

**ოკეანის ინჟინერია**

**მდინარე რიონის „საქალაქო არხის“ შესართავის სამხრეთით  
მდებარე ზღვის სანაპირო ზოლის ეროზიისაგან დაცვის  
ინოვაციური ღონისძიება**

**ივანე სალინაძე**

vanosag@gmail.com

**შალვა კირთაძე**

sh.kirtadze@atsu.edu.ge

**მანანა ფხაკაძე**

manana.pkhakadze@atsu.edu.ge

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
ქუთაისი, საქართველო

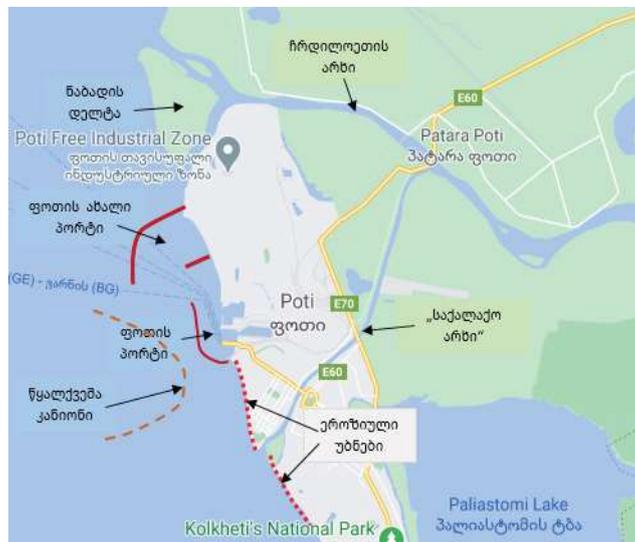
ნაშრომში განხილულია შავი ზღვის ქალაქ ფოთის სანაპირო ზოლში არსებული გარემოსდაცვითი და გეომორფოლოგიური ხასიათის პრობლემები. შეფასებულია ახალი ნავსადგურის დამცავი მოლოს გავლენა სანაპირო ზოლში მიმდინარე ეროზიულ პროცესებზე. გეოტუბების გამოყენებით შემუშავებულია მდინარე რიონის „საქალაქო არხის“ შესართავის სამხრეთით მდებარე 400მ სიგრძის სანაპირო ზოლის ეროზიისაგან დაცვის ინოვაციური სქემა. ნაპირის დაცვის ეს სქემა ეფექტურია მხოლოდ „საქალაქო არხის“ შესართავის მიმდებარედ, სადაც მდინარისგან წარმოშობილი სამხრეთის მიმართულების დინებებით ხდება არეალში ნატანის შემოტანა-დალექვა. შერჩეული შტორმისათვის გამოკვლეულია სანაპირო ზოლში ტალღების გავრცელება და დამსხვრევა. შერჩეულია გეოტუბზე ტალღების გადავლისას ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის გამოსათვლელი ფორმულა. შეფასებულია შტორმების დროს გეოტუბებისგან შედგენილი კონსტრუქციის მდგრადობა. ჩვენ მიერ შემუშავებული ნაპირდამცავი ნაგებობის დასავლეთი ნაწილი იწვევს გადავლებული ტალღების დამსხვრევას და ნაპირზე ტალღური დატვირთვის შემცირებას. მათი განთავსება წყლის ქვეშ უზრუნველყოფს გადავლებული წყლის დამატებითი ცირკულაციების გარეშე უკან ზღვაში დაბრუნებას. ამასთანავე ჩრდილოეთი და სამხრეთი ნაწილი ამცირებს ნაპირზე სანაპირო დინებების გავლენას, რაც დადებითად აისახება იქ მიმდინარე ეროზიულ პროცესებზე.

**საკვანძო სიტყვები:** ტალღა, ნაპირი, ეროზია, გეოტუბი.

**შესავალი.** ქალაქ ფოთსა და მის საზღვაო რეგიონში რამდენიმე ათეული წელია არსებობს გარემოსდაცვითი და გეომორფოლოგიური ხასიათის დღემდე გადაუჭრელი პრობლემები (სურ. 1), რაც განაპირობა

ამ რეგიონში, სხვადასხვა წლებში და სხვადასხვა მიზნით წარუმატებლად დაპროექტებულმა და განხორციელებულმა ჰიდროსაინჟინრო მშენებლობებმა (სადინაძე ... 2017).

გეომორფოლოგიური ხასიათის ეს პრობლემები ქალაქ ფოთის სანაპირო ზოლში დაიწყო მას შემდეგ, რაც 1939 წელს მდ. რიონი მთლიანად იქნა გადაგდებული ქალაქის ჩრდილოეთით. ამ ღონისძიებამ მართალია ქალაქი იხსნა ხშირი დატბორვებისგან, მაგრამ ზღვის ნაპირზე შექმნა პლაჟწარმოქმნელი ნატანის აუნაზღაურებელი დეფიციტი. ზღვამ კატასტროფულად წარეცხა ფოთის სანაპირო ზოლი და ასეულობით მეტრით დაახევინა უკან.



