხვედრითი ჩამონადენი აუზის ფართობის ზრდასთან ერთად კლებულობს, ხოლო აქ გამონაკლისს წარმოადგენს რიონი ქუთაისთან და ცხენისწყალი ხიდან, სადაც ჩამონადენი აუზის ზრდასთან ერთად მატულობს. ეს აიხსნება აუზის ოროგრაფიული პირობებით და ამასთან დაკავშირებით ატმოსფერული ნალექების არათანაბარი განაწილებით.

აუზის ჰიფსომეტრიულ ზრდასთან ერთად ჩამონადენი იზრდება, მათ შორის ფუნქციონალური კავშირი არსებობს. აუზის სიმაღლით განვითარება გავლენას ახდენს მდინარის წყლიანობის ზრდაზე, ჩამონადენის რეჟიმზე, მის სეზონურ განაწილებაზე და საზრდოობის პირობებზე. რადგან აუზის სიმაღლით ზრდასთან ერთად იზრდება ატმოსფერული ნალექებიც და იცვლება მცენარეული საფარი და ფიზიკურ-გეოგრაფიული ლანდშაფტის სხვა ელემენტებიც, რომლებიც ჩამონადენს ზრდიან.

მაგარი ჩამონადენი ალტაის ტიპის და კარსტული მხარის მდინარეებს მცირე აქვთ, ხოლო ტიან-შანის ტიპის და შავი ზღვისპირა მდინარეები მაგარი ჩამონადენის დიდი მაჩვენებლებით ხასიათდებიან.

რიონს ქვემო წელში, შესართავის მახლობლად, წლიურად 8,5 მილიონი ტონა მაგარი ჩამონადენი ჩამოაქვს, ჩამონადენის მოდული წლიურად 600 ტონას უდრის თითო კვადრ. კილომეტრიდან.



ლიტერატურა

1. ნ. კეცხოველი, საქართველოს მცენარეულობის ძირითადი ტიპები: სტალინის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 1935 წ.
2. მ. კორძაია, ძირითადი მეტეოროლოგიური ელემენტების კლიმატური რეჟიმი საქართველოში: საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემია—გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომები, ტ. III, 1948 წ.
3. თ. კიკილაშვილი, საქართველოს მდინარეთა ჰიდროგრაფია: საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემია—გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომები, ტ. III, 1948 წ.
4. ი. შაქარიშვილი, საქართველოს წყლების შესწავლის მოკლე ისტორია: საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემია—გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომები, ტ. III, 1948.
5. ა. ჯავახიშვილი, საქართველოს გეოგრაფია, ტ. I. გეომორფოლოგია თბილისის სახ. უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 1926 წ.
6. А. А. Соколов, Гидрография СССР. Гидрометеонздат, Ленинград, 1952 г.
7. Н. В. Самойлов, Устья рек. Географиздат, Москва, 1952 г.
8. Наставление по рекогносцировочным гидрографическим исследованиям рек. Гидрометеонздат, Ленинград, 1949 г.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ჰიდროლოგიისა და კლიმატოლოგიის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1953. V. 25)

Н. Уклеба

К гидрографии р. Риони

Резюме

Риони наибольшая река Черноморского побережья. Начинается она на южном склоне Кавказского хребта, на высоте 2347 м. над у. м. и впадает в Черное море у г. Поти. Длина р. Риони равна 327 км., площадь водосборного бассейна—13390 км².

Бассейн Риони на северо-западе граничит с бассейном р. Хоби, на севере и северо-востоке с бассейнами р. Ингури и р. Терека, на востоке и юго-востоке с бассейном р. Куры, на юге с бассейном р. Супсы. Водораздел проходит по Кавказскому хребту и его отрогам на востоке и юго-востоке по Сурамскому и Аджаро-Ахалцихскому хребтам.

Верхняя часть бассейна до гор. Кутаиси имеет горный характер, нижняя—равнинный. Средняя высота бассейна равна 1103 м, средняя ширина—41 км. Коэффициент извилистости водораздельной линии равен 1,30, средний уклон бассейна—0,86. Коэффициент асимметрии равен 0,23 в пользу левой стороны бассейна.

В верховьях Риони течет в диком недоступном ущелье. Русло реки загромождено валунами и обломками скал. Ниже г. Они река впадает в обширную долину. Выйдя из долины через узкое и глубокое ущелье, р. Риони поворачивает на юг и течет до Кутаиси среди гор. Ниже впадения слева р. Квирилы Риони поворачивает на запад и течет по Колхидской низменности.

Питание Риони смешанное: грунтовое, дождевое, снеговое и ледниковое.

По водному режиму в бассейне р. Риони можно выделить следующие типы рек:

I. Алтайский тип—в него входят реки, которые берут начало из ледников и вечного снега высокогорного Кавказского хребта.

II. Тяньшанский тип—в него входят реки, которые берут начало у нижней границы ледников и вечного снега.

III. Тип рек черноморского побережья.

Из притоков Риони наиболее крупными являются Чанчახис-цкали, Лухунис-цкали, Квирила, Цхенис-цкали, Техури и др.

ა. კობახიძე

სანაპირო ბრიზების პერვიკალური სვრუქვურის საკითხისათვის

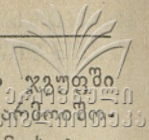
ბრიზები პერიოდული ქარებია, რომელთაც მიმართულების დღე-ღამური ცვლა ახასიათებს. მათი მოქმედება ინტენსიურადაა გამოხატული წლის თბილ პერიოდში—განსაკუთრებით კი ზაფხულში. ბრიზების წარმოშობა ზღვისა და ხმელეთის არაერთგვაროვან გათბობა-გაცივებასთანაა დაკავშირებული.

ბრიზების ფიზიკური ბუნების პირველი ახსნა დ. ი. მენდელეევი მოგვცა (1871 წ.), მაგრამ დღემდე ამ გამოკვლევას შპრუნგს აკუთვნებდნენ, თუმცა მან ანალოგიური ცდა (ე. წ. „შპრუნგის ცდა“) უფრო მოგვიანებით (1885 წ.) ჩაატარა [1].

დ. ი. მენდელეევი, ექსპერიმენტის საფუძველზე, დაამტკიცა, რომ ჰაერის მასების ყველა მოძრაობას მარტო წნევათა სხვაობანი ვერ ახსნიან, ამ მხრივ გადამწყვეტი როლი სიმკვრივეთა სხვაობასაც ენიჭება.

ბრიზული ცირკულაციის დახასიათებისას დ. ი. მენდელეევი მოკლედ განსაზღვრა მათი თვისებებიც, ის წერს: „სანაპირო ბრიზები წარმოადგენენ სანაპირო კლიმატის რეგულატორს; აქ ამინდი და კლიმატი, მჭიდროდ არიან ერთმანეთთან დაკავშირებული“. ცხადია, თუ რაოდენ დიდი მნიშვნელობა ენიჭება სანაპირო ბრიზების ჰორიზონტალური და ვერტიკალური რეჟიმის შესწავლას.

ატმოსფეროს ცირკულაციური პროცესებისა და გეოგრაფიული პირობების ურთიერთმოქმედება სანაპირობებზე ბრიზების წარმოშობასა და განვითარებას. ამ ფაქტორთა ურთიერთმოქმედებით გამოწვეული პერიოდული ქარები წარმოადგენენ იმ მექანიზმს, რომლის მეოხებითაც წლის თბილ პერიოდში მქლავდნენ ზღვის გავლენა სანაპირო რაიონების როგორც ამინდიანობაზე, ისე ადგილობრივ კლიმატზე. გეოგრაფიული ფაქტორებიდან (გარდა ზღვისა და ხმელეთის მეზობლობისა) ბრიზებისათვის მნიშვნელოვანია: გეოგრაფიული განედი, ამა თუ იმ სანაპირო პუნქტის კლიმატური და განსაკუთრებით მიკროკლიმატური პირობები, ზღვის სანაპირო რელიეფისა და ქვემდებარე ზედაპირის ხასიათი. მაგრამ ეს ფაქტორებიც თავისთავად ბრიზულ ქარებს ვერ წარმოშობენ, ატმოსფეროს ზოგადი ცირკულაციური პროცესების გარკვეული პირობების გარეშე; მხედველობაში გვაქვს მაღალი წნევის არეების მონაწილეობა (ამინდის ანტიციკლონური მდგომარეობა), რომლის დროსაც ბრიზების წარმოშობისათვის ხელსაყრელი პირობები იქმნება. ამიტომაც, რომ



ბრიზიან ამინდებს უმთავრესად ანტიციკლონური ტიპის ამინდთა აერთიანებენ. მაგრამ, როგორც გამოკვლევებმა გვიჩვენეს, ბრიზები ბიან არა მარტო მაღალი წნევის არეში, არამედ არამკაფიოდ გამოხატულ ბარიულსა და აგრეთვე დაბალი წნევის არეებშიც. ხშირად ბრიზების წარმოშობისა და განვითარების ყველაზე მეტი განმეორება არამკაფიოდ გამოხატულ ბარიულ არეებშია.

ბრიზული ამინდის დამყარება ხდება ატმოსფეროს ანტიციკლონის სტაბილიზაციის შემდეგ, რადგან ანტიციკლონის დამყარების დასაწყისში ადგილი აქვს ჰაერის (მართალია, სუსტად გამოხატულ) არამდგრად მდგომარეობას.

სანაპირო რაიონებში ბრიზიანი ამინდი ხასიათდება ნათელი, უღრუბლო დღეებით (ან ცვალებადი მოღრუბლულობით); ამ დროს ნათლადაა გამოხატული ქარების სწორი დღე-ღამური ცვლა: დღისით ზღვიდან ხმელეთისაკენ (ზღვის ბრიზები) და ღამით პირიქით (ხმელეთის ბრიზები).

როგორც ცნობილია, პ. ა. ვორონცოვის [2] ხელმძღვანელობით (1936 წ. სექტემბერ-ოქტომბრის თვეებში) ჩატარდა ექსპედიცია ბრიზების განვითარებაზე სანაპირო რაიონების რელიეფისა და ქვემდებარე ზედაპირის გავლენის დასადგენად, აგრეთვე ბრიზების ვერტიკალური აღნაგობის დახასიათებისათვის. დაკვირვებებისათვის მის მიერ შერჩეულ იქნა ისეთი პუნქტები, რომელნიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებოდნენ ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობებით. ასეთი პუნქტები მდებარეობდნენ:

ა) დამრეცად დაშვებული მთის ძირის ვიწრო სანაპირო ზოლში, სადაც მთები პარალელურად მიყვებიან ზღვის სანაპიროს;

ბ) რამდენიმე კილომეტრით ზღვაში შეჭრილ დაბლობზე; დაბლობის გაგრძელებას ხმელეთზე გორაკ-ბორცვები წარმოადგენენ;

გ) დაქაობებულ დაბლობზე.

პ. ვორონცოვი გამოდიოდა იქიდან, რომ წყლის ზედაპირის ტემპერატურის დღე-ღამური რყევა ნაკლებია ხმელეთის ზედაპირის ტემპერატურის დღე-ღამურ რყევაზე. ამასთან დაკავშირებით, ცხადია, ბრიზების განვითარების ინტენსიობაც დიდად უნდა იყოს დამოკიდებული ქვემდებარე ზედაპირის ხასიათზე.

ჭკობები თავისი სითბური თვისებებით ძალიან ახლოს დგანან წყლის ზედაპირის სითბურ თვისებებთან. ქაობებში დღისით გათბობის, ხოლო ღამით გაცივების პროცესები, მშრალ ადგილთან შედარებით, ძლიერ ნელა მიმდინარეობს და ხანგრძლივი ხასიათი აქვს, რაც, თავის მხრივ, დიდ გავლენას ახდენს ზღვისა და ხმელეთის ტემპერატურათა კონტრასტის გადიდებაზე; მშრალ ადგილებში გათბობა-გაცივების პროცესები მიმდინარეობენ მზის ამოსვლასა და ჩასვლასთან პირდაპირი დამოკიდებულებით.

რადგან ბრიზები ყველაზე ინტენსიურად ზაფხულის თვეებში მოქმედებენ, ცხადია, პ. ვორონცოვის მიერ სექტემბერ-ოქტომბრის თვეებში მიღებული შედეგები ქვემდებარე ზედაპირის გავლენის შესახებ ბრიზების ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ განვითარებაზე სრულ სურათს ვერ მოგვცემდნენ.

წინამდებარე შრომის ამოცანას შეადგენს ზოგიერთი დამატების შექმნა პ. ა. ვორონცოვის [2] შრომაში ზაფხულის სეზონისათვის.

პუნქტ „ა“-ზე ბირთვ-პილოტურ დაკვირვებათა (ზაფხულის თვეების) მონაცემები ჩვენ არ გავაჩნია; პუნქტი „ბ“ ჩვენ მიერ აღებულ პუნქტთან ახლოს მდებარეობს და მსგავსი ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობებით ხასიათდება, იმ განსხვავებით, რომ ჩვენი პუნქტი ზღვაში არ არის შექრილი. პ. ვორონცოვის მიერ ამორჩეულ „ბ“ პუნქტთან შედარებით ჩვენი პუნქტი ბრიზების განვითარებისათვის უფრო ხელსაყრელი პირობებით ხასიათდება. პუნქტი „გ“ ემთხვევა ჩვენი დაკვირვების პუნქტს.

აეროლოგიურ მასალათა ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ბრიზულ ცირკულაციას ადგილი აქვს გარკვეულ სიმაღლეზე, რის შემდეგ ატმოსფეროს ზოგადი ცირკულაციური დენები იწყება. რაც უფრო ინტენსიურადაა განვითარებული ბრიზი, მით უფრო მატულობს ბრიზული ცირკულაციის სიმაღლე.

ზღვის ბრიზის ვერტიკალურ აღნაგობაში „ბ“ და „გ“ პუნქტებისათვის შეიძლება გამოვყოთ რიგი საერთო ელემენტები.

• 1. ქვედა ბრიზული დინებები, რომელნიც ზღვიდან ხმელეთისაკენ მიმართებიან;

2. ქვედა და ზედა დინებებს შორის მდებარე გარდამავალი ფენა;

3. ხმელეთიდან ზღვისაკენ მიმართული ზედა ბრიზული დინებები (ანტი-ბრიზი);

4. ზედა ბრიზულ დინებებსა და ატმოსფეროს ზოგად ცირკულაციურ დინებებს შორის მდებარე გარდამავალი ფენა;

5. ატმოსფეროს ზოგადი ცირკულაციური დინებების ფენა.

როგორც ქვედა ბრიზულ დინებებში, ისევე ზედა დინებებშიც, ქარების მიმართულებანი ნაკლებად მერყეობენ, თითქმის მდგრადობით ხასიათდებიან და გარკვეულ სექტორებში არიან მოთავსებული. გარდამავალ ფენებში, როგორც პირველში, ისე მეორეშიც ქარების მიმართულებანი იწყებენ შემობრუნებას (საათის ისრის მიმართულებით ან საწინააღმდეგოდ) და გადადიან საწინააღმდეგო მიმართულებაში. არ შეიძლება დავეთანხმოთ პ. ვორონცოვის იმაში, რომ სიმაღლის მიხედვით ქარების ერთი მიმართულებიდან მეორე მიმართულებაში გადასვლა ხდება არა თანდათანობით, მათი მარჯვნივ ან მარცხნივ შემობრუნებით, არამედ მკვეთრად, საწინააღმდეგო მიმართულების სწრაფად დამყარებით. ჩვენი გამოკვლევით ასეთი შემთხვევები ძალიან იშვიათია.

ქვემოთ მოყვანილ № 1 ტაბულაში ზღვის ბრიზების ცალკეულ ელემენტთა ციფრობრივი მაჩვენებლები გამოანგარიშებულია ზაფხულის სეზონისათვის დღის 14—15 საათის მასალათა საფუძველზე.

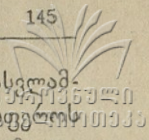
ზღვის ბრიზების ელემენტთა საშუალო სიმაღლეები (კმ-ით)

დინებათა დახასიათება	პუნქტი „ბ“	პუნქტი „ზ“
ქვედა ბრიზული დინება	0,9	0,5
ზედა ბრიზული დინების (ანტიბრიზის) დასაწყისი	1,2	0,8
ზედა ბრიზული დინების (ანტიბრიზის) დამთავრება	3,0	2,5
ზოგადი ცირკულაციური დინებების დაწყების სიმაღლე	4,5	4,0
ქვედა გარდამავალი ფენის სისქე	0,3	0,3
ზედა გარდამავალი ფენის სისქე	1,5	1,5
ზედა ბრიზული დინების სისქე	1,8	1,7
ზღვის ბრიზის განვითარების სიმაღლე	4,5	4,0
ქვედა ბრიზულ დინებებში მინიმალური სიჩქარის სიმაღლე	0,8—0,9	0,6
ქვედა ბრიზულ დინებებში მაქსიმალური სიჩქარის სიმაღლე	0,2—0,3	0,2
ზედა ბრიზულ დინებებში მინიმალური სიჩქარის სიმაღლე	3,0	2,0
ზედა ბრიზულ დინებებში მაქსიმალური სიჩქარის სიმაღლე	1,4—1,5	1,3—1,5

როგორც № 1 ტაბულიდან ჩანს, ქვემდებარე ზედაპირის ხასიათი და რელიეფის თავისებურებანი დიდ გავლენას ახდენენ ზღვის ბრიზების ელემენტთა სიმაღლეზე. ქვედა ბრიზული დინების სიმაღლე პუნქტ „ბ“-ში 400 მეტრით აღემატება პუნქტ „გ“-სას, ხოლო სხვა ელემენტებს შორის განსხვავება უმნიშვნელოა. პუნქტ „ზ“-ში რელიეფის თავისებურებანი ხელსაყრელ პირობებს ქმნიან ხეობის ქარების წარმოშობისათვის, რომელთა მიმართულება ბრიზული დინებების მიმართულებას ემთხვევა. ეს გარემოება აუცილებლად მოქმედებს ზღვის ბრიზის განვითარებაზე; იგი აძლიერებს მას როგორც ვერტიკალური, ისე ჰორიზონტული მიმართულებით.

„ბ“ პუნქტში ატმოსფეროს ზოგადი ცირკულაციური დინებების სიმაღლე 500 მეტრით აღემატება „გ“ პუნქტის იმავე დინებების სიმაღლეს. ზედა ბრიზული დინების (ანტიბრიზის) სისქე ორივე პუნქტში თითქმის თანხვედნილია (განსხვავება მხოლოდ 100 მ აღწევს). ზედა (ანტიბრიზი) და ქვედა ბრიზულ დინებათა სიმაღლეებს შორის განსხვავება მეტად მნიშვნელოვანია, და „ბ“ პუნქტში ზედა დინება 0,9 კმ-ით ჭარბობს ქვედას, ხოლო „გ“ პუნქტში—1,2 კმ-ით.

ბრიზული ცირკულაციის ზონაში შეიძლება გამოვყოთ სიჩქარეთა ორი მაქსიმუმი და ორი მინიმუმი. დედამიწის ზედაპირიდან გარკვეულ სიმაღლეებზე (200—300 მ) სიჩქარეთა მატებას აქვს ადგილი, ხოლო უფრო ზევით—



შემცირებას, დაახლოებით ქარის საწინააღმდეგო მიმართულებაში გადასვლაში დე. ანტიბრიზში სიჩქარეები კვლავ იწყებენ მატებას, თითქმის ატმოსფეროს ზოგადი ცირკულაციური დინებების ფენის დაწყებამდე, ან ზედა გარდამავალ ზონამდე. მათსადაამე, სიჩქარის პირველი მაქსიმუმი 200—300 მ სიმაღლემდეა, ხოლო მეორე კი—ანტიბრიზის შუა ნაწილში ან ცოტათი მასზე მაღლა. სიჩქარის პირველი მინიმუმი ქვედა გარდამავალ ფენაშია, ხოლო მეორე—ზედა გარდამავალ ფენაში.

ხმელეთის ბრიზები, ზღვის ბრიზებისაგან განსხვავებით, სხვანაირი ვერტიკალური სტრუქტურით ხასიათდებიან.

№ 2 ტაბულიდან¹ ჩანს, რომ ხმელეთის ბრიზებში საწინააღმდეგო დინებანი (ანტიბრიზი) ჰაერის მაღალ ფენებში არა გვაქვს. აქ საწინააღმდეგო დინებანი უერთდებიან ატმოსფეროს ზოგად ცირკულაციის დინებებს. ამის შედეგად ხმელეთის ბრიზის ქვედა დინებანი ხასიათდებიან შედარებით დიდი სიმაღლით. ამიტომ ხმელეთის ბრიზებში მარტო ორი დინების არსებობა (ქვედა და ზოგადი ცირკულაციური დინებებისა) ამცირებს ზოგადი ცირკულაციური დინებების სიმაღლეთა მაჩვენებლებს. მათი სიმაღლეები, ზღვის ბრიზების ზოგადი ცირკულაციური დინებების სიმაღლეებთან შედარებით, ძლიერ შემცირებულია. მაქსიმალურ სიმაღლეს ისინი „ბ“ პუნქტში აღწევენ (1, 2 კმ), ხოლო „გ“ პუნქტში—0,8 კმ.

ზღვის ბრიზების მსგავსად, ხმელეთის ბრიზებშიც შეიძლება გამოვყოთ ორივე პუნქტისათვის დამახასიათებელი თავისებურებანი:

1. ხმელეთის ბრიზის ქვედა დინება;
2. გარდამავალი ფენა—მოქცეული ქვედა ბრიზული დინების ზედა საზღვარსა და ზოგადი ცირკულაციური დინებებს შორის;
3. ზოგადი ცირკულაციური დინებების ფენა.

ტაბულა № 2

ხმელეთის ბრიზების ელემენტთა საშუალო სიმაღლეები (კმ-ით)

დინებათა დასახელება	პუნქტი „ბ“	პუნქტი „გ“
ხმელეთის ბრიზის ქვედა დინება	1,1	0,6
ზოგადი ცირკულაციის დაწყების სიმაღლე	1,2	0,8
გარდამავალი ფენის სისქე	0,1	0,2
ხმელეთის ბრიზის განვითარების სიმაღლე	1,1	0,8
სიჩქარის პირველი მაქსიმუმის სიმაღლე	0,1—0,2	0,3
სიჩქარის პირველი მინიმუმის სიმაღლე	0,5—0,6	0,4
სიჩქარის მეორე მაქსიმუმის სიმაღლე	1,2	1,5
სიჩქარის მეორე მინიმუმის სიმაღლე	1,0	0,8

¹ № 2 ტაბულის მონაცემები დილის 5—6 საათის დაკვირვების შედეგადაა მიღებული.



ხმელეთის ბრიზის ქვედა დინების სიმძლავრე „ბ“ პუნქტში 0,1-0,2 კმ-ის, ხოლო „გ“ პუნქტში 0,6 კმ. ამგვარად, ზოგადი ცირკულაციური დინებების სიმაღლის შემცირებასთან ერთად მცირდება თვით ხმელეთის ბრიზის განვითარების სიმაღლეც. ხმელეთის ბრიზის ქვედა დინების სიმაღლენი, ორივე პუნქტში, ჭარბობენ ზღვის ბრიზების ქვედა დინებათა სიმაღლეებს, ხოლო ხმელეთის ბრიზული ცირკულაციის განვითარების სიმაღლე გაცილებით ნაკლებია ზღვის ბრიზული ცირკულაციის განვითარების სიმაღლეზე.

ხმელეთის ბრიზებში შეიძლება გამოვყოთ სიჩქარეთა ორი მაქსიმუმი და ორი მინიმუმი. სიჩქარის პირველი მაქსიმუმი ბრიზის ქვედა დინებაშია, უმთავრესად 0,1—0,3 კმ სიმაღლის ფარგლებში. სიჩქარის მეორე მაქსიმუმი, უმთავრესად, ატმოსფეროს ზოგადი ცირკულაციური დინების ზონაშია მოთავსებული. სიჩქარის პირველი მინიმუმი ბრიზის ქვედა დინების თითქმის შუა ნაწილშია, ხოლო მეორე კი, უმთავრესად, ზოგადი ცირკულაციური დინების დაწყების სიმაღლეზე გვხვდება.

ზღვისა და ხმელეთის ბრიზების ქვედა დინების სიმაღლენი განიცდიან ცვალებადობას. შესაძლებელია მათი სიმაღლე სრულიად უმნიშვნელო იყოს ან მაქსიმალურ სიდიდეს მიაღწიოს. ცვალებადობის მთავარი მიზეზი ატმოსფეროს ზოგადი ცირკულაციური პროცესებით გამოწვეული გრადიენტული ქარების მიმართულებებია. თუ გრადიენტული ქარების მიმართულებები ემთხვევიან ზღვისა და ხმელეთის ბრიზების მიმართულებებს, მაშინ მისი სიმძლავრე მატულობს და, პირიქით, ბრიზების სიმაღლენი კლებულობენ, თუ გრადიენტული ქარები ზღვისა და ხმელეთის ქარების საწინააღმდეგოდაა მიმართული.

„ბ“ პუნქტისათვის დიდი მნიშვნელობა ენიჭება აგრეთვე მთის ქარებს, რომელნიც ღამის განმავლობაში დაეშვებიან მთის ფერდობებიდან და აძლიერებენ ხმელეთის ბრიზის ქვედა დინების სიმაღლეს.

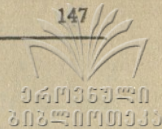
ამრიგად, ჭაობები მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ ბრიზების ვერტიკალურ აღნაგობაზე—ასუსტებენ მას და არახელსაყრელ პირობებს უქმნიან. ცხადია, რომ ჭაობების არახელსაყრელი მოქმედება „კლიმატის რეგულატორზე“ აგრეთვე არაჯანსაღ გავლენას იწვევს ადგილობრივ კლიმატზე.

სსრ კავშირში ბუნების გარდაქმნის დიადი სტალინური გეგმა, სხვათა შორის, ჭაობების ამოშრობასაც ითვალისწინებს. ჭაობების ამოშრობის შედეგად ჩვენი სახალხო მეურნეობა მიიღებს არა მარტო სოფლის მეურნეობისათვის გამოსაყენებელი მიწის დიდ ნაკვეთებს, არამედ ამ ღონისძიების გატარებით ძირეულად შეიცვლება ადგილობრივი კლიმატის სახეც—მოხდება კლიმატის მელორაცია.

ლიტერატურა

1. С. Л. Бастамов, Д. И. Менделеев о физике образования бризов: Мет. и гидр. 1951 г., № 5.
2. П. А. Воронцов, Роль местных условий в развитии бризовых ветров: Мет. и гидр. 1941 г., № 1

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ბიძროლოგიისა და კლიმატოლოგიის კათედრა



А. Котария

К вопросу о вертикальной структуре бризов

Резюме

Происхождение и развитие бризов обуславливаются взаимодействием атмосферной циркуляции с географическими условиями. Бризы представляют собой тот механизм, с помощью которого в теплое время года особенно ярко выражено влияние моря на погодные и климатические условия прибрежных районов.

В теплое время года установление бризовой погоды происходит после стабилизации антициклона, так как в начале установления антициклона имеет место слабо неустойчивое состояние атмосферы.

Для выявления вертикальной структуры бризовой циркуляции в летнее время года в условиях прибрежных районов Западной Грузии были взяты два пункта, различные по своим физико-географическим условиям. Первый из них расположен на прибрежной низменности, возвышающейся в сторону суши и затем переходящей в горную систему, второй же расположен на заболоченной низменности.

В первом пункте при морском бризе мощность нижнего потока превосходит таковую второго пункта на 400 метров, между тем как разность в остальных элементах весьма незначительна.

При береговом бризе мощность нижнего потока в первом пункте больше, чем во втором, на 500 метров. Как видно, болота оказывают значительное влияние на вертикальную структуру бризов—ослабляют его и создают неблагоприятные условия для развития последнего.

Г. М. Папалашвили

Формирующая роль среды в образовании коррелятивных связей между признаками и свойствами у тутового шелкопряда (*Bombyx mori* L)

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важных вопросов, связанных с преобразованием животных в процессе эволюции и при селекционной работе, является вопрос об изменении взаимоотношений между признаками, т. е. о нарушении старых коррелятивных систем и установлении новых взаимоотношений между частями тела.

Отечественным биологам удалось открыть ряд важных закономерностей перестройки старых и установления новых корреляционных систем в историческом развитии живых организмов.

В учении И. В. Мичурина о ведущей роли среды в жизни и развитии организмов важное значение имеет изучение роли условий жизни в изменении корреляционных связей между признаками в онтогенезе.

Перестройка старых и установление новых корреляций между признаками в целостном организме могли осуществляться лишь на основе неразрывного единства живого тела со средой, тогда как теория корреляции И. И. Шмальгаузена, основанная на вейсманизме-менделизме-морганизме, исключала среду как ведущее начало в изменении системы корреляции живых организмов. Поэтому редакция журнала „Успехи современной биологии“ (1951, стр. 7) и признала в связи с дискуссией по вопросам эмбриологии (1950—1951), что „Действие среды как основное условие, изменяющее организацию, в системе корреляции И. И. Шмальгаузена отсутствует“.

Понятно, что эта теория И. И. Шмальгаузена так же враждебна мичуринской науке, как и его теория стабилизирующего отбора, и подлежит развернутой критике“.

Перед современной биологией стоит проблема изучения конкретной роли условий среды в изменении связей между признаками. Для решения этой сложной проблемы необходима большая работа ученых нашей страны.



Поэтому, даже некоторые экспериментальные данные по этим вопросам представляют интерес и могут быть использованы.

В литературе отмечена физиологическая связь между некоторыми признаками и свойствами тутового шелкопряда. Так, например, констатирована связь между величиной грены, гусениц и коконов, а также между упомянутыми признаками и цикличностью тутового шелкопряда.

Ряд авторов доказал наличие связи между склонностью к бивольтизму и характером обмена веществ у различных пород тутового шелкопряда. Отмечена также положительная связь между способностью к естественному партеногенезу и бивольтинностью.

Астауров (1940) показал, что бивольтинные и моновольтинные яйца бивольтинных пород, в одних и тех же условиях опыта (термоактивация), резко отличаются друг от друга по способности к девственному развитию. Первые, в отличие от вторых, характеризуются пониженной способностью к искусственному партеногенезу при определенных условиях термоактивации.

Однако работы упомянутых авторов ограничивались преимущественно констатацией наличия связи между признаками и свойствами. В них не ставился вопрос об изменении существующей связи между признаками и свойствами при помощи воспитания и отбора.

В процессе изучения взаимоотношений между организмом тутового шелкопряда и условиями внешней среды, мы встретились с некоторыми случаями изменения связи между признаками под влиянием условий воспитания.

Добытые экспериментальные факты показывают, что определенные взаимосвязи между признаками (корреляции) у тутового шелкопряда сложились в процессе исторического развития при участии среды, как ведущего начала в изменении системы корреляции организмов.

В силу их исторической обусловленности, корреляционные отношения между признаками в организме, разумеется, обладают явно выраженной консервативностью.

Однако, поскольку любая консервативность относительна, то при изменившихся условиях внешней среды, при изменении признаков и свойств, должны несколько изменяться и связи между признаками. Эти изменения физиологической связи между признаками будут тем сильнее, чем она менее прочна и, наоборот, более прочная связь будет изменяться в меньшей степени.

Во всех этих случаях все полученные сдвиги будут служить иллюстрацией формирующей роли среды и, вместе с тем, могут быть использованы в селекционной практике.

В литературе отмечены многочисленные факты, указывающие на то, что характер корма (в широком смысле этого слова) играл важнейшую дифференцирующую роль в жизни насекомых.

Домашний тутовый шелкопряд в течение многих столетий питается только тутовым листом. Длительное культивирование тутового шелкопряда

на тутовом листе вызвало у него глубокую специализацию, в результате которой он стал строгим монофагом. Однако, эта монофагия тутового шелкопряда не абсолютна. Об этом говорят успешные и имеющие важное практическое значение, работы сотрудников Московской станции шелководства по изучению заменителей шелковицы. Им удалось получить от гусениц, выкормленных на листьях мака и кок-сагыза, коконы с хорошими технологическими показателями. Вместе с тем эти работы очень интересны и с точки зрения изменения природы тутового шелкопряда в результате вынужденной ассимиляции непривычных для него кормовых веществ.

Наряду с этим, биохимический состав тутового листа в процессе его развития резко меняется и кормление листом разного возраста не может не вызывать соответствующих изменений в росте и развитии тутового шелкопряда.

В ряде работ И. В. Кожанчиков (1947, 1948, 1951) отчетливо показал большую зависимость питания ряда дендрофильных чешуекрылых от определенной фазы вегетации растения и вскрыл весьма большое значение химизма пищи, связанного с сезонными изменениями химизма растений, в кормовой специализации насекомых.

В этой связи мы обратили внимание на молодой верхушечный лист шелковицы. Установлено, что наиболее высокой питательностью обладают молодые верхушечные листья (С. Я. Демьяновский, Е. Прокофьева, Л. Филипова, 1933). В дальнейшем, изучая вопросы белкового обмена в организме шелкопряда, Демьяновский и его сотрудники (1938, 1940, 1942, 1943) показали, что верхушечные листья, богатые азотистыми веществами, содержат очень мало углеводов и обогащение их сахарозой заметно повышает пищевую ценность корма.

Мы решили изучить влияние молодого листа и проследить, какие изменения в соотношениях между признаками и свойствами вызовет такое кормление. Мы предполагали, что таким образом можно будет в известной мере установить формирующую роль среды, в частности кормления, во взаимоотношениях между признаками и свойствами.

Для выкормки гусениц мы брали с верхушки каждого побега по 3 молодых листа (пропуская первые два листа побега) и затем сравнивали получаемые результаты с результатами кормления обычным кормом, представляющим собой смесь листьев со всех частей побегов: преимущественно это бывают зрелые листья.

Сравнительный биохимический анализ показал, что корм, состоящий исключительно из молодого листа, значительно отличается от корма, заготовленного из обычных листьев (см. таблицу № 1).

Данные о химическом составе корма, заготовленного из разных по возрасту листьев (% % входящих биохимических компонентов)

Наименование корма	Вода	Сырой жир	Общий азот	Протеин	Зола	Сырая клетчатка	Безазотистые экстрактивные вещества
Молодой лист	11,18	2,93	4,64	29,00	7,96	11,94	32,22
Обычный лист	11,73	3,87	3,45	21,56	9,85	12,12	37,87

Как видно из этих данных, корм из молодого листа по своему биохимическому составу отличается от обычного корма. В первую очередь корм, состоящий из молодого листа, заметно отличается от обычного корма по количеству белков. Молодой лист содержит почти на 7,5% больше сырого протеина, чем обычный корм, по общему азоту он также превосходит обычный корм.

Кроме того, Бекая (1951) установила, что молодой лист шелковицы содержит больше биотина, чем зрелый лист.

Таким образом, молодой лист содержит все необходимое для повышения интенсивности роста гусениц тутового шелкопряда.

С целью изучения влияния молодого листа на интенсивность роста, а также на соотношения между ростом и другими свойствами и признаками, мы производили выкормки тутового шелкопряда с 1949—1951 гг. в разных вариантах. Для установления влияния молодого листа на рост учитывался окончательный рост—вес сырого кокона. Выкормка опытных и контрольных червей производилась в трехкратной повторности по 250 гусениц в каждой.

Эти опыты показали, что молодой лист сильно повышает интенсивность роста, в результате чего во всех повторностях резко увеличивается вес кокона у обеих пород, а общая длительность выкормки сокращается. Разница по весу коконов между опытными и контрольными выкормками по всем повторностям, за исключением одного случая, вполне достоверна.

Кормление молодым листом наряду с положительным эффектом—увеличением веса коконов—дает и отрицательный—уменьшение жизнеспособности гусениц. Эти выводы из нашего эксперимента находятся в полном соответствии с данными опытов Я. Демьяновского (1933) по кормлению тутового шелкопряда молодыми листьями.

В настоящее время после работы А. Ф. Арсеньева и Н. В. Бромлея (1951) можно считать установленным, что кормление гусениц тутового шелкопряда молодым верхушечным листом, богатым белками, может вызывать у

них сдвиги активной реакции в кислую сторону и обуславливать симптомы ацидоза (вследствие накопления большого количества продуктов распада белков), что, по видимому, является одной из причин понижения жизнеспособности.

Влияние кормления гусениц на корреляцию между вольтичностью и ростом

Как известно, инкубация родительской грены бивольтинных пород при 15°C, в отсутствии света и при 70—75% влажности, приводит к бездиапаузному развитию грены дочернего поколения.

