

## „B“ ტიპის (მე-II კატეგორიის) გრუნტებისათვის გაძლიერების S კოეფიციენტის მნიშვნელობების ცვლილების დიაპაზონის შეფასება

<sup>1,2</sup> არაბიძე ვ., <sup>1,3</sup> გოგმაჩაძე ს.

1 ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის, მიხეილ ნოდიას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, 0171, თბილისი, მ. ალექსიძის ქ.#1. (Vakhtang.Arabidze@tsu.ge)

2 საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი, 0159, თბილისი, დავით აღმაშენებლის ხეივანი # 240 (V.Arabidze@agruni.edu.ge)

3 ქართულ-ამერიკული უნივერსიტეტი, 0160, თბილისი, მ. ალექსიძის ქ. #8 (sergogomachadze@gmail.com)

სეისმომედეგი პროექტირებისა და მშენებლობის ერთერთ თანამედროვე აქტუალურ საკითხს წარმოადგენს საქართველოში მოქმედი სამშენებლო ნორმებიდან, კერძოდ პნ 01.01-09 „სეისმომედეგი მშენებლობა“ [1] გადასვლა ევროპულ სეისმომედეგ სტანდარტებზე – ევროკოდ-8-ზე, რომელიც თავისმხრივ ითვალისწინებს ქართული ეროვნული დანართების დამუშავებას. საქართველოს ეკონომიკის სამინისტროს, სამშენებლო პოლიტიკის დეპარტამენტთან არსებული სამშენებლო კომიტეტის მიერ (ჩვენი მონაწილეობით) დღეისათვის მომზადებულია ევროკოდი 8 – 1-ის (ევროკოდი 8 – სეისმომედეგი კონსტრუქციების დაპროექტება – ნაწილი 1: ზოგადი წესები, სეისმური ზემოქმედებები და წესები შენობებისათვის [2]) ქართული ეროვნული დანართის პირველი რედაქცია. აღნიშნული დოკუმენტის მე-3 ნაწილი ეთმობა გრუნტის პირობებს და სეისმურ ზემოქმედებას, კერძოდ 3.1 ქვეთავში მოყვანილია გრუნტების ზოგადი მიმოხილვა და კლასიფიკაცია სეისმური თვისებების მიხედვით (იხ. ცხრილი 1), ხოლო სეისმური ზემოქმედება განიხილება 3.2 ნაწილში. დრეკადი და საანგარიშო რეაქციის სპექტრების ფორმირებაში მნიშვნელოვან სიდიდეს წარმოადგენს S პარამეტრი – გრუნტის ტიპის კოეფიციენტი, რომლის მნიშვნელობები 1-ლი და მე-2 ტიპის სპექტრებისათვის მოყვანილია დოკუმენტის 3.2 და 3.3 ცხრილებში და „B“ ტიპის გრუნტებისათვის შეადგენს შესაბამისად 1.2-ს და 1.35-ს.

როგორც 1 ცხრილში მოყვანილი მნიშვნელობებიდან ჩანს „B“ ტიპის გრუნტებისათვის (მე-II კატეგორია პნ 01.01-09-ის მიხედვით) განივი ტალღის გავრცელების სიჩქარის დიაპაზონი სხვა ტიპის გრუნტებთან შედარებით დიდია და შეადგენს:  $V_{S30} = 360 - 800$  მ/წმ (შესაბამისად პნ 01.01-09-ის ცხრილი 1-ის მიხედვით  $V_s = 300 - 800$  მ/წმ), რის გამოც S პარამეტრის მნიშვნელობები შესაძლოა ასევე იცვლებოდეს დიდ დიაპაზონში.