სურ. 1. ქალაქ ფოთის სანაპირო ზოლის სქემა

1959 წელს მდ. რიონზე, ფოთის ჩრდილო-აღმოსავლეთით მეშვიდე კილომეტრზე, აიგო წყალგამყოფი ჰიდროკვანძი კაშხალ-ხიდიტ და რაბ-რეგულატორით. მისი დანიშნულება იყო 600 მ<sup>3</sup>/წმ-მდე მდინარის ხარჯების დაბრუნება ქალაქის ძველ კალაპოტში და ამ გზით ზღვის ნაპირზე ნატანის არსებული დეფიციტის (600 ათასი მ<sup>3</sup>/წელ.) შევსება. მაგრამ 300 მ<sup>3</sup>/წმ-ზე მეტი ხარჯების გაშვებისას, არხის კალაპოტის დაღეჭვისა და ზღვაში გასასვლელი კვეთის დეფორმაციების გამო (რაც ხდებოდა ზღვის ტალღების ზემოქმედებით მდინარის წყალმცირობის პერიოდში), ქალაქი კვლავ დაექვემდებარა დატბორვებს. პორტის სამხრეთით წარმოიშვა ნატანის დეფიციტი დაახლოებით 200 000მ<sup>3</sup>/წელ., რამაც გამოიწვია ნაპირის წარეცხვები (გაგოშიძე ... 2017).

## ი. სალინაძე, შ. კირთაძე, მ. ფხაკაძე

დღეს ქალაქ ფოთის სანაპირო ზოლზე ახალი რეალობა შეიქმნა. იწყება ფოთის ახალი ნავსადგურის მშენებლობა, რომლის მოლო სათავეს იღებს ნაბადის დელტის სამხრეთ ტოტთან და ზღვაში შედის დაახლოებით ერთ კილომეტრმანძილზე (სურ. 1).

გარდა ამისა, ახალი მოლოს აშენების შემდეგ შემცირდება მდინარე რიონის ჩრდილოეთ არხიდან არსებული პორტის სამხრეთ დასავლეთით მდებარე კანიონში (სურ. 1) შემოტანილი ნატანის მოცულობა. ამჟამად კანიონი წონასწორობაშია. ნატანის მიწოდების შემცირების გამო კანიონმა შეიძლება დაიწყოს მოძრაობა ნაპირისკენ და საფრთხე შეუქმნას არსებული ნავსადგურის ფუნქციონირებას.

ამჟამად ინტენსიურად ირეცხება მდინარე რიონის „საქალაქო არხის“ შესართავის სამხრეთით მდებარე სანაპირო. ამ ტერიტორიაზე გადის ფოთი-ნოვოროსიისკის ოპტიკურ ბოჭკოვანი წყალქვეშა ინტერნეტ კაბელი. 2014-2020 წლების ძლიერმა შტორმებმა და შესართავში მდინარე რიონის „საქალაქო არხის“ მიერ წარმოქმნილმა სანაპირო დინებებმა გამოიწვია ამ ზონაში ნაპირის ინტენსიური წარეცხვები და ნაპირმა 70-80 მეტრით დაიხია უკან (სალინაძე ... 2017) (სურ. 2).



**სურ. 2. წარეცხილი ნაპირი „საქალაქო არხის“ შესართავთან**

უმოქმედობის შემთხვევაში, ამ ინტენსიობით ნაპირის წარეცხვების გაგრძელება კიდევ უფრო გაზრდის ეროზიის სიჩქარეს და საფრთხეს შეუქმნის არა მარტო ინტერნეტ კაბელის ფუნქციონირებას, არამედ „საქალაქო არხის“ შესართავის სამხრეთით მდებარე მთელ სანაპირო ზოლს.

ძირითადი ნაწილი. ეროზირებული უბნის სარეაბილიტაციოდ შემოთავაზებულია მსოფლიოში საკმარისად აპრობირებული, მაგრამ საქართველოში ჯერ კიდევ დაუნერგავი ტექნოლოგია, რაც გულისხმობს ქვიშით შევსებული გეოტექსტილის მილების (გეოტუბების) გამოყენებით ეროზიული პროცესების შეჩერებას (სალინაძე ... 2017).

გეოტუბების გამოყენებით „საქალაქო არხის“ შესართავის სამხრეთით მიმდებარე 400მ ტერიტორიის დაცვის ინოვაციური სქემა ნაჩვენებია სურ. 3-ზე (ნომერი (1-12) არის გეოტუბები).



**სურ. 3. გეოტუბების გამოყენებით „საქალაქო არხის“ მიმდებარე ტერიტორიის ეროზიისაგან დაცვის სქემა.**

ნაპირის დაცვის სქემაში გამოყენებულია ორი ტიპის გეოტუბი:

1. გეოტუბები ნომერი (4-12) - GT1000, რომელთა სიგრძეა - 50მ; დიამეტრი - 2,5მ; სიმაღლე - 1,5მ; სიგანე - 3,2მ, ნაპირიდან მაქსიმალური დაშორება - 130მ. გეოტუბი განთავსდება წყალქვეშ, წყნარი ზღვის ზედაპირიდან 0,4-0,5მ დაშორებით (სურ. 3).

2. გეოტუბები ნომერი (1-3)- GT1000, რომელთა სიგრძეა - 60მ; დიამეტრი - 1,6მ; სიმაღლე - 1მ. ნომერი 1 გეოტუბი განთავსდება წყნარი წყლის ზედაპირის ზემოთ 0,2-0,3მ, ნომერ 2 გეოტუბი წყლის ზედაპირზე, ხოლო მე-3 წყნარი ზღვის ზედაპირის ქვემოთ დაახლოებით 0,2 მეტრზე (სურ. 3).

