

**SOME OBSERVATIONS ABOUT SOLIFLUCTIONAL SCARS
AS RECENT PHENOMENA ON THE LOWER ALTITUDINAL LIMIT
OF THE PERIGLACIAL CLIMAZONAL BELT**

DRAGAN NEŠIĆ¹, SRĐAN BELIJ²

¹¹ *Institute for Nature Conservation of Serbia, Working unit Niš, Vožda Karadjordja 14/2, Niš, Serbia*

² *Institute for Nature Conservation of Serbia, Dr Ivana Ribara 91, Novi Beograd, Serbia*

Abstract: This paper presents the morphological and genetical characteristics of small forms of modern periglacial environment of the Balkan Peninsula mountains, called solifluctional scars. Except several previous observations, these forms have not been distinguished and considered as a type of a modern periglacial relief so far. Solifluctional scars are small phenomena of the horseshoe indentations in the pedological-vegetational base of the decimeter-meter dimensions. They are formed by cleavage of the base by the use of a solifluctional sliding process with secondary processes of frost and linear water denudation during their subsequent evolution. As such, they can be seen as rudimentary phenomena of beginnings of linear flows of snowmelt, as well as a small mud solifluctional-torrential flows, but also in general, as a segment of cryoplanation. These qualities classify them into a frame of rudimentary phenomena at the lower limit of the periglacial climazonal belt in the Balkan Peninsula mountains.

Key words: solifluctional scars, solifluction, periglacial environment, Balkan Peninsula.

Introduction

Solifluctional scars are small periglacial forms in a relief, which have been recently noted in the periglacial environment of the Balkan Peninsula mountains (Belij S., 1985, 1990, 1992, 2010, Milivojević M., 2005; Nešić D., 2009; Nešić D. et al., 2012). They are singled out in the relief as horseshoe or semicircular indentations in the pedological horizon in a form of small steps of decimeter-meter dimensions. Firstly, these forms had been singled out as solifluctional scars (Belij S., 1985, 1990, 1992, Milivojević M., 2005, Nešić D., 2009), but later the term of frost-denudation scars was used (Nešić D. et al., 2012). Recent findings has shown that in the genesis of these forms, solifluction is nevertheless more significant than denudation, and therefore the previously allocated term has been adopted. Denudation is in the domain of processes that occur after the genesis of the forms, and refers to the nivational denudation, both surface and linear, but also the secondary cryogenic and nival process.

Earlier, when displaying the periglacial relief of Crnook (1,881 m), an attempt was made to explain the genesis of these forms (Nešić D. et al., 2012). New facts collected in the field and general theoretical considerations connected to these forms have opened a number of issues and problems that may be a useful basis for understanding their nature, as well as character of modern periglacial environment in which they occur. Solifluctional scars as

¹ dragan.nesic@zzps.rs

Article history: Recieved 12.05.2014 ; Accepted 11.10..2014

complex and complicated micro forms of modern periglacial environment have been discussed on the basis of qualitative observations at several sites and by comparison of the obtained results with well-known theoretical facts. In this approach, the basic principles of qualitative, theoretical and regional periglacial geomorphology were used.

Allocation and general characteristics

In the highest mountainous areas above the upper forest border, frost and snow are the most important geomorphological agents. Wider altitudinal zone known as the upper forest border, is not just the line of allocation of woody species, but it is the zone of limiting factors that climatically and orographically do not allow the forest and individual trees develop normally, causing the occurrence of dwarf and laying forms of woody species in the first place, which then completely disappear, giving space to bushy and grassy communities. Here, under the influence of snow and frost, the processes of destroying rocks, sorting of debris materials and soil sliding take place and numerous relief forms create, known under the synthetic name of cryo-nivational or periglacial forms. These forms have in common the fact that they were formed under the influence of high mountainous periglacial climate (Belij S., 1985, 1990, 1992), which is why the entire area in the high mountains above the upper forest border stands out as the periglacial environment (H. French, 2007; Belij S., 2010). In Serbia, these issues were especially dealt by D. Gavrilović (1968, 1970, 1990) and Lj. Menković (1972, 1978, 1989, 1995).