ამ საკითხის შესწავლის მიზნით „B“ ტიპის გრუნტები დავყოთ ორ ქვეჯგუფად: 1 ჯგუფს მივაკუთვნოთ გრუნტები განივი ტალღის გავრცელების სიჩქარის მნიშვნელობებით  $V_{S30} = 360 - 580$  მ/წმ; ხოლო მე-2 ჯგუფს მივაკუთვნოთ გრუნტები განივი ტალღის გავრცელების სიჩქარის მნიშვნელობებით  $V_{S30} = 580 - 800$  მ/წმ.

საინჟინრო სეისმოლოგიისა და სეისმური მიკროდარაიონების (მიკროზონინგის) კურსიდან [3, 4] ცნობილია, რომ დედამიწის ზედაპირის სიახლოვეს ტალღური თეორიის

ერთგანზომილებიანი ამოცანის მიხედვით გრუნტის  $i$ -ური ფენის  $z$  კოორდინატის მქონე წერტილის ჰორიზონტალური მოძრაობის დიფერენციალური განტოლება შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგი სახით:

$$\frac{\partial^2 W_i(z,t)}{\partial t^2} - c_1^2 \frac{\partial^2 W_i(z,t)}{\partial z^2} = 0 \quad (1)$$

სადაც,  $t$  – დროა;  $W_i(z, t)$  – გრუნტის  $i$ -ური ფენის  $z$  კოორდინატის მქონე წერტილის ჰორიზონტალური სეისმური აჩქარება;  $c_1$  –  $i$ -ური ფენის გრუნტში განივი სეისმური ტალღის გავრცელების სიჩქარეა.

განტოლების ამონახსნს აქვს შემდეგი სახე:

$$W_i(z, t) = W_i \left( i - \frac{z_i}{c_i} \right) + W_i^* \left( i + \frac{z_i}{c_i} \right) \quad (2)$$

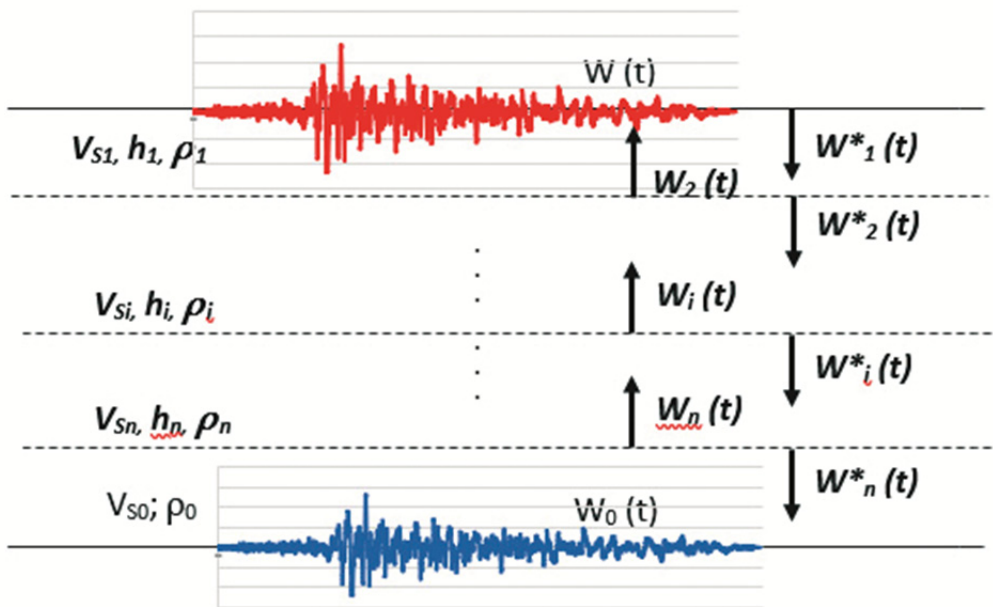
სადაც,  $W_i \left( i - \frac{z_i}{c_i} \right)$  და  $W_i^* \left( i + \frac{z_i}{c_i} \right)$  სეისმური ტალღის გავრცელებაა, შესაბამისად  $z$  ღერძის დადებითი და უარყოფითი მიმართულებით.