## ი. სალინაძე, შ. კირთაძე, მ. ფხაკაძე

შევნიშნოთ, რომ ნაპირის დაცვის ეს სქემა ეფექტურია მხოლოდ „საქალაქო არხის“ შესართავის მიმდებარედ, სადაც მდინარისგან წარმოშობილი სამხრეთის მიმართულების დინებებით ხდება არეალში ნატანის შემოტანა-დალექვა. შტორმების დროს ნომერ 3-12 გეოტუბებზე ხდება ტალღების გადავლება, დამსხვრევა და შესაბამისად მათი სიმაღლისა და ენერჯის შემცირება, ხოლო ნომერი 1-2 გეოტუბები ხელს უწყობენ სამხრეთის მიმართულების დინებებისგან გეოტუბებით შემოსაზღვრულ არეალში ნატანის შემოტანა-დაჭერას, ხოლო ჩრდილოეთის მიმართულების დინებებისგან არეალში ნატანის შეკავებას. შედეგად ნაპირთან წარმოიქმნება დაახლოებით 40-50 მეტრი სიგანის პლაჟი.

ტალღების საპროექტო მახასიათებლები ქალაქ ფოთის სანაპირო ზოლში მოცემულია ნაშრომში (სალინაძე ... 2017).

ფოთის სანაპიროზე საანგარიშო შტორმისათვის შერჩეულია შემდეგი მონაცემები:  $H = 6\text{მ}$  და  $T = 9\text{წმ}$ .

განვიხილოთ შერჩეული შტორმის დროს სანაპირო ზოლში ტალოიზის გავრცელება და დამსხვრევა. ტალღის სიგრძე ღრმა წყალში ( $H > \frac{\lambda}{2}$ ) გამოითვლება ფორმულით (გაგოშიძე ... 2017):

$$\lambda_c = \frac{gT^2}{2\pi} \approx 140\text{მ}$$

ტალღის ნაპირისკენ მოძრაობისას მისი სიმაღლე ფსკერის გავლენის გამო იზრდება, სიგრძე იკლებს და პირველი დამსხვრევა მოხდება სიღრმეზე (Кононкова Г. Е. ... 1985):

$$h = 0,75H = 0,75 \cdot 6 \approx 4,5\text{მ}$$

განსახილველ არეში ზღვის ფსკერის საშუალო დახრილობა შეადგენს (სალინაძე ... 2017)  $\alpha = 0,016$  და დამსხვრევის ადგილი ნაპირიდან დაშორებულია  $x = \frac{h}{\alpha} = \frac{4,5}{0,016} = 281\text{მ}$ , ხოლო ტალღის სიგრძე -  $\lambda \approx 48\text{მ}$ .

ჩვენი ნაგებობის მაქსიმალური დაშორება ნაპირიდან არის 130მ, სადაც სიღრმეა 2მ, ამიტომ შტორმის დროს მასთან მისული ტალღების მაქსიმალური სიმაღლეები იქნება 1,5-1,6მ.

წყალქვეშა გეოტუბის ეფექტურობა და შესაბამისად სანაპირო ხაზის მორფოლოგიური რეაქცია დამოკიდებულია გეოტუბის გადავლისას ტალღების ტრანსფორმაციაზე. ტალღების ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი განისაზღვრება ფორმულით (D'Angremond ... 1996):

$$K_t = \frac{H_t}{H_i}, \quad (0 < K_t < 1), \quad (1)$$

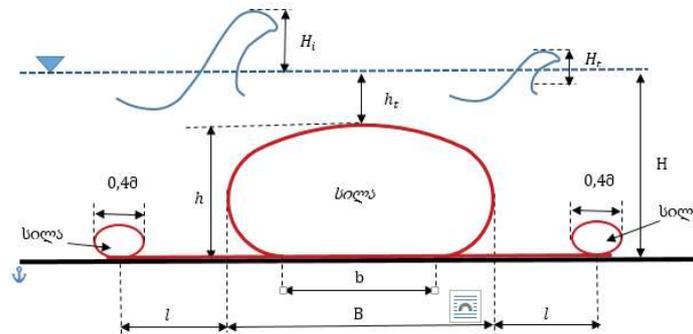
სადაც  $H_i$  - ტალღის სიმაღლეა გეოტუბთან, ხოლო  $H_t$  - გეოტუბის გადავლის შემდეგ ტალღის ტრანსფორმირებული სიმაღლეა.

გეოტუბზე ტალღების გადავლის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი გამოითვლება ფორმულით (D'Angremond ... 1996):

$$K_t = 0,4 \cdot \frac{h_t}{H_i} + 0,8 \cdot \left(\frac{B}{H_i}\right)^{-0,31} \cdot (1 - e^{-0,5\xi}), \quad \xi = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{L}} \quad (2)$$

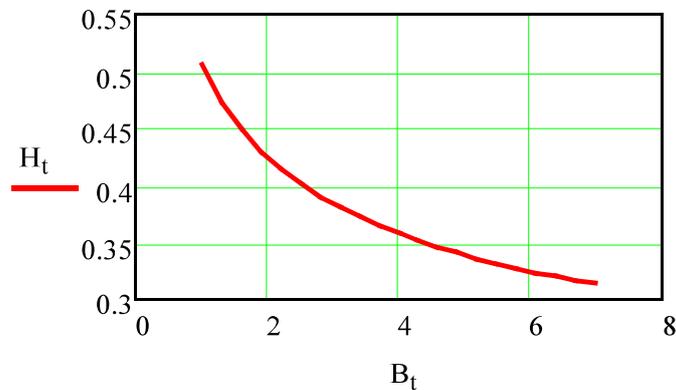
სადაც  $\xi$  – ირიზარენის კოეფიციენტი, ხოლო  $H$  და  $L$  – შესაბამისად ტალღის სიმაღლე და სიგრძე ღრმა წყალში,  $h_t$  – გეოტუბის ზედაპირის დაშორებაა წყნარი ზღვის დონიდან. შტორმის დროს ზღვის წყლის საშუალო აწევის დონე არის 0,5-0,8 მეტრი (Конюккова Г. Е. ... 1985).