Solifluctional scars in the periglacial environment of the Balkan Peninsula mountains can be seen as a single-sporadic or mass phenomena. The scars are very often linearly arranged in the direction of greatest gradient on the mountain slopes, mainly in the lower zone of the periglacial environment, just above the upper forest border or 100-300 m lower, and often even significantly lower, azonal, by karst depressions and frost areas (Veliko Rujno on southern Velebit, at 820-900 m, edge of Pešter field, at 1,150-1,200 m, uvala of Rečke on Beljanica, at 900-1,000 m). It is best to present them by separated sites with emphasis on their morphological characteristics and physical-geographical features of the area.

These little erosive forms of the modern periglacial environment were firstly distinguished in South Velebit (Belij S., 1985), as well as on the northern slopes of Šarplanina and Prokletije (Belij S., 1990, 1992), but they were not given greater attention. They were described on Maglič (Milivojević M., 2005) and as a sporadic phenomenon on the plateau of Kopren (1,935-1,963 m) in West Stara planina (Nešić D., 2009). As a mass phenomenon, the scars were noted on the slopes of Crnook (1,881 m) in Southeast Serbia (Nešić D. et al., 2012). Earlier, incidentally, these forms were observed on Pešter within the perimeter of the edge of the Peštersko polje, but also on Komovi mts.

Most sites have in common the position highly in the mountains, above the altitude between 1,700-1,900 m, within the secondary or livestock conditioned (deforested) pastures. The scarring around the edge of the Peštersko polje, at the altitudes between 1,150-1,200 m, only deviates from this, but that is understandable because Pešter is the coldest area in the Balkan Peninsula with the lowest recorded air temperatures in this part of Europe. Similarly, Veliko Rujno on Velebit and Rečka on Beljanica are the great frost areas in karst depressions. A common feature of scars on pastures is representation of earthy-grassy or washed out surface within the scar and a horseshoe or semicircular form that inclines towards the gradient of the slope.

The position of these forms around the edge of a small karst field of Veliko Rujno (820-900 m) is interesting, which is also extremely frost area on South Velebit, where they can be seen in a larger number, and as a rule of a horseshoe shape with a diameter up to 1 m,

height of steps of 10-25 cm, in the form of small hinterland of the solifluctional tongues (Belij S., 1985).

It was noted that on terrains in the lower zone of the periglacial environment, where seasonally soil freezing occurs with a very tumultuous dynamics of daily fluctuations in the freezing and thawing of the active layer, the solifluctional movements with numerous manifestations and forms of relief very often occur. Pulsing of a layer of soil and vegetation cover in the process of freezing and thawing leads to its sliding and gravitational moving in the direction of the greatest gradient on the slopes, so that the folding and creasing of the grassy layer with choppy turfs and grassy tongues occur. Further development of the process and its increased dynamics and volume lead to the formation of real solifluctional tongues in the form of doughy mass with distinctive frontal fold in the height of 10-20 cm, but also 1-1.5 m. The increased volume and length of sliding lead to stretching of the grass cover in the upper, sourcing part of the solifluctional tongue and eventually to its tear, so that the stepped horseshoe forms or solifluctional scars appear (Belij S., 1985). Such solifluctional movements are present on South Velebit starting from the frost areas in the karst depression of Veliko Rujno, at 800-900 m, all the way to the main ridge, from Kozjak (1,522 m) to Sv. Brda (1,753 m). By further solifluctional dynamics, in favourable conditions of abundant moisture from snow melt in the hinterland and frequent freezing and thawing of the base, the vegetational (solifluctional) terraces occur in places of the solifluctional scars, and in extremely favourable conditions, it comes to a complete destroy of a vegetative cover and formation of migrating clods (Belij S., 1985).