ცხრილი 1. გრუნტის ტიპები ევროკოდი – 8-ის მიხედვით.

გრუნტის ტიპი	სტრატეგრაფიული პროფილი	პარამეტრები		
		$V_{S,30}$ (მ/წმ)	$N_{SPT}$ (დარტყმები/30სმ)	$c_u$ (კპა)
A	კლდე ან კლდის მსგავსი გეოლოგიური ფორმაცია, რომელიც მოიცავს, არაუმეტეს, 5მ სუსტ ზედაპირულ ქანს.	>800	–	–
B	ძალიან მკვრივი ქვიშის, ხრეშის ან ძალიან ხისტი თიხის დანალექები, რომლებიც, სულ მცირე, 10 მეტრის სისქისაა და ხასიათდება სიღრმეში თანდათანობით მზარდი მექანიკური მახასიათებლებით.	360-800	>50	>250
C	მკვრივი ან საშუალო სიმკვრივის ქვიშის, ხრეშის ან ხისტი თიხის ღრმა დანალექი, რომლის სისქე რამ-დენიმე ათეულიდან ასეულობით მეტრებამდე აღწევს.	180-360	15-50	70-250
D	ფხვიერიდან საშუალომდე შეჭიდულობის მქონე დანალექი გრუნტები (რომლებიც შეიძლება მოიცავდეს სუსტი შეჭიდულობის შრეებს) ან შრეები, რომლებშიც რბილიდან საშუალომდე შეჭიდულობის მქონე გრუნტები დომინირებს.	<180	<15	<70
E	C ან D ტიპის $vs$ მნიშვნელობის მქონე ალუვიური ფენისგან შემდგარი გრუნტის პროფილი, რომლის სისქე მერყეობს 5მ-იდან და 20მ-ამდე ფარგლებში და რომლის ქვეშაც მდებარეობს უფრო ხისტი მასალა, სადაც $vs > 800$ მ/წმ.			

S <sub>1</sub>	დანაღეკები, რომლებიც შედგება ან მოიცავს, სულ მცირე, 10მ სისქის მქონე შრეებს, რბილ თიხებს/ შლამებს მაღალი პლასტიკურობის მაჩვენებლით PI>40 და წყლის მაღალი შედგენილობით.	<100 (აღმნი- შენელი)	-	10-20
S <sub>2</sub>	მგრძნობიარე თიხების დანაღეკები, გათხევადებული გრუნტების ან რაიმე სხვა ტიპის გრუნტის პროფილი, რომლებიც არ არის A-E ან S1 ტიპებში მოცემული.			

მიღებული ფორმულა (2) გამოიყენება სეისმური მიკროდარაიონების (მიკროზონინგის), რიცხვითი მეთოდის პირდაპირი და შებრუნებული ამოცანების გადასაწყვეტად [3, 4]. როგორც ცნობილია პირდაპირი ამოცანა მდგომარეობს საპროექტო ტერიტორიის კონკრეტული საინჟინრო-გეოლოგიური და საინჟინრო-სეისმოლოგიური ჭრილის შესაბამისად ნაგებობის დასაპირკვლების გრუნტების სეისმური რხევების აქსელეროგრამის (სეისმოგრამის) ანალიზურად აგებაში (მიღებაში), თუ ცნობილია კლდოვანი (ეტალონური) გრუნტის როგორც საყრდენი ფენის მოძრაობის აქსელეროგრამა (სეისმოგრამა). შებრუნებული ამოცანის მიზანია ქვევით განთავსებული კლდოვანი (ეტალონური) გრუნტისათვის სეისმური რხევების აქსელეროგრამის (სეისმოგრამის) ანალიზურად აგება (მიღება) თუ ცნობილია სეისმური რხევების ინსტრუმენტალურად ჩაწერილი აქსელეროგრამა (სეისმოგრამა) არაკლდოვანი გრუნტისათვის. ჩვენ შემდგომ კვლევაში გამოყენებული იქნება პირდაპირი ამოცანა, რომლის შესაბამისი ანალიტიკური სქემა მოყვანილია ნახაზ 1-ზე.