გეოტუბის ზღვის ფსკერზე განთავსების ტიპური სქემა ნაჩვენებია სურ. 4-ზე, სადაც ძირითადი გეოტუბის გარდა მოცემულია გეოტექსტილის საფენი და ორი საანკერე გეოტუბი, რომელიც გეოტუბს იცავს ფსკერული გამორეცხვებისაგან. სურ. 3-ზე აღნიშნულია:  $H_i$  – ტალღის სიმაღლე გეოტუბთან;  $H_t$  – ტალღის სიმაღლე გეოტუბის გადავლის შემდეგ;  $h$  – გეოტუბის მაქსიმალური სიმაღლე;  $H$  – წყლის სიღრმე;  $B$  – გეოტუბის მაქსიმალური სიგანე;  $b$  – გეოტუბის ფსკერთან შეხების სიგრძე;  $h_t$  – გეოტუბის ზედაპირის დაშორებაა წყნარი ზღვის ზედაპირიდან –  $h_t = H - h$ ;  $l$  – საანკერე გეოტუბის დაშორებაა გეოტუბიდან (სურ. 4) (სადინაძე ... 2017).



სურ. 4. წყალქვეშა გეოტუბით გამოწვეული ტალღის სიმაღლის შემცირება.

გეოტუბზე გადავლებული ტალღის  $H_t$  სიმაღლის დამოკიდებულების გრაფიკი გეოტუბის გაშლის მაქსიმალურ  $B_t$  სიგანესთან მოცემულია სურ. 5-ზე (1 და 2 ტოლობებიდან).



სურ. 5.  $H_t$ -ს დამოკიდებულება გეოტუბის სიგანეზე.

მე-5 სურათიდან ჩვენ მიერ არჩეული გეოტუბის მონაცემებისათვის ვღებულობთ: თუ სიგანეა -  $B=3,2$ მ, მაშინ  $H_t \approx 0,38$ მ; ასეთი სიმაღლის ტალღები სანაპირო ზოლისათვის საშიშროებას არ წარმოადგენს.

შტორმული ტალღების შემთხვევაში გეოტუბებისა და, შესაბამისად, ნაგებობის მდგრადობისათვის საჭიროა მასზე ტალღური დატვირთვების გაანგარიშება და მდგრადობის შეფასება. აგრეთვე, გეოტუბების დაცულობის შეფასება ფსკერული გამორეცხვებისაგან.

გეოტუბზე მაქსიმალური ტალღური დაწნევა გამოითვლება ფორმულით -  $P = P_d + P_{ct}$ , სადაც  $P_d$  - დინამიკური დაწნევაა გამოწვეული უშუალოდ ტალღის დაჯახებით, ხოლო  $P_{ct}$  - ჰიდროსტატიკური დაწნევაა, რომელიც დამოკიდებულია ტალღის ქიმის წყნარი ზღვის დონიდან აწევის სიმაღლეზე. ნაშრომიდან (Шулейкин, В. В. ... 1953) ვღებულობთ  $P_d = \rho(V(x))^2$ , სადაც  $V(x)$  - მაქსიმალური ტალღური სიჩქარეა, რომელიც ტოლია  $V(x) = \frac{\pi H(x)}{T}$ , სადაც  $x$  ნაპირიდან დაშორებაა.

ტალღის ქიმის წყნარი ზღვის დონიდან აწევის სიმაღლისათვის გვექნება (Кононкова Г. Е. ... 1985):

$$\zeta = \frac{H}{2} \left( 1 + \frac{\pi H}{2\lambda} + \frac{3}{8} \cdot \frac{\pi^2 H^2}{\lambda^2} \right)$$

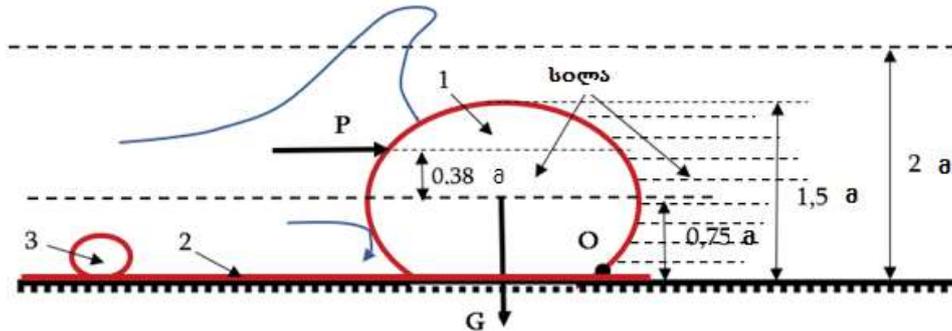
აქედან

$$P_{ct} = \rho g \zeta = \frac{\rho g H}{2} \left( 1 + \frac{\pi H}{2\lambda} + \frac{3}{8} \cdot \frac{\pi^2 H^2}{\lambda^2} \right).$$

საბოლოო 
$$P_0(x) = \frac{\rho \pi^2 (H(x))^2}{T^2} + \frac{\rho g H(x)}{4} \left( 1 + \frac{\pi H(x)}{2\lambda(x)} + \frac{3}{8} \cdot \frac{\pi^2 H(x)^2}{\lambda(x)^2} \right).$$

გამონგარიშების შემდეგ ვღებულობთ  $P_0 = 4,8 \frac{\rho g H^3}{T^2}$ . მე-6 სურათზე

ნაჩვენებია გეოტუბის ზღვის ფსკერზე განთავსების სქემა და მასზე მოქმედი ძალები.