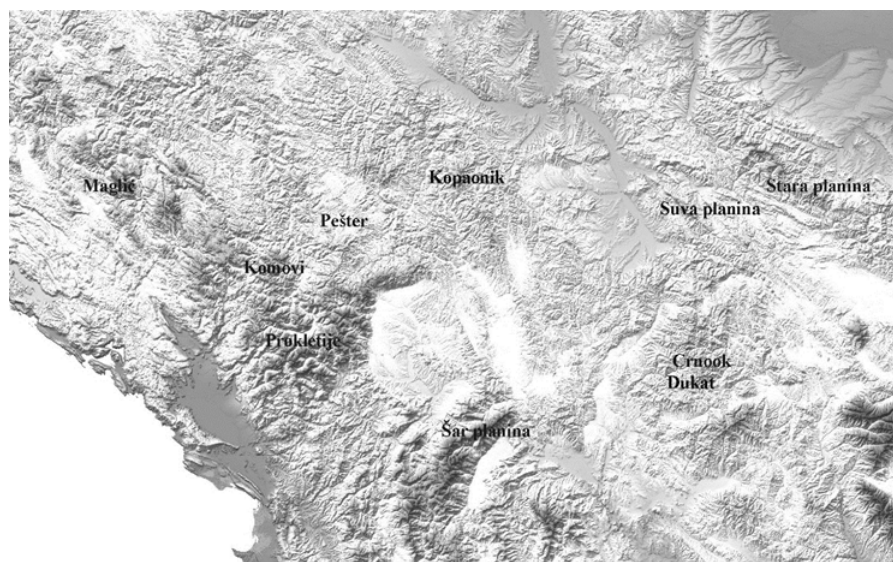


Fig. 1. Mountains where the solifluctional scars were determined and described

Solifluctional sliding takes away the vegetational cover as well, so that the semi-circular depression in the bottom of the microsteps remains bare. The main precondition for occurrence of a number of smaller solifluctional scars is a rapid melting of snow in the spring months, when the intensive processes of daily cycles of freezing and thawing of the soil cover take place. Snow melts in the hinterland provide increased moisture which enhances the volume of freezing and stretching of the grass cover, which eventually cracks and allows the runoff of the solifluctional tongue, with a residual bare, shallow depression completely free of grass vegetation (Belij S., 1985).

On Maglič, on the side of the cirque of Carev do, which base is of andesites and keratophyres, the phenomena of solifluction are developed, where the solifluctional scars dominate to the estimated to number of 150 (Milivojević M., 2005). These forms were also established in the snow dent on Maglič, but also to Volujak at Marculov do. M. Milivojević (2005), in addition to detailed morphometry in his review, also deals with the genetic characteristics of these forms. In the interpretation of the genesis, the special importance is attached to vegetation "by breaking the root system that can no longer keep the compactness of the surface layer that begins to separate and slide downward in the form of a solifluctional tongue of smaller dimensions" (Milivojević M., 2005).

On the plateau of Kopren (1935-1963 m), on Stara planina, the solifluctional scars are present as individual phenomena noted in a shallow fluvio-nivational valley, which basis is of the Triassic sandstones with the horizon of skeletal black soil. At the slightly inclined bottom of a shallow polygenetic valley, there are semi-circular soil steps of 20-30 cm height, of meter diameters (Fig. 2). Similar small steps are on the western slope towards the highest peak of Kopren (1,963 m), but here the pedological horizon is sporadically washed out to the rocky base (Nešić D., 2009; Belij S. et al., 2008).



Fig. 2. Solifluctional scars in the fluvio-nivational valley on the plateau of Kopren (photo: D. Nešić)

On metamorphites and pastures of Crnook (1,881 m) within the scope of the mountain of Dukat in the mountain rankers, a greater number of solifluctional scars of different morphological characteristics was incised. Horseshoe scars have diameters of 0.5-5 m, although they may be even greater, with amounts of indentation in a pedological base of 0.1-1 m, which wedges towards the inclination of the slope and sporadic phenomena of washout soil within the scar (Fig. 3) (Nešić D. et al., 2012). On Crnook, the solifluctional scars are a mass phenomenon that is seen on all slopes of this morphological entity in the higher altitudinal belt above 1,700 m and slope inclination of 10-40°, so they are one of the main features of the periglacial environment. On the same site, the phenomena of solifluctional tearing of the thin pedological horizon were also observed with the formation of small terraces.