ნახ. 1. სეისმური მიკროდარაიონების რიცხვითი მეთოდის პირდაპირი ამოცანის შესაბამისი სქემა

ტალღური ფუნქციები  $W_i(t)$  და  $W^*_i(t)$  განისაზღვრება როგორც გარდატეხილი და არეკვლილი ტალღების ჯამი და გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$\begin{aligned}
 W_i(t) &= \alpha_{i+1,i} W_{i+1}(t-\tau_{i+1}) + \beta_{i,i+1} W_i^*(t-\tau_i) \\
 W_i^*(t) &= \alpha_{i-1,i} W_{i-1}^*(t-\tau_{i-1}) + \beta_{i,i-1} W_i(t-\tau_i)
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

სადაც:  $\alpha_{i+1,i}$ ,  $\alpha_{i-1,i}$ ,  $\beta_{i,i+1}$  და  $\beta_{i,i-1}$  შესაბამისად  $i$  – ური და  $i + 1$  შრის ტალღების გარდატეხის და არეკვლის კოეფიციენტებია;  $\tau_i = h_i / V_{si}$ ,  $i$ -ური შრის გრუნტების სეისმური მახასიათებელია (ლოკალურ შრეში ტალღის გავლის დრო იხილეთ ნახაზი 1).

აქსელეროგრამების პაკეტის შერჩევისათვის გამოყენებულ იქნა, ინტერნეტის ქსელში მოძიებული რესურსები, კერძოდ – ბერკლის უნივერსიტეტის „Pacific Earthquake Engineering Research Center: NGA Database“, გაერთიანებული ევროპის პროექტის „Internet-Site for European Strong-Motion DataBase“ და იტალიური აქსელერომეტრიული არქივის – Italian Accelerometric Archive მონაცემთა ბანკში არსებული აქსელეროგრამები. ქვემოთ მოყვანილია ინტერნეტ საიტები სადაც შესაძლებელია ძლიერი მიწისძვრების ჩანაწერების მოძიება და შერჩევა.

#### International Strong Motion Databases:

Global databases: PEER Strong Motion Database, COSMOS Consortium of Organizations for Strong Motion Observation Systems, Center for Engineering Strong-Motion Data

National databases: Strong-Motion Sismograph Networks (K-NET, KiK-net) (Japan), Strong Motion Database of Turkey, Italian Accelerometric Archive, Euroseistest database (Greece), Unified Hellenic Accelerogram Database (Greece), Swiss National Strong Motion Network, Institute of Engineering Seismology and Earthquake Engineering (Greece), Guerrero Accelerograph Network (Mexico), GeoNet (New Zealand).

კვლევების შედეგად მონაცემთა ბაზებიდან მოძიებულ იქნა ათი სამკომპონენტური ჩანაწერი, რომლებიც დაიყო ორ ჯგუფად: პირველი ჯგუფი შედგება ხუთ აქსელეროგრამისაგან რომლებიც ჩაწერილია კლდოვან გრუნტებზე ( $V_s = 800 - 1000$  მ/წმ) ევროკოდი 8-ის მიხედვით პირველი ტიპის მიწისძვრებისათვის (პირველი ტიპის მიწისძვრა – მაგნიტუდით  $M_s \geq 5.5$ ), ხოლო მეორე ჯგუფი ასევე შედგება ხუთ აქსელეროგრამისაგან რომლებიც ჩაწერილია ასევე კლდოვან გრუნტებზე ( $V_s = 800 - 1000$  მ/წმ) ევროკოდი 8-ის მიხედვით მეორე ტიპის მიწისძვრებისათვის (მეორე ტიპის მიწისძვრა – მაგნიტუდით  $M_s < 5.5$ ).