Однако не все особи проявляют одинаковую склонность к бивольтизму, т. е. не все самки откладывают незимующую грену, а только большая часть из них; другая же часть самок откладывает зимующую грену. При этом подмечено, что склонность к бивольтизму в обычных условиях в определенной мере связана с ростом: к бивольтичности более склонны мелкококонные особи, в то время как крупнококонные особи дают повышенный процент зимующих кладок.

Мы специально изучили вопрос о связи между бивольтичностью и ростом у разных пород и гибридов в обычных условиях кормления и содержания червей. Было установлено, что связь между вольтичностью и ростом наблюдается во всех исследованных нами случаях.

Во второй таблице приведены коэффициенты корреляции между ростом (весом кокона) и бивольтичностью:

Таблица № 2

Связь между ростом (весом кокона) и бивольтичностью в обычных условиях выкармливания

Породы и комбинации	$r \pm m r$	Число исследованных бабочек
Бивольтинная 110	$-0,23 \pm 0,03$	1208
Кутаисская бивольтинная	$-0,53 \pm 0,10$	53
Бивольтинная 107	$-0,02 \pm 0,14$	361
Бивольтинная 101 х (инбридная бивольтинная 107), Бивольтинная 107	$-0,18 \pm 0,11$	81
(16-ое поколение инбридинга)	$-0,15 \pm 0,12$	182
Багдад х бивольт. 110	$-0,28 \pm 0,06$	304
Асколи х бивольт. 110	$-0,40 \pm 0,06$	186
Бивольт. 110 х Асколи	$-0,03 \pm 0,05$	429
Багдад х бивольт. 110 (бивольт. 110 х багдад)	$-0,24 \pm 0,04$	552
Бивольтинная без номера	$-0,41 \pm 0,11$	63



Как видно из приведенных данных, связь во всех случаях отрицательной, причем величина коэффициентов корреляции изменяется по породам и гибридам.

Это обстоятельство показывает, что разные условия формирования разных пород и характер отбора изменяли степень связи между вышеупомянутыми признаками.

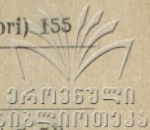
В связи с тем, что кормление молодым листом повышает интенсивность роста, мы заинтересовались вопросом—как же будет изменяться, при этом, бивольтинность. Для решения этого вопроса мы провели инкубацию грены при промежуточной температуре 21°C. Вышедшие черви второго возраста были разделены на две группы, одна из этих групп выкармливалась молодым листом, а другая—обычным листом. Каждая группа червей содержала по три повторности (по 250 гусениц в каждой). Коконь (самки и самцы) взвешивались индивидуально, а самки проверялись на вольтинность.

Исходя из наличия отрицательной связи между весом кокона и бивольтинностью, можно было предположить, что с увеличением веса кокона склонность к бивольтинизму уменьшится. Однако, опыты с выкормкой молодым листом дали совершенно другие результаты (см. таблицу № 3 и рис. 1).

Таблица № 3

Взаимоотношения между ростом (весом кокона) и вольтинностью у бивольтинной породы 110 при кормлении молодым листом и обычным листом

Серия опытов	Вариант кормления	Повторность	Вес кокона в мг		Процент бабочек, давших незидующие и смешанные кладки вместе
			m+m	Максимум-минимум	
I	Кормление молодым листом	1	1525±23	2300—1000	77,78±9,80
		2	1659±24	2400—1000	3,33±3,28
		3	1645±19	2525—1075	34,88±7,27
Итого			1615±13	2525—1000	32,79
	Кормление обычным листом	1	1371±24	1850—800	27,12±5,79
		2	1444±29	2320—900	41,89±5,73
		3	1474±27	2120—900	28,07±5,95
Итого			1429±16	2320—800	33,16



II	Кормле- ние моло- дым листом	1	1786±26	2725—1050	17,39±5,59
		2	1826±24	2825—1150	11,11±5,05
		3	1822±24	2675—1100	9,38±5,15
Итого			1812±14	2825—1060	13,33
	Кормле- ние обыч- ным листом	1	1589±22	2300— 900	12,20±5,11
		2	1593±20	2500—1050	2,94±2,90
		3	1668±23	2350— 975	18,00±5,43
Итого			1588±12	2500—900	12,00

Приведенные данные обеих серий опытов с несомненностью показывают, что в результате кормления гусениц молодым листом вес кокона резко повышается, однако, склонность к бивольтинности питания гусениц молодым листом не изменилась; таким образом, связь между ростом и бивольтинностью изменилась так, что ожидаемая корреляция в данном конкретном случае не осуществилась.

Влияния сезонных изменений химизма шелковицы на вольтинность тутового шелкопряда не отмечено. В этом отношении он проявляет специфические особенности. Сильная зависимость его развития от температуры заслоняет значение качества корма.

Впрочем, установлено, что у других насекомых (дубового шелкопряда, лугового мотылька и др.) склонность к бивольтинности уменьшается при кормлении гусениц стареющей листвой, т. е. при понижении содержания белков.

Полученные данные, как нам кажется, имеют важное теоретическое значение. Они служат хорошей иллюстрацией формирующего влияния условий среды на взаимоотношения между признаками; наряду с этим, сильное изменение коррелятивной зависимости, вызванное условиями воспитания, указывает, что в селекционной работе необходимо всесторонне и глубоко изучать непосредственно интересующие нас признаки и по ним вести отбор, а, при необходимости использования косвенных показателей—корреляционных зависимостей, всегда помнить, что последние часто бывают ненадежными.

Кроме того, факты изменения соотношений между ростом и целичностью показывают, что физиологическая связь между упомянутыми признаками не абсолютна и может быть разорвана измененными условиями внешней среды. Мы полагаем, что при соответствующих условиях, эти изменения могут закрепиться в наследственности.

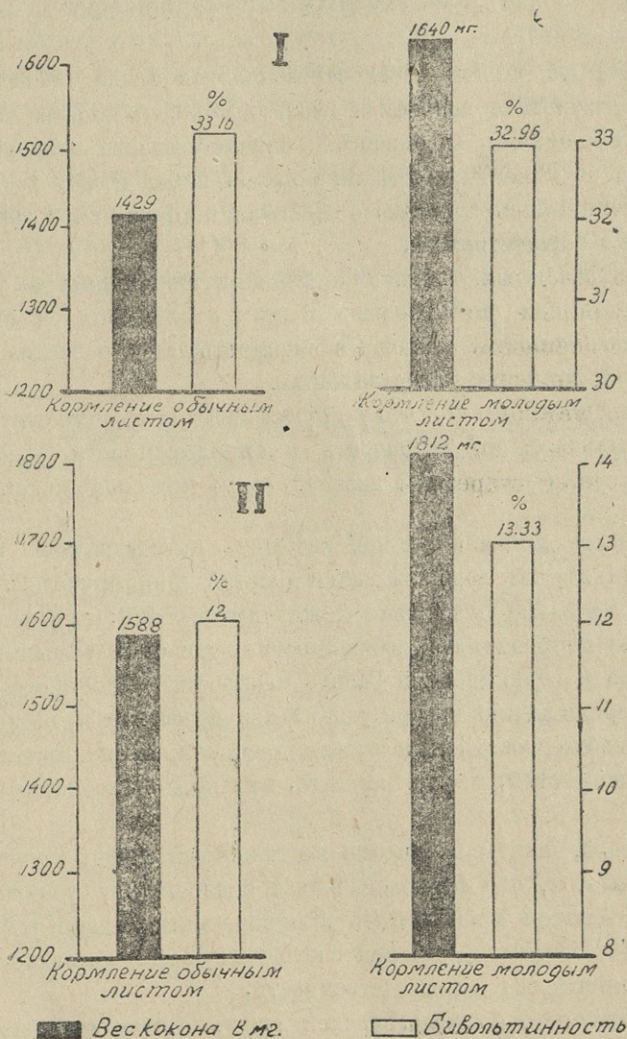
Относительность физиологической связи между исследованными признаками вполне понятна, исходя из того положения, что подобная связь



между признаками не снимает, а включает в себя и их относительную самостоятельность, дискретность, которая может существовать в разной степени.

Эти факты ясно показывают, что „...в одном и том же организме развитие различных клеток, различных отделностей клеток, отдельных процессов требует различных условий внешней среды. Кроме того, по разному эти условия ассимилируются“ (Т. Д. Лысенко, 1948, стр. 467).

*Изменение соотношения между
ростом (весом кокона)
и бовальтинностью.*



Наши данные дают основание утверждать, что положение мичуринской генетики о том, что „В ходе филогенетического развития разнообразия и виды изменяются таким образом, что изменения их наследственности глубоко затрагивают одни свойства, признаки (или группы признаков), в то время как многие другие сохраняются у них в относительно неизменном состоянии“ (Турбин, 1950, стр. 37), можно распространить и на физиологически связанные признаки.

Следовательно, изменчивость, возникающая под влиянием условий среды, затрагивает не только отдельные признаки, но и физиологические связи между ними, что приводит их к изменению, перестройке и, в зависимости от длительности воздействия этих условий и ассимиляции их, — к установлению новых корреляционных отношений между признаками.

В этом случае более рельефно выступает направляющая и дифференцирующая роль среды в организации живых тел.

Изменение связи между устойчивостью гусениц по отношению к летней жаре и ростом (весом кокона) и шелконосностью

Формирующая роль среды проявляется также и в изменении выносливости тутового шелкопряда к жаркому климату.

Бивольтинные породы тутового шелкопряда, происходящие из тропических стран и на протяжении многих поколений выкармливаемые в жаркое летнее время, вырабатывали в результате длительного воздействия специфических факторов среды биологические особенности, обуславливающие устойчивость и большую выносливость к летней жаре.

Напротив, моновольтинные породы выкармливаются только в весеннее время и потому представляют собой как бы концентрат комплекса внешних условий весеннего сезона.

Мы заинтересовались вопросом, каков характер соотношений между выносливостью и хозяйственно-полезными признаками, в первую очередь весом кокона и шелконосностью, у гибридов между моновольтинными и бивольтинными породами и как изменяются эти соотношения при воспитании гибридов в летнее время.

Этот вопрос тем более заслуживает внимания, что представители менделев-моргановского направления в биологии (А. Фоз, В. П. Эфроимсон и др.) доказывали, что между выносливостью к летней жаре, с одной стороны, и весом кокона и шелконосностью — с другой, существуют непреодолимые отрицательные корреляции. Поэтому создание новых пород, приспособленных к летним выкормкам, обладающих повышенным весом кокона и шелконосностью и, одновременно, высокой выносливостью к комплексу условий летнего сезона, путем скрещивания моновольтинных пород с бивольтинным и последующего воспитания и отбора гибридов в летних условиях, они считали невозможным, или по крайней мере сомнительным.

Несостоятельность этого представления была доказана тем, что именно этим путем были созданы замечательные новые породы. В частности, в Груз. ССР Н. Л. Санадзе и Ш. К. Гвенепадзе создали новые породы для летних выкормок — Тбилишиш № 1 и Тбилишиш № 2, обладающие увеличенным весом кокона и повышенной, по сравнению с бивольтинскими породами, шелконосностью и, вместе с тем, высокоустойчивые к летней жаре. Эти породы утверждены и внедрены в производство.

Исходным теоретическим положением при создании этих пород служило то, что гибриды, обладающие расщепленной наследственностью, должны подвергаться преобладающему влиянию комплекса летне-осенних сезонов, в частности, летней жары, в силу чего направленное воспитание и отбор на выносливость, шелконосность и вес кокона могут выработать у них сочетание высокой выносливости к летней жаре, повышенного веса коконов и шелконосности. В соответствии с этим положением и была разработана методика создания новых пород.

Используя материалы Н. Л. Санадзе, непосредственно проводившей работу по созданию новой породы Тбилишиш № 1 для повторных выкормок и использовавшей в качестве исходного материала гибрида Багдад

Таблица № 4

Таблица корреляции между весом кокона и устойчивостью гусениц по отношению к жаре.
Четвертое поколение (летняя выкормка)

% Выживших гусениц	Вес сырого кокона в гр.										
	26.3-33.3	33.4-40.4	40.5-47.5	47.6-54.6	54.7-61.7	61.8-68.8	68.9-75.9	76.0-83.0	83.1-90.1	90.2-97.2	97.3-100.0
1.09-1.16			•	•							
1.17-1.24		•				•		•			
1.25-1.32	•					•	•		•		
1.33-1.40	•		•		••	•	••		•	•	
1.41-1.48				•••		•	••	•			•
1.49-1.56	••	•	••	••				•	•	••	•
1.57-1.64			••		•		••	•			
1.65-1.72	•	•		•			•				
1.73-1.80			•							•	
1.81-1.88											
1.89-1.96						•					

х Бивольтинная 110, мы установили характер изменения соотношений между выносливостью гусениц к летней жаре и весом кокона и шелконосностью.

Особенно показательными для нашей цели оказались те поколения, которые выкармливались в летних условиях, в частности, четвертое и седьмое поколения.

Коэффициент корреляции между весом кокона и устойчивостью гусениц по отношению к жаре для четвертого поколения оказался равным всего $-0,02 \pm 0,14$.

Для наглядности приводим распределение семей четвертого поколения по корреляционной решетке (таблица № 4).

Коэффициент между выносливостью и шелконосностью для того же поколения оказался равным лишь $+0,02 \pm 0,14$ (см. таблицу № 5, распределение семей по корреляционной решетке).

Эти данные ясно указывают на отсутствие корреляционной связи между выносливостью, с одной стороны, и весом кокона и шелконосностью — с другой.

Таблица № 5

Корреляция между % веса оболочки кокона и устойчивостью гусениц к жаре.

Четвертое поколение (летняя выкармка)

% выживших гусениц \ % веса оболочки кокона	26,3-33,3	33,4-40,4	40,5-47,5	47,6-54,6	54,7-61,7	61,8-68,8	68,9-75,9	76,0-83,0	83,1-90,1	90,2-97,2	97,3-100,0
8,87-9,56								•			
9,67-10,45											
10,47-11,26											
11,27-12,06						•					
12,07-12,86			•		•					•	
12,87-13,66		•	•	••		•	••				•
13,67-14,40	•••	••	••	•	••	•	•••	•		••	
14,47-15,26	•		•	••		••	•	••	•		•
15,27-16,06			••				•		••		
16,07-16,86										•	

Но самое главное то, что последующее направленное воспитание гусениц в летних условиях и целенаправленный отбор и подбор увеличили вес кокона и устойчивость гусениц к летней жаре, значительно изменив взаимоотношения между вышеупомянутыми признаками; если в четвертом поколении коэффициент корреляции между весом кокона и выносливостью равнялся всего $-0,02 \pm 0,14$, то в седьмом поколении при летней выкармке он оказался равным $+0,35 \pm 0,16$.

Изменение характера распределения семей по корреляционной решетке наглядно видно из таблицы № 6.

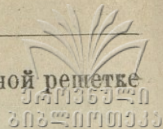


Таблица № 6

Корреляция между весом кокона и устойчивостью гусениц к жару в седьмом поколении (летняя выкормка)

Процент выживших гусениц \ Вес кокона	10.00 - 19.72	19.73 - 29.45	29.46 - 39.18	39.19 - 48.91	48.92 - 58.64	58.65 - 68.37	68.38 - 78.10	78.11 - 87.83
-1.08 - 1.15					••			
1.16 - 1.23	•			•	•	•		
1.24 - 1.31				•	•			
1.32 - 1.39						••	•	•
1.40 - 1.47	•		•			••	•	••
1.48 - 1.55			•			••	••	••
1.56 - 1.63				••				•
1.64 - 1.71								•

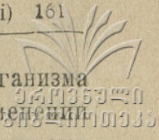
Интересная картина получается, если проследить последовательное изменение соотношений между выносливостью и шелконосностью при повышении последней на протяжении ряда поколений (см. таблицу № 7) и распределение семей по корреляционной решетке (таблица № 8).

Таблица № 7

Изменение в ряду 4-го и 8-го поколений корреляции между устойчивостью гусениц к летней жару и процентом веса оболочки сырого кокона

Поколение отбора	Сезон выкормки		Число семей
Четвертое	Лето	$0,02 \pm 0,14$	52
Пятое	Осень	$0,17 \pm 0,10$	94
Седьмое	Лето	$0,44 \pm 0,16$	27
Восьмое	Осень	$0,32 \pm 0,11$	69

Таким образом, на большом материале выкормленных семей ясно видно изменение связи между хозяйственно-полезными признаками, явившееся результатом направленного воспитания и отбора.



Эти данные освещают роль условий среды в перестройке организма и, в частности, в формировании устойчивости к летней жаре и изменению связи между устойчивостью, ростом и шелконосностью, а поэтому они имеют общепаразитический интерес.

Таблица № 8

Корреляция между процентом веса оболочки кокона и устойчивостью гусениц к жаре в седьмом поколении (летняя выкормка)

Процент выживших гусениц \ Процент веса оболочки	31.0 - 38.4	38.5 - 45.9	46.0 - 53.4	53.5 - 60.9	61.0 - 68.4	68.5 - 75.9	76.0 - 83.4	83.5 - 90.9
13.7 - 14.23	•		•		•			
14.24 - 14.77			•				•	
14.78 - 15.31		•		•	•••			
15.32 - 15.85		•	•			•	•	
15.86 - 16.39					•	••	•	•
16.40 - 16.93		•		••			••	
16.94 - 17.47								
17.48 - 18.01						•	•	

Вместе с тем, возможность направленного изменения связи между упомянутыми признаками успешно может быть использована в племенной работе с тутовым шелкопрядом.

Выводы

1. Молодой верхушечный лист, обладая высокой питательной ценностью, сильно стимулирует процессы роста тутового шелкопряда. Это явление, отмеченное и другими авторами, нами использовано для вызывания изменений в соотношениях между признаками и свойствами.

2. Кормление гусениц молодым верхушечным листом резко повышает вес кокона, однако, склонность к бивольтинности при этом не уменьшается, хотя этого и можно было ожидать на основании установленных нами отрицательных корреляций между весом кокона и бивольтинностью, наблюдающихся при обычных условиях кормления.

Этим данным работе придается важное значение для освещения ведущей роли среды в нарушении старых и возникновении новых корреляций между признаками и свойствами у тутового шелкопряда.

3. Направленным воспитанием и отбором у гибридов между моновольтинными и бивольтинными породами можно вызвать значительные изме-

нения во взаимоотношениях между устойчивостью к летней жаре, с одной стороны, и ростом и шелконосностью—с другой.

Возможность направленного изменения связи между упомянутыми признаками свидетельствует о ведущей роли среды в формировании связей между признаками и свойствами у тутового шелкопряда, что может быть успешно использовано в племенной работе с тутовым шелкопрядом.

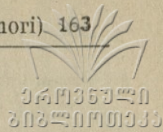
ЛИТЕРАТУРА

1. А. Ф. Арсеньев и Н. В. Бромлей, Значение минеральных компонентов корма в повышении жизнеспособности дубового и тутового шелкопрядов: Сборник „Дубовый шелкопряд“, 1951.
2. Б. Л. Асатуров, Искусственный партеногенез у тутового шелкопряда. Москва, 1940.
3. Н. Бекая, Некоторые возрастные изменения физиологических показателей в листьях растений: Тезисы докл. на груз. языке, 1951.
4. С. Я. Демяновский, Е. Прокофьева, Л. Филиппова, Влияние степени зрелости листа шелковицы на жизнеспособность шелкопряда и на качество кокона и нити: Зоол. жур. 12 (1) 1933.
5. С. Я. Демяновский, Основные результаты исследований лаборатории по биохимии тутового шелкопряда и шелковицы: Уч. зап. Моск. гос. пед. института 21, 1940.
6. С. А. Демяновский, Новые данные по физиологии питания тутового и дубового шелкопрядов как основа рационального кормления их: Бюлл. exper. биол., т. XIV. 4., 1942.
7. С. А. Демяновский, Исследования по физиологии питания тутового и дубового шелкопрядов: Успехи соврем. биол., т. XVI, 6, 1943.
8. И. В. Кожанчиков, Значение возрастных изменений листьев дуба в питании гусениц: *Antheraea pernyi guer (insecta Attacidae)*, 1947.
9. И. В. Кожанчиков, Значение возрастных (сезонных) изменений листьев дуба в питании и роста дубового шелкопряда, 1948.
10. И. В. Кожанчиков, О значении сезонных изменений химизма пищевых растений в питании дубового шелкопряда и некоторых других дендрофильных чешуекрылых: Тр. Зоол. инст., IX, 3, 1951.
11. Т. Д. Лысенко, Агробиология, изд. четвертое, дополненное, 1948.
12. От редакции, За перестройку эмбриологии: Успехи совр. биол., т. XXXII 6, 1 (4), 1951.
13. Н. Л. Санадзе, Новая порода тутового шелкопряда (*Bombux mori L.*) „Тбилишиш“ I: Тр. Тбил. науч. иссл. ин-та шелководства, 1947.
14. А. Н. Северцов, Главные направления эволюционного процесса, Биомедгиз, 1934.
15. А. Н. Северцов, Морфологические закономерности эволюции. Ак. наук. СССР, 1939.
16. Н. В. Турбин, Генетика с основами селекции: „Советская наука“ 1950.

Тбилисский государственный университет
имени Сталина

Кафедра дарвинизма и генетики

(Поступило в редакцию 24. IV. 1953)



ბ. პეპელაშვილი

გარემოპირობების გავლენის როლი აბრეშუმის ჭიის (*Bombyx mori* L) ნიშნებსა და თვისებებს შორის კორელაციური კავშირების წარმოქმნაში

გარემო პირობების წამყვანი როლის საკითხი ცხოველის ნიშნებსა და თვისებებს შორის კორელაციური კავშირების წარმოქმნაში საბჭოური ბიოლოგიის ერთ-ერთი ფრიად მნიშვნელოვანი საკითხია.

ცნობილია, რომ ი. ი. შმალპაუზენი ავითარებდა იდეალისტურ, ავტოგენეზურ თეორიას კორელაციების შესახებ, სადაც გარემოპირობების როგორც ცოცხალი სხეულის ორგანიზაციის შემცვლელის როლი სრულიად უგულვებელყოფილია.

ი. ვ. მიჩურინის მოძღვრებიდან გამომდინარე, გარემოპირობების კონკრეტული როლის გამოკვლევას ცხოველი ორგანიზმის ნიშნებსა და თვისებებს შორის კავშირის შეცვლისა და გარდაქმნის თვალსაზრისით დიდი მნიშვნელობა ენიჭება.

აბრეშუმის ჭიის ჰიბრიდებისა და ხალასი ჯიშების ფართო მასალის გამოკვლევის საფუძველზე ჩვენ მიერ დადგენილ იქნა, რომ აბრეშუმის ჭიის ზრდასა და ბიოლტინობას (ბიციკლიურობას) შორის ჩვეულებრივ პირობებში უარყოფითი კორელაცია არსებობს.

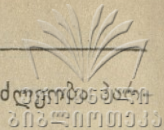
ამასთან ერთად, სხვა ავტორებისა და ჩვენ მიერაც ნაჩვენებია, რომ თუთის ნორჩი კენწრული ფოთოლი, რომელიც დიდი ყუათიანობით ხასიათდება (ცილებისა და ვიტამინების მაღალი შემცველობის გამო), დადად აჩქარებს აბრეშუმის ჭიის ზრდის პროცესებს.

ამ ფაქტების საფუძველზე შესწავლილ იქნა ბიოლტინობასა და ზრდას შორის კავშირის ხასიათი ნორჩი ფოთლით კვებისას.

გამოკვლევის შედეგები ნათელჰყოფს, რომ აბრეშუმის ჭიის ბიოლტინური ჯიშის 110 ჭიის კვება ნორჩი ფოთლით მეტად აჩქარებს ზრდის პროცესებს და მკვეთრად ზრდის პარკის წონას, ამასთან ბიოლტინობის დონე სრულიად არ ეცემა, რაც მოსალოდნელი იყო ზრდასა და ბიოლტინობას შორის უარყოფითი კორელაციის არსებობის საფუძველზე. ეს გარემოება შრომაში განხილულია, როგორც ზრდასა და ციკლურობას შორის კორელაციის შეცვლა-გაწყვეტის ფაქტი საკვების მოქმედებით, რომელიც შეიძლება სათანადო პირობებში მემკვიდრეობით იქნეს განმტკიცებული.

გარემოპირობების მათორმირებელი როლი ვლინდება აგრეთვე აბრეშუმის ჭიის გამძლეობის შეცვლაში ცხელი კლიმატის მიმართ.

მონოგოლტინურ და ბივოლტინურ ჯიშთა შორის შეჯვარების შედეგად მიღებულ ჰიბრიდულ თაობათა ზაფხულის პირობებში მიმართული აღზრდით და მიზანდასახული შერჩევით შეიძლება მნიშვნელოვანი ცვლილებები გამოვიწვიოთ აბრეშუმის ჭიის ზაფხულის სიცხე-გამძლეობასა და ზრდის ურთიერთ-



დამოკიდებულებაში, იმგვარად, რომ გაეზარდოთ ქიის სიცხე-გამძლეობასთან ერთად, კის წონის გადიდებასთან ერთად.

არანაკლებ საინტერესოა შრომაში მოტანილი მონაცემები აბრეშუმის ქიის სიცხე-გამძლეობასა და აბრეშუმისიანობას შორის კავშირის გარდაქმნის შესახებ. ქიის მიმართული აღზრდითა და შერჩევით შეიძლება გაზრდილ იქნეს სიცხე-გამძლეობა აბრეშუმისიანობის გადიდებასთან ერთად.

ყველა ეს ფაქტი მეტყველებს გარემო პირობების წამყვან როლზე აბრეშუმის ქიის ნიშნებსა და თვისებებს შორის ძველი კორელაციის შეცვლაში გარდაქმნაში და ახალი ურთიერთდამოკიდებულების დამყარებაში, ამის ზოგად-ბიოლოგიური და პრაქტიკული მნიშვნელობა აშკარაა.

ქს. გიკაშვილი

აგრეთვე ჩიის აგრეთვე გამოყოფილი ჯიკაკლის ზრდის კანონზომიერება ალზრდის სხვადასხვა პირობებში

შესავალი

მიწურინული გენეტიკის კვლევის მთავარ მეთოდს ორგანიზმის გარემო-პირობებთან დამოკიდებულების შესწავლა შეადგენს.

ბუნების დიდი გარდამქმნელი ი. მიწურინი თავის შემოქმედებით მუშაობაში ორგანიზმისა და გარემოს პირობათა ცვლილების ოსტატური გამოყენებით წარმართავდა მცენარეული ორგანიზმის სასურველ ნიშანთვისებათა ჩამოყალიბება-განვითარებას. აკად. ლისენკომ [2] დაადგინა, რომ მცენარის ონტოგენეზში ადგილი აქვს მოთხოვნების ცვლას, რაც მის სტადიურობას, ე. ი. ინდივიდური განვითარების მანძილზე ცალკეული, ერთმანეთისაგან თვისობრივად განსხვავებული ეტაპების — სტადიების არსებობას გამოხატავს.

აკად. ლისენკომ ორგანიზმისა და გარემოს ურთიერთდამოკიდებულების ღრმა შესწავლის შედეგად მცენარეთა მიმართული შეცვლისა და მოსავლიანობის გადიდების მრავალი ეფექტიანი ღონისძიება დაამუშავა. ამასთან, ორგანიზმისა და გარემოს ურთიერთდამოკიდებულების შესწავლას აგრობიოლოგიის ძირითადი ამოცანის მნიშვნელობა მიანიჭა. ის წერს: „ორგანიზმის გარემოპირობებთან ურთიერთდამოკიდებულების ამოხსნა აგრობიოლოგიის ძირითადი ამოცანაა“ [2, გვ. 379].

გარემოპირობების მიზანდასახული შემოქმედების გამოყენებით მეცხოველეობაში მრავალი საინტერესო ფაქტი და მოვლენა დადგინდა. შტიმანმა [3] მსხვილი რქოსანი საქონლის მოზარდის დაბალი ტემპერატურის პირობებში გამოზრდის — „ხბოთა ცივად ალზრდის“ ხერხი შეიმუშავა, რითაც მიაღწია ნივთიერებათა ცვლის ინტენსიურობის გაზრდას და ამ გზით ცხოველის ზრდისა და სიმაგრის და საბოლოოდ პროდუქტიულობის გადიდებას. გარემოპირობების როლის საკითხი კოსტრომული ჯიშის ჩამოყალიბებაში გააშუქა შაუმიანმა [6].

ღორში მიზანდასახული კვებით მიღწეულ იქნა ერთი და იგივე საწყისი მასალიდან ორი სხვადასხვა ტიპის საქონე და საბეკონე ტიპის ჩამოყალიბება.



იმ კანონზომიერების დადგენის საფუძველზე, რომ მატყლის ბეწვების კვების ჩამოყალიბება ხდება ცხვრის მაკეობის მეორე ნახევარში დასაბუთებულად დაბადებიდან პირველი ორი თვის მანძილზე — ცხვარში მიმართული კვებით აღწევენ მატყლის სიხშირის გაზრდას (ფილიანსკი [5], ოკულიჩევი [4]).

ცხადია, აბრეშუმის ჭიის აბრეშუმგამომყოფი ჯირკვლის განვითარებისა და ზრდის შესწავლას გრენის ინკუბაციის სხვადასხვა ტემპერატურის პირობებში და აგრეთვე აბრეშუმის ჭიის გამოკვების სხვადასხვა პირობებში, თეორიულ ინტერესს გარდა, სათანადო პრაქტიკული მნიშვნელობაც აქვს. რადგან ის შესაძლებლობას მოგვცემს გავიგოთ აბრეშუმის ჭიის აბრეშუმგამომყოფი ჯირკვლის განვითარების პროცესი და დავეუფლოთ მის ცვლილებებს ჩვენი სამეურნეო ინტერესების შესაბამისად.

მასალა და მუშაობის მეთოდიკა

კვლევის ობიექტად აღებული იყო აბრეშუმის ჭიის ჯიში ბივოლტინური 110, რომელიც ფართოდ არის წარმოებაში გავრცელებული, როგორც ზაფხულისა და შემოდგომის განმეორებითი გამოკვებისათვის საჭირო ჰიბრიდების კომპონენტი.

ჩვენს მუშაობაში ვხელმძღვანელობდით მიჩურინის მიერ დადგენილი კანონზომიერებით იმის შესახებ, რომ გარემოპირობათა გარდამქმნელ ზემოქმედებას ყველაზე მეტად ექვემდებარება ორგანიზმი ემბრიონალურ და ახალგაზრდულ პერიოდებში, როგორც ორგანიზმის უფრო დამყარ და ამთავისებელ პერიოდში, როდესაც მიმდინარეობს სხეულის ჩამოყალიბება და განვითარება. ჭიის ემბრიონალური განვითარების პერიოდი ჩვენ დაუქვემდებარეთ სხვადასხვა ტემპერატურის გავლენას. გრენის ინკუბაცია მოვახდინეთ 15°-სა და 21°-ის ტემპერატურის პირობებში. გამოკვება ხდებოდა თბილისის მებარეშუმეობის ინსტიტუტის პლანტაციაზე. ჭიის გამოკვებას ვაწარმოებდით ლამის გამოშვებით. მივიღეთ ჭიის გამოკვების შემდეგი პირობები.

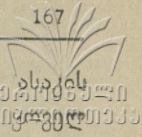
ინკუბაციის 15°-ის პირობებში გამოსული ჭია ორ ვარიანტად იყო გაყოფილი: I ვარიანტის ჭიის გამოკვება ხდებოდა ჩვეულებრივად (ჩვეულებრივი, შერეული ფოთლით, ორ საათში ერთხელ).

მეორე ვარიანტის ჭია იკვებებოდა დამკვარი ფოთლით — მესხეთე ასაკში გადაყვანილი იყო უხვ კვებაზე ჩვეულებრივი ფოთლით.

რაც შეეხება 21°-ის პირობებში ინკუბირებულ თესლიდან გამოსულ ჭიას, ეს გაყოფილი იყო გამოკვების მიხედვით ოთხ ვარიანტად:

I ჭია იკვებებოდა ნორჩი ფოთლით. ნორჩ ფოთლად ჩვენ მიგვაჩნდა ტოტის კენწეროს ორი ახლადგამოსული ფოთლის შემდეგ განწყობილი ორისამი ფოთლი, რომლებიც ცალკე გროვდებოდა კვების ყოველ ჯერისათვის.

II ჭია იკვებებოდა ძველი ფოთლით, ძველ ფოთლად ჩვენ ვთვლიდით ყლორტის ძირთან მყოფ უკანასკნელ ორ-სამ ფოთოლს.



III ჭია იკვებებოდა ჩვეულებრივი ფოთლით, მხოლოდ პირველი ასაკის პირველი დღიდანვე ექვემდებარებოდა უხვ კვებას (ფოთოლი ეძლეოდა საათში).

IV ჭია საკონტროლო იყო.

ეს ჯგუფი V ასაკიდან გადაყვანილი იყო უხვ კვებაზე. ყველა ვარიანტის ჭიები მეხუთე ასაკის პირველი დღიდან ყოველდღიურად იწონებოდა ინდივიდუალურად ათ-ათი ცალი თითო ვარიანტიდან. აწონის შემდეგ ხდებოდა თითოეული ჭიის ფიქსაცია ფორმალინის ხსნარში, შემდეგ ხდებოდა ფიქსირებული ჭიის გაკვეთა, აბრეშუმგამომყოფი ჯირკვლის ამოღება, ჯირკვლის მოთავსება წინასწარ გამოწონილ პერგამენტის ქალაღზე და 24 საათის შემდეგ მისი აწონვა. ყოველდღიურად თითოეულ ვარიანტის ათ-ათი ჭიისა და მისი ჯირკვლის აწონვით ვადგენდით ჭიის წონისა და ჯირკვლის წონის დღიურ საშუალოს. შემდეგ ხდებოდა ჯირკვლის წონის პროცენტის დადგენა ჭიის სხეულის წონასთან.

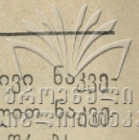
მიღებული შედეგები

15⁰-ის ტემპერატურის პირობებში გრენის ინკუბაციის შედეგად მიღებული ჭიის სხეულისა და ჯირკვლის ინდივიდური წონები V ასაკის პირველ დღიდან დღეების მიხედვით წარმოდგენილია I ტაბულით. პირველ დღეს ჯირკვალი იმდენად მცირე იყო, რომ ძლიერ გაძნელებული იყო მისი წონის ზუსტად დადგენა.

ტაბულა № 1

ინკუბაციის 15⁰-ის პირობებში გამოხული მეხუთე ასაკის ჭიების აბრეშუმგამომყოფი ჯირკვლის ზრდის კანონზომიერება

დღეები V ასაკის პირველი დღიდან	ჩვეულებრივი ნაკვები			დამკანარი ფოთლით ნაკვები— უხვზე გადაყვანილი		
	ჭიის წონა (მილიგრ.)	მშრალი ჯირკვ. წონა (მილიგრ.)	ჯირკვლის %	ჭიის წონა მილიგრამობით	ჯირკვლის წონა მილიგრამობით	ჯირკვლის %
I	575	—	—	476	—	—
II	859	19	2.21	698	13	1.86
III	1209	28	2.32	921	24	2.61
IV	1635	60	3.61	1220	48	3.93
V	2078	113	3.67	1830	85	4.64
VI	2076	119	5.73	1696	125	7.37
VII	2438	212	8.70	2355	167	7.09
VIII	2244	191	8.51	2362	193	8.17



როგორც ტაბულიდან ჩანს, V ასაკის მეორე დღეს ჩვეულებრივი ნაკვები ჰქონდა ჯირკვალის ოდნავ მაღალ $\%$ -ს გვიჩვენებს დამკვანარი ფოთლით ვარიანტთან შედარებით. მესამე დღიდან კი ეს უკანასკნელი ასწრებს და აპარბებს მეექვსე დღემდე. VII დღიდან ჩვეულებრივად ნაკვები ვარიანტის როგორც ჰქონდა და ჯირკვლის აბსოლუტური წონები, ისე ჯირკვლის პროცენტი მაღალია დამკვანარი ფოთლით ნაკვებ ვარიანტთან შედარებით. ცდის ორივე ვარიანტში VIII დღიდან ჰქონდა მთლიანად ცახზე იყო ასული.

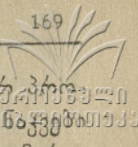
იმ ჰქონდა ჯირკვლის ზრდის გამოკვლევის შედეგები, რომლებიც 21⁰-ის პირობებში გამოვიდნენ, ნაჩვენებია მეორე ტაბულით.