As individual phenomena, the solifluctional scars were found at the southern slope of Trojan (1,351 m), on the edge of Peštersko polje. Here, similarly to the other sites, the centimeter-meter indentations or scars were observed in the wide pedological horizon that had the serpentised harzburgites for a base (Fig. 4).



Fig. 3. Solifluctional scar on the slope of Crnook (photo: D. Nešić)



Fig. 4. Solifluctional scars on the southern slope of Trojan, Peštersko polje (photo: D. Nešić)

On Trojan, the phenomenon of solifluctional tearing of thin pedological horizon with the formation of small terraces was also observed (Belij S. et al., 2004). This is the type of colluvial-solifluctional tearing of the vegetation-pedological base, which by genesis in a

certain sense differs from the solifluctional scars. The scars that we consider are mainly located in the broader perimeter of the phenomenon of the solifluctional base tearing at the slope inclination of 5-20°.

One phenomenon of the solifluctional scar was found on Komovi in Montenegro within the morphostructure of Koma Vasojevičkog (2,460 m) at the altitude above 1,800 m. On the slope of eastern exposure sporadically covered with limestone colluvium below the contact of limestones and metamorphites in the pedological horizon which has the metamorphites for a base, several periglacial phenomena in the form of solifluctional tongues, stripes of sliding debris and sliding blocks with a single phenomenon of a solifluctional scar were distinguished. Here, the scar of a diameter of 1.5 m cut into the surface by 30 cm was noticed, below which the solifluctional trace of the flow was visible (Fig. 5).



Fig. 5. Small solifluctional scar on the slope of Koma Vasojevičkog (photo: D. Nešić)

On Šar-planina, giant mountain barrier of the Central Balkan, with 85 km long and 15-30 km wide ridge, sharply morphologically individualized between the basins by the edge (400-500 m) and the majestic main ridge with 70 peaks over 2,000 m and 30 peaks that exceed a height of 2,500 m, a specific combination of a relict glacial and modern periglacial, karst and fluvial relief was noted, creating a remarkable landscape diversity of an extraordinary dynamics, power and attractiveness. As the upper forest border was lowered from climatogenous, here at the altitude of 2,000-2,200 m, to the secondary (anthropogenic), at 1,500-1,600 m, the preconditions were created for the periglacial processes to drop below 2,000 m as well, which was noted in a number of the sites as well (Belij S., 2006).

Since the upper border of the subnival zone is in the amount of a snow line (and it is above the highest peaks of Šar-planina because it was reconstructed at the altitude of 3.000 m), then the complex of the periglacial processes mostly takes place from the secondary upper forest border to the highest mountain peaks. One of the most common manifestation of frost destroying of slopes are the solifluctional slidings. They occur when thawed surface layer as a doughy mass slides over the foot, still frozen layer. This sliding usually takes the form of doughy tongue or bag (hinterland of Golemo jezero, slopes beneath Bistra, Piribreg, Jezerski vrh, Rudoka, Vrac). As all the areas above the upper forest border, all the way to the highest peaks were affected by the periglacial movements on steep

slopes, a turbulent solifluctional dynamics could be met practically on every step in the various phases of the daily and seasonal dynamics of movement. The largest solifluctional tongue is in the hinterland of Gornje Bukoravičko jezero (2,420 m), in the length of 150 m and the butt tongue thickness of 1.5 m, with a whole series of semicircular solifluctional scars and large snowpatch just under the ridge. Larger and smaller scars, in groups or individually, are encountered along the entire main ridge, all the way to Rudoka and Vraca over Šutman plateau in the furthest southwest of Šar-planina (Menković Lj., 1978, 1989; Belij S., 1990, 1992, 1994, 2006).