კვლევებში გამოყენებული ორი ჯგუფის (პირველი და მეორე ტიპის) მიწისძვრების ჩამონათვალი მოყვანილია ქვემოთ:

#### I ჯგუფი

- 1978 წლის 16 სექტემბრის „Tabas“-ს მიწისძვრა მაგნიტუდით 7.3 Mw (000182);
- 1979 წლის 15 აპრილის „Montenegro“-ს მიწისძვრა მაგნიტუდით 6.9 Mw (000195);
- 1999 წლის 17 აგვისტოს „Izmit“-ის მიწისძვრა მაგნიტუდით 7.6 Mw (001228);
- 1999 წლის 12 ნოემბრის „Duzce“-ის მიწისძვრა მაგნიტუდით 7.2 Mw (001706);
- 1997 წლის 18 ნოემბრის „Strofades“-ს მიწისძვრა მაგნიტუდით 6.6 Mw (005826).

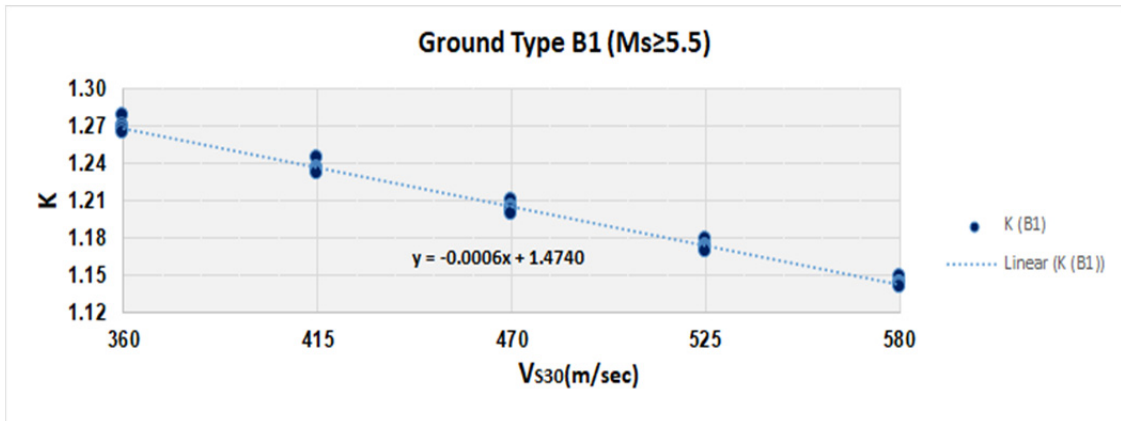
#### II ჯგუფი

- 1993 წლის 5 მარტის „Near coast of Filiatra“-ს მიწისძვრა მაგნიტუდით 5.2 Mw (000554);
- 1976 წლის 11 სექტემბრის „Friuli“-ს მიწისძვრის აფტერშოკი მაგნიტუდით 5.3 Mw (000707);
- 1987 წლის 10 ივნისის „Kalamata“-ს მიწისძვრის აფტერშოკი მაგნიტუდით 5.3 Mw (001900);
- 1997 წლის 26 აპრილის „Strofades“-ს მიწისძვრის ფორშოკი მაგნიტუდით 5.0 Mw (005824);
- 1988 წლის 2 აპრილის „Rafina“-ს მიწისძვრა მაგნიტუდით 4.6 Mw (006047).