ტაბულა № 2

21⁰-ის პირობებში გამოხული ჰქონდა აბრეშუმამოყვანილი ჯირკვლის ზრდის კანონზომიერება

დღეები V ასაკის I დღიდან	ნორჩი ფოთლით ნაკვები			ძველი ფოთლით ნაკვები		
	ჰქონდა მილიგრამობით	მშრალი ჯირკვლის წონა	მშრალი ჯირკვლის $\%$	ჰქონდა მილიგრამობით	მშრალი ჯირკვლის წონა	ჯირკვლის $\%$
	I	651	—	—	633	—
II	984	19	1.93	877	9	1.03
III	1435	30	2.09	1345	19	1.41
IV	1785	47	2.63	1793	64	3.57
V	2521	136	5.39	2276	100	4.39
VI	2580	173	6.70	2658	148	5.57
VII	2758	236	8.56	3073	269	8.75
VIII	2838	341	12.00	2871	298	10.38
IX	—	—	—	2673	289	10.81

დღეები V ასაკის პირველი დღიდან	საათში ერთხელ ნაკვები			კონტროლი V ასაკიდან ხშირ კვებაზე გადაყვანილი		
	ჰქონდა წონა	მშრალი ჯირკვლის წონა	ჯირკვლის $\%$	ჰქონდა წონა	მშრალი ჯირკვლის წონა	ჯირკვლის $\%$
	I	—	—	—	—	—
II	1291	10	0.78	809	5	0.62
III	1568	44	2.81	1214	15	1.24
IV	2178	82	3.76	1669	51	3.06
V	2529	126	4.98	2278	86	3.78
VI	3006	205	6.80	2600	176	6.77
VII	2655	272	10.24	2890	215	7.42
VIII	3.87	273	8.06	2449	237	9.68
IX	2815	345	12.26	2796	349	12.48



პირველ დღეებში თუმცა ჯირკვლის წონის დაახლოებით ერთნაირ პროცენტს გვიჩვენებს, მაგრამ მეხუთე დღიდან ახალგაზრდა ფოთლით იწყებს ჯირკვლის ინტენსიურ ზრდას და მაქსიმუმს (12%) აღწევს მერვე დღეზე.

საათში ერთხელ ნაკვები და კონტროლი, რომელიც V ასაკიდან უხვ კვებაზე იყო გადაყვანილი, თითქმის ერთნაირ ზრდას გვიჩვენებენ, მხოლოდ ჯირკვლის წონის მაქსიმალურ პროცენტს მეცხრე დღეს აღწევენ. ყველაზე ნელი ზრდის სურათს გვიჩვენებს ძველი ფოთლით ნაკვები ვარიანტი, რომელიც მეცხრე დღეზე აღწევს მხოლოდ 10.81 %-ს.

ამრიგად, კვების ხასიათი 21°-ის ტემპერატურაზე ინკუბირებული გრენიდან გამოსული ჭიის ჯირკვლის ზრდა-განვითარებაზე გარკვეულ გავლენას ახდენს. ხოლო თუ შევადარებთ 15°-სა და 21°-ის ტემპერატურის პირობებში ინკუბირებული გრენიდან გამოსული ჭიის გამოკვების შედეგებს, ვნახავთ, რომ მათ შორის დიდი განსხვავებაა. 15°-ის პირობებში ინკუბირებული გრენიდან გამოსული ჭია ყველა ვარიანტში აბრეშუმგამომყოფი ჯირკვლის ზრდის უფრო ნაკლებ ინტენსივობას გვიჩვენებს. ამ ჯირკვლის წონის მაქსიმალური პროცენტი მერვე დღეზეა, მაგრამ ეს მაქსიმუმი 8—9 %-ს არ აღემატება, მაშინ როდესაც ინკუბაციის 21°-ის პირობებში გამოსული ჭია ჯირკვლის წონის ასეთსავე პროცენტს VII დღიდან გვიჩვენებს, ხოლო მისი მაქსიმუმი 12 %-ზე მეტია, რომელსაც ის აღწევს IX დღეზე.

დასკვნები

1. შრომაში მოტანილია აბრეშუმის ჭიის აბრეშუმგამომყოფი ჯირკვლის ზრდის კანონზომიერების გამოკვლევის შედეგები აღზრდის სხვადასხვა პირობებში.

2. დადგენილ იქნა, რომ იმ ჭიების აბრეშუმგამომყოფი ჯირკვლის ზრდა შედარებით უფრო ინტენსიურად ხდება, რომლებიც 21°-ის პირობებში ინკუბირებული გრენიდან მივიღეთ, ვიდრე ინკუბაციის 15°-ის პირობებში გამოსული ჭიებისა.

პირველ შემთხვევაში ჯირკვლის პროცენტი სხეულის წონის 12% აღწევს, ხოლო მეორე შემთხვევაში—მხოლოდ 8—9%.

3. აღნიშნულ იქნა აგრეთვე, რომ საკვების ხასიათი გარკვეულ გავლენას ახდენს აბრეშუმის გამომყოფი ჯირკვლის ზრდაზე.

ლიტერატურა

1. И. В. Мичурин, Сочинения, том. I.
2. Т. Д. Лысенко, Агробиология, 1949.
3. С. Н. Штейман, Совершенствование молочного стада, 1948.

4. Г. А. Окуличев, Труды Майской (1949 г.) сессии Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина, 1950 г.
5. К. Д. Филанский, Повышение продуктивности животноводства, 1949.
6. В. А. Шаумян, Успехи Мичуринской биологии в молочном животноводстве, 1949 г.

სტალინის სახელობის

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
დარგინიზმისა და გენეტიკის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1951. IX. 15)

К. Гикашвили

Закономерность развития шелкоотделительной железы тутового шелкопряда в разных условиях воспитания

Резюме

1. В настоящей работе приведены результаты исследования закономерности роста шелкоотделительной железы тутового шелкопряда в разных условиях воспитания.

2. Устанавливается, что более интенсивно растут шелкоотделительные железы у тех червей, которые вышли из грены, проинкубированной при 21° , по сравнению с червями, вышедшими из грены, проинкубированной при 15° .

В первом случае процент высушенной шелкоотделительной железы по отношению к весу тела достигает до 12% , а во втором — только до $8-9\%$.

3. Отмечается также изменение интенсивности роста шелкоотделительной железы в зависимости от характера корма.

ა. გოგავა

აბკაუშის ჭიის ნაკვალის სისჯავის ფიზიოლოგია

I

აბკაუშის ჭიის ნაკვალის მანჯარის რითმული პროცესების შესახებ

ნერვული სისტემის მოქმედების ფილოგენეზური შესწავლა ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი საკითხია შედარებითი ფიზიოლოგიისათვის; მას შეუძლია გავარკვიოს უმაღლეს ხერხემლიანთა ცენტრალური ნერვული სისტემის რთული ფუნქციების წარმოშობისა და განვითარების საკითხებში.

უდაბლეს ცხოველთა ფიზიოლოგიური შესწავლის აუცილებლობის შესახებ ჯერ კიდევ 30 წლის წინათ მიგვითითებდა ჩვენი ქვეყნის უდიდესი მეცნიერი ი. პ. პავლოვი. პავლოვი თავის განცხადებაში აკადემიის ფიზიკურ-მათემატიკურ მეცნიერებათა განყოფილების მიმართ წერდა: „ის, რასაც აქამდე ადამიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგია ეწოდებოდა, იყო ცნობათა კრებული იმ 4—5 სახის ცხოველის ფიზიოლოგიური პროცესების შესახებ, რომელნიც ლაბორატორიული ფიზიოლოგიური ექსპერიმენტის ჩვეულ ობიექტებს წარმოადგენენ. მაგრამ უკანასკნელი 10 წლის განმავლობაში კვლევა-ძიება თანდათან უფრო და უფრო ვრცელდება მთელ ცხოველთა სამყაროზე. განსაკუთრებით წაიწია წინ უდაბლეს ცხოველთა სასიცოცხლო მოვლენების შესწავლამ. ფიზიოლოგია ნამდვილად ხდება ზოგად ან შედარებით ფიზიოლოგიად. სასურველი იქნებოდა, რომ მეცნიერებათა აკადემიაშიც წინანდელი ფიზიოლოგიის წარმომადგენლის გვერდით ყოფილიყო ამ გაფართოებული ფიზიოლოგიის, სპეციალურად, უდაბლეს ცხოველთა ფიზიოლოგიის განსაკუთრებული წარმომადგენელი“ (1940). მანვე ვადადგა სათანადო ნაბიჯი ამ ამოცანის შესასრულებლად. მისი უშუალო ხელმძღვანელობით ჩამოყალიბდა შედარებითი ფიზიოლოგიის ლაბორატორია მურმანსკის ბიოლოგიურ სადგურთან 1923 წელს (Криве, 1945), სადაც პირველი მეცნიერული შრომები უხერხემლო ცხოველებზე თვით პავლოვის მოწაფეების კრეპსის (1925), ფროლოვისა (1925) და სხვების მიერ იყო შესრულებული.

ცენტრალური ნერვული სისტემის ფიზიოლოგიიდან ერთ-ერთ საინტერესო პრობლემას წარმოადგენს ტვინის რითმული პროცესების ბუნების შესწავლა. ტვინის რითმული პროცესები გვეძლევა რითმულ ელექტრულ აქტივობაში. ამიტომ ენცეფალოგრაფიას (ტვინის ელექტრული მოქმედების შესწავლას) დიდი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა ენიჭება ფიზიოლოგიაში.



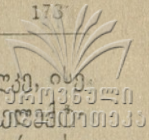
ადამიანის ტვინის ჰისტო-ანატომიური აღნაგობა მეტად რთულია, რომელიც ის ელექტრული ეფექტი, რომელიც ტვინის რითმული აქტივობის დროს აღმოცენდება. ეფექტის სირთულე მეტად აძნელებს სხვადასხვა რითმის წარმოშობისა და მისი ამა თუ იმ სახის ნერვულ უჯრედთა მოქმედებასთან დაკავშირების საკითხის გარკვევას. ამიტომ სრულიად მიზანშეწონილად უნდა იქნეს მიჩნეული ნერვული აქტივობის შესწავლა ისეთ ცხოველებზე, რომელთა ცენტრალური ნერვული სისტემის ჰისტო-ანატომიური აღნაგობა მარტივია და ასევე მარტივია მისი ურთიერთობა გარესამყაროსთან. ასეთ ობიექტებად კი, პირველ რიგში, უხერხემლო ცხოველები უნდა ჩაითვალოს.

უხერხემლოთა ცენტრალური ნერვული სისტემა კვანძოვანი აგებულებისაა. დაბალი საფეხურის მეტამერულ ცხოველებში—რგოლოვანებში (ჭიკყელა, წურბელა) ნერვული კვანძები ჰომოგენურია, ერთნაირ სეგმენტებს ანერვიანებენ და ერთნაირ ფუნქციას ასრულებენ. მაღალი საფეხურის მეტამერულ ცხოველებში—ასოსახსრიანებში (კიბოები, მწერები), რომელთა სხეულის სეგმენტები განსხვავებულია ერთმანეთისაგან, შესატყვისი ნერვული კვანძების ჰისტო-ანატომიური აღნაგობაც თავისებურია; მაგ., გულმკერდის კვანძები, მუცლის კვანძებთან შედარებით, უფრო რთული აღნაგობით ხასიათდება. ხახისქვეშა კვანძი და განსაკუთრებით ცერებრალური კვანძი კი როგორც ასოსახსრიანებში, ისე რბილტვიანებში კიდევ უფრო შორს წასულან თავიანთი განვითარებით. დასახელებული კვანძები წინა ნაწილის რამდენიმე წყვილ კვანძთა შეერთების ნაყოფია და მათ მაღალ განვითარებაზე ნათლად ლაპარაკობს მათი ჰისტოლოგიური აგებულებაც (Dorely, 1940; Hanström, 1928).

უხერხემლო ცხოველთა ნერვული სისტემის ელექტროგრაფიულ შესწავლას მრავალი ავტორი აწარმოებდა (Веритов, 1945, 1950; Гинецпнский, 1936; Prosser, 1946; Bonnet, 1938; Bullok, 1947; Веритов и Гогова, 1949, 1950a, 1950b 1950c; Эдриан, 1935 და სხვა) და დღეს ამ ცხოველთა ნერვული და კუნთოვანი სისტემის ელექტრული აქტივობის შესახებ ერთგვარი ცოდნა მოგვეპოვება.

დადგენილია, რომ ნერვული კვანძები განუწყვეტელ ელექტრულ აქტივობას იჩენენ, რაც პოტენციალთა სწრაფ და ნელ რხევებში გამოიხატება. ედრიანმა (Эдриан, 1935) მწერთა კვანძის ელექტრულ მოქმედებაში მაღალი სიხშირის სწრაფი რხევები და წესიერი სახის ნელი რხევები (5-დან—16-მდე სეკუნდში) აღმოაჩინა, რომლებიც დროგამოშვებით ისპობოდნენ და ჩნდებოდნენ. ელექტროდის პოლუსებს შორის მოთავსებული წყლის ხოქოს (Dit. marginalis) ნერვულ კვანძში მან ნახა ნელ ელექტრულ რხევებზე განლაგებული მაღალი სიხშირის სწრაფი რხევები.

ბერიტაშვილისა და გოგავას (1949) მიხედვით სამედიცინო წურბლის მუცლის ნერვული ძეწკვის კვანძები ორგვარი ტიპის ელექტრულ რხევებს იძლევიან: სწრაფ რხევებს, რომელთა ხანგრძლივობა 2—4 სიგმას არ აღემატება, და ნელ რხევებს, რომელთა ხანგრძლივობა 20—200 სიგმაზე მეტია. სწრაფ რხევათა ინტენსივობა ნაკლებ ცვალებადია, სიხშირე კი მერყეობს 1-დან 100 მდე სეკუნდში. ნელი რხევების როგორც ინტენსივობა, ისე სიხ-



შირე ძალზე ცვალებადია. ისინი აღმოცენდებიან როგორც ცალკე-ცალკე, ისე მთელი რიგის სახით. ორი რგოლოვანი ნერვის რეგისტრაციისას მათგან ერთ-ერთს რულ ეფექტთა შორის არავითარი შესატყვისობა არ არსებობს, არც დროისა და არც ამპლიტუდის მიხედვით, თუნდაც ისინი ერთ და იმავე კვანძს ეკუთვნოდნენ. როგორც სწრაფი, ისე ნელი რხევები ბიპოლარულ გამოყვანისას ორფაზიანია.

სწრაფი რხევები მამოძრავებელ ნერვულ ბოჭკოთა აგზნების დენს უნდა გამოხატავდეს, ხოლო ნელი რხევები—რგოლოვან ნერვებში არსებულ კუნთოვან ბოჭკოთა აგზნების დენს.

კიბოსნაირთა ნერვული კვანძების ელექტრული აქტივობა (Bonnet, 1938). მონაცემებით, რეგულარული, უმეტესად მონოფაზური დიდი რხევებისაგან შედგება—სიხშირით სეკუნდში 5-დან 20-მდე. ამ რხევათა შორის ზოგჯერ მცირე ამპლიტუდიანი ხანმოკლე რხევები ჩნდება. მათი ამპლიტუდა და სიხშირე ხან ცვალებადობს, ხან კი, პირიქით, მთელი ექსპერიმენტის განმავლობაში უცვლელია.

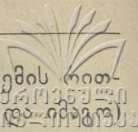
ჩვენ მიერ (გოგავა, 1948) ჩატარებული ცდების მიხედვით მდინარის კიბოს ცერებრალური კვანძი, ცხოველის შედარებით მოსვენებულ მდგომარეობაში ყოფნისას, მცირე ინტენსივობისა და სიხშირის (სეკუნდში 30-დან—40-მდე) სწრაფ რხევებს იძლევა. ლოკომოციის ან კიდურთა გაძლიერებული მოძრაობის დაწყებისას პერიოდულად აღიძვრის ჯერ ჯგუფობრივი, შემდეგ კი ცალკეული (სიხშირით 20-მდე სეკუნდში) მეტად დიდი ინტენსივობის (300 μ V-მდე) სწრაფი რხევები, რომლებიც რეგულარულად მიმდინარეობენ და უმეტესად მონოფაზურია. მათი ხანგრძლივობა 1—1,5 სიგმას არ აღემატება.

როგორც ჩანს, ცერებრალური კვანძი ჯგუფად აღმოცენებულ ამ დიდი ინტენსივობის ტალღებით ერთგვარ ბიძკს აძლევს კიდურთა მანერვირებელ ნერვულ კვანძებს გაძლიერებული მოძრაობის დაწყებისათვის. ამის შემდეგ მოძრაობის შესანარჩუნებლად საკმარისია ცერებრალური კვანძიდან მომდინარე იმპულსთა შედარებით მცირე რაოდენობა.

შესწავლილი იყო აგრეთვე ნეირონიდან ნეირონზე აგზნების გადაცემის თავისებურებანი.

ბერიტაშვილისა და გოგავას (1949, 1950a, 1950b) მიერ სამედიცინო წურბელზე ნახული იყო, რომ რგოლოვანი ნერვებიდან კონექტივების ან კან-კუნთოვანი ტოპრაკის გალიზიანების საპასუხოდ რითმული იმპულსები აღმოცენდება. იმპულსების ხანგრძლივობა 2—3 სიგმას უდრის და გატარების სისწრაფე 100 სმ-დე აღწევს სეკუნდში. ნეირონიდან ნეირონზე აგზნების გადაცემის დრო საკმარისად ხანგრძლივია: იგი 8—10 სიგმას უდრის. მაგრამ, რაც მთავარია, მისი ხანგრძლივობა გალიზიანების პირველ სეკუნდშივე იზრდება და შეიძლება 20 სიგმამდისაც მიაღწიოს.

აბრეშუმის ჭია, ადამიანისათვის ეს მეტად სასარგებლო ცხოველი, რომელიც ცენტრალური ნერვული სისტემის მარტივი აღნაგობით ხასიათდება, მეტად ხელსაყრელ ობიექტს წარმოადგენს რითმული პროცესების შესასწავლად. მსგავსი ცდები ჯერ არავის უწარმოებია. ამიტომ ამ შრომით ჩვენ



მიზნად დავისახეთ შვეიცარულ აბრეშუმის ქიის ნერვული სისტემის რითმული პროცესები მისი განვითარების სხვადასხვა (მატლი, კუპრი და ა. შ.) ფაზებში და დავადგინოთ ამ პროცესების ცვალებადობა და მათი თავისებურებანი განვითარების ფაზების მიხედვით.

შრომაში მოცემულია მხოლოდ ქიის ნერვული სისტემის მოქმედების ელექტროგრაფიული შესწავლის შედეგები.

მეთოდიკა

აბრეშუმის ქიის ნერვული სისტემის რითმული პროცესების ელექტროგრაფიული შესწავლა წარმოებდა ქიის უკანასკნელ ასაკში ყოფნის დროს ან პარკის ახვევის პირველი სამი დღის განმავლობაში. ნერვულ სისტემაში მიმდინარე ბიოლოგიურ პროცესებზე სრული წარმოდგენის შესაქმნელად შვეიცარული კუნთოვანი სისტემის ელექტრულ მოქმედებასაც. ქიის ვათავსებდით საცობის ფიტარზე ზურგით ზემოთ, ვკვეთდით მთელ სიგრძეზე, კან-კუნთოვან ტოპრაკს ვამაგრებდით ქინძისთავებით და შინაგან ნაწილებს ვაშორებდით მთლიანად. შემდეგ გამოვაჩენდით მუცლის ნერვულ ძეწკვს და პერიფერიულ ნერვულ ტოტებს, რომელთაც საჭიროებისდა მიხედვით ვაცალკევებდით ნაწილობრივ ან მთელ სიგრძეზე (ნერვული ძეწკვის სიგრძე 6—7 მმ-მდე და პერიფერიული ნერვული ტოტის სიგრძე კი 3—7 მმ-დე აღწევს).

ელექტრული ეფექტი აღირიცხებოდა როგორც კვანძიდან (მისი უშუალოდ მოთავსებით ელექტროდებზე) და კონექტივიდან, ისე როგლოვანი ნერვული ტოტიდან, რომელიც კვანძიდან ან კონექტივიდან გამოდის და კან-კუნთოვანი ტოპრაკის კედლებში იკარგება.

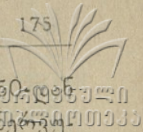
ქიის ნერვული სისტემის ელექტრული აქტივობის შესასწავლად ნერვულ ძეწკვს თუ პერიფერიულ ნერვულ ტოტს (ზოგჯერ) ვჭრიდით ერთ მხარეზე, ვათავსებდით ელექტროდებზე და ვწვედით მაღლა ჰაერში. კუნთის ელექტრული მოქმედების შესასწავლად კი ელექტროდებს თვით კუნთზე ვათავსებდით. ელექტროდების პოლუსთა შორის მანძილი კვანძის ან კონექტივის შესწავლის შემთხვევაში 2 მმ იყო. პერიფერიული ნერვის შემთხვევაში—1 მმ და კუნთის შესწავლის შემთხვევაში კი—3—4 მმ.

ქიის ნერვულ სისტემაზე მუშაობისას ვიყენებდით ბინოკულარულ ლუპას (30—40 გადიდება).

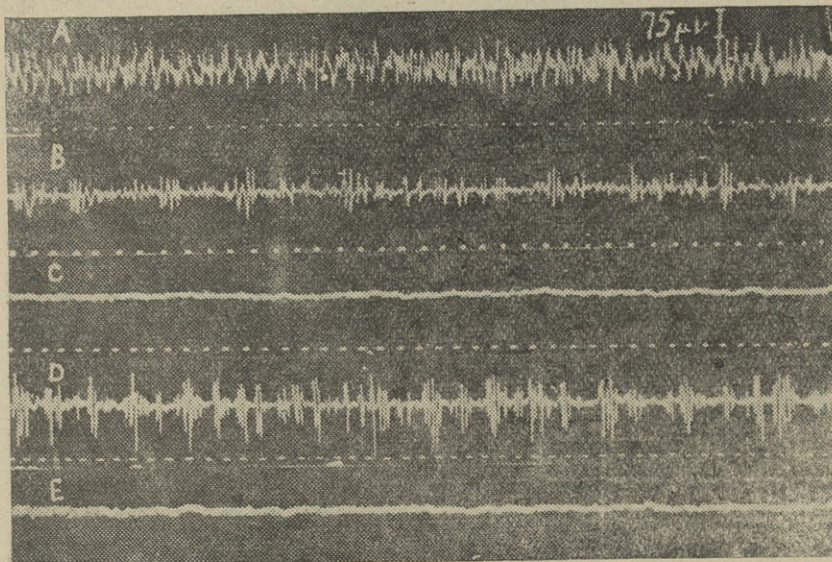
ღიზინდებოდა კან-კუნთოვანი ტოპრაკი მექანიკურად ან ელექტრული დენით. მექანიკური გაღიზიანებისათვის ვხმარობდით ფუნჯს (რომლითაც ვხებოდით კანის ამა თუ იმ ფარგალს), ელექტრული გაღიზიანებისათვის კი რელაქსაციურ გენერატორს და დიუ-ბუა-რეიმონის ინდუქტორიუმს.

სლის შედეგები

აბრეშუმის ქიის ნერვული სისტემის ელექტრული ეფექტი ერთი ტიპისა და სწრაფ იმპულსაციაში გამოიხატება. იმპულსის ხანგრძლივობა 1—2 სიგმას ან აღემატება და ინტენსივობა 15—90 μ -ს ფარგლებში მერყეობს.



კვანძიდან და კონექტივიდან აღრიცხულ იმპულსთა სიხშირე 150-დან 300-მდე აღწევს სეკუნდში (სურ. 1A, 2D და 5A). რგოლოვანი ტოტიდან აღრიცხული ელექტრული ეფექტი კი რამდენიმედ განსხვავდება კონექტივიდან ან თვით კვანძიდან აღრიცხული ეფექტისაგან. განსხვავება იმპულსთა სიხშირეში და მათი აღპოცენების თავისებურებაში გამოიხატება. ნერვული ტოტისათვის დამახასიათებელია უფრო მცირე სიხშირის (სეკუნდში 10-დან—150-მდე რხევა) იმპულსაცია და იმპულსები აღმოცენდებიან როგორც ცალკე-ცალკე (სურ. 2A და B), ისე ჯგუფების (სურ. 1B და D) ანდა მთელი რიგის სახით (სურ. 4A). ცალკეული და ჯგუფური იმპულსაცია უმეტესად რეგულარულ ხასიათს ატარებს (სურ. 1D და სურ. 2A). თითოეული ჯგუფი 2-დან—10-მდე რხევას შეიცავს და ასეთი ჯგუფი შეიძლება 15-დან—25-მდე აღწევდეს სეკუნდში.



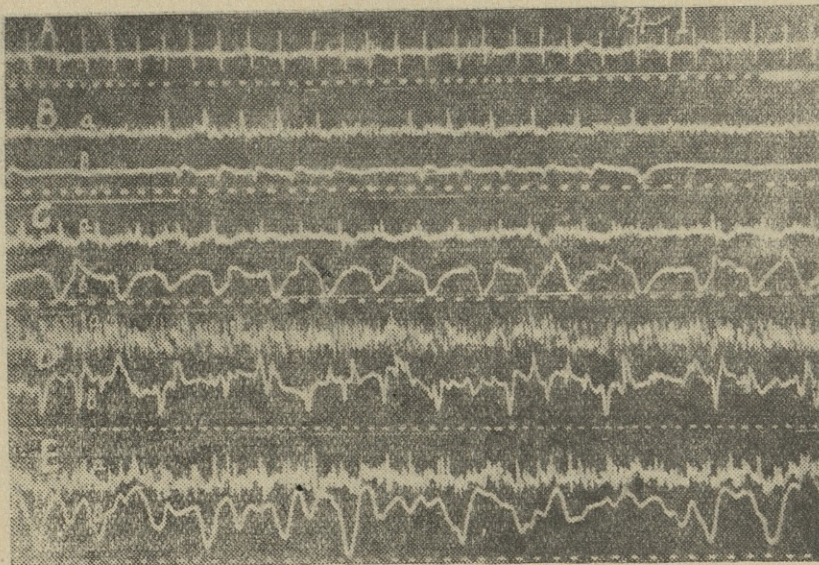
სურ. 1. აბრეშუმის ჭიის მუცლის კვანძიდან და პერიფერიული ნერვიდან აღრიცხული ელექტრული ეფექტი.

A—ელექტროდებზე მოთავსებულია მუცლის მეორე კვანძი. B—ელექტროდებზე მოთავსებულია პერიფერიული ნერვი (მუცლის ფარგალი), რომლის დისტალური მხარე გადაჭრილია და ჰაერში აწეული. C—იგივე პერიფერიული ნერვი, მხოლოდ კვანძთან კავშირი დარღვეულია. D—პერიფერიული ნერვი კუდის ფარგლიდან, ნერვის კავშირი დაცულია როგორც კვანძთან, ისე პერიფერიასთან. E—იგივე პერიფერიული ნერვი, მხოლოდ კვანძთან კავშირი დარღვეულია. ქვევით მოცემულია დრო ყველა სურათზე 20 სიგმოზით.

კონექტივი ან რგოლოვანი ნერვული ტოტი კვანძის მოშორების შემდეგ ელექტრულ მოქმედებას არ იძლევა (სურ. 1 C). რგოლოვან ნერვში ვერ ვნახეთ ელექტრული მოქმედება ვერც მაშინ, როდესაც კვანძი მოშორებული იყო,

მაგრამ მისი მთლიანობა (მგრძნობიარე ნერვის) კან-კუნთოვან ტოპრაკის შენარჩუნებული იყო (სურ. 1D და E).

კუნთოვანი სისტემისათვის დამახასიათებელია ელექტრული აქტივობა (იგი იძლევა 10—30 სიგმის ხანგრძლივობის და 50—90 μ v და მეტი ინტენსივობის რხევებს, სეკუნდში 2-დან — 30-მდე (სურ. 2 და 3), რაც ცენტრების ავტომატურ მოქმედებაზეა დამოკიდებული. თუ რომელიმე რგოლოვან ნერვულ ტოტს გადავჭრით ან კვანძს მოვაშორებთ, მაშინ კუნთის ელექტრული მოქმედება ისპობა. ელექტრული აქტივობა პირველ შემთხვევაში კან-კუნთოვანი ტოპრაკის მცირე ფარგალში ისპობა (ე. ი. იმ ფარგალში, სადაც ეს ტოტი ბოლოვდება (სურ. 3A და B), მეორე შემთხვევაში კი—ტოპრაკის მთელ სეგმენტში (სურ. 3C და D).



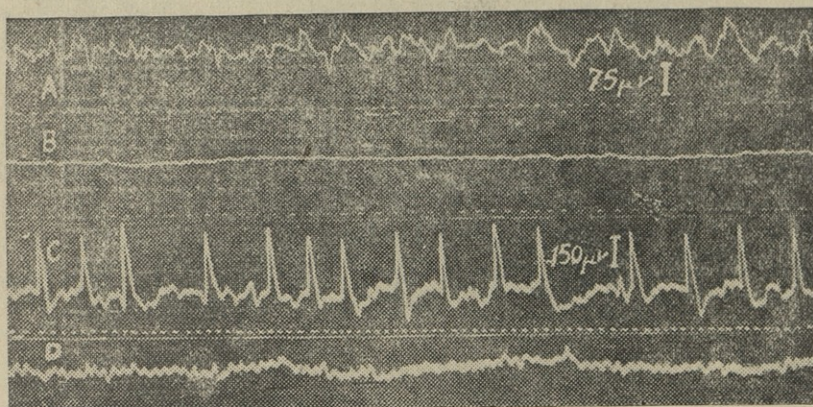
სურ. 2. აბრეშუმის ჭიის ნერვული ძეწკვის კონექტივიდან, პერიფერიული ნერვიდან და კან-კუნთოვანი ტოპრაკიდან აღრიცხული ელექტრული ეფექტი.

A—პერიფერიული ნერვის ეფექტი მუცლის ფარგლიდან. B—პერიფერიული ნერვის (ა) და კან-კუნთოვანი ტოპრაკის (ბ) ელექტრული ეფექტი (მუცლის ფარგალი). C—პერიფერიული ნერვის და კან-კუნთოვანი ტოპრაკის ეფექტი (სხვა ჭია). D—კონექტივი და კან-კუნთოვანი ტოპრაკი (გულმკერდის ფარგალი). E—კონექტივი და კან-კუნთოვანი ტოპრაკი (მუცლის ფარგალი).

ნერვისა და კუნთის ელექტრული ეფექტის ერთდროულმა შესწავლამ დაგვანახვა, რომ კუნთის თითოეული ელექტრული რხევა ცენტრიდან მომდინარე ცალკეულ ნერვულ იმპულსზეა დამოკიდებული. ასეთ დასკვნამდე მივე-

დით პერიფერიული ნერვული ტოტისა და კუნთის მცირე ფარგლის ერთდროული ელექტროგრაფიული მეთოდით შესწავლისას (სურ. 2B და C). ტოტის ცალკეულ მრუდეებზე თითოეულ ძლიერ ნერვულ იმპულსს შეესაბამება კუნთის ცალკეული ელექტრული რხევა. მრუდის იმ ნაწილში, სადაც ნერვული იმპულსი არა ჩანს, ვერც კუნთის ეფექტში ვნახულობთ ელექტრულ რხევას (სურ. 2B).

ასეთი ურთიერთობის დადგენა შეუძლებელია მაშინ, თუ ნერვული ტოტის მაგიერ კონექტივია აღებული. კუნთის ელექტრულ რხევათა შესატყვისი რხევის გამოჩენვა კონექტივის ელექტრულ ეფექტში არ ხერხდება (სურ. 2D და E).



სურ. 3. აბრეშუმის ჭიის კან-კუნთოვანი ტოპრაკის ელექტრული ეფექტი.

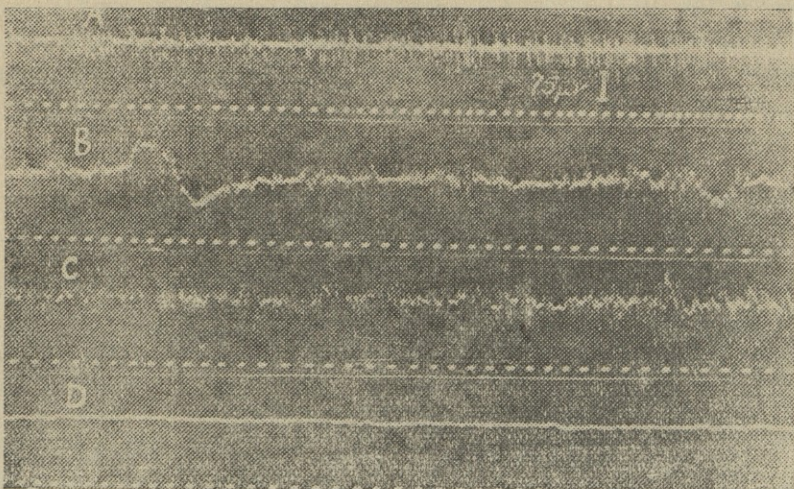
A—კან-კუნთოვანი ტოპრაკის ელექტრული მოქმედება (მუცლის ფარგალი). ტოპრაკის ნერვული კავშირი მახლობელ კვანძთან დაცულია. B—იგივე, მხოლოდ ტოპრაკის კავშირი კვანძთან (პერიფერიული ნერვის გადაჭრით) დარღვეულია. C—კან-კუნთოვანი ტოპრაკი (გულ-მკერდის ფარგალი). D—კვანძის მოშორების შემდეგ ელექტრული მოქმედება ისობა მთელი სეგმენტის ფარგალში.

ელექტრული მოქმედების თავისებურებათა შესასწავლად გამოყენებული იყო მექანიკური და ელექტრული გალიზიანება. ღიზიანდებოდა კან-კუნთოვანი ტოპრაკი. ელექტრული ეფექტი, როგორც ნათქვამი იყო, გამოვყავდა კუნთოვანი კონექტივიდან, პერიფერიული ნერვიდან და თვით კუნთიდან.

მე-4 სურათზე მოცემულია მექანიკური გალიზიანების შედეგი. ელექტრული ეფექტი გამოყვანილია რგოლოვანი ნერვული ტოტიდან, რომელიც აღებულია გულმკერდის ფარგალში. კანის მექანიკური გალიზიანება წარმოებს კან-კუნთოვანი ტოპრაკის იმ ფარგალში, სადაც ეს ტოტი ბოლოვდება.

გალიზიანების გარეშე, ნერვული ტოტი იძლევა სეკუნდში 90-მდე სწრაფ 40—75 μ v-ს ინტენსივობის ელექტრულ რხევას (A). კანის მექანიკური გალი-

ზიანების საპასუხოდ იმპულსაცია თანდათან ხშირდება (მექანიკური გალიზიანება ნაწარმოებია ორჯერ ფუნჯის წასმით) და რხევათა ინტენსივობა მატულობს (ცდა B და C). იმპულსთა სიხშირე 200-მდე აღწევს სეკუნდში და ინტენსივობა 50—100 μ v ფარგლებში მერყეობს (ცდა C).

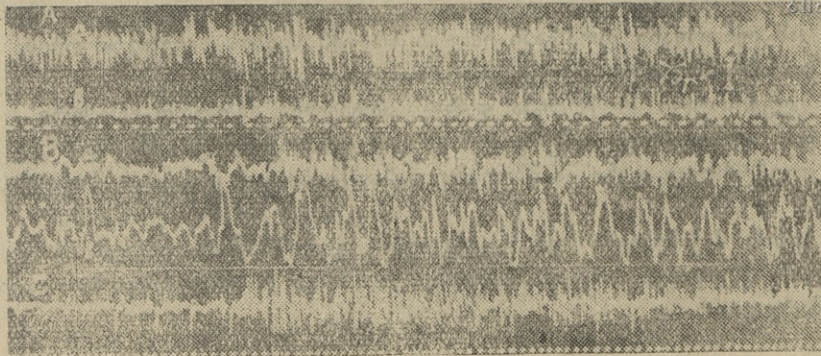


სურ. 4. აბრეშუმის ჭიის პერიფერიული ნერვიდან აღრიცხული ელექტრული ეფექტი კანის მექანიკური გალიზიანების შემთხვევაში.

A—პერიფერიული ნერვული ტოტი გულმკერდის ფარგლიდან. ნერვის კავშირი როგორც კვანძთან, ისე კან-კუნთოვან ტოპრაკთან დაცულია. B—კანის გალიზიანების შედეგი (ლიზიანდება კანის ის ფარგალი, სადაც დასახლებული ნერვი ბოლოვდება). C—გალიზიანებიდან რამდენიმე სეკუნდის შემდეგ. D—ლიზიანდება კანის იგივე ფარგალი, მხოლოდ პერიფერიული ნერვის კავშირი კვანძთან დარღვეულია.