სურ. 6. წყალქვეშა გეოტუბი და მასზე მოქმედი ძალები.

გეოტუბის განივი კვეთის ფართობია  $S = 5\text{მ}^2$ , ამიტომ 1მ სიგრძის გეოტუბის(სილითსავსე)წონატოლია  $G = \rho \cdot g \cdot S = 1,6 \cdot 10^3 \cdot 9,8 \cdot 5 = 80\text{კნ}$ . 1 მეტრი სიგრძის გეოტუბის ზედაპირის ფართობია  $7,85\text{მ}^2$ , ამიტომ მის მეოთხედზე მოქმედი ტალღების დაწნევის ძალა დაახლოებით ტოლია  $P = P_0 \cdot \frac{S}{4} = 4,8 \cdot 1,96 = 9,82\text{კნ}$ . გეოტუბის მაქსიმალური სიგანე 3,6მ. იმისათვის, რომ ტალღებმა ამოაბრუნოს გეოტუბი საჭიროა შესრულდეს უტოლობა (სურ. 6):

$$1,2 \cdot P > 1,6 \cdot G,$$

რაც შეუძლებელია. ჩატარებული ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ნაგებობის კონსტრუქცია მდგრადია ტალღების ზემოქმედების მიმართ.

ფოთის რეგიონში სანაპირო დინებების საშუალო სიჩქარე იცვლება დიაპაზონში 0,1-0,25მ/წმ. “საქალაქო არხის“ მიდამოებში დომინირებს სამხრეთით მიმართული სანაპირო დინებები, რომლის სიჩქარე იცვლება დიაპაზონში 0,1-1მ/წმ და სწორედ ეს დინებებია ტალღების ნაპირზე ზემოქმედების შედეგად ჩამოშლილი მასალის ძირითადი გადამტანი.

**დასკვნა.** ჩვენ მიერ შემუშავებული ნაპირდამცავი ნაგებობა გლუვი ფორმისაა და არ იწვევს დამატებით ცირკულაციებსა და ტურბულენტურ ეფექტებს. ნაგებობის დასავლეთი ნაწილი გამოიწვევს გადავლებული ტალღების დამსხვრევას და მისი სიმაღლისა და ენერჯის შემცირებას. მათი განთავსება წყლის ქვეშ უზრუნველყოფს გადავლებული წყლის დამატებითი ცირკულაციების გარეშე უკან ზღვაში დაბრუნებას.

ნაგებობის ჩრდილოეთ ნაწილზე მოხდება რიონის სამხრეთ დინებისგან წარმოქმნილი ნაკადის გადადინება და გეოტუბებით

## ი. სალინაძე, შ. კირთაძე, მ. ფხაკაძე

---

შემოსაზღვრულ არეალში სილის შემოტანა-დალექვა. ამასთანავე ის ხელს შეუშლის სამხრეთ-დასავლეთის მიმართულების ტალღების მიერ წარმოქმნილი ჩრდილოეთის დინებების მიერ გეოტუბებით შემოსაზღვრული არეალიდან ნატანის გატანას. ნაგებობა მის სამხრეთით ნაპირზე შეასუსტებს “საქალაქო არხიდან” წარმოქმნილი სანაპირო დინებების გავლენას, რაც დადებითად აისახება იქ მიმდინარე ეროზიულ პროცესებზე.

ჩვენ მიერ შემუშავებული ნაგებობა ხელს არ შეუშლის მდინარე რიონის “საქალაქო არხის” მიერ შემოტანილი ნატანის სანაპირო ზოლში გადანაწილებას, რადგან “საქალაქო არხის” მიერ შემოტანილი ნატანი ზღვაში ილექება ნაპირიდან დაახლოებით 335 მეტრ მანძილამდე (გაგოშიძე ... 2017) და შემდეგ ტალღებისა და სანაპირო დინებების მეშვეობით გადანაწილდება სანაპირო ზოლში.

ზემოთ ჩატარებული გაანგარიშებებიდან გამომდინარეობს, რომ გეოტუბზე გადავლებისას მნიშვნელოვნად მცირდება ტალღების სიმაღლეები და შესაბამისად ტალღების ენერგიები. ასეთ ტალღებს ნაპირის გარეცხვას ვერ შეძლებენ და შერჩეული 400მ სიგრძის ნაპირი იქნება დაცული.

ამრიგად, შტორმების დროს ტალღების პირველი დამსხვრევა და ძირითადი ენერგიის დისიპაცია იწყება ნაპირიდან 281 მეტრის დაშორებით. ნაპირიდან 130 მეტრი დაშორებით განთავსებულ გეოტუბთან აღწევს ტალღები სიმაღლით 1,5-1,6მ. გეოტუბის გადავლების შემდეგ ტალღები განიცდიან ენერგიის დისიპაციას და ტრანსფორმირებული ტალღის სიმაღლე მცირდება 0,38-0,48 მეტრამდე. ასეთი სიმაღლის ტალღები ნაპირის წარეცხვას ვერ იწვევენ.