Prokletije, the largest mountain in the Balkan Peninsula (Makrooronom in the plural-Prokletije), is divided into 24 mountain groups with 152 peaks above the altitude of 2,000 m. Prokletije is not presented by a long unique ridge, but consists of isolated, networkly distributed mountains that have a common feature to be very high and to rise above the upper forest border, forming a periglacial climazonal belt in which periglacial climate and dominating periglacial geomorphological processes with appropriate forms of a relief are expressed. Depending on geological base, thickness of a pedological layer and compactness of a vegetational cover, the solifluctional processes are very represented and in the total dynamics of the periglacial movement on steep slopes occupy an important place. Particularly interesting locations with favourable predisposition for the occurrence of the solifluctional movements and solifluctional scars are the following: Popadija-Volušnica above the Grbajska dolina, Mokra planina-Sjekirica above Andrijevića, Bogičevića-Tromeđa above Ridsko jezero, Đeravica-Junička planina above Đakovica, Koprivnik-Lumbarška planina-Nedžinat above Rugovska klisura, Rusolija-Žljeb above Peć and Mokra gora-Pogled above Istok (Belij S., 1994, 1999, 2010).

Within the scope of work on the Project of the periglacial relief study in the mountains of Serbia, which was organized by the Institute for Nature Conservation of Serbia, the researches on Suva planina were conducted as well, on a high karstified plateau of Valožje and the solifluctional scars were observed in many places (1,700-1,800 m). The same project included the mountain of Kopaonik, and a modern solifluctional scars were found on the northern and southern slopes of Pančičev vrh (1,800-2,000 m) and on the western side of Gobelje (1,700-1,900 m).

During the research of tufurs on the mountain of Beljanica, the solifluctional scars were registered on the southern edge of the uvala of Rečke, where it came to stretching and tearing of the grass cover in the hinterland of smaller solifluctional tongues (Belij S. et al. 2004).

Genetic characteristics of the solifluctional scars

Genesis of the solifluctional scars takes place in the conditions of boundary frameworks of the periglacial forms allocation with all specificities of the polygenetic development together with modifications by denudation and cryogenic, nivational, nival and fluvial processes.

In the case of small scars, their genesis occurs by a similar mechanism of solifluctional sliding of a thawed layer above the frozen layer of soil and ice leaving behind the horseshoe indentations on the slope which was not affected by the solifluctional movement. In the case of genesis of these forms, the process of separation or limited solifluctional tearing of the pedologically-vegetational horizon takes place, with significant contribution to the abundant inflow of moisture from melting of the firn snow in the hinterland of the slope, and the turbulent dynamics of everyday freezing and thawing of the active layer as well.



Fig. 6. Large solifluctional scar on the saddle of Northwestern Djeravica peak, Prokletije mountains (photo: S. Belij)

According to the morphology of the recorded forms of the scars, it seems that the thawed soil soddened by melted water behaves like a liquid-doughy mass, when simply comes to sliding of this mass, with or without the formation of classical baggy solifluctional fold. In most cases, the frosty-solifluctional scar, besides a small steps in the soil, has a pedological horizon in its base overgrown by vegetation. In many other cases, the area of scars serves for the outbreak of frosty debris from the pedological horizon, as well as the occurrence of frosty boiling of the soil at the bottom of the scar. The phenomena of a scar base being washed up to the rocky base were observed. This seems to be happening on the higher inclinations of the slope in cases where denudation covers the bulk pedological layer unprotected by vegetation, during the summer months, when the cryo-nivational process is numbed and when denudational-fluvial processes dominate.

For a more complete explanation of the genesis of the frosty-solifluctional scars, it is necessary to monitor this phenomenon when it takes place, that is, in a very dynamic conditions of the solifluction occurrence under the intensive melting of snow and freezing and thawing of the base. In the field, the solifluctional scars are generally ascertained as "mature" perennial forms in which the primary genetic process was completed. Upon the genesis of the scars, a secondary process of regressive degradation of a soil steps takes place, with or without a skeleton, similar to the phenomenon of cryoplanation development in the basic rocks, but in this case at a rudimentary level.