იმპულსთა გახშირება და გაძლიერება შეიძლება დადასტურებულ იქნეს კონექტივის ელექტრული ეფექტის შესწავლითაც (სურ. 5A). ამ სურათზე პერიფერიული ნერვული ტოტის ელექტრული ეფექტის გაძლიერებასთან ერთად ძლიერდება კონექტივის ელექტრული ეფექტიც.

თუ პერიფერიული ნერვული ტოტის ან კონექტივის ელექტრული მოქმედება ძლიერდება, მაშინ ამის საპასუხოდ კუნთის ელექტრული მოქმედებაც ძლიერდება (სურ. 5B). ამ სურათზე, თავის საფარის მექანიკური გალიზიანების საპასუხოდ, კონექტივის ელექტრულ რხევათა სიხშირე და რაოდენობა თვალსაჩინოდ მომატებულია. ამის შედეგად კან-კუნთოვანი ტოპრაკის ელექტრული ეფექტიც გაძლიერებულია როგორც იმპულსთა სიხშირის, ისე მათი ინტენსივობის მხრივ.



სურ. 5. აბრეშუმის ჭიის ნერვული ძეწკვის კონექტივის, პერიფერიული ნერვისა და კან-კუნთოვანი ტარაკის ელექტრული ეფექტი—კანის მექანიკური და ელექტრული გაღიზიანების შემთხვევაში.

A—კონექტივის (a) და მახლობელი პერიფერიული ნერვის (b) ეფექტი კანის მექანიკური გაღიზიანების შემთხვევაში. B—კონექტივის (a) და კან-კუნთოვანი ტარაკის (b) ეფექტი კანის მექანიკური გაღიზიანების შემთხვევაში. C—კონექტივის ეფექტი კანის ელექტრული გაღიზიანების შემთხვევაში. მრუდეებზე დასაწყისში ნორმალური სურათთა მოცემული, შემდეგ კი გაღიზიანების შედეგად მიღებული.

ჩვენ შევეცადეთ გამოგვეჩვენა ნერვულ ბოჭკოში აგზნების გატარების სისწრაფე. მექანიკური გაღიზიანებით ამის გაკეთება არ ხერხდება და ამიტომ მოვიხმარეთ რელაქსაციური გენერატორი. ვალიზიანებით კან-კუნთოვან ტარაკს ერთ ბოლოში და ელექტრული ეფექტი გამოგვყავდა მეორე მხრიდან. ზევით აწეულ და ცალ მხარეზე გადაჭრილი კონექტივიდან. ცალკეული კვეთებები ეფექტს არ იძლევა და ამიტომ საჭირო გახდა ზედიზედ რამდენიმე კვეთების მიცემა. აქედან ცხადია, რადგან საპასუხო რეაქცია სუმაციის შედეგად გამოიწვევა, აგზნების გატარების სისწრაფის გამომანგარიშება მხოლოდ მიახლოვებით თუ შეიძლება. ამ მრუდის მიხედვით აგზნების გატარების სისწრაფე აბრეშუმის ჭიის ნერვულ ძეწკვში სეკუნდში 70 სმ არ უნდა აღემატებოდეს. ეს საკითხი და სხვა ისეთი მნიშვნელოვანი საკითხები, როგორცაა ნეირონიდან ნეირონზე და ნერვიდან კუნთზე აგზნების გადაცემა და სხვ., დაწვრილებით შემდეგ იქნება მოცემული.

დასკვნა

1. აბრეშუმის ჭიის ნერვული ცენტრების რითმული პროცესები გამოიხატება სწრაფ, რითმულ ელექტრულ მოქმედებაში. იმპულსთა სიხშირე ელექტრული ეფექტის კვანძიდან ან კონექტივიდან გამოყვანის შემთხვევაში 300-მდე აღწევს სეკუნდში, პერიფერიული ნერვიდან გამოყვანის შემთხვევაში კი

150 არ აღემატება და ჯგუფურ ხასიათს ატარებს. იმპულსთა ხანგრძლივობა 1—2 სიგმის ფარგლებში მერყეობს და ინტენსივობა 15—90 μ v-მდე აღემატება.

2. კან-კუნთოვანი ტოპრაკი იძლევა 10—30 სიგმის ხანგრძლივობისა და 50—100 μ v ინტენსივობის ელექტრულ რხევებს.

3. ელექტრული მოქმედება დამახასიათებელია მხოლოდ ნერვული კვანძებისათვის. პერიფერიული ნერვიდან და კან-კუნთოვანი ტოპრაკიდან აღრიცხული ელექტრული დენი კი მხოლოდ დასახელებული კვანძების მოქმედების შედეგია.

4. კანის მექანიკური და ელექტრული გაღიზიანება იწვევს ნერვული ცენტრების აქტივობის ზრდას, იმპულსთა სიხშირე და ინტენსივობა თვალსაჩინოდ მატულობს.

ლიტერატურა

1. И. П. Павлов, Архив Академии наук СССР, фонд I, опись 2, № 25. Цит. по Кошоянцу: „Очерки по истории физиологии в России“, стр. 456, 1940.
2. Е. М. Крепе: В сборнике „Успехи биологических наук в СССР за двадцать пять лет“ (1917—1942): Изд. АН СССР, стр. 65, 1945.
3. Е. М. Крепе, О реакции аспидий на внешние раздражения: Архив биол. наук 25, в. 4—5, стр. 197, 1925.
4. J. P. Frolf, Bedingte Reflexe bei Fischen. I. Mitt. Pfl. Arch. d. Physiol., 208, 261, 1925.
5. В. А. Догель, Сравнительная анатомия беспозвоночных, часть II, Ленинград, Госучпедиздат, стр. 84, 1940.
6. В. Hanström, Vergleichende Anatomie des Nervensystems der wirbellosen Tiere. Unter Berücksichtigung seiner Funktion. Berlin, 1928, 181.
7. И. С. Бериташвили (Беритов), О возбуждении и торможении в рефлексорных реакциях нервно-мышечного препарата срединных сомитов пиявки: Труды Тбил. гос. ун-та им. Сталина, т. XXVII, стр. 29, 1945.
8. И. С. Беритов, О происхождении спонтанной активности и передача возбуждения в нервных узлах брюшной цепочки пиявки: Журн. общ. биол., т. XV, № 1, стр. 31, 1950.
9. А. Г. Гинецинский, Электрические явления в гладких мышцах моллюска: Физиол. журн. СССР, 20, стр. 108, 1936.
10. Prosser, C. Ladd, The physiology of nervous systems of invertebrate animals: Physiol. rev., 26, 337, 1946.
11. V. Bonnet, Contribution à l'étude du système nerveux ganglionnaire des crustacés: Arch. internat. Physiol., 47, 397, 1938.
12. Т. Н. Buelok, Problems in invertebrate electrophysiology: Physiol. rev., 27, 643, 1947.
13. И. С. Беритов и М. Гогова, О спонтанной активности в нервных узлах брюшной цепочки пиявки: Журн. общей биол., т. X, № 6, стр. 421, 1949.
14. И. С. Беритов и М. Гогова, Влияние растяжения нервов на скорость проведения возбуждения, 1950а.
15. И. С. Беритов и М. Гогова, Об электрических потенциалах брюшной цепочки пиявки: Тр. инст. физиол. им. Бериташвили, 1950 в, № 8, стр. 17.

16. И. С. Беритов и М. Гогава, О проведении возбуждения в нервных узлах брюшной цепочки пиявки: Журн. общей биол., т. XI, стр. 20, 1950.
17. Э. Д. Эдриан, Механизм нервной деятельности (электрофизиологическое изучение нейрона, пер. с англ. под ред. П. О. Макарова, М.—Л., Госиздат биол. и мед. литературы, стр. 78, 1935.
18. მ. გოგავა, მდინარის კიბოს ცვრებრალური კვანძის მოქმედების ოსცილოგრაფიული გამოკვლევა, 1948.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
აღმნიანისა და ცხოველთა ფიზიოლოგიის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1953. IV. 25)

М. Гогава

О ритмических процессах нервных центров шелковичного червя

Резюме

Производили электрографическое изучение ритмических процессов нервной системы шелкоичного червя. Для опытов брали червей в завершенной стадии развития, а также в стадии плетения кокона. Для полного представления биологических процессов, протекающих в нервной системе червя, мы также изучали электрическую деятельность его мышечной системы.

Червь помещали на пробковую доску спиной вверх и разрезали ее по всей длине. Кожно-мышечный мешок фиксировали, внутренние органы удаляли, обнажали брюшную нервную цепочку и периферические нервные веточки (длина нервной цепочки достигает 6—7 см, а периферических нервных веточек—3—7 мм). При изучении нервной системы червя пользовались бинокулярной луппой (увеличение 30—40).

Регистрировали электрическую активность узлов конъюктива, а также веточку кольцевого нерва (которая выходит от узла и теряется в стенках кожно-мышечного мешка), не отделяя друг от друга.

Иногда же нервную цепочку или периферическую нервную веточку перерезали. Для изучения электрической деятельности мышцы электроды помещались непосредственно на мышце. При изучении узла конъюктива межполюсное расстояние электродов было 2 мм, в случае периферического нерва—1 мм, а в случае мышцы—3—4 мм.

Электрическую деятельность изучали также при механическом и электрическом раздражении кожно-мышечного мешка. Для механического раздражения применяли кисточку, которой касались к разным участкам

кожи. Для электрического раздражения брали релаксационный генератор и индукториум Дюбуа-Реймона.

Получены следующие результаты:

1. Ритмические процессы нервных центров шелковичного червя выражаются в быстрой ритмической электрической деятельности. Частота импульсов электрического эффекта от узла или конъюктива достигает 300 в секунду. При отведении же с периферического нерва частота импульсов не превышает 150 в секунду и носит групповой характер. Продолжительность импульсов колеблется в пределах 1—2 сигм, а интенсивность достигает 15—90 μv .

2. Кожно-мышечный мешок дает электрические колебания длительностью 10—30 сигм и интенсивностью 50—100 μv .

3. Электрическая деятельность характерна только для нервных узлов. Электрические же колебания, регистрируемые с периферического нерва и кожно-мышечного мешка, являются лишь следствием деятельности вышеназванных узлов.

4. Механическое и электрическое раздражение кожи вызывают усиление активности нервных центров: частота импульсов и интенсивность значительно увеличиваются.

3. გეგმეაგვილი

**შავი ზღვის ქაშაყავის ქვეშე საქართველოს
სანაჟიროგზე**

შესავალი

წყლის ორგანიზმების, განსაკუთრებით კი თევზების ბიოლოგიის შესწავლისას ერთ-ერთ მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს მათი ურთიერთ და იმავე გარემოში არსებულ სხვა ორგანიზმებთან დამოკიდებულების დადგენა, რაც დაკავშირებული უნდა იქნეს გარემოს ბიოტურ ფაქტორებთან.

ამ დამოკიდებულებათაგან ყველაზე მეტი მნიშვნელობა აქვს [ეგრეთწოდებულ კვებით კავშირებს, ე. ი. ორგანიზმებს შორის ურთიერთდამოკიდებულებას კვების რეჟიმის საფუძველზე.

ცხოველების კვების რეჟიმი მნიშვნელოვნად და, ზოგ შემთხვევაში, მთლიანად აპირობებს ორგანიზმების მთელ რიგ ბიოლოგიურ მოვლენებს და, ამასთან დაკავშირებით, სარეწაო ხასიათის მრავალ საკითხს.

თევზმეურნობის მრავალი პრობლემა, როგორცაა, მაგალითად, მარაგი, მიგრაცია და სხვ., უშუალოდ დაკავშირებულია სარეწაო მნიშვნელობის თევზების კვების შესწავლასთან.

მოსკვინი [14] ხაზგასმით აღნიშნავს, რომ თევზების ცხოვრების პირობების შესწავლა, მათი ზრდისა და ნაკვებობის საკითხის გამოკვლევა და ცალკეულ სახეობებს შორის ურთიერთდამოკიდებულების დადგენა, უმთავრესად, დაკავშირებულია კვების რეჟიმის შესწავლასთან.

ტიხონოვის [22] მიხედვით მოპოვებული ნედლეულის ხარისხი განისაზღვრება თევზის სიდიდით, მისი ნამატით წონაში (გარკვეული დროის განმავლობაში) და ნაკვებობით. ამათგან ავტორი წამყვან როლს ორ უკანასკნელ ელემენტს ანიჭებს.

სუვოროვი [21] კვებასა და გამრავლებას თვლის უმთავრეს სასიცოცხლო ფაქტორებად ორგანიზმებში საერთოდ და, კერძოდ კი, თევზებში. ამიტომ საყვებით გასაგებაა, რომ თევზების, კერძოდ, ქაშაყების კვების შესწავლის საკითხზე საკმაოდ ვრცელი ლიტერატურა მოიპოვება.

ქაშაყებს მეტად დიდი მნიშვნელობა აქვთ აზოვ-შავი ზღვის თევზმეურნობაში; ამასთან დაკავშირებით ლიტერატურაში მოიპოვება მთელი რიგი შრომები, რომლებიც შეეხებიან ქაშაყების სისტემატიკის [კესლერი, 7; ისა-

ჩენკო, 6; მაიოროვა, 11], მიგრაციისა [მალიატსკი, 12, 13; პელონა, 19] და სხვა საკითხებს. მაგრამ ამის თქმა არ შეიძლება აზოვ-შავი ზღვის ქაშაყების კვების შესწავლის შესახებ, თუ მხედველობაში არ მივიღებთ ოკულის [18] შრომას აზოვის ზღვის პლანქტონით მკვებავი თევზების შესახებ, სადაც შედის ქაშაყებიც, და მოსკოვის [14] შრომას შავი ზღვის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში ქაშაყების კვების შესწავლის საკითხზე.

მაიოროვა [10] თავის ნაშრომში იძლევა აზოვ-შავი ზღვის ქაშაყების სისტემატიკის შესწავლის ისტორიის მოკლე მიმოხილვას; იგი მათ ნიშანთა დაწვრილებითი ანალიზის საფუძველზე მიდის იმ დასკვნამდე, რომ აზოვ-შავი ზღვის ყველა ქაშაყი შეიძლება გაიყოს ორ ჯგუფად: მათგან პირველ ჯგუფს მიაკუთვნებს საკუთრივ ქაშაყებს, რომლებშიც შედიან:

1. *Caspialosa maeutica*, Grimm. გავრცელებულია უმთავრესად აზოვის ზღვის დასავლეთ ნაწილში. შავ ზღვაში გვხვდება ბულგარეთის, რუმინეთისა და კავკასიის სანაპიროებზე. უკანასკნელში გვხვდება ქერჩის სრუტიდან ბათუმამდე, სადაც ზამთრობით იჭერენ *Caspialosa pontica*-სთან ერთად. ბათუმის მიდამოებამდე აღწევენ ერთეული ეგზემპლარები იანვრიდან აპრილამდე. ქვირითს ყრის აზოვის ზღვაში.

2. *Caspialosa pontica*, Eichwaldi. გავრცელებულია შავი ზღვის დასავლეთ ნახევარში, გვხვდება აგრეთვე ანატოლიის სანაპიროებზე და ზოგჯერ ბათუმის რაიონშიც. ქვირითის დასაყრელად შედის დუნაიში, დნებრსა და დნესტრში.

3. *Caspialosa pontica eichwaldi*, Grimm. მოიპოვება აზოვის ზღვაში, ზაფხულობით ქვირითის დასაყრელად შედის დონსა და კალმიუსში. შავ ზღვაში გვხვდება უმთავრესად მის აღმოსავლეთ ნაწილში—კავკასიის სანაპიროებში ბათუმამდე, სადაც ზამთარში სარეწაოს ძირითად ობიექტს წარმოადგენს. მასობრივი ქერა ხდება ნოვოროსიისკის და ტუათსეს რაიონებში, უფრო მცირე რაოდენობით კი აფხაზეთის სანაპიროებზე და ბათუმის რაიონში. ერთეული ეგზემპლარები შედიან პალიასტომის ტბაში.

მეორე ჯგუფს ეკუთვნიან ლიპიანები, რომლებშიც ერთიანდება შემდეგი ფორმები:

1. *Caspialosa tanaica*, Grimm. გავრცელებულია აზოვის ზღვაში, ქვირითს ყრის მდ. დონის ქვემო წელში და მდ. ყუბანის დელტის ლიპიანებში. გაზაფხულზე იჭერენ სოხუმის ყურეში, ხოლო ერთეული ეგზემპლარები აღწევენ ბათუმამდე.

2. *Caspialosa tanaica nordmanni*, Antipa. უმთავრესად გავრცელებულია შავი ზღვის დასავლეთ ნახევარში. ქვირითის დასაყრელად შედის დუნაიში, დნებრსა და დნესტრში.

2. *Caspialosa tanaica palaeostomica*, Majorowa. პალიასტომის ლიპიანი, რომელიც პირველად აღწერილი იყო მაიოროვას [11] მიერ როგორც დამოუკიდებელი სახეობა, მაგრამ ნიშანთა დეტალური ანალიზის საფუძველზე იმავე ავტორის მიერ ქვესახეობადაა დადგენილი. იგი გავრცელებულია შავი

ზღვის აღმოსავლეთ ნაწილში, უმთავრესად კი გვხვდება ფოთისა და ანაკლიის რაიონებში. გაზაფხულზე ქვირითის დასაყრელად შედის პალიასტომის ტბაში, მდ. მალთაყვაში, მდ. ხობსა და ციფში. ერთეული ეგზემპლარები გვხვდება ბათუმის მიდამოში.

ამრიგად, კავკასიის სანაპიროებზე მუდმივ მცხოვრებ ფორმას წარმოადგენს მხოლოდ პალიასტომის ლიპიანი. დანარჩენი ფორმებიდან, როგორც არიან, მაგალითად, *Caspialosa pontica eichwaldi* და *Caspialosa tanaica nordmanni*, რომლებიც ქვირითს ჰყრიან შავი ზღვის დასავლეთ ნახევარში შენაკად მდინარეებსა და ლიმანებში, შავი ზღვის კავკასიის სანაპიროებზე შეიძლება შეგვხვდეს მხოლოდ შემთხვევით, ერთეული ეგზემპლარების სახით. ის ფორმები კი, რომლებიც ქვირითს ჰყრიან აზოვის ზღვის ლიმანებსა და მდინარეების შესართავებში და დასახამთრებლად შედიან ზღვაში, ზამთარში და გაზაფხულზე გვხვდებიან კავკასიის, კერძოდ კი, საქართველოს სანაპიროებზე.

საყურადღებოა, რომ სამხრეთ ნაწილში გვხვდება უმთავრესად *Caspialosa pontica, eichwaldi*; ხოლო დანარჩენი ორი ფორმა—*Caspialosa maetica*, Grimm და *Caspialosa tanaica*—იშვიათად და ნაკლები რაოდენობით მოიპოვება.

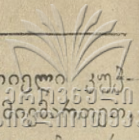
მასალა და მეთოდი

შავი ზღვის ქაშაყის კვების რეჟიმის შესწავლის მიზნით ჩვენ მიერ მასალა შეგროვილი იყო შავი ზღვის—სოხუმის, ფოთის, ბათუმისა და აგრეთვე ნოვოროსიისკის სანაპიროებზე 1939—40 წლებში, ქაშაყის გამოზამთრების პერიოდში. გარდა ამისა, მეტად საინტერესო მასალა მივიღეთ საქართველოს სამეცნიერო თევზ-მეურნეობისა და ბიოლოგიური სადგურის მეცნიერ მუშაკის ნ. ნ. დანილევსკისაგან, რომელმაც ქაშაყი შეაგროვა ზაფხულის პერიოდში (ივნისი და ივლისი) ბათუმისა და სოხუმის რაიონებში.

Caspialosa pontica eichwaldi, Grimm სულ შეგროვილი იყო 2460 ეგზემპლარის რაოდენობით. აქედან, 354 ეგზემპლარის კუჭში აღმოჩნდა საკვები; ზოგ შემთხვევაში კუჭ-ნაწლავში საკვები წარმოდგენილი იყო გადამუშავებული საკვები ნივთიერების ნარჩენების სახით, მაგრამ უმრავლეს შემთხვევაში საკვებად მიღებული ორგანიზმები წარმოდგენილი იყო მთლიანი სახით.

მასალა აღებული იყო როგორც ჭერის აქტიური იარაღებით (კაბლო, ბადე, ანკესი და სხვ.), ისე ჭერის პასიური იარაღებითაც (მაგ., ჩასადგმელი ბადეები). მასალის დიდი უმრავლესობა მოიპოვებული იყო სწორედ ამ უკანასკნელი საშუალებით, რომელიც საერთოდ გამოყენებულია თევზის სარეწაოებაში მასობრივი ჭერის დროს. ამ შემთხვევაში თევზს უხდებოდა ყოფნა ბადეში 8—10 საათის განმავლობაში და შეიძლება მეტი დროც. ასე რომ, ამ ხნის განმავლობაში თევზს არ ჰქონდა საკვების ახალი ულუფის მიღების საშუალება. ჩვენ მიერ აღებული მასალიდან 65—72% აღმოჩნდა უვარგისი, რადგან კუჭში საკვები სრულებით არ მოიპოვებოდა.

ჩვენ ვფიქრობდით, რომ, რადგან ქაშაყი რჩებოდა ბადეში 8—10 საათის განმავლობაში საკვების ახალი ულუფის მიუღებლად, ხდებოდა მიღებული საკვების მთლიანად გადაჟუშავება და, მაშასადამე, გადამუშავებული საკვების შეწოვა



ორგანიზმის მიერ, რასაც მივაწერდით დიდი რაოდენობით ცარიელი კუჭ-
ნაწლავის არსებობას. მაგრამ, ლიტერატურულ წყაროებს რომ ვაღივსებდით
აღმოჩნდა, რომ ქაშაყების კვების რეჟიმის შესასწავლად მნიშვნელობა არა-
აქვს ჭერის იარაღის ამა თუ იმ სახეს და აღნიშნული საკითხის შესწავლისას
არ შეიძლება უარყოფით ჩასადგმელი ბადეებიდან მიღებული მასალა.

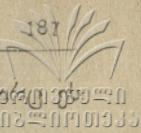
მოსკვინი [14] ამ საკითხის შესახებ შემდეგს ლაპარაკობს: „გაეხვევა რა-
ქაშაყი ბადეში, იგა უფრო სწრაფად კვდება, ვიდრე სხვა რომელიმე თევზი,
და კუჭის შიგთავსი ენახება დიდხანს იმ სახით, რა სახითაც ბადეში მოხვედ-
რამდე ჰქონდა“. ანკესით დაჭერილ მასალაშიც კუჭების საკმარისი რაოდენო-
ბა აგრეთვე ცარიელი აღმოჩნდა. შემდეგ იგივე ავტორი თვლის, რომ ცარიე-
ლი კუჭების მაქსიმალური რაოდენობა *Caspialosa pontica eichwaldi*-სათვის,
განსაკუთრებით ზამთრის პერიოდში, არის ნორმალური ბიოლოგიური მოვლენა.

ის ეგზემპლარები, რომელთა კუჭში საკვები არ აღმოჩნდა, მასალის
რიცხობრივი დამუშავების დროს არ იქნა მხედველობაში მიღებული, რადგან
ჩვენ მიერ დასმული საკითხის გადასაჭრელად ცარიელი კუჭიანი ინდივიდები
დამაკმაყოფილებელ შედეგს ვერ მოგვცემდნენ.

დამუშავების მეთოდის მდგომარეობდა შემდეგში: თითოეულ თევზს
ვწონილით და ვზომავდით, შემდეგ მთლიანად ვაცლიდით საკვების მომწელებ-
ელ ტრაქტს, ვახვევდით მარლაში, ვახდენდით სათანადო ეტიკეტირებას და
ვათავსებდით 5% ფორმალინის ხსნარში. მოპოვებული მასალის ნაწილს აწო-
ნისა და გაზომვის შემდეგ მთლიანად ვინახავდით ფორმალინის ხსნარში.
ლაბორატორიაში ვახდენდით ნაწლავისა და კუჭის შიგთავსის ანალიზს ცალკე-
ცალკე; ხდებოდა მისი აწონა და რკვევა სისტემატიკური თვალსაზრისით, საკვების
ხარისხობრივი შემადგენლობის დასადგენად; დათვლის წესით ვადგენდით საკვე-
ბი კომპონენტების რაოდენობას. მასალის შემდგომი დამუშავება მდგომარე-
ობდა კუჭისა და ნაწლავის საკვებით გავსების ინდექსების დადგენაში, რაც
მდგომარეობს კუჭისა და ნაწლავის შიგთავსის წონის შეფარდებაში თევზის
წონასთან, რომელიც შემდეგ პირობით მრავლდება 1000-ზე გამოანგარიშე-
ბის დროს მთელი რიცხვებით სარგებლობის მიზნით, რაც სრულებით არ
ცვლის ინდექსის დადგენისათვის ზუსტი სურათის მიღებას. შემდეგ, გამოან-
გარიშებული იყო ქაშაყის ნაკვებობის მაჩვენებელი; ყველა ზემოჩამოთვლილი
გამოანგარიშებისათვის მთელი მასალა წინასწარ განაწილებულ იქნა ცალკე-
ულ ასაკობრივ ჯგუფებად, რასაც საფუძვლად დაედო ქაშაყის სიგრძის
შეფარდება ასაკთან; აგრეთვე ვისარგებლეთ ქერცლებითაც, რომლებიც ჩვენ
მიერ აღებული იყო ზოგიერთი ნიმუშისათვის.

Caspialosa pontica eichwaldi, Grimm, მიგრაცია

შმიტი [25] „თევზების მიგრაციაში“ წერს: „შავი ზღვის ქაშაყების მიგრა-
ცია ჯერჯერობით სუსტადაა შესწავლილი და ინტერესს მოკლებულია“, „შემ-
დეგ ის იხილავს კასპიის ზღვის ქაშაყების მიგრაციის საკითხს, რომელსაც დიდი
პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. მართალია, კასპიის ზღვის ქაშაყების სარე-
წაო მნიშვნელობა გაცილებით მეტია, ვიდრე შავი ზღვისა, მაგრამ აზოვ შავი



ზღვის აუზის პირობებში შავი ზღვის ქაშაყს თევზმეურნეობაში, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ზემოთ იყო აღნიშნული, ერთი-ერთი მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია.

როგორც ვთქვით, აზოვ-შავი ზღვის ქაშაყების მიგრაციის შესწავლისადმი მიძღვნილია მალიატსკის [12, 13], პჩელინას [19], ტიხონოვის და სხვათა შრომები; აგრეთვე აღნიშნული საკითხის გარშემო ზოგიერთ მონაცემს ვხვდებით კესლერის [7] და დანილევსკის [4] შრომებშიც.

შავი ზღვის ქაშაყი გამრავლების პერიოდის დამთავრების შემდეგ, შემოდგომაზე, იწყებს სვლას აზოვის ზღვიდან შავი ზღვისაკენ, რაც ძირითადად გამოწვეულია ამ პერიოდისათვის აზოვის ზღვაში ტემპერატურის დაცემით.

მალიატსკი [12] ამ ფაქტორის შესახებ წერს, რომ ქაშაყების მიგრაცია იწყება უფრო ადრე, ვიდრე აზოვის ზღვაში ქაშაყებისათვის შეიქმნებოდეს არახელსაყრელი პირობები, რაც დაკავშირებულია შემოდგომაზე აზოვის ზღვაში ტემპერატურის დაცემასთან, ხოლო არახელსაყრელი პირობების შექმნა მიგრაციაში აბამს ქაშაყების სულ ახალ ჯგუფებს და, მასთანადამე, პროცესი უფრო აქტიური ხდება. ავტორი ასეთ მიგრაციას პირველ ტიპს აკუთვნებს. მიგრაციის მეორე ტიპს ადგილი აქვს თვით შავი ზღვის პირობებში ქაშაყების გადანაცვლების დროს, და, ბოლოს, პირველი ტიპის მიგრაცია ხელახლა იწყება შავი ზღვიდან აზოვის ზღვისაკენ მსვლელობისას, რომლის გამომწვევს ფაქტორებს გამოკვება და ქვირითის დაყრისათვის მზადება წარმოადგენს.

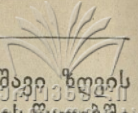
ესიპოვი [5] ქაშაყის მიგრაციაზე ტემპერატურის გავლენის შესახებ აღნიშნავს, რომ ქაშაყისათვის კრიტიკული ტემპერატურა 5°C უდრის. აზოვის ზღვაში ტემპერატურის უფრო ქვევით დაწევის შემთხვევაში ქაშაყი სტოვებს აღნიშნულ ზღვას და მიემართება შავი ზღვისაკენ.

პჩელინას [19] მიხედვით ქაშაყები შავ ზღვაში ორ ჯგუფად იყოფა. ქაშაყების უმთავრესი მასა მოძრაობს შავი ზღვის კავკასიის სანაპიროების გასწვრივ და აღწევს ბათუმამდე, უმცირესი ნაწილი კი მიემართება ყირიმის სანაპიროებისაკენ.

ტიხონოვი [23] აღნიშნავს, რომ ქაშაყების დიდი ინდივიდები ზამთარს ატარებენ შავი ზღვის ჩრდილოეთ რაიონებში, ხშირად ქერჩის სრუტის სამხრეთ ნაწილში, და, როგორც ჩანს, ტუაპსის არა სამხრეთით; ხოლო შედარებით უფრო პატარა ეგზემპლარები მიემართებიან სამხრეთით და აღწევენ სუხუმამდე, იშვიათ შემთხვევაში კი ბათუმამდეც. იმავე ავტორის აზრით, პატარა ეგზემპლარების განაწილება უფრო დაკავშირებულია ხამსის განაწილებასთან, მაშინ როდესაც ქაშაყის დიდრონი ფორმები ზამთარს ატარებენ უმრავლეს შემთხვევაში ხამსიდან სრულიად დამოუკიდებლად.

ეს ფაქტი დასტურდება ჩვენი დაკვირვებებით შავი ზღვის კავკასიის სანაპიროებზე ქაშაყის კვების შესწავლისათვის შეგროვილ მასალაზე.

ჩვენ მიერ შეგროვილ მასალაში ქაშაყის მხოლოდ ერთადერთი ეგზემპლარი აღმოჩნდა, რომლის სიგრძე 33 სანტიმეტრი იყო, ყველა დანარჩენი ეგზემპლარების სიგრძე 23—25 სანტიმეტრს არ აღემატება.



მალიატსკი [12], რომელმაც შეისწავლა ქაშაყების მიგრაცია შავი ზღვის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში, აღნიშნავს, რომ ნოვოროსიისკის წყლებში ქაშაყი თავს იჩენს ნოემბრის ბოლო რიცხვებში და დეკემბრის დასაწყისში. ამისთან ერთად ქაშაყების პირველი ჯგუფები შედგება დიდ ეგზემპლარებისაგან (37 სანტ.-დე), ხოლო დეკემბრის ბოლო რიცხვებში და იანვრის დასაწყისში სვლას იწყებენ უკვე უფრო პატარა ეგზემპლარები (25 სანტ.). იგივე ავტორი განაგრძობს, რომ ქაშაყები გამოდიან ქერჩის სრუტით შავ ზღვაში და, ჩვეულებრივ, შედარებით ღრმა ფენებში მოძრაობენ, რის გამოც ხედებიან შავი ზღვის კავკასიის დინების სფეროში, რაც აპირობადებს ქაშაყების მიგრაციას კავკასიის სანაპიროებზე, და უმთავრესი მასა ზამთარს ატარებს აღნიშნულ რაიონში.

უნდა აღინიშნოს, რომ ქაშაყების ნაწილი ზაფხულობით რჩება შავ ზღვაში და, ბუნებრივია, სადმე ქვირითს ყრის. სამწუხაროდ, ამის შესახებ ჩვენ ცნობები არ მოგვეპოვება.

კესლერი [8] მიუთითებს ქაშაყის ყოფნის შესახებ მდ. რიონის შესართავის წინა სივრცეში; მაგრამ ავტორი არ აღნიშნავს წლის რომელ დროს იყო ნახული და ქაშაყის რომელი სახეობა.

მაიოროვას [11] მიერ აღნიშნულია აგრეთვე, რომ ქაშაყების ერთეული ეგზემპლარები შედიან პალიასტომის ტბაში. ჩვენ მიერ კი 1939 წლის მაისში პალიასტომის ტბაში ლიპიანთან ერთად ქაშაყი მოპოვებული იყო საკმარისი რაოდენობით, სახელდობრ, ლიპიანის საერთო ჭერიდან 5—8%.

ტიხონოვის [23] მიხედვით ქაშაყის მიგრაცია ქერჩის სრუტის გავლით წლის განმავლობაში შემდეგ სურათს გვაძლევს: იანვარი და თებერვალი—ქაშაყების ცალკეული ჯგუფების შესვლა ქერჩის სრუტის სამხრეთ ნაწილში შავი ზღვიდან; მარტი, აპრილი და მაისი—ქაშაყების სვლა აზოვის ზღვაში ქვირითის დასაყრელად; ივნისი, ივლისი და აგვისტო—ქაშაყების ყოფნა სრუტის ჩრდილო ნაწილში ხამსის ყოფნასთან დაკავშირებით; სექტემბერი და ოქტომბერი—ქაშაყების მიგრაცია აზოვის ზღვიდან შავ ზღვაში; მიგრაციის ეს პერიოდი მკიდროდა და დაკავშირებული ხამსის სვლის ხასიათთან.

ამრიგად, ქაშაყების მიგრაცია აზოვის ზღვიდან შავ ზღვაში იწყება სექტემბერ-ოქტომბერში, ხოლო შავი ზღვიდან აზოვის ზღვაში ქაშაყები სვლას იწყებენ მარტში და სვლა გრძელდება მაისამდე.

როგორც ზემოთ დავინახეთ, მიგრაციის ძირითად გამომწვევ მიზეზს ტემპერატურის ცვალებადობა წარმოადგენს, მაგრამ მარტო ტემპერატურის ფაქტორი არ განსაზღვრავს მიგრაციის მთელ ბუნებას; თუ აზოვის ზღვიდან შავ ზღვაში ქაშაყების მიგრაცია ძირითადად აზოვის ზღვაში ტემპერატურის დაცემითაა გამოწვეული, თვით შავ ზღვაში ქაშაყების მიგრაცია უკვე საკვების მოპოვებასთანაა დაკავშირებული. ცნობილია, რომ ქაშაყების მიგრაციის პერიოდში შავი ზღვის კავკასიის სანაპიროებზე იმავე მიმართულებით მოძრაობს ხამსა, რომლითაც ქაშაყები იკვებებიან. ადრე გააზფხულზე ხამსა უკვე აზოვის ზღვისაკენ მიემართება და მას მიყვება ქაშაყიც, მაგრამ ამ დროს ქაშაყის აზოვის ზღვისაკენ სვლა მარტო საკვების მოპოვებით ან ტემპერატურული

რეჟიმის შეცვლით არაა გამოწვეული, არამედ ეს მიგრაცია, როგორც მალიატსკი [12] განმარტავს, არის მიგრაცია ტოფობისათვის, ე. ი. ქვიშაყების დასაყრელად.

ამრიგად, შავი ზღვის ქაშაყების მიგრაციის გამომწვევ მიზეზად უნდა ჩაითვალოს რამდენიმე ფაქტორის ერთობლივი, კომპლექსური მოქმედება, მაგრამ ამა თუ იმ პერიოდში შეიძლება ერთ-ერთი ფაქტორი უფრო მძლავრ გავლენას ახდენდეს, ვიდრე დანარჩენი სხვა ფაქტორები, როგორც, მაგალითად, შავი ზღვიდან ქაშაყების მიგრაციაში აზოვის ზღვის მიმართულებით ძირითადი ფაქტორია არა ტემპერატურა, არამედ ქვირითის დასაყრელად მისწრაფება და ამასთან ერთად საკვები ობიექტის—ხამსისადმი დადევნება.