ჩატარებული გამოკვლევები გვიჩვენებს, რომ ჩვენ მიერ შემუშავებული ჰიდროტექნიკური ნაგებობის კონსტრუქცია მდგრადია ტალღური ზემოქმედების მიმართ და დაცულია ფსკერული გამორეცხვებისაგან.

ნაგებობის სამხრეთით ეროზიული პროცესების სრული შეჩერებისათვის საჭიროა გეოტუბების გამოყენებით ანალოგიური ღონისძიებების განხორციელება.

### ლიტერატურა

გაგოშიძე, შ., კოდუა, მ., სალინაძე, ი., ქადარია, ი. 2017. სამდინარო ჰიდრომშენებლობა და საქართველოს შავი ზღვისპირეთის გეომორფოლოგიური პროცესები. თბილისი: „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, ბრეგვაძე, ა., გამეზარდაშვილი, ზ. 2017. „შავი ზღვის ქალაქ ფოთის

სანაპირო ზოლის მონაკვეთის ეროზიისაგან დაცვა წყალქვეშა გეოტუბების გამოყენებით“. აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მოამბე 2017, N2(10): 196-203.

სალინაძე, ი., გამეზარდაშვილი, ზ. 2018. „შავი ზღვის ქალაქ ფოთის სანაპირო ზოლში შტორმების დროს ტალღების გავრცელებისას წყლის საშუალო დონის ცვლილების გაანგარიშება“. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი. N1 (2018): 63-67.

სალინაძე, ი. 2020. „გეომორფოლოგიური პრობლემების გადაჭრის გზები საქართველოს შავი ზღვისპირა რეგიონებში ინოვაციური ტექნოლოგიების გამოყენებით“. აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მოამბე. 2020, N1(15): 158-168.

Кононкова, Г. Е. Показеев, К. В. 1985. *Динамика морских волн*. Москва: Изд-во МГУ.

Шулейкин, В. В. 1953. *Физика моря*. Москва: изд-во АН СССР.

D'Angremond, K., van der Meer, de Jong, R.J. 1996. "WAVE TRANSMISSION AT LOWCRESTED STRUCTURES"; ASCE, Proc. ICCE, Orlando, 1996, Florida, 3305-3318.

Pilarczyk, K. W. 2003. „Design of low crested (submerged) structures: an overview“. Paper presented at the Proceedings of the 6th Conference on *Coastal and Port Engineering in Developing Countries*.

## Ocean Engineering

### **An innovative measure to protect the coastal zone of the sea located to the south of the "City channel" runoff of the Rioni River (from erosion)**

**Ivane Saghinadze**

vanosag@gmail.com

**Shalva Kirtadze**

sh.kirtadze@atsu.edu.ge

**Manana Pkhakadze**

manana.pkhakadze@atsu.edu.ge

Akaki Tsereteli State university

Kutaisi, Georgia

*The paper discusses environmental and geomorphological problems in the Black Sea city of Poti. The impact of the new port protective mole on the ongoing erosion processes along the coast has been assessed. Using geotubes, an innovative scheme for the protection of the 400 m long shoreline south to the confluence of the Rioni River "city canal" has been developed. This shore protection scheme is effective only in the vicinity of the confluence of the "city canal", where the sediment is brought by the south direction flows generated by the river. For the selected storm, the propagation and collapse of the waves along the coast are investigated. The formula for calculating the transformation coefficient is selected. The stability of the structure of geotubes during storms is evaluated. The western part of the coast guard construction designed by us causes the overrun waves to crumble and reduce the ripple load on the shore. Their placement under water ensures the return of returned water to the sea without additional circulations. At the same time, the northern and southern parts reduce the impact of coastal currents on the coast, which has a positive impact on the erosion processes taking place there.*

**Keywords:** wave, shore, erosion, geotube.

**Introduction.** Seaside region of Georgia suffers from unsolved problems of environmental and geomorphological nature for several decades, because of unsuccessfully designed and implemented hydro engineering projects of various purposes.

Mentioned problems of geomorphological nature in Poti coastal strip begin from 1939 when river Rioni was entirely thrown-over to the northward of city. Although this action saved the city from frequent floods but at the outskirts the irreplaceable deficit of beach forming sediment was created. The sea catastrophically washed out the coast of Poti and pushed it back for hundreds of meters (Fig. 1).



**Fig. 1. The scheme of Poti coastal strip.**

In 1959 on the river Rioni, at seventh kilometer of Poti northeast, the watershed hydro complex was built with dam-bridge and lock-regulator. Its function involved return of up to 500 m<sup>3</sup>/sec of river flow to city old bed and compensation of existing deficit of alluvium (400 000 m<sup>3</sup>/year) on seacoast by this manner. But at the flow more than 300 m<sup>3</sup>/sec the city once again was subjected to the flood because of precipitation of channel bed and deformations of sea inlet. To the south of the port, a sediment deficit of about 200,000 m<sup>3</sup>/year was formed, which led to the washing of the coastline.

Today a new reality has been created on the Poti coast. The construction of a new port in Poti is beginning, the barrier pier of which will start from the southern branch of the delta and enter the sea at a distance of about one kilometer (Fig. 1). The construction of a protective jetty for a new port in the coastal zone of Poti will reduce the mass of sediments and limit their transportation to the coastal zone. This will contribute to the emergence of additional erosion processes, especially to the south of the existing port.