On certain sites, it was noted that the solifluctional scars were linearly layered, stepwise in the direction of the greatest inclination of the slope. Here, the noticeable traces of shallow, barely noticeable depression were observed, where the surface disorganized runoff of snowmelt in the spring, and rainwater during the short summer, transformed into the initial forms of linear flows, by which pairing became initial forms streams. As this washout includes a thawed and soggy active layer of the soil, so large concentration of soil and debris elements in the snowmelt occurs, so that this surface washout resembles the solifluctional-muddy torrents, that is, earthy-debris streams, and there are conditions for the emergence of mud avalanches on the higher inclinations (Belij S., 1990). All these

phenomena are basically related to the solifluctional transport of materials such as pluvionivation–slopedly disorganized washout under the intensive melting of snow and snowpatches. Classically slow sliding of the solifluctional tongues is supported by extreme melting of snow and snowpatches and transport of the materials by snowmelt leads to the formation of the solifluctional scars in a linear arrangement in accordance with the largest inclination of the slope. In cases of slow sliding of a doughy solifluctional material, very often a cryoturbational debris sorting and its displacement to the surface is present as well, which contributes to tearing of the grass cover under its stretching, so that the vegetational (solifluctional) terraces are secondarily formed and, with increased wetting of the base and attached share of deflation, the migrating turfs also occur (Belij S., 1985, 1992, 1994, 1999, 2006, 2010).

It is precisely from these genetic characteristics, allocation and morphology of these forms, that some conclusions about their genesis in isolated sites can be drawn, but also in general about a certain aspect of the nature of the periglacial environment of the Balkan Peninsula mountains. Based on the above considerations it follows that the solifluctional scars are a form or a phenomenon of a limited and fast solifluctional type of flow.

Based on the position of the scars from the described sites, it follows that the scars are a sporadic phenomenon precisely because of the non-homogeneous phenomenon of soil freezing in the boundary scopes of the periglacial environment of the altitudinal belt of 1,700-1,900 m. It seems that a very important cause of scarring is local accumulation of water and its freezing. The emergence of larger quantities of ice in the soil horizon, which in terms of partial melting gives a mass for solifluctional phenomena of slurry mass of a small muddy flow, is an essential precondition for the formation of scars. On these bases, the solifluctional scars would be an indication of non-homogeneous freezing of the base with the local accumulation of icy lenses. The causes of water accumulation that freezes later may be different, ranging from the weather conditions to heavy rainfall or intensive snow melting and rapid cooling, local divert of groundwater circulation at the contact of the parent substrate and soil layer (local inclination of rocky base, underground channels of animals that live in the ground, etc.). In the field, for example, the phenomena of simultaneous influx of water and its freezing were also recorded, which created icy asymmetric lenses on slopes that might be the cause of arc tearing of the base under the influence of solifluction.

Besides the aforementioned genetic characteristics, the solifluctional scars of earthy-grassy base point to the perennial age of these forms. The scars where the area was washed out inside the steps, except from the indicators of the solifluctional flow to the rocky base, may be also a consequence of a denudational washout by the solifluction of a destabilized base. Once formed scars exist for several years with smaller processes of cryo-solifluctional and denudational activities on small steps of the scars. This gave rise to individual researchers to isolate this genetic mechanism as active cryoplanational processes on the cryoplanational terraces (Zietara T., 2004).

Conclusion

According to some beliefs, the periglacial environment stands out in the areas of the average annual air temperature below 2-3°C (French M., 2007). Recent climatological researches on the Balkan Peninsula mountains show that precisely the altitudes of 1,700-1,900 m correspond to the average annual air temperatures of 2-3°C or boundary frames of the modern mountainous periglacial environment. Recent geomorphological researches with prevailing representation of the forms and phenomena where the solifluction dominates exactly point to the dominance of the solifluctional processes or "hotter variants" of the

periglacial climate (Belij S., 1985, 1990, 1992, 2010, Belij S., Ćukić D., 1990, Nešić D., Milinčić M., 2004, Nešić D. et al., 2009, 2012 and others). Even the phenomenon of the solifluctional scars does not deviate from this regularity.

Concisely, the solifluctional scars are indicators of very dynamic conditions of boundary frames of the modern periglacial environment on the Balkan Peninsula mountains. On the basis of calculating the thermal gradients of soil temperature in the mountainous area of Prokletije above the altitude of 1,000 m, a stable type of seasonal freezing of soil occurs (Belij S., 1994). Researches on solifluctional scars show that the relations of seasonal freezing of soil on the Balkan Peninsula mountains are highly variable phenomena and that in addition to the air temperature, one of the basic conditions for scarring is precipitation, with specific local frames of ground moisture distribution in the soil horizon above the rocky base.