ქაშაყის საკვების ხარისხობრივი შემაჯავნელობა

როგორც ევროპულ, ისე ამერიკულ ლიტერატურაში ქაშაყის კვების შესახებ გამოთქვამენ აზრს, რომ ქაშაყის საკვების ზოოპლანქტონური ორგანიზმებიდან მხოლოდ Copepoda წარმოადგენს, მაგრამ ავტორების უმრავლესობა: Lebour [30], Hardy [26], Sawage [32, 33], Jespersen [28, 29], Marschall [31], Battle [36] ასკვნის, რომ Copepoda-სთან ერთად ქაშაყის კვებაში მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ აგრეთვე ზოოპლანქტონის ისეთი ფორმები, როგორც არიან, მაგალითად, Euphausiidae, Hyperidae, Oicopleura, Sagitta და, გარდა ამისა, ზოგიერთი თევზის ლიფსიტები და განსაკუთრებით კი Ammodites-ისა. ამავე შრომებით დადგენილია, რომ ქაშაყის საკვების შემაჯავნელობა სხვადასხვაა ქაშაყის ასაკთან დაკავშირებით. ასე, მაგალითად, Lebour-ი [30] პლიმუტის რაიონში სხვადასხვა ასაკის ქაშაყის დიდი რაოდენობით გამოკვლევის შედეგად ასკვნის, რომ ქაშაყის ლიფსიტები კვებას იწყებენ მანამდე, როგორც კი მათ გაუქრებათ მყვითრის პარკი. ამ დროს მათ საკვებს წარმოადგენს ფიტოპლანქტონი, მოლუსკების ლარები, Copepoda-თა კვერცხები და ნაუპლიუსები, უფრო გვიან კი, აღწევს რა სიგრძით 12 mm, ქაშაყი იკვებება იმავე საკვებით, რომელსაც უერთდება უკვე Copepoda-თა მოზრდილი ფორმები. შემდეგ, მეტამორფოზამდე ქაშაყი იკვებება უმთავრესად Copepoda-თი. მეტამორფოზის შემდეგ ქაშაყის საკვებს წარმოადგენს იგივე Copepoda, ზრდასრული Decapoda-თა, Amphipoda-თა მატლები და თევზის ლიფსიტები. Wailles-მა [35] ქაშაყის ლიფსიტის კვების შესახებ მიიღო ისეთივე შედეგი, როგორც Lebour-მა [30], მაგრამ მის მიერ ჩატარებული ცდების შედეგად ის ასკვნის, რომ ქაშაყი ფიტოპლანქტონიდან იკვებება უმთავრესად დიატომეების მრავალი ფორმებით, როგორცაა Coseinodiscus-ი, მაშინ როდესაც ე. წ. ჯაგრისებური ფორმები დიატომეებისა, როგორცაა Chaetoceros-ი, ქაშაყის კუჭში სავსებით არ იყო ნახული. Battle-ს [36] მიხედვით ქაშაყი ამერიკის სანაპიროებზე ზრდასთან ერთად გადადის უფრო მსხვილი ზოოპლანქტონური ორგანიზმებით კვებაზე; შემდეგ ავტორი განაგრძობს, რომ, საერთოდ, საკვები ორგანიზმის სიდიდე დამოკიდებულია თევზის სიდიდეზე, ე. ი. რაც უფრო ასაკოვანი ხდება ქაშაყი, მით უფრო დიდი ორგანიზმებით იკვებება.

Marschal, Nicholls და Orr-მა [31], რომლებიც სწავლობდნენ ქაშაყის ლიფსიტების ზრდას და კვებას ინგლისის სანაპიროებზე, საერთოდ მიიჩნევიან ისეთივე შედეგი, როგორც მიიღო Lebour-მა [30]; ამასთან ერთად იმ ორგანიზმების სიდიდის შესახებ, რომლებითაც ქაშაყი იკვებება, ეს ავტორები მივიდნენ იმავე დასკვნამდე, როგორც მიიღო Battle-მ [36]. Hardy-ს [26] მიერ მიღებული შედეგები ქაშაყის კვების შესახებ ადასტურებს Lebour-ის [30] მონაცემებს ლიფსიტობის და ლიფსიტობის შემდგომი სტადიის ქაშაყის კვების შესახებ, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ Hardy-მ [26] ვერ ნახა ქაშაყის კუჭში მნიშვნელოვანი რაოდენობით Gastropoda-სა და Lamellibranchiata-ს მატლები.

ამრიგად, ლიფსიტობისა და ლიფსიტობის შემდგომი სტადიის ქაშაყის კვების შესახებ სხვადასხვა ავტორები მსგავს დასკვნამდე მიდიან და ლეზულობენ ხაუროთ შედეგს იმის შესახებ, რომ ლიფსიტობისა და ლიფსიტობის შემდგომ სტადიაში (12 cm სიგრძ.) და მეტამორფოზის შემდეგ (140 cm სიგრძ.) ქაშაყი ძირითადად იკვებება Copepoda-თი, რომელსაც შემდეგ მოჰყვება სხვა კიბონაირები, როგორც, მაგალითად, Schisopoda, და ზოგჯერ ზოოპლანქტონური ორგანიზმების სხვა ჯგუფების წარმომადგენლები. რაც შეეხება ასაკოვანი ქაშაყის საკვების შემადგენლობას, მაგალითად, ატლანტიკის ოკეანის ჩრდილო ნაწილის სხვადასხვა რაიონში, სხვადასხვა ავტორის მრავალრიცხოვანი მონაცემები, რომლებიც Hardy-ს [25, 26] მოჰყავს, უჩვენებენ, რომ შოტლანდიის დასავლეთ სანაპიროებზე, ნორვეგიისა და ისლანდიის სანაპიროებზე და ბალტიის ზღვაში ქაშაყის საკვებში ჭარბობს Copepoda, შემდეგ მოდის Euphausiidae და Hyperidae, ზოგჯერ Limacina, Sagitta და სხვ.

ასევე Battle-ს [36] მიხედვით ამერიკის სანაპიროებზე ქაშაყის საკვებში ჭარბობს Copepoda-ებიდან Calanus finmarchicus; მნიშვნელოვან როლს ასრულებს აგრეთვე Euphausiidae ან Meganictiphanes norvegica და სხვ.

Hardy-ს [27] ბოლოდროინდელი გამოკვლევები პლიმუტის რაიონში და ჩრდილოეთის ზღვის ჩრდილო ნაწილში ადასტურებენ, რომ ასაკოვანი ქაშაყის საკვების შემადგენლობა იცვლება წლის განმავლობაში. Hardy-ს მიხედვით გაზაფხულზე (მარტი, აპრილი, მაისი) ჭარბ როლს ასრულებს Ammodites-ის ახალგაზრდა ფორმები, რომლებიც შეადგენენ 74,8%-დან 98,7%-ს; ივნისში ჭარბობს Hyperidae (56%); ივლისში, აგვისტოში და ოქტომბერში 99% შეადგენს Copepoda; სექტემბერში Schisopoda უდრის 73,5%-ს. ზოოპლანქტონის სხვა ფორმები, როგორცაა Sagitta, Oicopleura, Cladocera, Decapoda-ს და Ciripedia-ს მატლები, აგრეთვე თევზების კვერცხები და ლიფსიტები (Ammodites-ის გამოკლებით), როგორცაა Gadus gabius, ასრულებენ უმნიშვნელო როლს.

ჩრდილოეთი ზღვის ჩრდილო ნაწილში ქაშაყის საკვების 43% Copepoda წარმოადგენს, შემდეგ მოდის Oicopleura—32,66%. თევზების ლიფსიტები კი თითქმის არ ასრულებენ არავითარ როლს.

ინგლისის დასავლეთ სანაპიროებზე იმავე ავტორის მიხედვით ქაშაყის საკვებში Copepoda საშუალოდ შეადგენს 48%, Oicopleura—15%, Schisopoda—12,5%, სხვადასხვა თევზების ლიფსიტები კი—12,3%.

თეთრი ზღვის კანდანაკშაყის უბეში Copepoda წარმოადგენს ქაშაყის კვების ობიექტს აპრილიდან ნოემბრამდე, ივლისის გამოკლებით, ამ დროს ქაშაყის საკვებში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს თვით ქაშაყის ლიფსიტები (35%), აგვისტოში ჭარბობს Misidacea (79%).

ონგის უბის ქაშაყის კვებისათვის Copepoda თამაშობს მნიშვნელოვან როლს, მაგრამ აქაც ივნისში ქაშაყის საკვებს თვით ქაშაყის ლიფსიტები შეადგენენ (80%).

დერჟავინი [3] Möbisi-ს მიხედვით აღნიშნავს, რომ კილის უბეში გაზაფხულის პერიოდში ქაშაყის მთავარ საკვებს წარმოადგენს Temora longicornis-იგივე ავტორი Heinke-ს მონაცემების საფუძველზე მიუთითებს, რომ ქაშაყის საკვებში ყველაზე მნიშვნელოვანია Copepoda, Misidacea, Daphnidae და ა. შ. მაგრამ როდესაც უახლოვდებიან ქაშაყები ნაპირებს ქვირითის დასაყრელად, მათ საკვებში გვხვდება ისეთი ლიტორალური ფორმები, როგორიცაა Gammarus locusta, ჭიებიდან Nereis, Ammodites-ის ლიფსიტები და სხვა პატარა თევზები. ხშირ შემთხვევაში ნაპირი იყო აგრეთვე ქაშაყის კუჭში პატარა Mytilus-ები, რომლებიც ცხოვრობენ ზღვის ფსკერის მცენარეულობაზე და, მაშასადამე, ქაშაყი საკვების მოსაპოვებლად ხშირად ეშვება ზღვის ფსკერზე.

იმავე ავტორის ცნობით (Dunn-ის მონაცემების საფუძველზე), ქაშაყი ატლანტიკის ოკეანის დასავლეთ სანაპიროებზე იკვებება ისეთი წყალმცენარეების სპორებით, როგორიცაა Melanospermae.

კასპიის ზღვის ქაშაყი — Caspialosa kessleri, Grimm, დერჟავინის მიხედვით იკვებება, როგორც ცხოველური, ისე მცენარეული საკვებით. ცხოველური საკვებიდან გვხვდება: Coelenterata, Philopoda, Copepoda, Misidacea, Cumacea, Amphipoda, Acartia, Insecta (ეს უკანასკნელი შემთხვევით საკვებ ობიექტს წარმოადგენს) და თევზების ლიფსიტები; იგი ასკვნის, რომ 428 ეგზემპლარიდან კუჭში ცხოველური და მცენარეული საკვების ნარჩენებით აღმოჩნდა 143 ეგზემპლარი. მხოლოდ ცხოველური საკვებით — 125 ეგზემპლარი, მცენარეული საკვებით — 18 ეგზემპლარი.

იგივე ავტორი აღპარაკობს, რომ ქაშაყი ზღვაში იზრდება კასპიის ზღვის Copepoda-ს ხაოჯზე. ხოლო ზრდასთან ერთად გადადის უფრო დიდი ფორმებით კვებაზე, როგორიცაა Misidacea და Gammaridae.

ბოლოს, დერჟავინი [3] მიუთითებს, რომ ლიბიანის საკვებში ჭარბობს პლანქტონური კიბონაირები, ქაშაყის საკვებში კი — სხვადასხვა თევზის ლიფსიტები. ამასთან ერთად ლიბიანი იკვებება Copepoda-ს წარმომადგენლებიდან პატარა ფორმებით, ქაშაყი კი — კიბონაირების უფრო დიდი წარმომადგენლებით — Malacostraca-დან და სხვ.

ოკუელი [18] აზოვის ზღვის პლანქტონით მკვებავი თევზების შესახებ აღნიშნავს, რომ Copepoda წარმოადგენს ყველა პლანქტონით მკვებავი თევზების ძირითად საკვებ ობიექტს ქაშაყის გამოკლებით, რომელიც იმყოფება აზოვის ზღვაში. იმავე ავტორის მონაცემების მიხედვით ზრდადასრულებული ქაშაყი აზოვის ზღვაში აპრილიდან უმთავრესად იკვებება თევზების ლიფსიტებით, რომლებიც საშუალოდ შეადგენენ 47%, მეორე ადგილი უჭირავს Mysida-ს

(საშუალოდ 31), შემდეგ მოდის Polichaeta-ის მოზრდილი ფორმები (13%), Copepoda კი მხოლოდ 46% შეადგენს. არაასაკოვანი ქაშაყის საკვებშიც კი Copepoda წარმოდგენილია 13,5%-ით, თევზები კი 18% უდრის. უმთავრესად ქაშაყის მოზრდილი ფორმების საკვებში, რომლებიც ზაფხულსა და შემოდგომას ტაეანროგის უბეში ატარებენ, Copepoda საშუალოდ შეადგენს 53%-ს, თევზების ლიფსიტები კი—8,3%-ს.

როგორც ლიტერატურული მიმოხილვიდან ჩანს, სხვადასხვა დროს და სხვადასხვა რაიონში ქაშაყების უმრავლესობისათვის ძირითად საკვებს წარმოადგენს პლანქტონური კიბონაირები და მათ შორის უმთავრესად Copepoda, რომელიც შეადგენს პლანქტონის ძირითად მასას ზღვებსა და ოკეანეების უმრავლესობაში.

პლანქტონური ორგანიზმებით კვებასთან დაკავშირებით, საერთოდ, პლანქტონით მკვებავ თევზებს, და მათ შორის ქაშაყებსაც, ახასიათებს სალაცუჟი აპარატის სათანადოდ მოგვარება, რომელიც ასრულებს ერთგვარი ფილტრის როლს საკვები ორგანიზმების გაფილტვრისათვის, როგორც ამის შესახებ მიუთითებს მოსკვინი [14] და აგრეთვე სპეციალური გამოკვლევებით დაადასტურეს Zander-მა [37] და Steuer-მა [38], ამიტომ სავსებით გასაგებია, რომ ძირითადად პლანქტონით მკვებავ ლიბიანებში სალაცუჟი რკალებზე ფხაჭების რაოდენობა 70—82 უდრის, ხოლო ქაშაყებში 31-დან—55-მდე ცვალებადობს, ვინაიდან ეს უკანასკნელნი, როგორც ვიცით, უმთავრესად სხვადასხვა თევზის ლიფსიტებით იკვებებიან.

ზემომოყვანილი მონაცემები რომ შევადაროთ ერთმანეთს, ქაშაყის სხვადასხვა სახეობისა და რასის კვების შესახებ ატლანტიკის ოკეანის ჩრდილო ნაწილში, ევროპისა და ამერიკის წყნარი ოკეანის სანაპიროებზე, თეთრი ზღვის უბეებში, ჩვენ მივიღებთ სურათს, რომლიდანაც ნათლად ჩანს, რომ ძირითად საკვებს არამარტო არაასაკოვანი, არამედ ასაკოვანი ქაშაყისათვის წარმოადგენს პლანქტონური კიბონაირები და უმთავრესად კი Copepoda, ზოგ შემთხვევაში კი Schisopoda და Amphipoda, ზოგჯერ, როგორც, მაგალითად, ჩრდილოეთი ზღვის ჩრდილო ნაწილში, ქაშაყი იკვებება აგრეთვე Oicopleura-თი; ხოლო თევზების ლიფსიტებით ქაშაყი იკვებება, როგორც ამას აღნიშნავენ Sawage [33] და Hardy [26], მხოლოდ წლის ამა თუ იმ პერიოდში და მათ გადამწყვეტი მნიშვნელობა არ ენიჭება, როგორც Copepoda-ს. Hardy-ს [26] მონაცემების თანახმად, ჩრდილოეთის ზღვის სამხრეთ ნაწილში და ინგლისის სანაპიროებზე Ammodites-ის ლიფსიტები ქაშაყის საკვებს საშუალოდ შეადგენს 41,7%, პლანქტონური კიბონაირები—45%.

ყველა ზემოჩამოთვლილისა და, კერძოდ კი, ოკულის [18] მონაცემების საფუძველზე, აზოვის ზღვის ქაშაყის კვების შესახებ თვით აზოვის ზღვაში, საინტერესოა განვიხილოთ ამ თევზის კვების ხასიათი შავ ზღვაში მისი გამოზამთრების პერიოდში.


Caspialosa pontica eichwaldi, Grimm. კვება შავ ზღვაში

როგორც უკვე ზემოთ აღნიშნეთ, შავი ზღვის ქაშაყების კვების შესწავლასთან დაკავშირებით ლიტერატურული მონაცემები ძლიერ მცირეა. მოიპოვება მხოლოდ მოსკოვის [14] შრომა ქაშაყების შესწავლის შესახებ შავი ზღვის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში, აგრეთვე ოკულის [18] ნაშრომი აზოვის ზღვის პლანქტონით მკვებაზე თევზების კვების საკითხის შესწავლასთან დაკავშირებით, რომელშიც შედის აგრეთვე ქაშაყიც, და ზოგიერთ მონაცემს ამავე საკითხის ირგვლივ ვხვდებით ტიხონოვის [22] შრომაში.

მოსკოვის [14] გამოკვლევების შედეგად *Caspialosa pontica*-ს კუჭში აღმოჩენილი იყო ცხოველური საკვებიდან თევზები 73,3%, უმადლესი კიბონაირები — 9,5% და არასაკვები ნივთიერება — 17,2% (თევზების ქერცლები, მცენარეული ნარჩენები).

იგივე ავტორი აღნიშნავს, რომ შავი ზღვის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში ქაშაყის საკვების მთავარ შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენს ხამსა; მისი არყოფნის შემთხვევაში ქაშაყი იკვებება პელაგური თევზების ჯგუფიდან, როგორცაა, მაგალითად, *Spartela spratus*, *Harengula delicatula*, *Atherina pontica* და სხვ.

როგორც ზემომოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, *Caspialosa pontica*-ს საკვებში პლანქტონურ კიბონაირებს მეორეხარისხოვანი მნიშვნელობა აქვს, ამიტომ ასეთი საკვებით მაქსიმალურად გავსებული კუჭი ავტორის მიერ სრულიად არ იყო ნახული.

ქაშაყის ხამსით კვების შესახებ მიუთითებს აგრეთვე პუზანოვი [20], რომელიც შემდეგს წერს: „ხამსა წარმოადგენს ერთ-ერთ ჩვეულებრივ საკვებს აზოვის ზღვის ყველა მტაცებელისათვის, რომელთაც კი შეუძლიათ ის გადაყლაპონ. შედის და გამოდის რა ქერჩის სრუტით თითქმის ერთსა და იმავე დროს ქაშაყთან ერთად, აზოვის ხამსა შთაინთქება ქაშაყის მიერ დიდი რაოდენობით“. ქაშაყის ხამსით კვების შესახებ აღნიშნავენ აგრეთვე თავიანთ შრომებში არნოლდი [1] და გრიმი [2].

ქაშაყის ხამსით კვებაზე მიუთითებს ტიხონოვიც [22], რომელიც წერს: „ავგისტოში ქაშაყი იწყებს კონცენტრაციას აზოვის ზღვის სამხრეთ და ჩრდილოეთ ნაწილში, სადაც ნახულობს მისთვის სასურველ საკვებს ერთწლიანი ხამსის სახით, ამიტომ ამ რაიონებში მოპოებული ქაშაყის კუჭში ხშირად ვხვდებით ხამსის შედარებით დიდ რაოდენობას“.

სექტემბრის დასაწყისში ქაშაყი იწყებს მიგრაციას ჯერ ქერჩის სრუტის სამხრეთ ნაწილში, აქედან შავ ზღვაში და ამ დროს უკან მისდევს იმავე მიმართულებით მიგრირებულ ხამსას და გამალბით იკვებება ამით. ამრიგად, ქაშაყის მიგრაციის ეს პერიოდი მჭიდროდაა დაკავშირებული მის კვებასთან.

ყველა ზემოჩამოთვლილ და, კერძოდ, ოკულის [18] მონაცემების საფუძველზე აზოვის ზღვის ქაშაყის კვების შესახებ განსაკუთრებულ ინტერესს წარმოადგენს ამ თევზის კვების ხასიათი შავ ზღვაში, სადაც ის დასახამირებლად შემოდის აზოვის ზღვიდან.

როგორც ზემოთ დავინახეთ, შავი ზღვის კავკასიის სანაპიროებზე ზამთარს ატარებს *Caspialosa pontica eichwaldi*, Grimm, ხოლო ერთგვარად ეგზემპლარების სახით შეიძლება შეგვხვდეს *Caspialosa pontica*, Eichwald და *Caspialosa pontica*, Grimm.

ჩვენ მიერ შეგროვილი მასალის მთელი 100% წარმოდგენილია *Caspialosa pontica eichwaldi*, Grimm, ე. ი. შავი ზღვის ქაშაყის ქვესახეობით.

როგორც აღვნიშნეთ, ჩვენ მიერ მასალის დიდი უმრავლესობა მოპოვებული იყო ე. წ. ჩასადგმელი ბადეების საშუალებით, რომელიც, საერთოდ, მასობრივად გამოიყენება თევზის სარეწაობებში და, კერძოდ, ქაშაყის ჭერის დროს; ნაწილი მასალისა კი ავიღეთ თევზის ჭერის აქტიური იარაღებით, როგორცაა კაბდო, ბადე, ანკესი და სხვ.

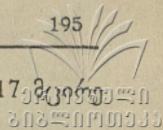
ჩვენი დაკვირვების მიხედვით მოსკვისის [14] მიერ მიღებული შედეგები ძირითადად დასტურდება, მაგრამ არ შეიძლება სავსებით უარყოთ ის გარემოება, რომ ჩასადგმელი ბადეებიდან მასალის აღება 8—10 საათის შემდეგ გავლენას არ ახდენს ქაშაყის ცარიელი კუჭების ისეთ დიდ რაოდენობაზე, რასაც ჩვეულებრივ ყოველთვის ვხვდებით. მით უმეტეს, აღსანიშნავია ისიც, რომ ჩვენ მიერ სოხუმში ანკესით დაჭერილი ქაშაყების საერთო რაოდენობიდან, განსაკუთრებით კი დილის საათებში, 45—50%-ის კუჭი გავსებული იყო ხამსით, 20%-ის ნაწლავში აღმოჩნდა გადამუშავებული საკვები ნივთიერების ნარჩენები, 30—35%-ის კუჭში სრულიად არ აღმოჩნდა საკვები.

ჩვენ მიერ აღებულ ყველა მასალაში, დაჭერის დროისა და ადგილის მიუხედავად, აღმოჩნდა, რომ ქაშაყი ორი წლის ასაკისა და მის ზევით იკვებება მხოლოდ ხამსით. არც ერთი მოპოვებული ეგზემპლარის კუჭში არ ყოფილა წარმოდგენილი, საერთოდ, პლანქტონური ორგანიზმები და განსაკუთრებით კი Copepoda, რომელიც წარმოადგენს უმთავრესად ქაშაყის ძირითად საკვებ ობიექტს სხვა ზღვებში, ნაწილობრივ კი იმავე შავი ზღვის ქაშაყის უმთავრეს საკვებს მისი აზოვის ზღვაში ყოფნის დროს.

სხვადასვა ასაკის ქაშაყის მიერ შეჭმული ხამსა უმთავრესად აღმოჩნდა მცირე ზომის, სახელდობრ, 35 მილ-დან 60 მილიმეტრამდე, უმრავლეს შემთხვევაში კუჭში შეგვხვდა 2—3 ეგზემპლარი ხამსა, მაგრამ უფრო იშვიათად— 8—10 ეგზემპლარი. ქაშაყების იმავე ეგზემპლარების ნაწლავებში მოიპოვებოდა მონელებული ხამსის ნარჩენები, თვალეები და ოტოლიტები.

შავი ზღვის ქაშაყი (*Caspialosa pontica eichwaldi*, Grimm) ეკუთვნის მტაცებელ თევზთა რიცხვს. ცნობილია, რომ მტაცებლებს დიდი გაუმადლობა ახასიათებთ. როგორც აღვნიშნეთ, ჩვენს ნიმუშშიც, თუმცა მცირე რაოდენობით, მაგრამ მაინც შეგვხვდით ქაშაყების ისეთ ეგზემპლარებს, რომელთაც კუჭში 12 ეგზემპლარი ხამსა აღმოაჩნდა.

მსგავს მაგალითებს ვხვდებით ლიტერატურაშიც. დერჟავინი [3], ვარახოვსკის მიხედვით, კასპიის ზღვის ქაშაყის შესახებ აღნიშნავს, რომ ერთი ეგზემპლარი ქაშაყის კუჭში ნახული იყო 20 ეგზემპლარი პატარა თევზი და, გარდა ამისა, პლანქტონური კიბონაირების ნარჩენები.



პჩელინამ [19] *Caspialosa pontica*-ს ერთი ეგზემპლარის კუჭში 17 მკერდული ზომის ხამსა იპოვა.

ამრიგად, როგორც ლიტერატურიდან ჩანს და ჩვენმა დაკვირვებებმა გვიჩვენეს, შავი ზღვის ქაშაყები ეკუთვნიან მტაცებელ თევზთა რიცხვს.

ყველა მასალა განაწილებული იყო ასაკობრივ ჯგუფებად. დაჯგუფებას, საფუძვლად დაედო ქაშაყის საერთო შეფარდება ასაკთან, რის შედეგადაც მივიღეთ შემდეგი ასაკობრივი ჯგუფები:

- 10 სმ — 13 სანტ.—ორწლიანები
- 13 " — 17 " — სამწლიანები
- 17 " — 19 " — ოთხწლიანები
- 19 სმ-ზე ზევით — ოთხ წელზე მეტი ასაკისა.

როგორც დავინახეთ, *Caspialosa pontica eichwaldi*, Grimm-ისათვის ძირითად საკვებს წარმოადგენს ხამსა, რომელიც ქაშაყთან ერთად ზამთარს ატარებს შავი ზღვის კავკასიის სანაპიროებზე.

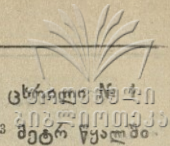
შავ ზღვაში მოზამთრე ქაშაყის განსაკუთრებით ხამსით კვება დასტურდება აგრეთვე ბათუმის თევზმეურნეობისა და ბიოლოგიის სადგურის მიერ. პროფ. ვ. ნიკიტინის [17] ცნობით, 1933 წლის მარტსა, აპრილსა და მაისში განხილულ 353 ეგზემპლარ ქაშაყიდან ყველას კუჭში ნახული იყო მხოლოდ და მხოლოდ ხამსა ერთიდან თორმეტ ეგზემპლარამდე.

შემომოყვანილი ლიტერატურული მონაცემების მიმოხილვიდან ნათლად ჩანს, რომ ქაშაყების საკვებს სხვადასხვა რაიონში უმთავრესად წარმოადგენს პლანქტონური კიბონაირები და ძირითადად Copepoda, ზოგჯერ კი ზოოპლანქტონის სხვა ორგანიზმები; მხოლოდ ინგლისის ჩრდილო-აღმოსავლეთ სანაპიროებზე, ჩრდილოეთ ზღვაში, და ისიც მხოლოდ გაზაფხულის პერიოდში, ქაშაყი იკვებება უმთავრესად თევზების ლიფსიტებით, სხვა რაიონებში და წლის სხვა დროს ქაშაყის საკვებში თევზებს თითქმის არავითარი მნიშვნელობა არა აქვს.

შავ ზღვაში მოზამთრე ქაშაყის კვება მხოლოდ ხამსით და არა ზოოპლანქტონური ორგანიზმებით, მით უმეტეს Copepoda-თი, დადგენილია ჩვენი გამოკვლევების საფუძველზე, მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ შავი ზღვის პლანქტონის ძირითად მასას სხვა ორგანიზმების თანაბრწილობასთან ერთად Copepoda წარმოადგენს, რომელიც სხვა ზღვების ქაშაყებისათვის ძირითად საკვებ ობიექტს შეადგენს.

მართალია, პლანქტონის რაოდენობა შავ ზღვაში ზამთრის პერიოდში მნიშვნელოვნად შემცირებულია, მაგრამ იგი მაინც საკმარისი რაოდენობით მოიპოვება და შეიძლება გამოყენებულ იქნეს საკვებად პლანქტონით მკვებავი თევზისათვის, მაგრამ მას ქაშაყი სრულიად არ იყენებს საკვებ ობიექტად და ჩვენ მიერ დამუშავებულ მასალაში, ზამთრის პერიოდში, ქაშაყის საკვების მომწოდებელ ტრაქტში იგი არ შეგვხვედრია.

ნიკიტინის [16] მონაცემის მიხედვით შავ ზღვაში პლანქტონის საერთო ბიომასის წლიური ცვალებადობა და პლანქტონური ორგანიზმების რაოდენობა ხასიათდება შემდეგი ცხრილებით (იხ. ცხრილი № 1 და № 2).



ბათუმის ყურის პლანქტონის ბიომასის ნედლი წონის საშუალო რაოდენობა 1³ მეტრ წყალში

თვეები	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
ბიო- მასა	385	124	1025	206	1305	157	3605	1915	159	163	180	90

ცხრილი № 2

ზოოპლანქტონური ორგანიზმების რაოდენობა 1³ მეტრ წყალში (ბათუმის ყურე)

თვეები	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
ზოოპლ.	3522	5286	3935	7165	1914	4378	9906	7526	3345	5530	5272	1358
სხვა ორგ.	1660	752	1285	4110	4394	5553	6470	4811	3595	3531	5018	958
სულ ზოოპლ.	1582	?	5220	51275	6308	9931	16376	12337	6940	8861	10290	2316

მოყვანილი ცხრილებიდან ჩანს, რომ როგორც საერთოდ ბიომასა, ისე აგრეთვე ზოოპლანქტონური ორგანიზმების რაოდენობა წარმოდგენილი არ არის დიდი სიდიდეებით, აზოვის, კასპიის და ჩრდილოეთის ზღვებთან შედარებით, განსაკუთრებით ზამთრის თვეებში; რაც შეეხება ხამსას, ის სწორედ ზამთრის პერიოდში თავს იყრის შავი ზღვის კავკასიის სანაპიროებზე, განსაკუთრებით ერთ წელზე უფრო ნაკლები და ერთწლიანიები, ე. ი. შედარებით უფრო პატარა ეგზემპლარები.

ამ ორი პირობით უნდა აიხსნას ის მდგომარეობა, რომ შავ ზღვაში მოზამთრე ქაშაყი მისი ჩვეული საკვებიდან — ზოოპლანქტონიდან გადადის მთლიანად ხამსით კვებაზე. თევზით კვებაზე ქაშაყის ასე მთლიანად გადასვლა დამახასიათებელი უნდა იყოს, როგორც ჩანს, აზოვ-შავი ზღვის აუზის ქაშაყებისათვის, ვინაიდან მათ აქვთ თევზით კვების მიდრეკილება, როგორც ეს გამომდინარეობს ოკულის [18] მონაცემებიდან; ეს ავტორი აღნიშნავს, რომ ქაშაყი, რომელიც ზაფხულის პერიოდში აზოვის ზღვაში იმყოფება, პლანქტონური ორგანიზმების დიდი რაოდენობით თანაპოვნიერების მიუხედავად, უფრო მეტად იკვებება თევზების ლიფსიტებით, რომელთა წონა 47%⁰ შეადგენს.

განსაკუთრებით ინტერესს წარმოადგენს ის მასალა, რომელიც ჩვენ მივიღეთ ბათუმის თევზმურნეობის და ბიოლოგიური სადგურის მეცნ. მუშაკის ნ. დანილევსკისაგან. ეს მასალა აღებულია ბათუმის, ფოთისა და სუხუმის რაიონებში ივნისსა და ივლისში ტრალით. აქ პირველ ყოვლისა საინტერესოა თვით ფაქტი, რომ ზაფხულის პერიოდში აღნიშნულ რაიონებში ნახული იყო ქაშაყი, რაც გვაფიქრებინებს, რომ ნაწილი ქაშაყისა არ ახდენს მიგრაციას შავი ზღვიდან აზოვის ზღვაში და რჩება შავ ზღვაში ზაფხულის განმავლობაში, ვინაიდან უკანასკნელად ქაშაყის ქერა ნოვოროსიისკის ყურეში მალიატსკის [12] მონაცემების მიხედვით ივნისის ბოლოს ხდება.

იენის-იელისში დაქერილი ქაშაყები ეკუთვნიან ორწლიანსა და სამწლიანსა ნებს, ე. ი. სქესობრივად მომწიფებულ ფორმებს, მაგრამ მათ მიერ შავ ზღვაში ქვირითის დაყრის შესახებ, როგორც უკვე ნათქვამი იყო, ცნობები არ მოგვეპოვება.

დანილევსკის მიერ აღებული მასალა შეიცავდა სულ 76 ეგზემპლარ ქაშაყს. კუჭნაწლავის ტრაქტის ანალიზის შედეგად აღმოჩნდა, რომ 33 ეგზემპლარის კუჭი სრულიად ცარიელი იყო, ხოლო დანარჩენი 33 ეგზემპლარის კუჭში არსებული საკვების მთელი 100% წარმოდგენილი იყო *Sagitta*-თი. (*Sagitta*-ს ეს ფორმა მიეკუთვნება *Sagitta eukina* Moltchanoff).

როგორც ცნობილია, შავი ზღვის *Sagitta*-ს ეს დიდი ფორმა ზაფხულობით შავ ზღვაში 25 მეტრ სიღრმის ქვემოთ იმყოფება; იენისსა და იელისში ტრალით ქერა ჩატარებული იყო 25—35 მეტრის სიღრმეზე.

იმავე წლის იელისში ახალი ათონის მახლობლად ტრალით დაქერილი იყო 6 ეგზემპლარი ქაშაყი; აქედან ორი ეგზემპლარის კუჭი ცარიელი იყო ორის კუჭში ხამსა აღმოჩნდა და ორში კი იგივე *Sagitta*.

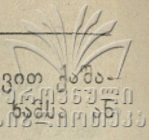
ზემომოყვანილი მონაცემები ადასტურებენ, რომ, თუ შავ ზღვაში მოზამთრე ქაშაყი შემოდგომასა და ზამთრის პერიოდში და აგრეთვე ვაზაფხულზე მხოლოდ და მხოლოდ ხამსით იკვებება, ზაფხულში ზოოპლანქტონით კვებაზე გადადის.

ქაშაყის გადასვლა ასეთ შერეული ხასიათის კვებაზე პირობადებული უნდა იყოს იმით, რომ ზაფხულის პერიოდში შავ ზღვაში ხამსა არ გვხვდება ისეთი ჯგუფების სახით, როგორსაც, ჩვეულებრივ, ზამთარში ვხვდებით, არამედ მოიპოვება გაფანტულად, განსაკუთრებით ის ინდივიდები, რომლებსაც ასაკის მიხედვით ქვირითის დაყრა არ დაუწყიათ, ანდა ისეთები, რომლებმაც ქვირითი უკვე დაყარეს.

ამრიგად, ზაფხულის პერიოდში შავ ზღვაში ხამსით კვებისათვის იქმნება არახელსაყრელი პირობები, რის გამოც იგი ნაწილობრივ მაინც გადადის პლანქტონით კვებაზე.

აღნიშნულ შემთხვევაში ქაშაყის კვება მხოლოდ *Sagitta*-თი და არა სხვა ზოოპლანქტონური ორგანიზმებით შეიძლება დაკავშირებული იყოს ზაფხულის პერიოდში *Sagitta*-ს შემთხვევითს დაჯგუფებასთან ქაშაყის კვების რაიონში. ამასთან, იშვიათად გამონაკლის შემთხვევაში ქაშაყის კუჭში მაინც იყო აღმოჩენილი ზოოპლანქტონური ორგანიზმების ზოგიერთი წარმომადგენლის, განსაკუთრებით კი *Copepoda*-ს მონელების ნარჩენები.

ზაფხულის პერიოდში ქაშაყის დარჩენის შესახებ შავ ზღვაში მიუთითებს აგრეთვე მოსკვინი [14], რომელიც აღნიშნავს, რომ იენისსა და იელისში ნოვოროსიისკის რაიონში ხამსის არყოფნის დროს ქაშაყი, რომელიც არამნიშვნელოვანი რაოდენობით დარჩა შავ ზღვაში, ე. ი. არ მოახდინა მიგრაცია აზოვის ზღვაში იკვებება უმთავრესად უმალლესი კიბონაირებით. მაგალითად, სუჯუნის რაიონში დაქერილ 8 ეგზემპლარ ქაშაყის კუჭში აღმოჩენილი იყო ფსკერზე მცხოვრებ კიბონაირების ლიტორალური ფორმები, როგორიცაა *Gammarus* sp. და *Idotea baltica*.



ზემომოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ ჩვენი მასალის მიხედვით ქაშა-
ყის კუჭში ერთგვაროვანი საკვები იყო აღმოჩენილი, მაგალითად, *Sagitta*, აქედან სიხშირის მიხედვით ქარბობს ხამსა.

მოსკვირის [14] გამოკვლევის შედეგად, საერთოდ ქაშაყის საკვებში თევ-
ზებიდან პირველი ადგილი ხამსას უჭირავს. ასე, მაგალითად, თუ საკვებში
თევზების საერთო სიხშირე 731 უდრის, აქედან ხამსის სიხშირე 690-ია, ხოლო
სხვა დანარჩენი თევზებისა—41 არ აღემატება. საერთოდ გამოკვლეულ ყველა
ეგზემპლარის მიმართ ხამსა 12,02%-ს უდრის, სხვა თევზები კი მხოლოდ
0, 67%-ს შეადგენს; შესაბამისად, კიბონაირების სიხშირე 96 უდრის, ე. ი.
ყველა გამოკვლეულ მასალის მიმართ 1,67%-ს. თუმცა შედარებით უფრო
ნაკლები ხარისხით, ვიდრე ჩვენი მასალის შემთხვევაში, მაგრამ აქაც საქმე
გვაქვს ქაშაყის საკვების ერთგვაროვნებასთან.

