

UDC 550.8

SCOPUS CODE 1909

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2026-2-79-84>

მეწერული პროცესების კლასიფიკაციის თანამედროვე სისტემები და მათი შედარებითი ანალიზი

ნიკო ფოფორაძე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური და მთის მდგრადი განვითარების ფაკულტეტის დოქტორანტი, საქართველო
E-mail: nick.poporadze@gmail.com

რეცენზენტები:

გ. გაფრინდაშვილი, თბილისის სსახელმწიფო უნივერსიტეტის ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის ასისტენტ პროფესორი

E-mail: Gaprindashvili.george@gmail.com

ხ. ავალიანი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური და მთის მდგრადი განვითარების ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: Kh.avaliani@gtu.ge

ანოტაცია.

მეწერული პროცესები ერთ-ერთ მნიშვნელოვან გეოდინამიკურ საფრთხედ განიხილება, რომელიც პირდაპირ გავლენას ახდენს ურბანულ და საინჟინრო ინფრასტრუქტურაზე. მათი სწორად იდენტიფიკაცია და კლასიფიკაცია წარმოადგენს საფუძველს ფერდობთა მდგრადობის შეფასების, რისკის ანალიზისა და პრევენციული ღონისძიებების დაგეგმვისათვის.

სტატიაში განხილულია მეწერული პროცესების კლასიფიკაციის ორი ძირითადი სისტემა: საერთაშორისო პრაქტიკაში ფართოდ გამოყენებული დ.ჯ. ვარნესის (D.J. Varnes) (1978) ტიპოლოგიური კლასიფიკაცია და საქართველოში დანერგილი საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევებისთვის ოპტიმალურია მათი ინტეგრირებული გამოყენება.

რო-გეოლოგიური, გენეტიკური მიდგომა. ასევე წარმოდგენილია მათი თეორიული საფუძვლები, სტრუქტურა, განვითარების ეტაპები და პრაქტიკული გამოყენების სფეროები. გაანალიზებულია კლასიფიკაციების მეთოდოლოგიური განსხვავებები და გამოვლენილია მათი უპირატესობები ფერდობთა მდგრადობის შეფასების, საშიშროების ზონირებისა და საინჟინრო დაგეგმარების კონტექსტში. აღნიშნული სისტემები ურთიერთშემავსებელ ხასიათს ატარებს და თანამედროვე საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევებისთვის ოპტიმალურია მათი ინტეგრირებული გამოყენება.

საკვანძო სიტყვები: კლასიფიკაცია; მეწერი; რისკების შეფასება; საინჟინრო გეოლოგია; ფერდობის მდგრადობა.

შესავალი

საერთაშორისო პრაქტიკაში მეწყერების კლასიფიკაციის ყველაზე გავრცელებულ სისტემას წარმოადგენს დ.ჯ. ვარნესის მიერ 1978 წელს შემუშავებული სქემა, რომელიც ეფუძნება მოძრაობის ტიპსა და გადაადგილებული მასალის მახასიათებლებს. საქართველოში კი ფართოდ გამოიყენება საინჟინრო-გეოლოგიური სკოლის საფუძველზე ჩამოყალიბებული გენეტიკური კლასიფიკაცია, რომელიც ორიენტირებულია პროცესის გამომწვევ მიზეზებსა და მექანიზმებზე.

წინამდებარე სტატიის მიზანია აღნიშნული ორი სისტემის ანალიზი, მათი შედარება და თანამედრო-

ვე საინჟინრო პრაქტიკაში მათი ინტეგრირებული გამოყენების შესაძლებლობების შეფასება.

ძირითადი ნაწილი

მეწყერული პროცესების კლასიფიკაცია უზრუნველყოფს ფერდობთა მდგრადობის შეფასებას, საშიშროების ზონირებასა და საინჟინრო გადაწყვეტილებების მიღების პროცესის გამარტივებას. დ.ჯ. ვარნესის მიერ შემუშავებული (ცხრილი 1) და საქართველოში დანერგილი კლასიფიკაცია ერთმანეთისაგან განსხვავდება როგორც თეორიული საფუძვლებით, ისე პრაქტიკული გამოყენების მიზნითაც.