Currently, the coast south to the confluence of the Rioni River with the "City canal" is being intensively washed away. Poti-Novorossiysk fiber-optic underwater internet cable runs through this area. Strong storms that occurred in 2014-2020 caused intensive erosion of the shore south to the runoff of the "City canal" of the Rioni River and the shore retreated 70-80 meters back in the last 5-6 years. As a result, the underwater cable was bare, the sea reached to the distributor well and jeopardized the functioning of the optical fiber cable (Fig. 2).



**Fig. 2. Washed out coast at mouth of “City channel”.**

In case of inactivity, continuing washing the shore at this intensity will further increase the erosion rate. It will endanger not only the functioning of the Internet cable, but also the entire southcoastline of the confluence of the "city canal.

**basic part.** For rehabilitation of eroded sections and disintegrating hydraulic constructions in Poti region we propose the well-known technology but not used in Georgia, providing the use of geotextile tubes (geotubes) filled by the sand.

The scheme of protection from erosion of the coast, which is located to the south of the "city channel" runoff, is shown in Fig. 3. Two types of geotubes are used to construct the structure:

1. Geotubes (4-12) - GT1000, with length - 50 m; Diameter - 2.5 m; Height 1.5 m; Width -3,2 m, maximum distance from the shore 130 m. The geotube will be located underwater, at a distance of 0.4-0.5 m from the surface of the Pacific Sea (Fig. 3).
2. Geotubes (1-3) - GT1000, the length of which is 60 m; Diameter - 1.6 m; Height 1 m. Geotubes 1 and 2 will be located 0.2-0.3 m above the water, while the 3rd Geotube will be located approximately 0.2-0.4 m below the surface of the Pacific Sea (Fig. 3).



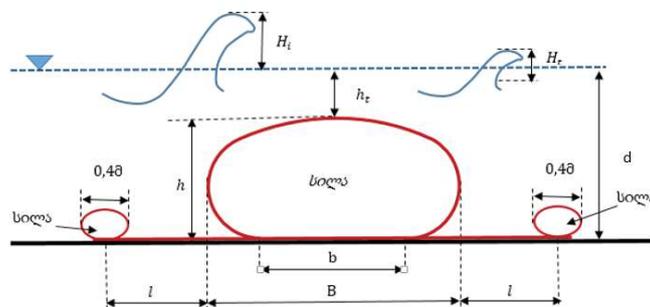
**Fig. 3. Scheme of erosion protection of the area south of the "city canal" using geotubes.**

Note that this coastal protection scheme is effective only in the area of the confluence of the "city channel" sea. During a storm, waves collapse on geotubes 3-12, and, therefore, their energy decreases, and 1-2 Geotubes help to catch sediment from the southern streams to the shore. As a result, we get a beach 40-50 meters wide.

According to the Poti meteorological station, the levels of sea water rise are: very high - 1.3 m, high - 0.5 m, low - 0.2 m, very low - 0 m. The coastline is sandy and the average sediment diameter is  $D_{50} = 0,25$  mm. The average slope of the seabed is  $\alpha = 0,016$ . The average velocity of coastal currents is 0,1-0,25m/s.

During severe storms, the first wave breaking occurs at a distance -  $280 \div 370$  m from the coast, which leads to a decrease wave energy and the wave height of reaching geotubes varies in the range  $H_i \sim 1,6 \div 2,0$  m.

Typical scheme of geotube placing on sea bottom is shown in Fig. 4 where apart from main geotube, the geotextile bedding and two anchoring geotubes are seen, which protect main Geotube from the washout.



**Fig. 4. Sceme of plasing of geotextile tube on sea bottom.**

In Fig. 4 denotes:  $H_i$ - the height of a significant wave in geotube;  $H_t$ - is the height of the wave after passing the geotube;  $h$  - maximum geotube height;  $d$  - water depth;  $B$  - maximum geotube width;  $b$  - length of geotube contact with ground;  $h_t$  is the distance from the surface of the calm water to the geotube crest -  $h_t = h - d$ ;  $l$  - distance from the main geotube to the anchor geotube.

The efficiency of underwater geotubes and the morphological response of the shoreline depends on the transformation of the waves during geotube passes. The coefficient of wave transformation is determined by the formula (D'Angremond ... 1996):

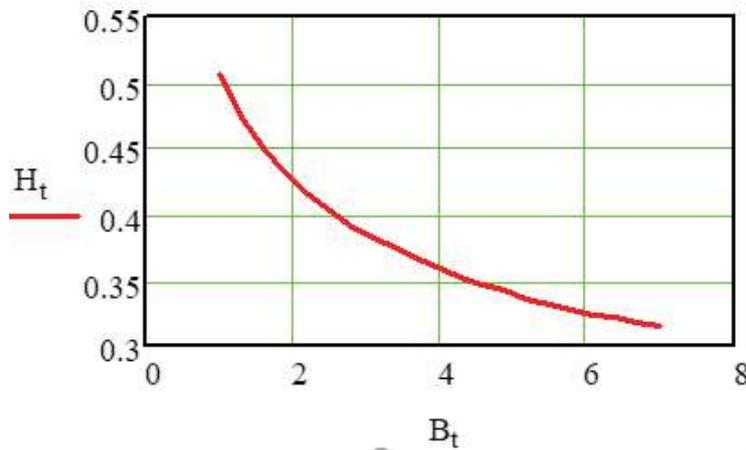
$$K_t = \frac{H_t}{H_i}, \quad (0 < K_t < 1) \quad (1)$$

The empirical formula for determining the Coefficient of transformation of a wave while passing a Geotube is (D'Angremond... 1996):

$$K_t = -0,4 \cdot \frac{h_t}{H_i} + 0,8 \cdot \left(\frac{B}{H_i}\right)^{-0,31} \cdot (1 - e^{-0,5\xi}), \quad \xi = \frac{\tan \alpha(2)}{\sqrt{L}}$$

where  $\xi$  is the Iribaren coefficient.