ერთ-ერთ მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს იმის გამორკვევა, არჩევს
თუ არა ქაშაყი საკვებს, ე. ი. იკვებება თუ არა იგი აქტიურად, ცალკეული
ორგანიზმების ამორჩევით, თუ კვება ხდება პასიურად, ე. ი. საკვებად ღებუ-
ლობს ყველაფერ მას, რაც წინ ხვდება.

აღნიშნული საკითხის ირგვლივ ლიტერატურაში სხვადასხვა მოსაზრებაა
გამოთქმული.

Wailes-ი [35] არაასაკოვანი ქაშაყის კვების შესწავლასთან დაკავშირებით
აღნიშნავს, რომ ქაშაყების კუჭში ქარბად იყო წარმოდგენილი მრგვალი *Dia-*
tomea-ები, როგორცაა *Coscinodiscus*-ი, მაგრამ იმავე წყალმცენარეებიდან
Chactocerus-ი, რომელსაც ნემსისებრი დანამატები ახასიათებს, ქაშაყის კუჭ-
ში სრულიად არ იყო აღმოჩენილი, მიუხედავად იმისა, რომ ორივე სახეობა
პლანქტონში თანაბრად დიდი რაოდენობით მოაპოვებოდა.

იმავე ავტორის მიხედვით ასაკოვან ქაშაყებში შეიძლება ვნახოთ იმის
მაგალითი, თუ ზოგიერთი ინდივიდები კვების დროს როგორ აძლევენ უპირა-
ტესობას საკვები ობიექტის განსაზღვრულ ტიპს. ასე, მაგალითად, იმ ნიმუშში,
რომელიც შეიცავდა 13 ეგზემპლარ ქაშაყს, 12 ეგზემპლარის კუჭში აღმოჩნდა
მხოლოდ *Euphausia pacifica*, მაშინ, როდესაც მეცამეტე ეგზემპლარში ქაშა-
ყის საკვების მთელი 100% წარმოდგენილი იყო *Cyphocarii chalengeri*-ით.

მართალია, ქაშაყები, საერთოდ, უპირატესობას აძლევენ საკვები ობი-
ექტის ამა თუ იმ ტიპს, მაგრამ ძნელია იმის თქმა, როგორც ეს Wailes-ს [35]
აქვს მოცემული, რომ ერთი და იგივე სახეობის ქაშაყის სხვადასხვა ინდივიდები
სულ სხვადასხვა სახეობის საკვებ კომპონენტებს არჩევენ კვების დროს.

ჩვენი აზრით, Wailes--ის მიერ მოყვანილი მაგალითის მიხედვით, იმავე
მდგომარეობას ჰქონდა ადგილი, როგორც აღვნიშნეთ იენის-იელისში ქაშაყის
Sagitta-თი კვების დროს შავ ზღვაში, ე. ი. ადგილი ჰქონდა ავტორის მიერ
ქაშაყის კუჭში ნახული საკვები ობიექტების დაჯგუფებას იმ მომენტში და-
იმ რაიონში, რომელშიც ქაშაყი კვების დროს იმყოფებოდა.

Battle-ს [36] მოჰყავს Moor-ის მიერ მიღებული შედეგები ქაშაყის საკვები
კომპონენტების ამორჩევის შესახებ, სადაც ნათქვამია, რომ ქაშაყი *Euphausia*-
sia-თი კვების დროს არჩევს ერთეულ ეგზემპლარებს, ხოლო როდესაც Cope-

podia-თი იკვებება, მაშინ ერთეულ ეგზემპლარებს ყურადღებას არ აქცევენ. ცუარგს რა ვაღებულ პირით, ყლაპავს Copepoda-ს მთელ მასას.

იმავე ავტორს მოჰყავს Bigelow-ის მიერ დაკვირვება ქაშაყის კვების შესახებ. ავტორს ქაშაყები მოთავსებული ჰყავდა რეზერვუარში; მან შეამჩნია, რომ ქაშაყები ყოველთვის საკვებ ორგანიზმებს არჩევენ ერთეული ეგზემპლარების სახით, ე. ი. არ იკვებებიან პასიურად.

Sawage [34] ამ საკითხის შესახებ შემდეგს ლაპარაკობს: „ქაშაყის მიერ საკვების ამორჩევას მაშინ აქვს ადგილი, როდესაც საკვები ორგანიზმების სიდიდე და სიჭარბე საკვების ამორჩევას ქმნის მიზანშეწონილად“. იგი განაგრძობს, რომ ზოგჯერ შეიძლება ადგილი ჰქონდეს საკვების მასობრივ ამორჩევას, როდესაც ქაშაყი იკვებება პლანქტონის მასით და არ არჩევს ცალკე ეგზემპლარებს; იმავე ავტორის გამოკვლევებით პლანქტონის ზოგიერთი სახეობა, როგორცაა Diatomea, Coelenterata და სხვ., წარმოადგენს ქაშაყისათვის არა სასურველ საკვებს, რასაც ქაშაყი გაურბის. პირიქით, ისეთი ორგანიზმები, როგორც არიან Calanus, Temora, Oicopleura, Sagitta და სხვ., რომლებიც ქაშაყისათვის ძირითად საკვებ ობიექტს წარმოადგენენ და პლანქტონში მაქსიმუმი რაოდენობით მოიპოვებოდა, ქაშაყის კუჭშიც მაქსიმალური რაოდენობით იყო ფიქსირებული.

ბოლოს Sawage [32] Hardy-ს მიხედვით აღნიშნავს, რომ ქაშაყის კუჭში შედარებით მცირე რაოდენობით იყო ნახული უფრო პატარა კიბონაირები, როგორცაა Pseudocalanus და Paracalanus, რომლებიც პლანქტონში დიდი რაოდენობით მოიპოვებოდა, მაგრამ გაცილებით უფრო მეტი რაოდენობით მოიპოვებოდა ქაშაყის კუჭში Copepoda-ს უფრო დიდი ფორმები—Calanus და Temora, რომლებიც პლანქტონში აგრეთვე საკმარისი რაოდენობით იყო აღნიშნული.

ნიკიტინს [17] მოჰყავს Wunder-ის მიერ ჩატარებული ცდა პლანქტონით მკვებავი თევზების მიერ საკვების ამორჩევის შესახებ. ავტორმა თევზს მოუსპო მხედველობის ორგანოები, რის შემდეგ დაინახა, რომ თევზმა ამის შემდეგ წარმატებით განაგრძო პლანქტონით კვება. Wunder-ის მიერ ჩატარებული ცდა თავისთავად არაფერს არ ლაპარაკობს. თუ ავტორი მხოლოდ ამ ცდის შედეგად ასკვნის, რომ პლანქტონით მკვებავი თევზების კვების პროცესი პასიურია და საკვების ამორჩევას ადგილი არა აქვს, ეს მოსაზრება სრულიად უმართებულოა, ვინაიდან მხედველობა დაკარგულ თევზს, რა თქმა უნდა, არ შეუძლია საკვების ამორჩევა, მაგრამ, რადგან კვების ინსტიქტი ჯერ ასეთ თევზში კიდევ მოქმედებს, ის მაინც განაგრძობს კვებას. Moor, Levis, Ladiges და ზერნოვი ნიკიტინის [17] მიხედვით აგრეთვე პლანქტონით მკვებავი თევზების კვების საკითხს განიხილავენ, როგორც პასიურ პროცესს.

ნიკიტინი [17] შავ ზღვაში ხამსის კვების შესწავლისას მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ არა მარტო საერთოდ ხამსა იკვებება აქტიურად, არამედ სხვადასხვა ასაკის ხამსას ატასიათებს საკვების ამორჩევითი უნარიანობა სულ სხვადასხვა საკვები ობიექტების მიმართ.

ამრიგად, როგორც დავინახეთ, ზემომოყვანილი ლიტერატურული მიმოხილვიდან, საერთოდ პლანქტონით მკვებავი თევზებისა და კერძოდ კი ქაშაყის მიერ საკვები ობიექტების ამორჩევის შესახებ სხვადასხვა მოსაზრება არსებობს, მაგრამ უმრავლეს ავტორთა მსჯელობიდან და ზოგიერთ ავტორთა მიერ ჩატარებული ცდების საფუძველზე შეგვიძლია გამოვიტანოთ დასკვნა, რომ პლანქტონით მკვებავი თევზების კვების პროცესი—ეს აქტიური და არა პასიური პროცესია. ამავე დროს ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ პლანქტონით მკვებავი თევზების და მათ შორის ქაშაყის მიერ ადგილი აქვს საკვები ობიექტების შედარებით დიდი ინდივიდების ამორჩევას.

ზემომოყვანილი მონაცემები დასტურდება ჩვენი დაკვირვებებითაც შავ ზღვაში მოხამთრე ქაშაყის კვების შესწავლისას.

შავ ზღვაში ქაშაყის გადასვლა ხამსით კვებაზე განსაკუთრებით შემოდგომისა და ზამთრის პერიოდში ძირითადად ემყარება ქაშაყის მიერ საკვებად ხამსის ამორჩევას: ხამსის დიდი რაოდენობა, რომელიც თითქმის ქაშაყთან ერთად აზოვის ზღვიდან შავ ზღვაში დასახამთრებლად მიემართება, ქაშაყისათვის ქმნის საუკეთესო პირობებს გამოიკვებოს ხამსით.

ზაფხულის პერიოდში ივნისსა და ივლისში ქაშაყის მიერ მხოლოდ *Sagitta*-თი კვება იმას გვიჩვენებს, რომ, როგორც ვიცით, ამ პერიოდისათვის შავ ზღვაში ხამსა ძლიერ გაფანტულია და ერთეული ეგზემპლარების სახით მოიპოვება, ამიტომ ქაშაყმა საკვებად აირჩია ზოოპლანქტონის შედარებით დიდი წარმომადგენლები, როგორც *Sagitta* არის, რომლის დაჯგუფებას შესაძლებელია ადგილი ჰქონდა ქაშაყის კვების დროს; ზოოპლანქტონური ორგანიზმების სხვა წარმომადგენლები, როგორცაა *Copepoda*, ქაშაყის კუჭში სრულიად არ ყოფილა ნახული. უნდა აღინიშნოს, რომ ნიკიტინის [16] მონაცემების თანახმად ბათუმის ყურეში, როგორც პლანქტონის ბიომასის წონა, ისე პლანქტონური ორგანიზმების რაოდენობა სწორედ ივნისსა და ივლისში ყველაზე მეტია; ასე, მაგალითად, თუ ივნისში სულ ზოოპლანქტონის რაოდენობა 1^კ მეტრ წყალში 9931-ს უდრის, აქედან მხოლოდ *Copepoda* 5553 აღწევს. ასევე ივლისში შესაბამისად გვაქვს 16466 და 6470.

აქედან ცხადია, რომ ქაშაყის მიერ საკვების ამორჩევას რომ ადგილი არ ჰქონოდა, მაშინ *Sagitta*-სთან ერთად კუჭში ზოოპლანქტონის სხვა წარმომადგენლები, განსაკუთრებით კი *Copepoda*, უნდა შეგვხვედროდა.

საკვების ამორჩევის საუკეთესო მაგალითი შეიძლება მოვიყვანოთ აგრეთვე პალიასტომის ტბაში ლიპიანისა და ქაშაყის ერთდროული ქერიდან.

1940 წლის მაისში ჩვენ მიერ პალიასტომის ტბაში აღებული იყო მასალა ლიპიანებიდან. მასთან ერთად დაჭერილი იყო ქაშაყი ორწლიანი და ოთხწლიანი ასაკისა, სულ 67 ეგზემპლარი. კუჭ ნაწლავის ტრაქტის ანალიზის საფუძველზე აღმოჩნდა, რომ 67 ქაშაყიდან 26 ქაშაყის კუჭი შეიცავდა ხამსას, დანარჩენი 41 კუჭი კი სავსებით ცარიელი იყო და ნაწლავში მოიპოვებოდა მხოლოდ გადამუშავებული საკვები გაურკვეველი ნარჩენებით; პარალელურად, ლიპიანების საკვების მთელი 100% წარმოდგენილი იყო მხოლოდ *Calanipeda*-თი.

ცნობილია, რომ აპრილსა და მაისში პალიასტომის ტბაში, გარდა *Calanipeda*-სი, *Copepoda*-დან მოიპოვება *Nauplii copepoda*, *Cyclops leuiscaris* Claus; *Nitocra lacustris* და სხვ; *Cladocera*-დან კი გვხვდება: *Diaphanasoma brachyurum*, *Bosmina longinostriis*, *Chydorus sphaericus* და ა. შ. მიუხედავად ზოოპლანქტონის ასეთი მრავალფეროვნებისა, ლიპიანების საკვებს. როგორც ვთქვით, *Calanipeda* წარმოადგენს, რაც იმაზე მიგვითითებს, რომ კვება აქტიურად ხდება და ლიპიანმა აირჩია საკვებად *Calanipeda*, როგორც, შედარებით სხვებთან, უფრო დიდი ორგანიზმი. ქაშაყის კუჭში მხოლოდ ხამსის არსებობა აგრეთვე იმავე საკვების ამორჩევით უნდა აიხსნას. მართალია, პალიასტომის ტბაში ხამსაც მოიპოვება შედარებით მცირე რაოდენობით, მაგრამ შეიძლება ვიფიქროთ, რომ ხამსით კვება შავ ზღვაში მოხდა, რის შედეგადაც ქაშაყი ტბაში შემოვიდა, მაგრამ არც ისაა გამორიცხული, რომ ქაშაყის კვებას ხამსით ადგილი ჰქონდა თვით ტბაში.

ამრიგად, პლანქტონით მკვებავი თევზების და მათ შორის ქაშაყების კვება, როგორც ავტორების უმრავლესობა ასკვნის და საკუთარმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, წარმოადგენს აქტიურ პროცესს, ე. ი. კვების დროს ხდება საკვები ობიექტების ამორჩევა.

მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს აგრეთვე იმის გამოკვლევა, იკვებება ქაშაყი განუწყვეტილად, თუ დღე-ღამის განსაზღვრულ დროს ისვენებს და შემდეგ ისევ განაგრძობს კვებას?

ამ საკითხის ირგვლივ Battle [36], რომელიც აკვარიუმის პირობებში აწარმოებდა დაკვირვებას, აღნიშნავს, რომ ქაშაყები სიბნელეში არ იკვებებიან, მათ შეუძლიათ იკვებონ მხოლოდ ბინდიან ღამეში. სინათლის წყაროს გადიდების დროს ავტორმა შეამჩნია, რომ ქაშაყმა 5-ჯერ მეტი საკვები მიიღო საშუალო ზომის *Calanus*-ით კვების შემთხვევაში და 4-ჯერ მეტი მაშინ, როდესაც მცირე ზომის *Copepoda*-ები ეძლეოდა. იმ ფაქტის დასამტკიცებლად, რომ ქაშაყები სიბნელეში არ იკვებებიან, ავტორს მოჰყავს მეთევზეთა შეხედულება, რომელთა აზრით ქაშაყების კუჭში ბევრი საკვები მოიპოვება მთავარიანი ღამეების შემდეგ. ბოლოს, ის აღნიშნავს Muzinis-ის მტკიცებას იმის შესახებ, რომ ქაშაყები კვებას წყვეტენ საღამოს 9 საათიდან დილის 5 საათამდე.

მოსკვირის [15] მიერ ჩატარებული იყო სპეციალური დაკვირვებები ქაშაყის კვების შესახებ დღე-ღამის განმავლობაში. ამ მიზნით ავტორი ახდენდა ჩასადგმელი ბადეებიდან მასალის აღებას სხვადასხვა დროს განსაზღვრულ საათებში, ე. ი. ზუსტად გათვალისწინებული დროის მიხედვით, რომლის განმავლობაში ბადე წყალში იმყოფებოდა. თავისი დაკვირვების საფუძველზე მოსკვირი იმავე დასკვნამდე მივიდა, როგორც მიიღეს ზემოდასახელებულმა ავტორებმა. მისი აზრით, ქაშაყი კვებას იწყებს დილის 4 საათიდან და კვება გრძელდება 6 საათამდე. ამ დროისათვის ქაშაყს ახასიათებს უფრო დიდი ინდექსი, — კუჭში საკვების თანაპოვნეობა 70—80% უდრის. კუჭში არსებული საკვების საერთო შესახებ დაობა ისეთია, რომ ქაშაყის მიერ ის ახლად იყო შექმული.

დილის 6 საათიდან 12 საათამდე ინდექსი უფრო პატარაა, ვიდრე დილის საათებში, კუჭში საკვები ცოტაა, კუჭების 85—92% ცარიელია; დღის 12 საათიდან 18 საათამდე კვების ინტენსიურობა მნიშვნელოვნად მატულობს და იგი უფრო მეტია, ვიდრე დილის საათებში, ცარიელი კუჭების რაოდენობა 50—55%-მდე აღის. საღამოს, ბინდის დაწყებისას, ცარიელი კუჭების რაოდენობა შესამჩნევად მატულობს და ზოგჯერ 100% აღწევს.

ზემომოყვანილი მონაცემები დასტურდება ჩვენი დაკვირვებებით, სოხუმის სანაპიროებზე ქაშაყის ანკესით ჭერის დროს. ანკესით ქაშაყის ჭერას ვაწარმოებდით დილის 5 საათიდან ნაშუადღევს 5 საათამდე; სამწუხაროდ, საღამოს საათებში ანკესით ჭერა არ გვიწარმოებია. 5 საათიდან 8 საათამდე ქაშაყის ანკესზე მოკიდება მასობრივი იყო. ცარიელი კუჭების რაოდენობა 60% აღწევდა. მომდევნო საათებში ანკესზე მოკიდება ძლიერ შემცირდა, ვიდრე დილის საათებში იყო. ცარიელი კუჭების რაოდენობა 75%-მდე ავიდა, მაგრამ კვების ინტენსიურობამ 16 საათიდან მნიშვნელოვნად მოიმატა.

ამრიგად, ჩვენი დაკვირვებებისა და ლიტერატურული მონაცემების საფუძველზე შეიძლება გამოვიტანოთ დასკვნა, რომ ქაშაყის კვება რიტმულად ხდება. ღამე ქაშაყი კვებას სრულებით წყვეტს ან კვება მნიშვნელოვნად მცირდება.

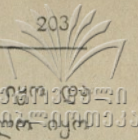
მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს აგრეთვე კვების ინტენსივობის დადგენა როგორც ცალკეული ასაკობრივი ჯგუფებისათვის, ისე დაჭერის დროსა და ადგილის მიხედვით.

სარეწაოების პირობების მიხედვით ჩვენ მიერ მასალა შეგროვილ იქნა იანერის, მარტის, აპარლისა და მაისის თვეებში, აგრეთვე, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ტრალით დაჭერილი მასალა—იენისსა და ივლისის თვეებისათვის.

სამწუხაროდ, შემოდგომის მასალა ჩვენ არ მოგვეპოვება, ვინაიდან ამ პერიოდში კავკასიისა და კერძოდ საქართველოს სანაპიროებზე შავ ზღვაში აზოვის ზღვიდან აღწევს ქაშაყის ძლიერ უმნიშვნელო რაოდენობა, რომელთა ჭერა თევზის სარეწაოების მიერ არ ხდება. ზამთრის თვეებიდან ჩვენ არ მოგვეპოვება მასალა აგრეთვე დეკემბრის და თებერვლის თვეებისათვისაც, რაც, რა თქმა უნდა, ერთგვარ უარყოფითს დაღს ასვამს ჩვენს გამოკვლევას.

მასალის ასაკობრივ ჯგუფებად განაწილების დროს აღმოჩნდა, რომ მხოლოდ მაისის თვისათვის ჩვენს მასალაში წარმოდგენილია ყველა ასაკობრივი ჯგუფი, რომლებიც საერთოდ ჩვენ მიერ შეგროვილ მასალაში გვაქვს, სახელდობრ: ორწლიანები, სამწლიანები, ორთხწლიანები და ოთხ წელზე უფრო მეტი ასაკისა. აპრილისათვის სამი ასაკობრივი ჯგუფი გვაქვს, გარდა ოთხწლიანზე უფრო მეტი ასაკისა; მარტისათვის ორი ასაკობრივი ჯგუფია—ოთხწლიანები და ოთხ წელზე ზევით; იენისისათვის—მხოლოდ ორწლიანები; ივლისისათვის—ორწლიანები და სამწლიანები; ივლისისათვის კი—მხოლოდ ოთხწლიანებზე უფრო მეტი ასაკისა.

ქაშაყების კუჭნაწლავის შიგთავსის ანალიზის საფუძველზე თითქმის ყველა შემთხვევაში აღმოჩნდა, რომ ქაშაყს საკვებად მიღებული ჰქონდა ხამსა;



მიუხედავად იმისა, რომ ხამსა ნაწლავში ნახევრადმონელებული კუჭში მონელების საწყის სტადიაში იმყოფებოდა, ყოველთვის შესაძლებელია დაგვედგინა ხამსის დაახლოებითი სიდიდე. ამ დაკვირვებებმა გვიჩვენა, რომ უმრავლეს შემთხვევაში ქაშაყი იკვებება ხამსით, რომლის ასაკი ერთ წელს არ აღემატება. მართალია, როცა ვიხილავდით ქაშაყის მიერ საკვების ამორჩევის საკითხს, ჩვენ აღვნიშნეთ, რომ ქაშაყი ირჩევს საკვები ობიექტებიდან უფრო დიდ ინდივიდებს, მაგრამ ერთი წლის ასაკის ხამსის სიდიდე, როგორც საკვები ობიექტისა, სავსებით ნორმალურია თვით ქაშაყის სიდიდესთან შეფარდებით, რაგინდ ზრდადასრულებულ ქაშაყთან უნდა გვქონდეს საქმე.

ამ მონაცემებთან ერთად კუჭისა და ნაწლავის შიგთავსის წონითმა განსაზღვრამ მოგვცა ყველა შემთხვევაში შედარებით ნაკლები სიდიდეები, ვიდრე უნდა იყოს სინამდვილეში.

უნდა ვიფიქროთ, რომ ხამსის წონის ასეთი შემცირება ქაშაყის კუჭში ხდება ჯერ კიდევ მონელების საწყის სტადიაში, ნაწლავზე სულ რომ არ ვილაპარაკოთ, მონელებული ნაწილების ჩქარი შეწოვით და მონელების ნარჩენების ორგანიზმიდან აგრეთვე სწრაფად გარეთ გამოდევნის შედეგად.

ამრიგად, კუჭნაწლავის საკვებით გავსებით საერთო ინდექსის განსაზღვრის დროს ჩვენ ვეყრდნობით ქაშაყის მიერ შეჭმული საკვების შედარებით ნაკლებ წონითს სიდიდეს, ვიდრე ამას ადგილი აქვს სინამდვილეში, რის შედეგადაც ვღებულობთ შემცირებულ ინდექსებს.

მიუხედავად ამისა, ჩვენ მიერ მიღებული ინდექსები შავ ზღვაში მოზამთრე ქაშაყისათვის სხვადასხვა ასაკობრივი ჯგუფებისთვის სხვადასხვა დროს, მართალია, თუმცა მნიშვნელოვნად მერყეობს, მაგრამ საშუალოდ უფრო დიდია, ვიდრე ამერიკისა და ევროპის სანაპიროებისა და მით უმეტეს კასპიის ზღვის ქაშაყებისა; თუმცა ეს მონაცემები ეხებიან მხოლოდ კუჭის გავსების ინდექსებს, მაგრამ, რომ გავადილოთ ეს ინდექსები 50% ნაწლავის საკვებით გავსების ხარჯზე (რაც გადიდების მაქსიმუმი იქნება ალბათ), ისინი მაინც ნაკლები სიდიდის აღმოჩნდებიან, ვიდრე ჩვენ მიერ მიღებული ინდექსები შავ ზღვაში მოზამთრე ქაშაყისათვის.

ჩვენ მიერ მიღებული ინდექსები შავ ზღვაში მოზამთრე ქაშაყებისათვის წარმოდგენილია ქვემოთმოყვანილ ცხრილში.

ცხრილი № 3

თვეები	ასაკობრივი ჯგუფები			
	ორწლიანები	სამწლიანები	ოთხწლიანები	ოთხწლიანზე ზევით
იანვარი	—	—	—	90
მარტი	—	—	297	137
აპრილი	317	295	287	—
მაისი	322	233	216	220
ივნისი	213	—	—	—
ივლისი	345	232	—	—

კანადის სანაპიროებზე ქაშაყების ინდექსები ცვალებადობს 0,3-დან $(+50\% = 0,43)$ —173-მდე $(+50\% = 260)$, ინგლისის სანაპიროებზე და ჩრდილოეთ ზღვაში ოკულის [18] გამოთვლის საფუძველზე Sawage-ს შრომის მიხედვით საშუალო ინდექსი წლის განმავლობაში მერყეობს 10-დან $(+50\% = 15)$ —100-მდე $(+50\% = 150)$.

ჩაიანოვას [24] მიხედვით კასპიის ზღვის ღიბიანებისათვის იანვარში ინდექსი უდრის 10 $(+50\% = 15)$, მაისში კი 104 $(+50\% = 156)$.

ოკულის მიხედვით აზოვის ზღვაში 120 მილიმეტრ ნაკლებ სიგრძის ქაშაყის ინდექსი მერყეობს 12-დან $(+50\% = 182)$ ნოემბერში 181-მდე $(+50\% = 272)$ აგვისტოში; 120 მილიმეტრზე უფრო დიდი ქაშაყისათვის აგვისტოში ინდექსი უდრის 27 $(+50\% = 40)$, ივნისში კი 145 $(+50\% = 218)$.

ამრიგად, შავ ზღვაში ქაშაყების კუქნაწლავის საკვებით გავსების ინდექსები უფრო მეტია, ვიდრე ინგლისის, ჩრდილოეთის ზღვისა და აგრეთვე კასპიის და აზოვის ზღვების ქაშაყების კუქნაწლავის საკვებით გავსების ინდექსები.

ამ მოვლენის ახსნა, ჩვენი აზრით, უნდა ვეძიოთ საკვები ორგანიზმების შემადგენლობაში. შავ ზღვაში ქაშაყების კვება ხამსით აპირობადებს შედარებით დიდ ინდექსებს. კუქის ერთი და იგივე ხარისხით გავსებისას — ერთ შემთხვევაში ხამსით, ხოლო მეორე შემთხვევაში პლანქტონური ორგანიზმებით, უროიეროს რომ შევადაროთ, დავინახავთ, რომ პირველ შემთხვევაში ხამსის მასის წონა გაცილებით მეტი იქნება, ვიდრე პლანქტონური ორგანიზმების მასის წონა.

ინდექსის სიდიდე, როგორც აღვნიშნეთ, მერყეობს თევზის ასაკისა და მისი დაქერის დროის მიხედვით. თუმცა ჩვენ მიერ შეგროვილი მასალა არც თუ ისე მრავალრიცხოვანია, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, შეიძლება დადგინდეს იყოს, რომ ინდექსის სიდიდე სხვადასხვა ასაკოვანი ჯგუფებისა გვიჩვენებს ზოგიერთ კანონზომიერებას ინდექსის თანმიმდევრულ შემცირებისას ქაშაყის ასაკის მატებასთან დაკავშირებით. ასე, მაგალითად, აპრილში ორწლიანებისათვის საშუალო ინდექსი უდრის 317, სამწლიანისათვის—295, ოთხწლიანისათვის—287. მაისში შესაფერისად გვაქვს 332, 233 და 216.

ამრიგად, თევზის ასაკის მატებასთან ერთად ხდება ინდექსის შემცირება, რაც კვების ინტენსივობის დაკლების მაჩვენებელია.

ასაკის მატებასთან კვების ინტენსივობის დაკლებაზე მიუთითებს აგრეთვე ოკული [18] აზოვის ზღვაში ქაშაყის შესახებ და ნიკიტინი [17] შავი ზღვის ხამსის კვების მაგალითზე.

კვების ინტენსივობის ცვალებადობის შესახებ წლის სხვადასხვა დროს მოსკოვინი [14] იძლევა ცნობებს იანვრიდან მაისამდე. გამოხატავს რა აღნიშნულ ცვალებადობას გრაფიკულად, ავტორი აღნიშნავს, რომ ზამთრის თვეებში (იანვარი, თებერვალი) კვების ინტენსივობა მნიშვნელოვნად მცირდება, მარტიდან კი შესამჩნევად მატულობს და აპრილში აღწევს ყველაზე მეტ სიდიდეს, მაისში კი ისევ შემცირება ემჩნევა.

ჩვენმა გამოკვლევებმა აღნიშნული საკითხის შესახებ მოგვცა შემდეგი სურათი: ორწლიანებისათვის კვების ინტენსივობა აპრილსა და მაისში ვიდრე ივნისსა და ივლისში; იგივე შეიძლება ითქვას სამწლიანი ქაშაყებისათვის; ორწლიანებს კვების ინტენსივობის დაკლება ემჩნევათ მარტიდან მაისამდე. ოთხწლიანებზე უფრო მეტი ასაკის ქაშაყებში ინდექსი მარტსა და მაისში მეტია, ვიდრე იანვარში.

ამრიგად, ლიტერატურული მონაცემების საფუძველზე და ჩვენი დაკვირვებების შედეგად შეიძლება გამოვიტანოთ დასკვნა, რომ კვების ინტენსივობა უფრო მეტია გაზაფხულზე, ვიდრე ზამთარსა და ზაფხულში.

Caspialosa pontica eichwaldi, Grimm, ნაკვებობა

თევზის ნაკვებობა ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია მოპოვებული ნედლეულის ხარისხის განსასაზღვრავად, როგორც ამას ტიხონოვი [22] აღნიშნავს.

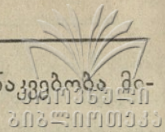
თევზების ნაკვებობა განისაზღვრება საერთოდ ფულტონის ცნობილი ფორმულით — $K = \frac{100 \cdot g}{l^3}$, სადაც K კოეფიციენტია, g თევზის წონა გრამებში და

l^3 მისი სიგრძე აყვანილი კუბში. ფულტონის ფორმულა აგებულია იმ ვარაუდზე, რომ თევზები ზრდასთან ერთად არ იცვლიან თავიანთ სხეულის ფორმას.

ამ ბოლო დროს გამოსულ შრომაში მოროზოვა და ლუბროვსკაია [15] აღნიშნავენ, რომ ფულტონის ფორმულის გამოყენებით თევზების ნაკვებობის დადგენა არაა მისაღები ყოველთვის და ყველა სახეობის თევზისათვის, ვინაიდან ეს ფორმულა ყოველთვის არ გამოხატავს იმას, რასაც ის სინამდვილეში უნდა გამოხატავდეს. ძირითად ნაკლს ფულტონის ფორმულით თევზების ნაკვებობის გამოანგარიშებაში წარმოადგენს ის, რომ ამ ფორმულით საჩვენებლობის დროს გათვალისწინებული არაა თევზის საკვების მომწოდებელი ტრაქტის და ქვირითის წონა, რაც ერთგვარ გავლენას ახდენს თევზის ნაკვებობის დადგენაზე, სახელდობრ, ნაწილობრივ ადიდებს მას. მაგრამ აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ნაკვებობის კოეფიციენტის ეს უმნიშვნელო ვადიდება შედარებითია და ნაკვებობის საერთო სურათის მიღებისათვის მას არავითარი მნიშვნელობა არა აქვს.

ზემოაღნიშნული საკითხის ირგვლივ ტიხონოვი [22] აღნიშნავს, რომ ქაშაყების შემთხვევაში, საერთოდ, და *Caspialosa pontica*, Eichwald-ის შემთხვევაში, კერძოდ, ქვირითის განვითარების მეორე სტადიაშიც კი ახასიათებს ისეთი მცირე ხვედრითი წონა თვით თევზის საერთო წონასთან შედარებით, რომ სავსებით შესაძლებელია ეს მდგომარეობა მხედველობაში არ იყოს მიღებული. ასევე მცირეა ქაშაყის საერთო წონასთან შედარებით მის მიერ მიღებული საკვები ორგანიზმების წონაც.

შემდეგ იგივე ავტორი განაგრძობს, რომ იმ პერიოდში, როცა ქაშაყს ახასიათებს ყველაზე უფრო მაქსიმალურად განვითარებული სასქესო პროდუქტები და, მაშასადამე, მისი წონა მაქსიმალურია (მდ. დონის დელტის რაიონში გაზაფხულზე), ანდა იმ პერიოდში, როდესაც ქაშაყის კუჭი მაქსიმალურად გავსებულია საკვებით (ავვისტოში და სექტემბერში, ქერჩის სრუტის ჩრდი-



ლოეთ ნაწილში ხამსით ინტენსიურად კვების დროს), ქაშაყის ნაკვებობა მიმდინარეობს დადის.

შავ ზღვაში გამოზამთრების პერიოდში *Caspialosa pontica*, *Eichwaldi*-ს ახასიათებს სასქესო პროდუქტების მეტად სუსტი განვითარება; რაც შეეხება კუჭის საკვებით გაგებების ხარისხს, როგორც ეს ჩვენ მიერ არაერთხელ იყო აღნიშნული, ის შედარებით მცირეა და, შეიძლება ითქვას, მინიმალური; ამრიგად, ფულტონის ფორმულის მიხედვით ქაშაყის ნაკვებობის დადგენა შავ ზღვაში მისი გამოზამთრების პერიოდში, ჩვენი აზრით, სავსებით შესაძლებელი უნდა იყოს.

ტიხონოვის [22] მიხედვით ყველა ასაკის ქაშაყისათვის ყველაზე უფრო მეტი ნაკვებობის კოეფიციენტი დამახასიათებელია გაზაფხულზე როგორც შავი ზღვის პირობებში, ისე ქერჩის სრუტეში, მაგრამ ქერჩის სრუტიდან მდინარე დონისაკენ ქვირითის დასაყრელად მსვლელობის დროს ქაშაყის ნაკვებობა შესამჩნევად კლებულობს. იმავე ავტორის მიხედვით შემოდგომაზე და გაზაფხულზე ქერჩის სრუტეში ქაშაყის სხვადასხვა ასაკოვანი ჯგუფის ნაკვებობის შედარებისას ეპოულობთ განსხვავებას, რომლიდანაც კარგად ჩანს, რომ ქაშაყის ნაკვებობის ხარისხი გაცილებით მეტია გაზაფხულზე. ასე, მაგალითად 15—17 სანტ. ქაშაყისათვის ეს განსხვავება უდრის 0,07-ს, 18—20 სანტ. ქაშაყისათვის—0,08-ს, 21—23 სანტ. ქაშაყისათვის 0,03-სა და 24—26 სანტ. განსხვავებას ადგილი არა აქვს.

ტიხონოვის [22] მიერ *Caspialosa pontica*, *Eichwald*-ის ნაკვებობა სხვადასხვა დროს ნოვოროსიისკის, კერჩის სრუტის და მდ. დონის რაიონებში მოცემულია № 4 ცხრილში.

ცხრილი № 4

თევზის სიგრძე სანტიმეტრით	IX—XII 1934 ქერჩი	I—III 1935 ნოვოროს.	IV—V 1935 ნოვოროს.	IV—V 1935 ქერჩი	V—VI 1935 დონი	VI—VII 1935 ქერჩი	VIII 1935 ქერჩი	IX 1935 ქერჩი	X—XII 1935 ქერჩი
15—17	110	108	112	117	106	0.92	106	109	—
18—20	114	111	121	122	108	0.99	105	115	118
21—23	118	114	122	121	106	—	—	114	120
24—26	120	116	—	120	112	—	—	—	120

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ქაშაყის ნაკვებობის კოეფიციენტი ყველა ასაკოვანი ჯგუფებისათვის მაღალია გაზაფხულის პერიოდში, სახელდობრ, აპრილში (ნოვოროსიისკში) და მაისში (ქერჩის სრუტეში).

შავ ზღვაში ზამთრის ბოლოს გაზაფხულის პერიოდში ქაშაყისათვის, დამახასიათებელ ინტენსიურ კვებას და ამასთან დაკავშირებით დიდ ინდექსს კარგად ეფარდება ქაშაყის ნაკვებობის შედარებით დიდი მაჩვენებლები, რაც მოცემულია № 5 ცხრილში.