ცხრილი 1

ვარნესის (1978) მეწყერების კლასიფიკაცია

მოძრაობის ტიპი	კლდოვანი	ნამსხვრევი	გრუნტი
ჩამოვარდნა (Fall)	1. კლდის ჩამოვარდნა	2. ნამსხვრევების ჩამოვარდნა	3. მიწის ჩამოვარდნა
გადაბრუნებით ჩამოშლა (Topple)	4. კლდის გადაბრუნება	5. ნამსხვრევების გადაბრუნება	6. მიწის გადაბრუნება
როტაციული სრიალი (Rotational sliding / Slump)	7. კლდის სლამპი (როტაციული სრიალი)	8. ნამსხვრევების სრიალი	9. მიწის სრიალი
ტრანსლაციური სრიალი (Translational sliding)	10. ბლოკური სრიალი	11. ნამსხვრევების სრიალი	12. მიწის სრიალი
ლატერალური გაფანტვა (Lateral spreading)	13. კლდის გაფანტვა	—	14. მიწის გაფანტვა
ნაკადი (Flow)	15. კლდის მცოცავი გადაადგილება (creep)	16. ჩამონაშალი ნაკადი	21. მშრალი ქვიშის ნაკადი
		17. ნამსხვრევების ნაკადი	22. სველი ქვიშის ნაკადი
		18. ნამსხვრევების ზვავი	23. სწრაფი თიხის ნაკადი
		19. სოლიფლუქცია	24. მიწის ნაკადი
		20. ნიადაგის მცოცავი გადაადგილება	25. სწრაფი მიწის ნაკადი
			26. ლიოსის ნაკადი
კომპლექსური (Complex)	27. კლდის სრიალი-ნამსხვრევების ზვავი	28. ფერდობის მოხრა / ხეობის ამობურცვა	29. მიწის სლამპი-მიწის ნაკადი

ვარნესის კლასიფიკაცია ეფუძნება მეწყერების მოძრაობის ტიპისა და მასალის გადაადგილების პრინციპებს. ქანის მოძრაობის ტიპები მოიცავს:

- ჩამოვარდნა (fall);
- გადაბრუნებითი ჩამოშლა (topple);
- როტაციული და ტრანსლაციური სრიალი (rotational და translational slide);
- ლატერალური გაფანტვა (lateral spread);
- ნაკადი (flow);
- კომპლექსური ფორმები (Complex).

მასალის კლასიფიკაცია თავდაპირველად დაყოფილი იყო სამ ძირითად ჯგუფად — კლდე (rock), ნამსხვრევი (debris) და გრუნტი (earth), თუმცა მოგვიანებით, ჰუნგრის (Hungar), ლეროუელისა (Leroueil) და პიკარელის (Picarelli) (2014) მიერ მასალის კატე-

გორიები გაფართოვდა გეოტექნიკურ ტერმინოლოგიასთან უკეთესი შესაბამისობის მიზნით, რამაც კლასიფიკაცია კიდევ უფრო დაახლოვა საინჟინრო პრაქტიკასთან.

ვარნესის სისტემის მნიშვნელოვანი განვითარება განხორციელდა 1995–1996 წლებში, როდესაც იუნესკოს მსოფლიო მეწყერთა ინვენტარიზაციის სამუშაო ჯგუფის (WP/WLI) რეკომენდაციებით და ქრუდენისა (Cruden) და ვარნესის (Varnes) ნაშრომებით დაინერგა გადაადგილების სიჩქარის კატეგორიების სკალა (ცხრილი 2). ამან კლასიფიკაციას მიანიჭა დინამიკური და რაოდენობრივი განზომილება — მეწყერები კლასიფიცირდა ექსტრემალურად ნელი მოძრაობებიდან ექსტრემალურად სწრაფ მოვლენებამდე.

ცხრილი 2

მეწყერული პროცესების გადაადგილების სიჩქარის კლასიფიკაცია (ქრუდენი & ვარნესი, 1996; WP/WLI)

სიჩქარის კლასი	აღწერა	სიჩქარე (მმ/წმ)	ტიპური სიჩქარე	რეკომენდებული რეაგირება
7	ექსტრემალურად სწრაფი	5×10^3	5 მ/წმ	რეაგირება შეუძლებელია
6	ძალიან სწრაფი	5×10^1	3 მ/წთ	რეაგირება შეუძლებელია
5	სწრაფი	5×10^{-1}	1.8 მ/სთ	ევაკუაცია
4	საშუალო	5×10^{-3}	13 მ/თვეში	ევაკუაცია
3	ნელი	5×10^{-5}	1.6 მ/წელიწადში	საინჟინრო ღონისძიებები
2	ძალიან ნელი	5×10^{-7}	16 მმ/წელიწადში	საინჟინრო ღონისძიებები
1	ექსტრემალურად ნელი	—	—	ჩარევა საჭირო არ არის