The phenomenon of the solifluctional scars should be also considered in the context of the changed conditions of the natural environment, which is primarily related to the artificial - secondary or livestock breeding caused pastures. Solifluctional scars are exclusively noted at pastures, while in areas of low vegetation (area under juniper) or forest, these forms are excluded. From this, one can conclude that the destruction of high vegetation in the modern climate frames has triggered the periglacial processes in the boundary frames of the mountainous periglacial environment. In this context, the denudational scars can be also considered as a form of indirectly caused devastation of the mountainous areas, but truthfully of a rather small extent. Much larger forms of devastation are manifested by intensive livestock breeding with phenomena of line erosion and denudation up to the rocky base.

Reference

- Belij, S. (1985). *Glacial and periglacial relief of South Velebit*. Belgrade: Serbian Geographic Society, Special Edition, Volume 61, (in Serbian).
- Belij, S. (1990). Solifluctional Type of River Valleys. In *Geomorphology and Geoecology, V Scientific Congress of Geomorphologists of Yugoslavia*, Ljubljana: The Scientific Research Centre of SAZU, 165-171, (in Serbian).
- Belij, S., Djukic, D. (1990): Sliding blocks on the Northern Slopes of Rudoka and Vrace. In *IV Congress of Geomorphologists of Yugoslavia*, Porot, Belgrade: Faculty of Geography, 43-53, (in Serbian).
- Belij, S. (1992). Recent Geomorphological Processes in the Cryosphere of Northeast Šar-planina. *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 72 (1), 13-24, (in Serbian).
- Belij, S. (1994). Recent Periglacial Processes and Relief Forms of Northwest Šar-planina. In Lazarević, R. (ed.), *Šar-planina Regions of Gora, Opolje and Sredska - Characteristics of the Natural Environment, Special Edition of the Geographical Institute "Jovan Cvijić" SANU, vol. 40 / I*, 113-144, (in Serbian).
- Belij, S. (1994). Climate of the Highly Mountainous Area of Prokletije as a Prerequisite for the Occurrence of the Periglacial Processes. *Journal of the Faculty of Geography*, 44, 41-46, (in Serbian).
- Belij, S. (1999). Geomorphological Characteristics. In Jovović, N. (ed.) *National Park of Prokletije, Preservation Study. Vol. I*, Institute for Nature Conservation of Serbia, Belgrade, 37-52, (in Serbian).
- Belij, S. (2006). Geomorphological Characteristics. In Amidžić, L., Belij, S. (ed.) *National Park of Šar-planina, Preservation Study. Vol. I*, Institute for Nature Conservation of Serbia, Belgrade, 17-24, (in Serbian).
- Belij, S. (2010). *Geo-ecological characteristics of the Periglacial environment of Prokletije and its Preservation*. Belgrade: Faculty of Geography, Ph.D Dissertation, (in Serbian).
- Belij, S., Kolčakovski, D. (2000). The Periglacial Zone in the High Mountains of Serbia and Macedonia and their Basic Characteristics. *International Symposium Observation of Mountain Environment in Europe*, Vol. 7, Sofia: Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy, Bulgarian Academy of Science, 47-54
- Belij, S., Ducić, V., Trnavac, D., Petrović, A. (1997). Frosted Grass Mounds in the Karst Uvalas of Beljanica. In *Journal of III Symposium on Karst Preservation*, Belgrade: Academical-speleological Alpine Club, 157-168, (in Serbian).
- Belij, S., Ducić, V., Milovanović, B., Luković, J., Mišević, I. (2004). Frosted Grass Mounds-Earth Hummocks at the Edge of Peštersko polje. *Nature Preservation*, 55, (1-2), 15-27, (in Serbian).
- Belij, S., Ducić, V., Radovanović, M., Milovanović, B. (2007): Climatic Zoning and the Position of the Upper Forest Border on Stara planina. *Nature Preservation*, 57 (1-2), 21-34, (in Serbian).
- Belij, S., Nešić, D., Milovanović, B. (2008). Recent Geomorphological Processes and Relief Forms of the Periglacial Environment of Stara planina. *Nature Preservation*, 59 (1-2), 19-50, (in Serbian).