თვეები	იანვარი	მარტი	აპრილი	მაისი	ივნისი	ივლი- სი	საშუა- ლოდ
ასაკობრივი ჯგუფები							
ორწლიანები	—	—	1,90	0,92	0,88	0,96	0,90
სამწლიანები	—	—	0,98	105	—	0,83	0,96
ოთხწლიანები	—	134	108	110	—	—	117
ოთხწლიანებზე ზევით	126	155	—	107	—	—	12

დრუკერმა [39] აწარმოვა აზოვის ქაშაყის ხორცის ქიმიური ანალიზი, სადაც მოცემულია ცნობები ქაშაყის სიგრძისა და წონის შესახებ. ამ მონაცემების საფუძველზე ჩვენ მიერ გამოთვლილ იქნა ნაკვებობის კოეფიციენტი სხვადასხვა დროს. აღმოჩნდა, რომ მაისში ქერჩის სრუტის ჩრდილოეთ ნაწილში აღებული ქაშაყის ნაკვებობის საშუალო კოეფიციენტი 1,35 უდრის; ეს ის ქაშაყებია, რომლებიც შავი ზღვიდან ქვირითის დასაყრელად შედიან აზოვის ზღვაში და მდ. დონში.

იმავე მაისში აზოვის ზღვის ჩრდილოეთ და სამხრეთ-დასავლეთ ნაწილში მოპოვებული ქაშაყის ნაკვებობის საშუალო კოეფიციენტი 1,11 ტოლი აღმოჩნდა. ესენი უკვე ის ქაშაყებია, რომლებმაც ქვირითი უკვე დაჰყარეს ანდა ჯერ კიდევ სქესობრივად ნოუმწიფებელი ეგზემპლარებია.

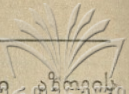
იმ ქაშაყების ნაკვებობის საშუალო კოეფიციენტი, რომლებიც დაჭერილი იყო დეკემბერში ქერჩის სრუტის სამხრეთ ნაწილში, შავ ზღვაში დასაზამთრებლად გამოსვლის დროს, უდრის 1,16. ხოლო თებერვალში ქერჩის სრუტის სამხრეთ ნაწილში დაჭერილი ქაშაყების ნაკვებობის საშუალო კოეფიციენტი უდრის 1,30. ესენი ის ქაშაყებია, რომლებმაც ვაატარეს ზამთარი შავ ზღვაში ქერჩის სრუტის მახლობლად და პერიოდულად გამოდიოდნენ სრუტეში ხელსაყრელ ტემპერატურულ პირობებში.

ამ გამოთვლიდან ჩანს, რომ ნაკვებობის საშუალო კოეფიციენტი მეტია მაისში შავ ზღვაში, ვიდრე იმავე მაისში აზოვის ზღვაში.

ჩვენ მიერ მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ აპრილში სამასაკოვან და მაისში ოთხასაკოვან ჯგუფში ქაშაყის ნაკვებობა იზრდება ქაშაყის ასაკის მატების პარალელურად, თუ მხედველობაში არ მივიღებთ ერთ გამონაკლისს, როცა ოთხწლიანის მეტი ასაკის ქაშაყის ნაკვებობა უფრო ნაკლებია [107], ვიდრე ოთხწლიანებისა [110], მაგრამ იგი მაინც დიდია, ვიდრე ოთხწლიანი და სამწლიანი ასაკის ქაშაყების ნაკვებობა.

ამრიგად, ჩვენ მიერ მიღებული შედეგები ქაშაყის ნაკვებობის შესახებ ადასტურებენ ტიხონოვის [22] მონაცემებს ამავე საკითხის შესახებ.

ყველა ზემომოყვანილი მონაცემის შედარებიდან შეიძლება გამოვიყვანოთ დასკვნა, რომ ქაშაყების ნაკვებობა შავ ზღვაში, ყოველ შემთხვევაში გაზაფხულ-



ზე, მეტია, ვიდრე იმ ქაშაყების ნაკვებობა, რომლებიც ზაფხულში ზღვაში იმყოფებიან და შემოდგომაზე შედიან შავ ზღვაში დასახამთრებლად.

სხვათა შორის, თევზის სარეწაოებში ცნობილია, რომ ის ქაშაყები, რომლებიც ადრე გაზაფხულზე შედიან შავი ზღვიდან აზოვის ზღვაში, მცირე ნაკვებობით ხასიათდებიან, ვიდრე ის ქაშაყები, რომლებიც შემოდგომაზე აზოვის ზღვიდან შავ ზღვაში შედიან, ზამთრის პერიოდში და ადრე გაზაფხულზე შავ ზღვაში ქაშაყების კვება ნაკლებ ინტენსიურია, ხოლო ქაშაყები, რომლებიც შავ ზღვაში რჩებიან გაზაფხულზე და აზოვის ზღვაში შედიან მაისის ბოლო რიცხვებში, უფრო მაღალი ნაკვებობით ხასიათდებიან, შავ ზღვაში ამ პერიოდში კვების ინტენსიურობის გადიდებასთან დაკავშირებით. ისინი უმნიშვნელოდ განსხვავდებიან ცხიმის რაოდენობით შედარებით შემოდგომის ქაშაყებთან, რომლებიც აზოვის ზღვიდან გამოდიან შავ ზღვაში. მაგრამ ამავე დროს საგულისხმოა, რომ გაზაფხულზე შავი ზღვიდან აზოვის ზღვაში შემსვლელი ქაშაყებიდან აღნიშნავენ ისეთ ჯგუფებს, რომლებიც განსაკუთრებული ნაკვებობით ხასიათდებიან და სარეწაოებში ცნობილია „Terek“-ის სახელწოდებით; ამდენად გასაკვირალი არ არის ის ფაქტი, რომ ქაშაყები, რომლებიც შავ ზღვაში ხამისთ იკვებებიან (თუ ეს საკვები მათ ჭარბად მოეპოვებათ) ნაკვებობით არ ჩამოუვარდებიან იმ ქაშაყებს, რომლებიც აზოვის ზღვაში ძირითადად პლანქტონით იკვებებიან, ვინაიდან ხამისის როგორც საკვების ღირებულება უფრო მაღალია, ვიდრე პლანქტონისა, ვინაიდან ხამისაში უფრო მეტი რაოდენობით მოიპოვება ცხიმები, ვიდრე პლანქტონშია, და იმავე რაოდენობით ცილები.

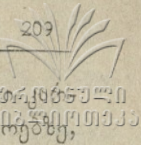
დასკვნა

1. შავი ზღვის კავკასიის სანაპიროების სარეწაო თევზებს შორის აზოვი-შავი ზღვის ქაშაყებიდან *Caspialosa pontica eichwaldi*, Grimm-ს ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია.

2. *Caspialosa pontica eichwaldi*, Grimm გამრავლების პერიოდის დამთავრების შემდეგ შემოდგომაზე იწყებს მიგრაციას აზოვის ზღვიდან შავ ზღვაში. ის მიემართება შავი ზღვის კავკასიის სანაპიროების გასწვრივ, მისი ერთეული ეგზემპლარები აღწევენ ბათუმამდე. მიგრაციის ძირითად გამომწვევ მიზეზს ამ პერიოდისათვის აზოვის ზღვაში ტემპერატურის დაცემა წარმოადგენს.

გამოზამთრების პერიოდის დამთავრების შემდეგ გაზაფხულზე ქაშაყის ეს ფორმა შავი ზღვიდან მიგრაციას ახდენს აზოვის ზღვაში. მიგრაციის ეს პერიოდი იწყება ქვირითის დასაყრელად სამხადისით და აგრეთვე დაკავშირებულია საკვები ობიექტის—ხამისის გამოდევნებასთან. ტემპერატურის გავლენა ამ დროს შესუსტებულია.

3. აღსანიშნავია, რომ გაზაფხულზე ქაშაყების ნაწილი შედის პალიასტომის ტბაში, მდინარე ხობში და აქედან მდინარე ცივში. ქაშაყების უმნიშვნელო რაოდენობა ზაფხულში რჩება შავ ზღვაში, მაშასადამე, არ ახდენს მიგრაციას აზოვის ზღვაში.



4. სხვადასხვა სახეობისა და ქვესახეობის ქაშაყების კვების საკითხი გადაა შესწავლილი ნორვეგიის, ისლანდიის და ინგლისის სანაპიროებზე, ბალტიის ზღვაში და სხვ.

საკმაო მონაცემები მოიპოვება აგრეთვე აზოვ-შავი ზღვის ქაშაყების ზოგიერთი ბიოლოგიური საკითხის შესწავლასთან დაკავშირებით, როგორცაა, მაგალითად, მიგრაცია, გამრავლება და სხვ. ასევე კარგადაა შესწავლილი აზოვ-შავი ზღვის ქაშაყების სისტემატიკა.

მიუხედავად იმისა, რომ კვება წარმოადგენს თევზის ბიოლოგიის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან საკითხს, იგი სუსტადაა შესწავლილი შავ ზღვაში მოხამთრე ქაშაყების მიმართ. მოიპოვება მხოლოდ მოსკვინის [14] შრომა შავი ზღვის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში ქაშაყების კვების შესახებ.

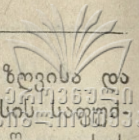
5. შრომის დამუშავებასთან დაკავშირებით მასალა აღებული იყო ნოვო-როსიისკის, სუხუმის, ფოთის და ბათუმის სანაპიროებზე სულ 2460 ეგზემპლარის რაოდენობით, აქედან კუქსა და ნაწლავში საკვებით აღმოჩნდა 354 ეგზემპლარი ქაშაყი. ცარიელი კუქნაწლავის მქონე ქაშაყები მასალის რიცხობრივი დამუშავების დროს მხედველობაში არ ყოფილა მიღებული.

მასალა ხნოვანების მიხედვით განაწილებული იყო ოთხ ასაკობრივ ჯგუფად: ორწლიანები, სამწლიანები, ოთხწლიანები და ოთხწლიანზე უფრო მეტი ასაკისა.

6. ძირითად საკვებ ობიექტს ამერიკისა და ევროპის სანაპიროების ქაშაყებისათვის პლანქტონური კიბონაირებიდან Copepoda წარმოადგენს. აზოვის ზღვაში ქაშაყის საკვებში პლანქტონური კიბონაირები ოკულის [18] მიხედვით 53% შეადგენს, ტაგანროგის უბეში Copepoda ქაშაყის საკვებში 33% უდრის.

7. შავ ზღვაში მოხამთრე ქაშაყების საკვების მთელი 100% (უმიშვნელო გამონაკლისის გარდა) ხამსითაა წარმოდგენილი. მაგრამ ზაფხულის პერიოდში შავ ზღვაში დარჩენილი ქაშაყები, რომლებმაც არ მოახდინეს მიგრაცია აზოვის ზღვაში ხამსის სიმცირის გამო, მსხვილი პლანქტონური ორგანიზმებით (როგორც არის, მაგალითად, Sagitta) კვებაზე გადადიან.

8. შავ ზღვაში ქაშაყების მთლიანად ხამსით კვებაზე გადასვლასთან დაკავშირებით იცვლება კვების ინტენსიობა. როგორც ცნობილია, იქთიოლოგიურ ლიტერატურაში საერთოდ კვების ინტენსივობა ხასიათდება კუქნაწლავის საკვებით გავსების ინდექსით. ჩვენი დაკვირვებების შედეგად დასტურდება, რომ კვების ინტენსივობა კლებულობს ქაშაყის ასაკის მატების პარალელურად. როგორც ცხრილიდან (ცხრ. № 3) ჩანს, მარტში ორი ასაკობრივი ჯგუფიდან ოთხწლიანებზე უფრო მეტი ასაკის ქაშაყის ინდექსი უფრო ნაკლებია, ვიდრე ოთხწლიანებისა. აპრილში სამი ასაკობრივი ჯგუფიდან ინდექსი მცირდება ორწლიანებიდან ოთხწლიანების ჩათვლით. მაისში ოთხი ასაკობრივი ჯგუფიდან იმავე მდგომარეობას აქვს ადგილი, ხოლო ოთხწლიანებზე უფრო მეტი ასაკის ქაშაყების ინდექსი მეტია, ვიდრე ოთხწლიანებისა, მაგრამ იგი ვაცილებით უფრო ნაკლებია ოთხწლიანებისა და სამწლიანი ქაშაყების ინდექსზე.



9. თუმცა ინგლისისა და კანადის სანაპიროების, ბალტიის ზღვისა და აზოვის ზღვის ქაშაყების ინდექსები გამოთვლილი იყო კუჭის შიგთავსის კვლევის ველზე, მაგრამ რომ გავადილოთ ეს ინდექსები 50%-ით ნაწლავის შიგთავსის ხარჯზე (რაც გადიდების მაქსიმუმი იქნება აღებული). ისინი გაცილებით ნაკლები აღმოჩნდებიან, ვიდრე შავ ზღვაში გამოზამთრების პერიოდის ქაშაყების ინდექსები.

10. შავ ზღვაში ქაშაყების შედარებით დიდ ინდექსებს აპირობებს ხამსით კვება, ვინაიდან ხამსის, როგორც საკვების, ხვედრითი წონა გაცილებით მეტია, ვიდრე ზოოპლანქტონური ორგანიზმებისა.

11. აზოვ-შავი ზღვის ქაშაყები უფრო ინტენსიურად იკვებებიან ვაზაფხულზე, ვიდრე წლის სხვა დროს.

12. ნაკვებობის კოეფიციენტი აზოვ-შავი ზღვის ქაშაყებს მეტი აქვთ ვაზაფხულზე შავ ზღვაში, იგი აგრეთვე საგრძნობლად მეტია ამავე პერიოდის ნაკვებობის კოეფიციენტზე იმავე სახეობის ქაშაყისათვის აზოვის ზღვაში ყოფნის დროს.

13. ლიტერატურული მონაცემებისა და საკუთარი დაკვირვებების საფუძველზე შეიძლება გამოვიყვანოთ დასკვნა, რომ ქაშაყის კვება აქტიური პროცესია. ამის საუკეთესო დამამტკიცებელ მაგალითს წარმოადგენს პალიასტომის ტბაში ქაშაყისა და ლიპიანის ერთდროული ქერა ვაზაფხულზე: მაშინ როდესაც ლიპიანის კუჭში მხოლოდ *Calanipeda* sp. აღმოჩნდა, ქაშაყებს საკვებად მიღებული ჰქონდათ ხამსა, ან მათი კუჭი სრულებით ცარიელი იყო. ამასთან ერთად უნდა აღინიშნოს, რომ ქაშაყი საკვებად არჩევს შედარებით უფრო დიდ ორგანიზმებს თვით ქაშაყის სიდიდესთან შეფარდებით და იჭერს მათ ერთეული ეგზემპლარების სახით.

ლიტერატურა

1. И. Н. Арнольди, Отчет о командировке для исследования рыболовства восточного побережья Черного моря: Вестник Рыбпром № 2—3 и 3—5, 1896.
2. О. А. Гримм, Азовская сельдь: Вестник Рыбпром № 2, 1901.
3. А. Н. Державин, Питание сельди *C. caspia*, *C. kessleri*, *C. brashnicowi*: Труды Астраханской ихтиологической лаборатории, т. У, вып. 3, 1918.
4. Н. Я. Данилевский, Исследование о состоянии рыболовства в России, т VII. Описание рыболовства на Черном и Азовском морях в 1871 году.
5. В. И. Есипов, Сетной промысел в Керченском проливе: Труды Керченской научн. рыб. хоз. станции, т. I, вып. 2—3, 1927.
6. В. Л. Исаченко, К изучению сельдей рода *Caspialosa* северо-западного района Черноморского бассейна: Труды ВУРЧАНПОС, т. I, 1925.
7. К. Кеслер, Рыбы Черного, Азовского и Каспийского морей: Труды СПб об-ва ест., т. IV, 1874.
8. К. Кеслер, Путешествие по Закавказскому краю в 1875 г. с зоологической целью: Труды СПб об-ва ест., т. VIII, 1878.
9. А. Ф. Карпевич, Е. Н. Боква, Темп переваривания у морских рыб: Зоологический журнал, т. 15, вып. 1, 1936.
10. А. А. Майорова, Новый вид сельди из озера Палеостом: Труды науч. рыб. хоз. и Биологической станции Грузин, т. I, 1934.

11. А. А. Майорова, Систематика азово-черноморских сельдей рода *Caspialosa*: Труды науч. рыб. хоз. и Биологической станции Грузии, т. II, 1930.
12. С. М. Малютский, Миграция сельдей в северо-восточной части Черного моря, Ростов на Дону, 1931.
13. С. М. Малютский, К вопросу о миграциях некоторых рыб Черного моря: Труды науч. рыб. хоз. и Биол. станции Грузии, т. I, вып. I, 1934.
14. Б. С. Москвин, Материалы по питанию сельдей в северо-восточной части Черного моря: Труды Новороссийской биологич. станции им. В. М. Арнольди, т. II, вып. 3, 1940.
15. А. В. Морозова, К. П. Дубровская, О коэффициенте упитанности рыб: Зоологич. журн., т. XXX, вып. 3, 1951.
16. В. Н. Никитин, Планктон Батумской бухты и ее количественные изменения: Сборник, посвящен. науч. деятельности профессора Книповича, 1939.
17. В. Н. Никитин, Питание хамсы в Черном море у берегов Грузии: Труды Зоологич. института АН Груз. ССР, т. VI, 1946.
18. А. В. Окуль, Питание и пища планктоноядных рыб Азовского моря: Труды Азово-Черном. науч. исслед. института рыб. хоз. и океанологии, вып. 12, ч. II, 1940.
19. З. М. Пчелина, О миграциях сельдей в северо-вост. части Черного моря: Труды Новоросс. биологич. станции им. В. М. Арнольди, т. I, вып. 6, 1937.
20. И. И. Пузанов, Анчоус: Ученые записки Горьковского государственного университета, вып. 5, 1934.
21. Е. К. Суворов, Основы ихтиологии: Советская наука, 1948.
22. В. Н. Тихонов, Упитанность *Caspialosa pontica*, Керчь, 1936.
23. В. Н. Тихонов, Биологический обзор промысла сельди в Азово-Черноморском бассейне в 1935 году: Труды Азово-Черноморск. науч. исслед. института и океанографии, Керчь, 1936.
24. Л. А. Чайнова, Питание Каспийского пузанка *Caspialosa caspia*, Eichwaldi: Труды ВНИРО, т. 14, 1940.
25. Шмидт, Миграция рыб, Москва-Ленинград, 1947.
26. А. С. Hardy, The Herring in Relation to its Animate Environment, Part. 1. The Food and Feeding of the Herring with special reference to the East Coast of England. Fishery Investigations Series II, vol. VII, 3, 1924.
27. А. С. Hardy, C. E. Lucas, C. J. Henderson, and J. H. Fraser, The Ecological Relation between the Herring and the Plankton investigated with the plankton Indicator: Journ of the Marine Biolog. Assoc. Plymouth N. S. V, XXI, I, 1936.
28. P. Jespersen, Investigation on the Food of the Herring in Danish waters Medd. fra Komm. for Denmark's Fiskeri og Havund. Ser. Plankton, Bd II, 2, 1928.
29. P. Jespersen, On the Food of the Herring in Islandic waters. Medd. fra Komm. for Denmark's Fiskeri og Havunders. Ser. Plankton, Bd. II, № 3, 1932.
30. M. Lebour, The Food of young Clupeoids: Journ Mar. Biol. Assoc., v. 12, 1921.
31. S. M. Marshall, Ag. Nicholls and M. A. Orr, On the growth and Feeding Habits of the larval and postlarval stages of the Clyde Herring: Journ. Mar. Biol. Assoc., v. 22, 1937.
32. В. Е. Sawage, The Food of North Sea Herring: Fishery Investigations, v. 15, 1931.

33. R. E. Sawage, The Food of North Sea Herring: Fishery Investigations, ser. II: vol XV, 5, 1937.
34. R. E. Sawage, The Relation between the Feeding of the Herring of the East Coast of England and the Plankton of the Surrounding Waters. Fish. Invest. v. 12. 1931.
35. G. H. Wailes, Food of Clupea pallasii in Southern British Columbia Waters: Journ Biol. Board of Canada, v. 1, 1935.
36. H. Battle, A. G. Hunstman, G. W. Jeffers, Anne M Jeffers, G. W. Johnson, and Mele H. A. Hain, Fatness digestion and Food of Passamaguoddi young Herring: Journ of the Biolog. Board of Canada, vol. II, 4, 1936.
37. E. Zander, Studien über das Kimenfilter bei süßwasserfischer Zeitschr. f. wissenschaft. Zoologie, LXXV, 2, 1903.
38. A. Steuer, Über das Kimenfilter und die Nahrung adriatischer Fische Verhandl. d. K. K. zoologisch-botanisch. Gesellschaft in Wien. Jahrg. 1905.
39. G. Drucker, Veränderungen in Fettgehalt des Schwarzmeerherings *Caspialosa pontica*, Eichwaldi: Сборник в честь проф. Н. М. Книповича, 1937.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ხერხემლიანთა ზოოლოგიის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1953. IV. 25)

В. Г. Ткешелашвили

Питание черноморских сельдей у черноморских берегов Грузии

Резюме

В представленной статье автор на основании личных исследований и анализа литературных данных приходит к следующим основным выводам.

1. Среди промысловых рыб черноморских берегов Грузии одно из ведущих мест занимает *Caspialosa pontica eichwaldi*, Grimm.

2. Осенью, после окончания периода размножения, *Caspialosa pontica eichwaldi*, Grimm из Азовского моря мигрирует в Черное море и по побережью последнего отдельные экземпляры достигают до Батуми. Основным фактором, побуждающим к миграции означенных сельдей, является понижение температуры воды в Азовском море.

Весною же означенная форма сельди мигрирует обратно в Азовское море. В этот период влияние температуры как фактора, обуслов-

ливающего миграцию, понижена. Но зато выступают факторы **разно-**
жения и питания.

3. При весенней миграции часть сельдей входит в озеро Палеостом, часть — в реку Хоби, откуда проникает в реку Циви. Незначительная же часть сельдей остается в Черном море.

4. Из общего количества 2460 экземпляров сельдей, собранных у берегов Новороссийска, Сухуми, Поти и Батуми, пищевые продукты были обнаружены только у 354 экземпляров.

5. При исследовании материал был разбит на возрастные группы двухлетки, трехлетки, четырехлетки и старше четырехлеток.

6. В Черном море сельди в течение зимы питаются почти исключительно хамсой. Летом же сельди, летующие в Черном море, из-за малого количества хамси, питаются крупными планктонными организмами, как, например, *Sagitta*.

7. В связи питанием исключительно хамсой у Черноморских сельдей меняется интенсивность питания. Как известно, интенсивность питания определяется индексом наполнения кишечника пищей. По нашим наблюдениям интенсивность питания сельдей уменьшается параллельно с увеличением возраста (см. таб. 3.)

8. Сравнительно большие показатели индексов в Черном море сельдей обуславливается питанием хамсой, ибо удельный вес хамсы как кормового продукта, по сравнению с зоопланктонными организмами, довольно большой.

9. Азово-черноморские сельди интенсивнее питаются весной, чем в другие времена года.

10. Коэффициент упитанности у азово-черноморских сельдей больше весной в Черном море, чем в Азовском море.

11. Сельди питаются активно. В большинстве случаев, по сравнению со своим размером, пожирают крупные организмы.

ა. ჯანაშვილი, ნ. ნემსაძე, ვ. კაპანაძე

მასალები სამგორის კუქაშნოვარების გავრცელების უზენაესი საფეხის

შესავალი

წარმოდგენილი შრომის მიზანს შეადგენს სამგორის საირიგაციო სისტემის ფარგლებში გავრცელებული ძუძუმწოვრების სისტემატიკური შემადგენლობისა და გეოგრაფიული გავრცელების დადგენა.

ამ შრომის დამუშავებისას გამოყენებულია ჩვენ მიერ 1950—1952 წლებში და აგრეთვე წარსული წლების განმავლობაში სამგორის ველზე შეგროვილი მასალები; საქართველოს მუზეუმის კოლექციები, განსაკუთრებით მტაცებლებისა და ჩლიქოსნების მიმართ; საქართველოს „მონკავშირის“ მონაცემები, უმთავრესად მტაცებლების შესახებ, უკანასკნელი ათი წლის განმავლობაში; თბილისის ზოოპარკის ექსპონატები, რომლებიც ჩვენ მიერ განსახილველად აღებულ მიდამოდან სხვადასხვა დროსაა შექმნილი; გაანალიზებულია სათანადო ლიტერატურა, რომლის სია თან ერთვის.

მასალის მოსაპოვებლად ადგილობრივ ტარდებოდა მარშრუტული ექსპედიციები, ხდებოდა ცხოველთა ადგილსამყოფელობის აღნუსხვა ცოცხალი ცხოველის ან მისი ექსკრემენტებისა და თუ სხვა ნაშთების (ჩონჩხი, კვალი, და ა. შ.) მიხედვით და აგრეთვე სოროების გათხრისა და მათი შიგთავის ანალიზისა და მოსახლეობას შორის გამოკითხვის გზით.

სამგორის ძუძუმწოვართა ფაუნა ცალკე შესწავლის ობიექტი არ ყოფილა წარსულში. ძუძუმწოვრების შესწავლასთან დაკავშირებით საკვლევად აღებული მონაკვეთარ შესახებ გაკვრით ცნობებს ვპოულობთ ვახუშტის [1] ნაშრომში. შემდგომი ასეთივე უმნიშვნელო ცნობებს იძლევა ამ მხარის ფაუნის შესახებ რადე [8]. ასევე ნაწყვეტი ცნობები შეიძლება მოვიძიოთ სატუნინის [10], ოგნევის [9], შიდლოვსკის [11], დინიკის [7] და სხვათა ნაშრომებშიც. ჯანაშვილის [4] ნაშრომი ეხება სამგორის ძუძუმწოვართა ფაუნის შესწავლას. ქვემოთ მოგვყავს სამგორის საირიგაციო სისტემის ფარგლებში გავრცელებული ძუძუმწოვრების სია.

საკითხის გენეზა

1. ამიერკავკასიის ზღარბი — *Erinaceus rumanicus transcausicus* Sat

ამიერკავკასიის ზღარბი, სამგორის საირიგაციო სისტემის ფარგლებში, ჯანაშვილის [4] ცნობით, მოიპოვება „საცხენის მიდამოში, ამბარეს ხეობაში, მუხროვანთან, ლატენთან, მულანლოსთან (სართიქალის), ხაშმთან“. გარდა

ამისა, ეს ცხოველი გვხვდება ორხევთან, ვაზიანის ველზე, სართიკალასში და ბანის ველზე ყარათაფასთან, ტფილელის ხევში, მარტყოფის მიდამოებში, ნორიოსთან, ლილოსთან, „თბილისის ზღვის“ სანაპიროზე.

ყველგან გვხვდება მცირე რაოდენობით.

2. კავკასიის თხუნელა—*Talpa caucasica* Sat

კავკასიის თხუნელა ჯანაშვილის [4] მონაცემების მიხედვით „იშვიათად გვხვდება საცხენისის ხეობაში“. ასევე ითქმის მარტყოფის მიდამოების შესახებაც.

3. აღმოსავლეთის თხუნელა—*Talpa orientalis* Ogn

აღმოსავლეთის თხუნელა საკვლევ უბანში მოიპოვება ხაშმთან, სართიკალასთან, მარტყოფთან, ნორიოსთან, ორხევთან.

აღნიშნულია ერთეულების სახით.

4. კავკასიის კბილთეთრა—*Crocidura russula guldenstedti* Pall

კავკასიის კბილთეთრა საკვლევ ტერიტორიაზე გვხვდება ორხევში, საცხენისთან, სართიკალასთან, უჯარმაში, ხაშმთან, სიონთან, რუსთავში.

მოიპოვება ერთეულების სახით.

5. ნატერერის მლამიობი—*Myotis nattereri* Kühl

ნატერერის მლამიობი მრავალრიცხოვანი კოლონიების სახით აღნიშნულია ს. სართიკალის სკოლისა და კლუბის სხვენში, აბასთუმნის შენობებსა და ნანგრევებში, ნატახტართან, მუღანლოში (იორის).

6. უღვაშა მლამიობი—*Myotis mystacinus* Kühl

უღვაშა მლამიობი გვხვდება ორხევში, სად. ვაზიანთან, ყურტაშთან, თბილელის ხევთან. ბინადრობს სახლის სხვენში, შენობათა ნანგრევებში, ფარეხებში.

გვხვდება მრავალრიცხოვნად.

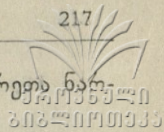
7. ციყვი—*Sciurus persicus anomalus* Gmel

ციყვი საკვლევად აღებულ უბანში აღნიშნულია ხაშმის, ცუგროვანის, მუხროვანის, უჯარმისა და მარტყოფის მიდამოთა ტყეებში.

ყველგან ბინადრობს ერთეულების სახით.

8. კავკასიის ძილგულა—*Glis glis tshetschenicus* Sat

საკვლევი რაიონის ფარგლებში კავკასიის ძილგულა, ჯანაშვილის [4] გადმოცემით, გვხვდება „საცხენისის ხეობაში, ამბარეს ხეობაში, მუხროვანსა და უჯარმაში“. ეს მღრღნელი მოიპოვება აგრეთვე მარტყოფის მიდამოში. ცხოვრობს ბუჩქნარსა და ტყიან ადგილებში.



მოიპოვება მცირე რაოდენობით, აზიანებს კულტურულ მცენარეთა ნაწილებს.
გავეებს.

9. ღნავი—*Dyromus nitedula tichomirovi* Sat

ღნავი ჯანაშვილის [4] მიერ აღნიშნულია „საცხენისთან, ამბარეს ხეობაში, მუხროვანთან, ივრის მარჯვენა ნაპირზე ბაღებში (სოფ. ხაშმთან)“. გარდა ამისა, ეს მღრღნელი გვხვდება ორხევეში, მარტყოფში, ნორიოსთან, უჯარმასთან, ახალ სოფელთან, სადაც იგი ბაღებში, ზოგჯერ ეზოებში ბინადვდება. ყველგან მოიპოვება ერთეულების სახით.

ზიანი მოაქვს კულტურულ მცენარეთა ნაყოფების განადგურებით.

10. სტეპის თაგვი—*Mus musculus tataricus* Sat

საკვლევ უბანში სტეპის თაგვის კოლონიები აღნიშნულია ორხევის მიდამოში, ლოჭინის, თბილელის ხევეში, რიგ ადგილებში მ. ჩათმასა და მ. ყარათაფას შორის, საცხენისსა და ახალსოფელს შორის.

11. ამიერკავკასიის ომანა—*Cricetus auratus brandti* Nehr

ამიერკავკასიის ომანა მოიპოვება გარდაბანის ველზე, სადაც ამ ცხოველის გავრცელებას წარსულში მიუთითებდა შიღლოვსკი [11]. გარდა ამისა, იგი გვხვდება ლილრსთან, „თბილისის ზღვის“ მიდამოში.

ზიანი მოაქვს მინდვრის ნათესებისათვის.

12. წყლის მემინდვრია—*Arvicola terrestris persicus* de Filippi

წყლის მემინდვრია მოიპოვება გარდაბანის სარწყავ არხში, ჯანდრის ტბაში.

ზიანი მოაქვს კულტურულ მცენარეთა განადგურებით.

13. თანასაზოგადოებრივი მემინდვრია—*Microtus socialis binominatus* Ellerm

თანასაზოგადოებრივი მემინდვრია მოიპოვება სართიჭალის, უჯარმის, საცხენისის, ახალსოფლის, მარტყოფის მიდამოებში, ლოჭინის ხეობაში, „თბილისის ზღვის“ მიდამოებში.

14. ტყის თაგვი—*Sylvimus sylvaticus* L

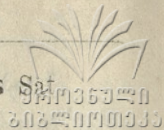
ტყის თაგვი მოიპოვება მარტყოფის, მუხროვანის, ხაშმის მიდამოების ტყეებში.

აზიანებს ტყის მცენარეულობას.

15. წითელკულდა მექვიშა—*Meriones erythrourus caucasicus* Heptn et Brandt

წითელკულდა მექვიშა მცირერიცხოვანი კოლონიების სახით ბინადრობს რუსთავეის მიდამოებსა და ყარაჯალართან.

ზიანი მოაქვს მინდვრის კულტურული ნათესებისათვის.



16. ამიერკავკასიის კურდღელი—*Lepus europaeus cyrensis* ნემსაძე

ამიერკავკასიის კურდღელი, ჯანაშვილის [4] ცნობით, აღნიშნულია „ვაზიანთან, სამგორთან, ახალსოფელთან, საცხენისიდან, ამბარეს ხეობიდან, მულანლოდან (სართიქალის), ხრეკილის თავიდან, სალამოს ველიდან, ლაუნებიდან ნატახტართან, სანგართან, უდაბნოსთან“. გარდა ამისა, ეს მღრღნელი მოიპოვება რუსთავთან, გარდაბნის ველზე, თბილელის ხევთან, მარტყოფისა და ნორიოს მიდამოებში, სართიქალის მიდამოში, ორხევში, მ. ურუსენთან, მ. ამართულასთან, „თბილისის ზღვის“ მიდამოებში.

17. ნუტრია—*Myopotamus coypus* Mol

1932 წელს ნუტრია სააკლიმატიზაციოდ გაშვებული იყო გარდაბნის მიდამოს წყალსატევებში, კერძოდ, ჯანდრის ტბაში და მის მიდამოს სარწყავ არხებში. 1952 წელს, ადგილობრივ მონადირეთა გადმოცემით, ნუტრია გვხვდება ჯანდრის ტბის სანაპიროსთან, რასაც დაზუსტება ესაჭიროება.

18. ამიერკავკასიის მაჩვი—*Meles meles minor* Sat

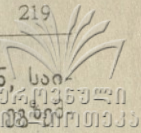
ამიერკავკასიის მაჩვი, ჯანაშვილის [4] ცნობით, მოიპოვება „საცხენისისა და ამბარეს ხეობაში, უჯარმასთან, მუხროვანთან, ტურნერის ქედზე, ხაშმთან, ლაუნებთან, ნიადაგასთან, ხრეკილის თავზე, სალამოს ველზე, მულანლოსთან (იორის)“. გარდა ამისა, ეს მტაცებელი გვხვდება სართიქალასთან, სამგორთან, ვაზიანის მიდამოებში, ახალსოფელთან, მარტყოფისა და ნორიოს მიდამოებში, „თბილისის ზღვის“ მახლობლად, ლილოსთან, ორხევში, თბილელის ხევში, რუსთავთან, ყარაჯალარის მიდამოში, გარდაბნის ველზე, უდაბნოში.

მაჩვი ძირითადად ბინადრობს ტყეებსა და ბუჩქნარებში, მაგრამ ზოგჯერ გვხვდება ბაღებში, ბოსტნებში, ველებზე.

უკანასკნელი ათი წლის განმავლობაში საქართველოს „მონკავშირის“ მიერ სამგორის ველის ფარგლებში მოპოვებულია მაჩვის დაახლოებით 200 გზემპლარი.

19. წავი—*Lutra lutra* L

წავი სამგორის საირიგაციო სისტემის ფარგლებში მეტად მცირე რაოდენობით გვხვდება. ამას ადასტურებს თუნდაც ის ფაქტი, რომ საქართველოს „მონკავშირის“ მიერ უკანასკნელი ათი წლის განმავლობაში ყველა იმ რაიონში, რომელშიც ერთიანდება ჩვენ მიერ საკვლევად აღებული უბანი, წავის მხოლოდ ოთხი ეგზემპლარია მოპოვებული. ჯანაშვილის [3,4] მონაცემების მიხედვით წავი გავრცელებულია „ივრის ხეობაში, საგარეჯოს აღკვეთილთან, ხაშმის მისადგომებში და გარდაბნის რაიონის მტკვრის სანაპიროზე“. გარდა ამისა, ამავე ავტორის [4] ცნობით, საკვლევ უბანში წავის არსებობა დადასტურებულია „უჯარმასთან, ხაშმთან, ნიადაგასთან, ს. მულანლოს (სართიქალის)“.



მახლობლად“. წავი მოიპოვება აგრეთვე ჯანდრის ტბის სანაპიროსთან, საინ-
დანაც წარსულში თბილისის ზოოპარკს მიღებული აქვს რამდენიმე მკვლელობა
პლარი.

20. კავკასიის თეთრყელა კვერნა—*Martes foina nehringi* Sat

კავკასიის თეთრყელა კვერნა საკვლევად აღებულ უბნიდან, ჯანაშვილის [4] გადმოცემით, „ცნობილია საცხენისის მიდამოდან, ამბარეს ხეობიდან, მუხროვანიდან, უჯარმიდან, ხაშმის მისადევრებიდან, ლაფნებიდან“. გარდა ამისა, იგი მოიპოვება ორხევისა და მარტყოფის მიდამოებში.