After passing the geotube, the graph of the dependence of the wave height  $H_t$  on the maximum width of the geotube  $B_t$  is shown in Fig. 5 (Eq. 1 and 2).



**Fig. 5. Dependence of  $H_t$  on the width of the geotube.**

Fig. 5 we obtain the data for the geotube we have chosen: if the width is  $B_t = 3,2_m$ , then -  $H_t = 0,38_m$ ; Waves of this height pose no threat to the coastline.

In the case of storm waves, the stability of geotubes and, therefore, structures, requires the calculation of wave loads on them and an assessment of stability.

The maximum wave pressure on the geotube is calculated by the formula -

$P = P_d + P_{ct}$ , where  $P_d$  is the dynamic pressure caused directly by the collision of waves, and  $P_{ct}$  is the hydrostatic pressure, which depends on the height of the wave crest rise above the calm sea level. from (Shuleikin, V.V. ... 1953)  $P_d = \rho(V(x))^2$ , where  $V(x)$  - is the maximum wave velocity, equal to  $V(x) = \frac{\pi H(x)}{T}$ , where  $x$  - distance from the runner.

the height of the rise of the wave crest above sea level will be:

$$\zeta = \frac{H}{2} \left( 1 + \frac{\pi H}{2\lambda} + \frac{3}{8} \cdot \frac{\pi^2 H^2}{\lambda^2} \right),$$

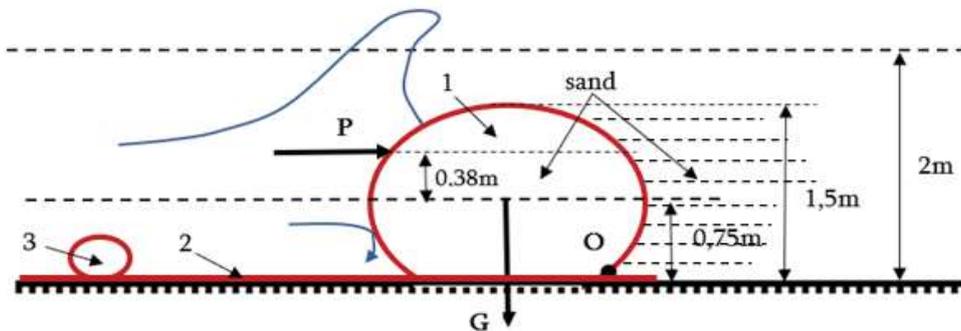
from this

$$P_{ct} = \rho g \zeta = \frac{\rho g H}{2} \left( 1 + \frac{\pi H}{2\lambda} + \frac{3}{8} \cdot \frac{\pi^2 H^2}{\lambda^2} \right).$$

Finally

$$P_0(x) = \frac{\rho \pi^2 (H(x))^2}{T^2} + \frac{\rho g H(x)}{4} \left( 1 + \frac{\pi H(x)}{2\lambda(x)} + \frac{3}{8} \cdot \frac{\pi^2 H(x)^2}{\lambda(x)^2} \right).$$

After the calculation we get  $P_0 = 4,8 \frac{kn}{m^2}$ . In fig. 6 shows a diagram of the location of the geotube on the seabed and the forces acting on it.



**Fig. 6. Submarine geotube and forces acting on it.**

The cross-sectional area of the geotube is  $S = 5 \text{ m}^2$ , so the weight of a 1 m long geotube (filled with sand) is equal to  $G = \rho \cdot g \cdot S = 1,6 \cdot 10^3 \cdot 9,8 \cdot 5 = 80 \text{ kn}$ . The surface area of a 1-meter long geotube is  $7.85 \text{ m}^2$ , so the compressive strength of the waves acting on its quarter is approximately equal to  $P = P_0 \cdot S/4 = 4.8 \cdot 1.96 = 9.82 \text{ kn}$ . The maximum width of the geotube is 3.2 m. In order for the waves to turn the geotube, it is necessary to satisfy the inequality (Fig. 6):

$$1,13 \cdot P > 1,6 \cdot G,$$

which is impossible. Based on the analysis performed, it can be concluded that the structure is resistant to waves.

Conclusions. The coastal protection structure designed by us has a smooth shape and does not cause additional turbulent effects. The western part of the structure will cause the passing waves to collapse and reduce its energy. Placing structure underwater ensures that they can return to the sea without circulation.

In the northern part of the structure, water from the southern stream of the Rioni River will overflow, and sediments will settle in the closed area. In addition, it will prevent sediment from being carried out of the geotubes, north-facing coastal currents created by southwestern waves. the construction in the southern direction will weaken the impact of coastal currents created by the "city canal", which will have a positive effect on the erosion processes taking place there.

The coastal protection structure designed by us will not interfere with the redistribution of sediments introduced by the "City Canal" of the Rioni River into the coastal zone, since the sediments introduced by the "City Canal" flow into the sea at a distance of 335 meters from the coast, and then waves and coastal currents will redistribute them to the coastal zone.