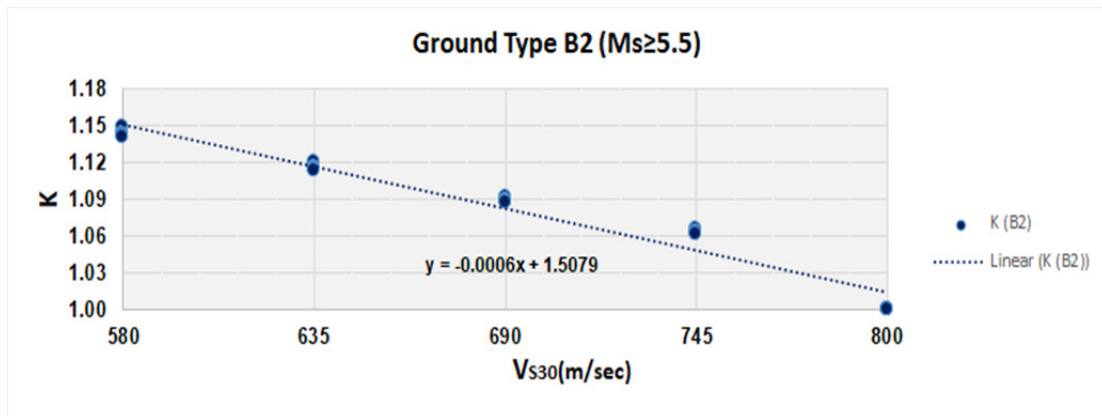
კლდოვანი გრუნტიდან სხვადასხვა სიჩქარის გრუნტებზე გადასვლისას ჩანაწერების მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობების ცვლილების K კოეფიციენტის გრაფიკები პირველი და მეორე ტიპის მიწისძვრის ჩანაწერებისათვის ნაჩვენებია მე-2 და მე-3 ნახაზებზე.

ამპლიტუდურ მახასიათებელთან ერთად აგრეთვე მნიშვნელოვან სიდიდეს წარმოადგენს კლდოვანი გრუნტიდან B1 და B2 ტიპის (ან სხვა ტიპის) გრუნტებზე გადასვლისას ჩანაწერების ფაზური მახასიათებლების ცვლილების დადგენა, რომლის თეორიულად განსაზღვრა ჯერჯერობით ვერ ხერხდება.

ა)

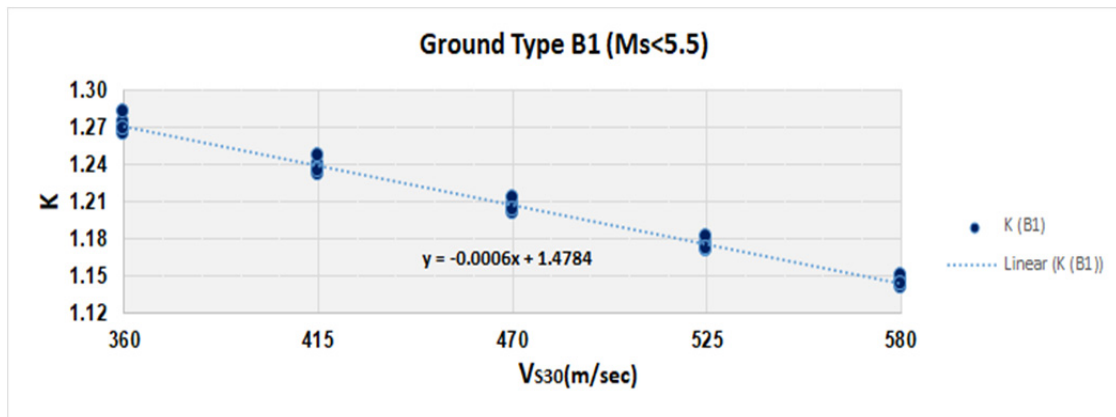


ბ)