კავკასიის თეთრყელა კვერნა ყველგან ერთეულების სახით გვხვდება. ამითაა გამოწვეული, რომ საქართველოს „მონკავშირის“ მიერ საკვლეე უბანში უკანასკნელი ათი წლის განმავლობაში ამ მტაცებლის მხოლოდ 50 ეგზემპლარია მოპოვებული.

21. კავკასიის დედოფალა—*Mustela nivalis dinniki* Sat

კავკასიის დედოფალა, ჯანაშვილის [4] ცნობით, გვხვდება „საცხენისისა და ამბარეს ხეობაში, მუხროვანთან, უჯარმასთან, ხაშმთან, ლაფნებთან, ნიანდაგასთან, მ. ტინიანთან, სართიჭალასთან“. გარდა ამისა, ეს მტაცებელი ბინადრობს ახალ სოფელთან, ორხევიში, ვაზიანის ველზე, ყარაჯალართან, რუსთავთან, გარდაბნის ველზე, ნორიოსთან, „თბილისის ზღვის“ მიდამოში, ლილოსთან, მულანლოსთან (იორის).

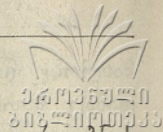
კავკასიის დედოფალა სამგორის ფარგლებში საქართველოს „მონკავშირის“ მიერ უკანასკნელი ათი წლის განმავლობაში მხოლოდ ხუთი ეგზემპლარია მოპოვებული. თუმცა აღნიშნული რიცხვი შესაძლებელია ჩაითვალოს არა სრულად, რადგან ბევრის დაბალი ღირსების გამო მის ბეწვეულს მეურნეობაში ნაკლები ყურადღება ექცევა და ამიტომ არ მხადდება.

22. კრელტყავა—*Peregusna peregusna* Guild

კრელტყავა მხოლოდ გარდაბნის ველზეა აღნიშნული ერთი ეგზემპლარის რაოდენობით.

23. კავკასიის მგელი—*Canis lupus cubanensis* Ogn

საკვლეე უბანში, ჯანაშვილის [4] ცნობით, მგელი მოიპოვება „საგარეჯოს ნაკრძალთან, მდ. ივრის სანაპიროზე... უდაბნოსა და ვაზიანის მახლობელ ველზე... გარდაბნის ველზე“. ამავე ავტორის [4] მიხედვით მგელი ცნობილია „საცხენისისა და ამბარეს ხეობიდან, უჯარმის მიდამოდან, ხაშმისა და მულანლოს (ივრის) მიდამოებიდან, მ. სიონიდან, ნატახტრიდან, დემურდალიდან, ნაომარიდან, სად. სამგორის მიდამოდან, მ. ამართულასა და მ. ვაშლიანის მიდამოდან“. გარდა ამისა, ეს მტაცებელი გვხვდება ორხევიში, ლოჭინის ხეობაში, ყარაჯალართან, თბილელის ხევთან, მ. ყირიშლოსთან, მ. ყარათაფასთან, უდაბნოში, გარეჯის ველზე, მარტყოფის მახლობლად.



24. ტურა—*Thos aureus* L

ტურა ჯანაშვილის [3] მონაცემების მიხედვით გვხვდება „გარდაბნის ველზე, უდაბნოში, ვაზიანის ველზე“. ამავე ავტორის [4] ცნობით, ეს მტაცებელი ბინადრობს „მულანლოსთან (იორის), ყარადალთან, ვაშლიანთან, ნაომარასთან, ხრეკილის თავთან, თბილელის ხევთან“. გარდა ამისა, ტურა ხშირად გვხვდება ლოჭინის ხეობაში, ორხევში, საცხენისის ხეობაში, ახალ სოფელთან, ვაზიანის ველზე, ყარაჯალართან, გარდაბნის ველზე, ყარათაფასთან, ფაშატიანთ ხევში, ლილოსთან, ნორიოსთან, „თბილისის ზღვის“ მიდამოებში.

25. ენოტისმსგავსი ძაღლი—*Nyctereutes procyonoides ussuriensis* Mats

ჯანაშვილი [5] აღნიშნავს, რომ „1950 წლის ზაფხულში, ტურნერის სერის სამხრეთ კალთაზე შეგვხვდით ენოტისმსგავსი ძაღლის ერთ ეგზემპლარს. როგორც ჩანს, ეს მტაცებელი აქ შემთხვევით მოხვდა თიანეთის რაიონიდან“. ამგვარად, შეიძლება აღინიშნოს, რომ სამგორის საირიგაციო სისტემის ფარგლებში ენოტისმსგავსი ძაღლი შემთხვევით ელემენტს წარმოადგენს.

26. ამიერკავკასიის მთის მელა—*Vulpes vulpes alticola* Ogn

ამიერკავკასიის მთის მელა ჯანაშვილის [4] მონაცემების მიხედვით აღნიშნულია „სამგორთან, ახალ სოფელთან, საცხენისთან, ტურნერის სერზე, ამბარეს ხეობაში, მუხროვანთან, ნიადავასთან, მ. ტინიანთან, ნატბეურთან, სიონთან, ნატახტართან, ქაზალიანთან, ნაომარასთან“. გარდა ამისა, ეს მტაცებელი გვხვდება ყარათაფასთან, რუსთავის მიდამოში, გარდაბნის ველზე, ორხევში, ლოჭინში, მარტყოფთან, ქვაკალოსთან, ნასომხართან.

საკვლევ უბანში უკანასკნელი ათი წლის განმავლობაში საქართველოს „მონკავშირის“ მიერ მთის მელა 500-მდე ეგზემპლარია მოპოვებული.

27. ამიერკავკასიის ველის მელა—*Vulpes vulpes alpherakyi* Sat

ამიერკავკასიის ველის მელა, ჯანაშვილის [4] ცნობით, მოიპოვება „უდაბნოში, თბილელის ხევში, მ. მურგუსთან, მ. ამართულასთან“. გარდა ამისა, იგი გვხვდება გარდაბნის ველზე, რუსთავთან, ყარათაფასთან, ლოჭინთან, ორხევთან.

28. კავკასიის მურა დათვი—*Ursus arctos caucasicus* Smir

კავკასიის მურა დათვი ცნობილია მარტყოფის მახლობელი ტყიდან, ქვაკლდიდან, ნასომხარიდან.

29. ზოლებიანი აფთარი—*Hyaena hyaena* L

ამჟამად სამგორის ველზე აფთარის გავრცელებას შემთხვევითი ხასიათი აქვს. წარსულში კი ეს ცხოველი აქ შედარებით ხშირად გვხვდებოდა. ჯანაშვი-

ლის [3,5] გადმოცემით, 1935 წელს ზოლებიანი აფთრის „ბუნაგი ნახული“ იყო სამგორის მინდორზე (სად. ვაზიანის მახლობლად). მასში მოპოვებული სამი ჯერ კიდევ უსუსური ლეკვი“. შემდეგში საქმაოდ დიდი ხნის განმავლობაში ზემოაღნიშნულ ფარგლებში აფთარი აღარ გამოჩენილა და მხოლოდ 1947 წელს, საქართველოს „მონკაევირის“ მონაცემების მიხედვით, უდაბნოს მახლობლად ბუნაგში მოკლულ იქნა აფთრის 7 ლეკვი. ამის შემდეგ ადგილობრივ მოსახლეობაში არაერთი ცნობა აღარაა ამ მტაცებლის აღნიშნულ ადგილას არსებობის შესახებ. სატუნინის [10] გადმოცემით, წარსულში აფთარი ხშირად მოიპოვებოდა ყოფ. მლაშე ტბების (ამჟამად „თბილისის ზღვის“) მიდამოებში, მახათის მთის მახლობლად. შესაძლებელია აფთრის არსებობა, გარდა ზემოაღნიშნული უბნისა, გარდაბნის ველზე.

30 კავკასიის ტყის კატა—*Felis silvestris caucasicus* Sat

კავკასიის ტყის კატა, ჯანაშვილის [4] გადმოცემით, გვხვდება „საცხენის ხეობაში, ტურნერის სერზე, მუხროვანთან, უჯარმასთან, ხაშმთან“. გარდა ამისა, იგი ბინადრობს მარტყოფთან, ქვაკალოსთან, ნასომხართან.

ტყის კატის სარეწაო ღირებულება უმნიშვნელოა.

31. ლერწმის კატა—*Chaus chaus* Güld

ლერწმის კატა დინიკის [9] გადმოცემით დასავლეთით გარდაბნამდე აღწევს. შემდეგში ამას ადასტურებს სატუნინი [13]. ჯანაშვილის [4] გადმოცემით, ამ მტაცებლის გავრცელება ცნობილია „მდ. ივრის სანაპირო ზოლში ხრეკილის თავიდან მულანლომდე (იორის)“. გარდა ამისა, ლერწმის კატა მოიპოვება მტკვრის სანაპიროებში, ჯანდრის ტბის მახლობლად.

უკანასკნელი ათი წლის განმავლობაში საქართველოს „მონკაევირის“ მიერ აღნიშნულ ფარგლებში მოპოვებულია ლერწმის კატის 40-მდე ეგზემპლარი.

32. კავკასიის ფოცხვერი—*Lynx orientalis* Sat

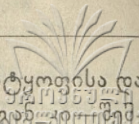
სამგორის საირიგაციო სისტემის ფარგლებში ფოცხვერი გვხვდება ქვაკალოს, მარტყოფის, ნასომხარის, უგებელი ბელის, უჯარმის მიდამოების ტყეებში.

კავკასიის ფოცხვერი, ჯანაშვილის ცნობით [4], სამგორის საირიგაციო სისტემის ფარგლებში უკანასკნელი ათი წლის განმავლობაში მხოლოდ ერთი ეგზემპლარია მოპოვებული „მუხროვანსა და უჯარმას შორის არსებულ ტყეში“.

ფოცხვერი მავნებელი ცხოველია, მაგრამ საკვლევ უბანში მის მიერ სახალხო მეურნეობისათვის მიყენებული ზიანის ეფექტი უმნიშვნელოა ამ მტაცებლის საერთო რაოდენობის სიმცირის გამო.

33. შველი—*Capreolus capreolus* L

შველი, ჯანაშვილის [4] გადმოცემით, მოიპოვება „ტურნერის სერის ჩრდილო კალთებზე, ხაშმისა და უჯარმის მიდამოების ტყეებში. გარდა ამი-



სა ეს ცხოველი გვხვდება უგებელ ბელელთან, ნასომხართან, მარტყოფისა და ქვაკლდის ტყეებში. ყველგან ერთეულების სახით ბინადრობს, ზოგჯერ კვირუბრებშიც თხევით.

34. კავკასიის ირემი — *Cervus elaphus maral* Ogilby

კავკასიის ირემი სამგორის საირიგაციო სისტემის ტერიტორიაზე იშვიათად გვხვდება. ჯანაშვილის [2, 4] გადმოცემით, ამ ცხოველის „რამდენიმე ეგზემპლარი ბინადრობს ს. მუხროვანის (საგარეჯოს რაიონის) მახლობელ ტყეში, კერძოდ, უგებელი ბელლისა და ტურნერის სერის ტყეებში“. ამავე ავტორის [4] გადმოცემით, „ერთი ეგზემპლარი 1950 წელს ნახული იყო ხაშმსა და უჯარპას შორის“. გარდა ამისა, ირემი გვხვდება ნასომხარისა და იალნოს მიდამოს ტყეებში.

35. ქურციკი — *Gazella subgutturosa* Güld

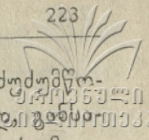
სამგორის საირიგაციო სისტემის ფარგლებში ქურციკი ამჟამად აღარ გვხვდება. გასული საუკუნის დამლევაამდე, ხოლო ზოგ ადგილას მიმდინარე საუკუნის პირველ ათეულ წლამდე, საკვლევ ტერიტორიაზე ეს ცხოველი საკმაოდ მრავლად იყო. კერძოდ, ის გვხვდებოდა თეთრი უდაბნოს სერამდე, დემურდაღის კალთებამდე, სამგორამდე და ვაზიანის ველამდე. ცნობილი ქართველი მეცნიერის ვახუშტის [1] ნაშრომში სწერია: „არს ველი ყარაიისა, საესე ქურციკითა, რომელს მოინადირებენ მეფენი წლითი წლად“. ამ მეფეთა და მათ მსგავსთა მიერ უწყესრიგო „მონადირების“ შედეგად ჩვენი ფაუნის ეს ძვირფასი წარმომადგენელი ამოწყვეტილია. ჯერ კიდევ წარსული საუკუნის დამლევის, ხოლო ზოგან მიმდინარე საუკუნის დასაწყისშიც გარდაბანის (ყარაიის) ველზე საკმაოდ მრავლად გვხვდებოდა ქურციკი, რომლის კოლექციები (რქები, ქალა და სხვ.) ინახება საქართველოს მუზეუმში.

ღასკვნა

ვაჯამებთ რა ყოველივე ზემოთქმულს, აღვნიშნავთ, რა სამგორის საირიგაციო სისტემის ტერიტორიაზე რეგისტრირებულია ძუძუმწოვრების 36 სახეობა, რომლებიც რიგების მიხედვით შემდეგნაირად ნაწილდება: 1. მწერი-ქამიები 4 სახეობა; 2. ხელფრთიანები—2; 3. მღრღნელები—11; 4. მტაცებლები—15 და 5. წყვილჩლიქოსნები—3 სახეობა.

სამგორის საირიგაციო სისტემის ტერიტორიაზე აღრიცხული ძუძუმწოვრების საერთო რაოდენობიდან ერთი სახეობა (ქურციკი) ამომწყდარია მიმდინარე საუკუნის დასაწყისში, ერთი სახეობა (ზოლებიანი აფთარი) რაოდენობრივად შემცირებულია და გახიზნულია აღმოსავლეთისაკენ, ერთი სახეობა (ნუტრია) აკლიმატიზებულია გარდაბანის რაიონში, ერთი სახეობა (ენოტისმსგავსი ძაღლი) წარმოადგენს საკვლევ რაიონისათვის შემთხვევითს ელემენტს, იგი აქ შედის მეზობელი ერწო-თიანეთის მიდამოებიდან.

საკვლევ უბანში გავრცელებულ ძუძუმწოვართა 35 სახეობიდან სასარგებლო ფორმებს ეკუთვნის 17 სახეობა, მავნებელია 18 სახეობა.



სამგორის საირიგაციო სისტემის ტერიტორიაზე აღნუსხულ ვართა საერთო რაოდენობა არ შეიძლება ჩაითვალოს სრულყოფილად. კუთრებით ეს ეხება მწერიჭამიებს, ხელფრთიანებსა და მღრღნელებს, რომელთა სია შესაძლებელია შემდგომი კვლევის შედეგად შეივსოს.

ლიტერატურა

1. ვახუშტი, აღწერა სამეფოსა საქართველოსა (საქართველოს გეოგრაფია), თბილისი, 1941.
2. არჩ. ჯანაშვილი, ირემი. თბილისი, 1950.
3. არჩ. ჯანაშვილი, მასალები მტაცებლების (Fissipedia) საქართველოში გავრცელების შესწავლისათვის: თბილისის ზოოპარკის შრომები, ტ. II, 1948 (1949).
4. არჩ. ჯანაშვილი, მასალები სამგორის ძუძუმწოვრების გავრცელების შესწავლისათვის: სტალინის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის შრომები, ტ. 42, 1950.
5. არჩ. ჯანაშვილი, მგელი და აფთარი. თბილისი, 1950.
6. არჩ. ჯანაშვილი, შველი. თბილისი, 1950.
7. Н. Я. Дини́к, Звери Кавказа, т. I. II. Тифлис, 1914.
8. Р. Ра́дде. Museum caucasicum. Тифлис, 1889.
9. С. И. Огнев, Звери восточной Европы и северной Азии, т. I, II, III, IV. Москва, 1928—1940.
10. К. А. Сату́пин, Млекопитающие Кавказского края, т. I, II. Тифлис, 1915—1920.
11. М. В. Ши́дловский, Определитель грызунов Грузии и сопредельных стран. Тбилиси, 1941.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ხერხემლიანთა ზოოლოგიის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 1953. IV. 29)

А. Г. Джанашвили, Н. К. Немсадзе, Т. И. Капанадзе

Материалы к изучению распространения млекопитающих Самгори

Резюме

В представленной статье авторами выявлен систематический состав млекопитающих Самгорской ирригационной системы с указанием их географического распространения для означенного района.

Для статьи авторами использованы результаты экспедиционных исследований, проведенных в Самгори в течение 1950—1952 гг., коллекции Музея Грузии, материалы Тбилисского Зоопарка, данные Груз. „Охотсоюза“ за последние десять лет, в особенности для хищных, и соответствующая литература, список которой при сем прилагается.



В введении даются краткое описание ландшафта и географическое описание исследуемого участка.

Для пределов Самгорской долины авторами отмечено 35 видов млекопитающих, среди которых один вид (джейран) вымер еще в начале текущего века, один вид (полосатая гиена) находится на грани вымирания и попадается очень редко, один вид (нутрия) акклиматизирован в водоемах Гардабанского района, а один вид (енотовидная собака) является в пределах исследуемого района случайным элементом.

Таким образом, на сегодняшний день в пределах исследуемого участка водятся 35 видов млекопитающих, которые по отрядам распределяются следующим образом: 1) насекомоядные—4 вида, 2) рукокрылые—2 вида, 3) грызуны—11, 4) хищные—15 и 5) копытные—3 вида.

Представленный список млекопитающих Самгорской ирригационной системы не претендует на полноту, в особенности это касается насекомоядных, рукокрылых и грызунов, следовательно, количество встречаемых здесь видов может быть увеличено.

ა. შიკინაშვილი

ორლებნიანი მხანარის ფესვის მარჯივი აგებულების რეგულირება მკვლევართა

ზოგადი განმარტება, რომ ორლებნიანის ფესვებში პირველადი აგებულების შემდეგ იწყება მეორადი სტრუქტურული ცვლილება, რაც მკვლევართა ცვლის ფესვისათვის დამახასიათებელ პირველად აგებულებას, ყოველთვის არ მართლდება. კრაშენინიკოვი [1] მიუთითებს, რომ ზოგიერთ ორლებნიანში ფესვის პირველადი აგებულება უცვლელი რჩება. მაგრამ კონკრეტულად არ არის დასახელებული, რომელ ორლებნიანში და რა პირობებში ხდება ამ პირველადი აგებულების შენარჩუნება.

ჩატარებული მუშაობიდან ირკვევა, რომ ზოგი ორლებნიანი მცენარის ფესვები ინარჩუნებს პირველად აგებულებას [2], მათ ფესვში კამბიუმი ან არ წარმოიშვება და ამის გამო ცენტრალურ ცილინდრში მეორადი ცვლილებები არ ხდება, ან, კამბიუმის წარმოშობის შემთხვევაში, მისი მოქმედება მეტად შეზღუდულია. ამ ფესვების დიამეტრის მატება გამოწვეულია ძირითად ქსოვილში ახალი უჯრედების წარმოშობით, ან, უფრო ხშირად, ამ უჯრედების მოცულობითი ზრდით.

ორლებნიანებში ფესვის პირველადი აგებულების შენარჩუნება გამოწვეულია გარემოპირობების გავლენით. ჩვენი დაკვირვებებიდან ჩანს, რომ ასეთი აგებულება ახასიათებს უმეტესად იმ მცენარეებს, რომლებიც წყალში ან ჭარბტენიან პირობებში იმყოფებიან.

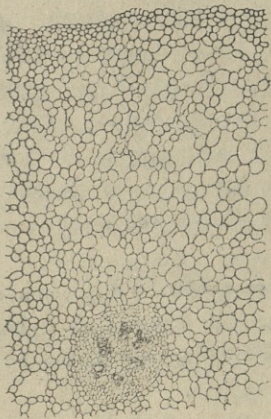
გარემოპირობების ზეგავლენით ფესვის სტრუქტურის გამარტივების მაგალითს წარმოადგენს ორლებნიანი მცენარის ფესურის ფესვები. ყურადღებას შევაჩერებთ რამდენიმე მაგალითზე. წყალში და ჭარბტენიან პირობებში მოზარდი მცენარეებიდან შეიძლება დავასახელოთ თეთრი ღუმფარა, ყვითელი ღუმფარა და წყლის სამყურა. ნაკლებტენიან პირობებში მყოფ ზოგიერთ ორლებნიანის ფესვებში მეორადი ცვლილებები მეტად უმნიშვნელოა და ფესვის მთავარი მასა მაინც პირველადი ქსოვილებისაგან შედგება; ასეთებია, მაგალითად, ფურისულას და მერკურილის ფესვები. ქვემოთ მოგვყავს დასახელებული ორლებნიანი მცენარეების ფესურის ფესვების მიკროსკოპიული აგებულება.

თეთრი ღუმფარა — *Nymphaea alba* L. ფესვის შინაგან აგებულებაში ყურადღებას იპყრობს მთელი არსებობის მანძილზე მასში პირველადი სტრუქ-

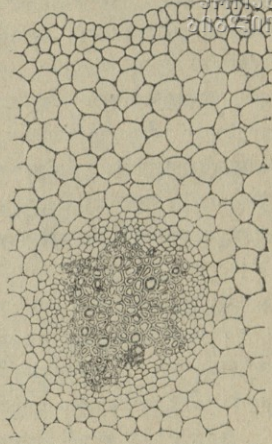
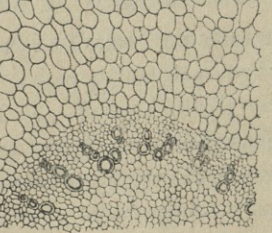
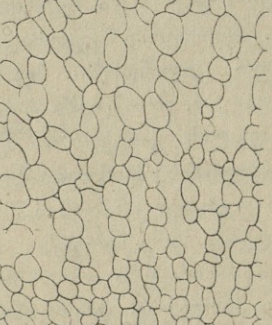
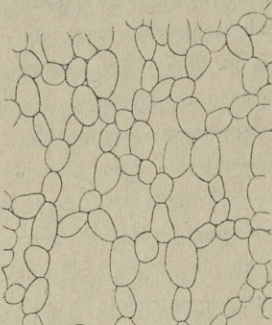
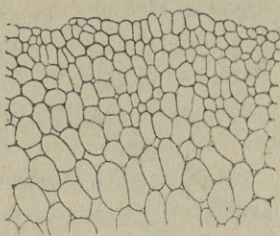
ტურის შენარჩუნება. ფესვი განივ განაკვეთზე ორ მთავარ ნაწილად იყოფა (სურ. 1). ცენტრში ქერქთან შედარებით პატარა ცენტრალური ცილინდრი, მის ირგვლივ პირველად ქერქს დიდი ადგილი უჭირავს. ქერქი მთლიანად წარმოდგენილია თხელგარსიანი სხვადასხვა ზომის სფერული უჯრედებით. უჯრედებს შორის დიდი საჰაერო სივრცეები ამ ქსოვილს აერენქიმის სახეს აძლევს. ქერქის უჯრედები პერიფერიაზე და ცენტრალურ ცილინდრთან უფრო პატარა ზომისაა და ერთმანეთთან მჭიდროდ არის განლაგებული. ქერქი გარედან თხელგარსიანი კანით არის დაფარული, შიგნით კი ენდოდერმით მთავრდება; ენდოდერმა ცენტრალური ცილინდრის ირგვლივ პატარა უჯრედების რგოლს ქმნის. ეს უჯრედები არ სქელდება და რაიმე თვალსაჩინო ნივთიერებას არ შეიცავს. ცენტრალურ ცილინდრში გამტარი სისტემა—ფლოემა და ქსილემა—ერთმანეთის მორიგეობით, რადიალურად არის განლაგებული. ჭურჭლების კედელი სპირალურადაა გასქელებული. გულგულს საკმაო ფართობი უჭირავს. ფესვში, გარდა ჭურჭლებისა, სხვა სქელგარსიანი და გახევებული ელემენტები არ გვხვდება, ფესვის მთელ სიგრძეზე მეორად ცვლილებებს ადგილი არა აქვს.

ყვითელი ღუმფარა—*Nuphar luteum* Smith. ყვითელ ღუმფარას ფესვი გარეგნულად თეთრ ღუმფარას ფესვის მსგავსია, მაგრამ შინაგან აგებულებაში განსხვავება მეტად თვალსაჩინოა. ამ მცენარის ფესვის პირველად ქერქში საჰაერო სივრცეები უფრო პატარებია. ქერქის პერიფერიული უჯრედები უფრო პატარები და მჭიდროდ განლაგებულია. ენდოდერმა გარსის გასქელებით ან რაიმე თვალსაჩინო ნივთიერების შემცველობით არ გამოიყოფა. ყვითელი ღუმფარის ფესვის პირველად ქერქში ყურადღებას იპყრობს მექანიკური დანიშნულების იდიობლასტები, სქელი და გახევებული გარსით. ეს უჯრედები დატოტვილია. ხშირად ღუზას ფორმა აქვთ. მათი ქიმები ქვევიდან ზევით აქოდის და საჰაერო ღრუში განივ განაკვეთზე ცალკეული უჯრედის სახითაა წარმოდგენილი, რომელიც ისეა მოთავსებული საჰაერო ღრუში, რომ ან რომელიმე პარენქიმულ უჯრედს ეკვრის, ან ამ სიბრტყეში სრულიად არ ეხება სხვა უჯრედს. ასეთი მექანიკური დატოტვილი იდიობლასტები ყვითელი ღუმფარის ფესვში საკმაო რაოდენობით გვხვდება. ფესვი პირველად აგებულებას მთელ სიგრძეზე ინარჩუნებს. ცენტრალური ცილინდრი უფრო პატარაა. იგი რადიალურად განლაგებული ფლოემით და ქსილემით არის წარმოდგენილი. ჭურჭლების დიამეტრი მცირეა. ჭურჭლები აქაც სპირალური და რგოლური გასქელებით ხასიათდება. გულგულს პატარა ფართობი უჭირავს. ყვითელი ღუმფარის ფესვი თეთრი ღუმფარის ფესვთან შედარებით ნაკლები დიამეტრისაა და ამავე დროს ფესვის ყველა ქსოვილი წვრილუჯრედოვანია (სურ. 2).

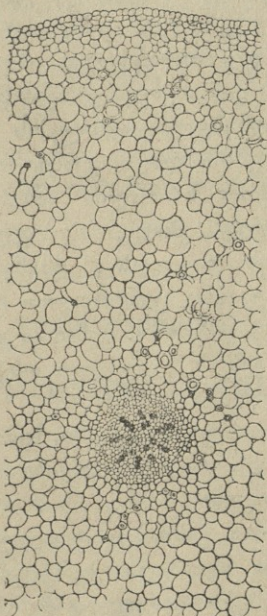
წყლის სამყურა—*Menyanthes trifoliata* L. წყლის სამყურის ფესვი (სურ. 3) გარედან დაფარულია წვრილუჯრედოვანი კანით. კანის ქვეშ რამდენიმე წყება უჯრედებისა პატარებია და ერთმანეთთან მჭიდროდ არის განლაგებული. პირველადი ქერქის დანარჩენი დიდი ნაწილი აერენქიმას უჭირავს, რომელიც ერთგვაროვანი უჯრედებით არის წარმოდგენილი. ქერქის



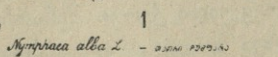
3. *Mercurialis perfoliata* L. წიწვოვანი მცენარე



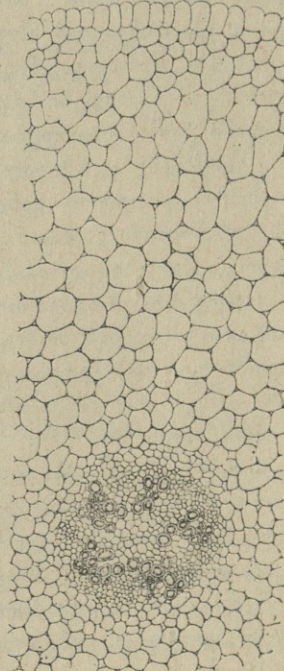
Mercurialis perfoliata L. მცენარე 3



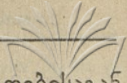
2. *Nyrbaea lutea* Smith ყვითელი წაფურე



1. *Nyrbaea alba* L. - მცენარე წითელი



4. *Rumex macoselya* Steud. მცენარე წითელი

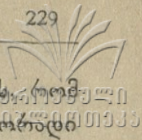


უჯრედების უკანასკნელი წყება—ენდოდერმა, ქერქის სხვა უჯრედებისაგან განსხვავდება იმით, რომ ერთ რგოლზე განლაგებული მისი უჯრედების მანეთთან მჭიდროდაა და მათი გარსი ცვლილებებს არ განიცდის. ცენტრალურ ცილინდრში მორიგეობით არის განლაგებული ქსილემა და ფლოემა, რომელიც მცირერიცხოვანია, ჭურჭლები პატარა დიამეტრისაა, რგოლური და სპირალური გასქელებით ხასიათდება. ცენტრში გულგულია მოცემული (სურ. 3). წყლის სამყურის ფესვშიც ყველა ქსოვილი პირველადია. ზემოთ განხილული ფესვების ფხვიერი აგებულება და გამტარი ქსოვილის სუსტი დიფერენციაცია გარემოპირობების გავლენის შედეგია.

ნაკლებტენიან პირობებში მყოფ ზოგიერთი ორლებნიანი მცენარის ფესვებსაც ძირითადად პირველადი აგებულება ახასიათებს. მაგრამ ამ ფესვების ცენტრალურ ცილინდრში მეორადი ცვლილება უმნიშვნელოდ მაინც ხდება. ასეთია, მაგალითად, ფურისულას და მერკურიალის ფესვი.

დიდჯამა ფურისულა—*Primula macrocalyx* Bge. ფურისულის ფესვი გარედან დაფარულია მოზრდილუჯრედებიანი კანით. ქერქის პირველადი ქსოვილი ერთმანეთთან ახლოს მდებარე, სხვადასხვა ზომის მრგვალი უჯრედებით არის წარმოდგენილი. პერიფერიაზე ეს უჯრედები უფრო პატარებია, ცენტრისაკენ უჯრედები უფრო დიდია და ცენტრალურ ცილინდრთან ახლოს უჯრედები კვლავ მცირდება. ენდოდერმა მკვეთრად არ გამოიყოფა ქერქის სხვა უჯრედებისაგან; ცენტრალურ ცილინდრში შენარჩუნებულია ქსილემის და ფლოემის რადიალური განლაგება. ჭურჭლები შედარებით დიდი დიამეტრისა და სქელგარსიანია; მათი კედლის გასქელება მჭიდრო სპირალის სახისაა; ზოგჯერ გასქელების გარდამავალი სახე შეიძლება შეგვხვდეს. ქსილემის და ფლოემის საზღვარზე ზოგიერთი უჯრედი კაბიუმის მსგავს დაყოფას ამჟღავნებს, მაგრამ ამ უჯრედების მოქმედება აღრე ჩერდება, ამიტომაც ცენტრალურ ცილინდრში მეორადი ქსოვილების მიმატება არ არის თვალსაჩინო. ფესვი მთელი თავისი არსებობის მანძილზე პირველად ქერქს ინარჩუნებს. გულგული თხელგარსიანია (სურ. 4).

მერკურიალის—*Mercurialis perennis* L. მერკურიალის ფესვში, ზემოთ განხილული მცენარეების ფესვისაგან განსხვავებით, ცენტრალურ ცილინდრში აღდგილი აქვს მეორად ცვლილებებს, მაგრამ ეს პროცესი შორს არ მიდის, რადგან მერისტემული მოქმედება მალე წყდება. ამის გამო ცენტრალური ცილინდრი ძირითადად პირველადი აგებულებისაა და მეორადი ჭურჭლების რაოდენობა მეტად უმნიშვნელოა. მეორადი ცვლილებები პირველად ქერქზე არ ვრცელდება და ფესვს პირველადი ქერქი შენარჩუნებული აქვს არსებობის მთელ მანძილზე. იგი სხვადასხვა ზომის თხელგარსიანი უჯრედებითაა წარმოდგენილი. ენდოდერმა პატარა თხელგარსიანი უჯრედებისაგან შედგება. მის შემდეგ ქერქის უჯრედები უფრო დიდებია, პერიფერიაზე უჯრედები ზომაში მცირდება. ქერქის უჯრედებს შორის პატარა უჯრედშორისებია და ქერქი გარედან კანით არის დაფარული (სურ. 5).



განხილული ფესვების აგებულების აღწერილობიდან ნათლად ჩანს, რომ ზოგიერთი ორლებნიანი მცენარის ფესვის ცენტრალურ ცილინდრში მცირედი ცვლილებანი ან სულ არ ხდება, ან მეტად უმნიშვნელოა, პირველადი ქერქი მთლიანად შენარჩუნებულია და ფესვის ენდოდერმისათვის დამახასიათებელი ცვლილებები არ გვხვდება.

მიუხედავად საერთო აგებულების სიმარტივისა, ამ ფესვების აგებულება საკმაოდ მრავალფეროვანია. ფესურიანი მცენარეების ფესვების სტრუქტურის ეს მრავალფეროვნება აღნიშნულ მცენარეთა მიერ გარემოპირობების არაერთგვარ ასიმილაციაზე მიუთითებს.

ორლებნიან მცენარეთა ფესურის ფესვების სტრუქტურის გამარტივება შეიძლება განვიხილოთ როგორც გარემოპირობებისა და ფუნქციონალურად შეცვლილ ორგანოს—ფესურის ურთიერთმოქმედების შედეგი.

ლიტერატურა

1. Ф. Н. Крашенинников, Лекции по анатомии растений, 1937 г.
2. ე. შირიანაშვილი, ზოგიერთი ორლებნიანი მცენარის ფესურის აგებულება, 1949 წ.

სტალინის სახელობის
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
მცენარეთა ანატომიისა და ფიზიოლოგიის კათედრა

(შემოვიდა რედაქციაში 25. IV. 1953.)

Е. И. Мирианашвили

Несколько примеров упрощенного строения корня двудольных

Резюме

Общее указание о том, что после первичного строения в корнях двудольных наступают вторичные структурные изменения, вследствие чего резко изменяется характерная первичная структура корня, не всегда оправдывается.

Проведенное исследование показало, что первичное строение в корнях некоторых двудольных сохраняется.

В корнях этих растений камбий или не возникает вовсе, поэтому не происходят вторичные изменения в центральном цилиндре, или, при образовании камбия, его действие очень ограничено.

Увеличение диаметра таких корней происходит вследствие возникновения новых клеток в основной ткани или, еще чаще, вследствие



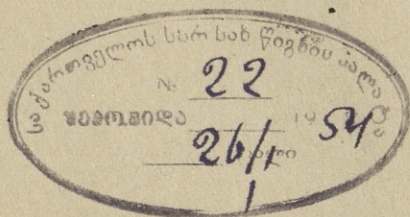
увеличения объема этих клеток. По нашим наблюдениям выясняется, что такое строение корня характерно чаще для растений, произрастающих в водных условиях или в условиях с повышенной влажностью.

Примером упрощения структуры корня могут служить корни корневищ двудольных растений различных местообитаний. В качестве представителей растений, произрастающих в условиях воды и повышенной влажности, приведем кувшинку белую (рис. 1), кувшинку желтую (рис. 2) и вахту (рис. 3).

В корнях некоторых двудольных, произрастающих в условиях меньшей влажности, вторичные изменения слишком незначительны и основная масса корня опять-таки состоит из первичных тканей. Таковыми являются, например, корни примулы (рис. 4) и пролесника (рис. 5).

Из рассмотренных примеров корней ясно, что в корнях некоторых двудольных растений вторичные изменения в центральном цилиндре или совсем не происходят или слишком незначительны. Первичная кора всюду вполне сохранена и изменения, присущие эндодерме, не происходит.

Упрощение структуры корней корневищ двудольных нужно рассматривать как результат взаимодействия внешней среды и функционально измененного органа стебля—корневища.



გადაეცა წარმოებას 15/V 1953 წ. ხელმოწერილია დასაბუქდად 12/XII 53 წ. ტირაჟი 480.
შუ 12982. ქალაღდის ზომა $70 \times 108\frac{1}{16}$, ნაბეჭდი თაბახი 20,21, სააღრიცხვო-საგამომცემლო —
15,22. შეკვეთა № 415.

ფასი 10 მან.

სტალინის სახელობის თბილისის სახ. უნივერსიტეტის გამომცემლობის სტამბა-ლითოგრაფია,
უნივერსიტეტის ქ., 1.