ვარნესის კლასიფიკაცია პასუხობს კითხვას — „როგორ მოძრაობს მასა და რისგან შედგება იგი?“ აღნიშნული სისტემის უპირატესობა მის უნივერსალურობაში სტრუქტურულ სიმარტივესა და საერთაშორისო სამეცნიერო კომუნიკაციის უზრუნველყოფაშია. იგი განსაკუთრებით ეფექტურია მეწყერ-

თა ინვენტარიზაციის, მონაცემთა ბაზების სტანდარტიზაციისა და შედარებითი ანალიზისათვის.

საქართველოში დანერგილ კლასიფიკაციაში, რომელიც საინჟინრო-გეოლოგიურ შესწავლილობას ეფუძნება და განსხვავებული მეთოდოლოგიური პრინციპით ხასიათდება, მთავარ როლს ასრუ-

ლებს გენეტიკური მიდგომა, რომლის მიხედვითაც მეწყრები კლასიფიცირდება მათი გამომწვევი მთავარი ფაქტორების, მექანიზმებისა და ფერდობის მდგრადობის დარღვევის პირობების მიხედვით.

საქართველოს ტერიტორიაზე მეწყრული პროცესების რეგიონული კლასიფიკაციის განვითარებაში მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანეს ქართველმა მეცნიერებმა — ალ. ჯანელიძემ, გ. არეშიძემ, გ. ჭოხონელიძემ, ა. ჯანჯღავამ, ე. წერეთელმა და სხვებმა. მათ ნაშრომებში განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმო მეწყრების გენეზისს, მორფოლოგიას, განვითარების მექანიზმებსა და რეგიონულ თავისებურებებს. აღნიშნული ტრადიცია გაგრძელდა თანამედროვე პერიოდში, მათ შორის 2019 წლის ანგარიშში „ქ. თბილისის ტერიტორიის საინჟინრო-გეო-

დინამიკური პირობები და გეოლოგიური საფრთხეების შეფასება“, რომელიც მომზადდა გარემოს ეროვნული სააგენტოს მიერ. ამ ანგარიშში მეწყრული პროცესები დაჯგუფებულია შემდეგ ტიპებად (ცხრილი 3):

- სანაპირო (ბაზისური);
- კლიმატოგენური (კონსისტენტური);
- ტექტოსეისმოგენური;
- სუფოზიური;
- ტექნო-ანთროპოგენური.

ეს კლასიფიკაცია პასუხობს კითხვას — „რატომ ვითარდება მეწყერი და რა მექანიზმით?“ იგი განსაკუთრებით ეფექტურია რეგიონული გეოდინამიკური ანალიზისა და საინჟინრო დაგეგმარებისთვის.

ცხრილი 3

მეწყრული პროცესების გენეტიკური კლასიფიკაცია
(გარემოს ეროვნული სააგენტო, 2019)

№	მეწყრის გენეტიკური ტიპი	გამომწვევი ფაქტორი	განვითარების მექანიზმი
1	სანაპირო (ბაზისური)	მდინარის, ზღვის ან წყალსაცავის ეროზიული წარეცხვა	ფერდობის ქვედა ნაწილის ჩამოშლა და გრავიტაციული სრიალი
2	კლიმატოგენური (კონსისტენტური)	ატმოსფერული ნალექები, „დატენიანების ეფექტი“	გაწყლოვანება, სტრუქტურული კავშირის დარღვევა
3	ტექტოსეისმოგენური	მიწისძვრები, ტექტონიკური რღვევები	სეისმური რხევა, ბლოკური გადაადგილება
4	სუფოზიური	მიწისქვეშა წყლების ფილტრაცია	ქანების მექანიკური/ქიმიური დაშლა, სიცარიელების წარმოქმნა, ჩამოქცევა
5	ტექნო-ანთროპოგენური	ფერდობის ხელოვნური ჭრა, დატვირთვა, ინფრასტრუქტურა	ბუნებრივი წონასწორობის დარღვევა, ადგილობრივი სტაბილურობის დაკარგვა

შედარებითი ანალიზი

ამ ორი სისტემის შედარება აჩვენებს, რომ ვარნესის კლასიფიკაცია წარმოადგენს ტიპოლოგიურ

ჩარჩოს, რომელიც აღწერს პროცესის ფორმასა და დინამიკას, ხოლო საქართველოში გამოყენებული სისტემა ორიენტირებულია პროცესის მიზეზობრი-

ვი მექანიზმების გამოვლენაზე. პირველ შემთხვევაში, კლასიფიკაცია ემყარება დაკვირვებად მორფოლოგიურ-კინემატიკურ ნიშნებს, მეორე შემთხვევაში კი — ფერდობის სტაბილურობის დარღვევის გამომწვევ ფაქტორებსა და გარემო პირობებს.