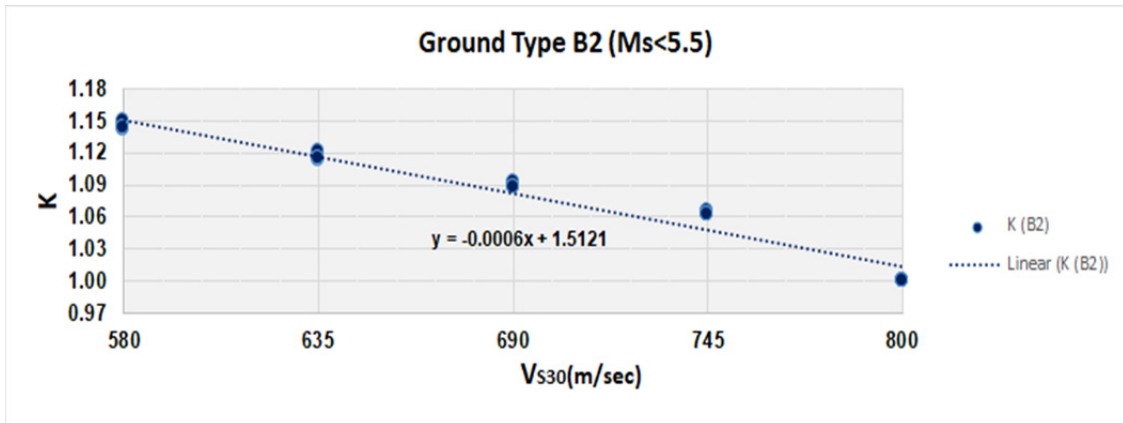


ნახ. 2. პირველი ტიპის მიწისძვრის ( $M_s \geq 5.5$ ) ზემოქმედებისას კლდოვანი გრუნტიდან B1 და B2 ტიპის გრუნტებზე გადასვლისას ჩანაწერების მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობების ცვლილების K კოეფიციენტის გრაფიკები.

ა)



ბ)



ნახ. 3. მეორე ტიპის მიწისძვრის ( $M_s < 5.5$ ) ზემოქმედებისას კლდოვანი გრუნტიდან B1 და B2 ტიპის გრუნტებზე გადასვლისას ჩანაწერების მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობების ცვლილების K კოეფიციენტის გრაფიკები.

მიღებული შედეგების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ: B ტიპის I ქვეჯგუფის გრუნტებისათვის ( $V_{s30} = 360 - 580$  მ/წმ) გაძლიერების კოეფიციენტის ცვლილება კლდოვან (A ტიპის) გრუნტებთან მიმართებაში შეადგენს  $K = 1.15 - 1.30$ -ს; ხოლო B ტიპის II ქვეჯგუფის გრუნტებისათვის ( $V_{s30} = 580 - 800$  მ/წმ) გაძლიერების კოეფიციენტის ცვლილება კლდოვან (A ტიპის) გრუნტებთან მიმართებაში შეადგენს  $K = 1.05 - 1.15$ -ს. აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ ეს ცვლილება ორივე შემთხვევაში თითქმის ერთნაირია, როგორც I ტიპის, ასევე II ტიპის მიწისძვრებისათვის.

ამგვარად ჩატარებული კვლევებით მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ შენობა-ნაგებობების დაპროექტებისას კონსტრუქციების საიმედოობის ამაღლების და ეკონომიკური ხარჯების შემცირების მიზნით მიზანშეწონილი იქნება მიკროდარაიონებითი (მიკროზონინგი) სამუშაოების ჩატარებისას B ტიპის გრუნტები დაიყოს მინიმუმ ორ B1 და B2 ქვეჯგუფად.

## ლიტერატურა – References – Литература

1. პროექტირების ნორმები პნ 01.01-09 „სეისმომედეგი მშენებლობა“ (საქართველოს ტექნიკური რეგლამენტი).
2. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings.
3. კ. ზავრიევი, შ. ნაფეტვარიძე, გ. ქარცივაძე, შ. ჯაბუა, ა. ჩურაიანი. ნაგებობათა სეისმომედეგობა. გამომცემლობა „მეცნიერება“, თბილისი 1980წ.
4. Медведев С.В. и др. Сейсмическое микрорайонирование, Издательство „Наука“, Москва, 1977.