მეთოდოლოგიური თვალსაზრისით, ვარნესის სისტემა უფრო მეტად შეესაბამება გლობალური სტანდარტიზაციის მოთხოვნებს, ხოლო საქართველოში დანერგილი სისტემა ეფექტურია რეგიონული გეოდინამიკური ანალიზისა და საინჟინრო დაგეგმარებისთვის. საქართველოს რთულ გეოლოგიურ გარემოში, სადაც მნიშვნელოვან როლს ასრულებს სეისმურობა, გამოფიტვა, სუფოზიური პროცესები და ანთროპოგენური ზემოქმედება, გენეტიკური მიდგომა იძლევა უფრო ღრმა ინტერპრეტაციის შესაძლებლობას.

დასკვნა

შეიძლება ითქვას, რომ აღნიშნული სისტემები ურთიერთგამომრიცხავი კი არა, ურთიერთშემაჯავებელია. ვარნესის კლასიფიკაცია უზრუნველყოფს მეწყრული პროცესების საერთაშორისო ტიპოლოგიურ იდენტიფიკაციას, ხოლო საქართველოში დანერგილი საინჟინრო მიდგომა იძლევა ფერდობის მდგრადობის დარღვევის მიზეზთა დეტალურ ანალიზს და წარმოადგენს საფუძველს რისკის შეფასებისა და პრევენციული ღონისძიებების დაგეგმვისათვის. თანამედროვე საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევებისთვის ოპტიმალურია ორივე სისტემის ინტეგრირებული გამოყენება, მორფო-კინემატიკური კლასიფიკაციისა და გენეტიკური ანალიზის ერთობლიობა ქმნის სრულყოფილ მეთოდოლოგიურ ჩარჩოს მეწყრული პროცესების შეფასებისა და მართვისათვის.

ლიტერატურა

1. Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes. In *Landslides: Analysis and control (Special Report 176)* (pp. 11–33).
2. Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslide types and processes (pp. 36–75).
3. Hungr, O., Leroueil, S., & Picarelli, L. (2014). The Varnes classification of landslide types – an update (pp. 167–194).
4. Working Party on World Landslide Inventory (WP/WLI). (1995). *International guidelines for landslide inventory*. UNESCO.
5. Lapiashvili, M. (2014). *Engineering geology: Engineering geodynamics*. Georgian Technical University. (In Georgian)
6. National Environmental Agency. (2019). *Engineering-geodynamic conditions of the territory of Tbilisi and assessment of geological hazards*. (In Georgian)

UDC 550.8

SCOPUS CODE 1909

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2026-2-79-84>

Modern Classification Systems of Landslide Processes and Their Comparative Analysis

Niko Poporadze

Georgian Technical University, faculty of mining geology and mountain development
academic candidate, Georgia

E-mail: nick.poporadze@gmail.com

Reviewers:

G. Gaprindashvili, Georgian state university, Faculty of Exact and Natural Sciences, Assistant Professor

E-mail: Gaprindashvili.george@gmail.com

Kh. Avaliani, Georgian Technical University, faculty of mining geology and mountain development, Associate Professor

E-mail: Kh.avaliani@gtu.ge

Abstract. The article discusses two principal classification systems of landslide processes — the typological classification developed by D. J. Varnes (1978), which is widely applied in international practice, and the engineering-geological, genetic approach implemented in Georgia. Their theoretical foundations, structural frameworks, stages of development, and fields of practical application are presented. The methodological differences between the classifications are analyzed, and their advantages are identified in the context of slope stability assessment, hazard mapping, and engineering planning. These systems are complementary in nature, and their integrated application is considered optimal for modern engineering-geological investigations.

Keywords: Classification; Engineering Geology; Landslide; Risk Assessment; Slope Stability.

განხილვის თარიღი 27.02.2026

შემოსვლის თარიღი 02.03.2026

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26.06.2026