## „B“ ტიპის (მე-II კატეგორიის) გრუნტებისათვის გაძლიერების S კოეფიციენტის მნიშვნელობების ცვლილების დიაპაზონის შეფასება

არაბიმე ვ., გოგმაჩაძე ს.

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია ევროკოდი-8-ის შესაბამისად „B“ ტიპის (მე-2 კატეგორია პნ 01.01-09) გრუნტებისათვის, რომლებშიც განივი ტალღის გავრცელების სიჩქარის ცვლილების დიაპაზონი სხვა ტიპის გრუნტებთან შედარებით დიდია, გაძლიერების კოეფიციენტის მნიშვნელო-

ბების ცვალებადობა I და II ტიპის მიწისძვრებისათვის. ამ მიზნით „B“ ტიპის გრუნტები დაყოფილია ორ ქვეჯგუფად: 1 ჯგუფს მიკუთვნებულია გრუნტები რომლებშიც განივი ტალღის გავრცელების სიჩქარის მნიშვნელობებია  $V_{S30} = 360 - 580$  მ/წმ; ხოლო მე-2 ჯგუფს მიკუთვნებულია გრუნტები რომლებშიც განივი ტალღის გავრცელების სიჩქარის მნიშვნელობებია  $V_{S30} = 580 - 800$  მ/წმ. კოეფიციენტის გამოთვლები ჩატარებულია საინჟინრო სეისმოლოგიის პირდაპირი ამოცანის ალგორითმის გამოყენებით, რომლის მიხედვითაც I ქვეჯგუფის გრუნტებისათვის გაძლიერების კოეფიციენტის მნიშვნელობა იცვლება  $K = 1.15 - 1.30$  ინტერვალში, ხოლო II ქვეჯგუფი გრუნტებისათვის  $K = 1.05 - 1.15$ -ს.

**საკვანძო სიტყვები:** გრუნტებისათვის გაძლიერების S კოეფიციენტი.

**ESTIMATION OF THE RANGE OF CHANGE OF VALUES  
OF S REINFORCEMENT COEFFICIENT FOR "B" TYPE  
SOILS ACCORDING TO EUROCODE-8**

**Arabidze V., Gogmachadze S.**

**Abstract**

The article deals with the issues of changing the values of the amplification factor for soils of type "B" according to Eurocode-8 during earthquakes of the I and II types. For this, soils of type "B" are divided into two subgroups: group 1 includes soils in which the values of the shear wave propagation velocity  $V_{S30} = 360 - 580$  m / s; The second group includes soils in which the values of the shear wave propagation velocity are  $V_{S30} = 580-800$  m/s. The calculation of the coefficients is carried out according to the algorithm of the direct problem of engineering seismology. Calculations show that the value of the gain for subgroup I soils varies within the range  $K = 1.15 - 1.30$ , and for subgroup II soils  $K = 1.05 - 1.15$ .

**ОЦЕНКА ДИАПАЗОНА ИЗМЕНЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ  
КОЭФФИЦИЕНТА УСИЛЕНИЯ S ДЛЯ ГРУНТОВ ТИПА «В» ПО ЕВРОКОДУ-8**

**Арабидзе В.Г., Гогмачадзе С.А.**

**Реферат**

В статье рассматриваются вопросы изменения значений коэффициента усиления для грунтов типа «В» по Еврокоду-8 при землетрясениях I-ого и II-ого типа. Для этого грунты типа «В» делятся на две подгруппы: к группе 1 относятся грунты, в которых значения скорости распространения поперечных волн  $V_{S30} = 360 - 580$  м/с; Ко второй группе относятся грунты, в которых значения скорости распространения поперечной волны составляют  $V_{S30} = 580-800$  м/с. Расчет коэффициентов проводится по алгоритму прямой задачи инженерной сейсмологии. Расчеты показывают, что значение коэффициента усиления для грунтов I подгруппы изменяется в пределах  $K = 1,15 - 1,30$ , а для грунтов II подгруппы  $K = 1,05 - 1,15$ .