- Gavrilović, D. (1968). Frosted Soil Structures on the Mountain of Beljanica. *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 48 (1), 25-34, (in Serbian).
- Gavrilović, D. (1970). Frosty-snowy Relief Forms of the Carpatho-Balkan Mountains of Yugoslavia. *Journal of the Geographical Institute of the Faculty of Natural Sciences*, 17, Belgrade, 11-22, (in Serbian).
- Gavrilović, D. (1990). Recent Cryogenic Processes on Stara planina. In *IV Congress of Geomorphologists of Yugoslavia*, Porot, Belgrade: Faculty of Geography, 37-41, (in Serbian).
- Ziętara, T. (2004). Modifying of Cryoplanation Terraces in the Flysch Carpathians. *Geografický Journal*, 56 (2), 85-97
- Menković, Lj. (1972). Glacial and Quaternary Forms in the Area of Prokletije, Peć and Djakovica. *Herald of the Institute of Geological and Geophysical Research*, A, 29/30, 207-218, (in Serbian).
- Menković, Lj. (1978). Glacial and Nivational Relief of the Northwestern Area of Šar-planina. *Herald of the Institute of Geological and Geophysical Research*, A, 36/36, 99-115, (in Serbian).
- Menković, Lj. (1989). *Geomorphological Study of the Broader Area of Šar-planina*. Belgrade: Faculty of Geography, Ph.D Dissertation, (in Serbian).
- Menković, Lj. (1995). Surface Karst Morphology of Mokra gora and Žljeb. Special editions of the Geographical Institute "Jovan Cvijić" SANU, 43, Belgrade, (in Serbian).
- Milivojević, M. (2005). Periglacial Relief of Maglić. In *Journal of I Congress of Geographers of Bosnia and Herzegovina*, Sarajevo, 116-126, (in Serbian).
- Nešić, D., Milinčić, M. (2004). Specificities of the Highly Mountainous Landslides in the Case of NP Kopaonik. *Nature Conservation*, no. 55 (1-2), 5-14, (in Serbian).
- Nešić, D., Belij, S., Milovanović, B. (2009). Mechanism of the Sliding Debris Genesis on the Southern Slope of Pančičev vrh (2017 m), Kopaonik. *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 89 (4), 37- 59.
- Nešić, D. (2009). *Periglacial Morphology of Stara planina and its Conservation*. Belgrade: Faculty of Geography, Ph.D. Dissertation, (in Serbian).
- Nešić, D., Belij, S., Milovanović, B. (2012): Periglacial Relief of Crnook (Southeast Serbia). *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 92 (1), 71-36
- French, H. (2007): *The Periglacial Environment*. Third edition, London: Wiley & Sons.

НЕКА ЗАПАЖАЊА О СОЛИФЛУКЦИОНИМ ОЖИЉЦИМА КАО САВРЕМЕНОЈ ПОЈАВИ НА ДОЊОЈ ГРАНИЦИ ПЕРИГЛАЦИЈАЛНОГ КЛИМАЗОНАЛНОГ ПОЈАСА

ДРАГАН НЕШИЋ¹, СРЂАН БЕЛИЈ²

¹ *Завод за заштиту природе Србије, Радна јединица Ниш, Војска Карађорђа 14/2, Ниш, Србија*

² *Завод за заштиту природе Србије, Др Ивана Рибара 91, Нови Београд, Србија*

Сажетак: У раду су приказана морфолошка и генетска својства малих облика савремене периглацијалне средине планина Балканског полуострва, солифлукционих ожилјака. Осим неколико претходних запажања ови облици до сад нису издвајани и разматрани као тип савременог периглацијалног рељефа. Солифлукциони ожилци су мале појаве потковичастих уреза у педолошко-вегетацијској подлози десиметарско-метарских димензија. Настају цепањем подлоге процесом солифлукционог клижења са секундарним процесима мраза и линеарне водне денудације при њиховој каснијој еволуцији. Као такви могу се посматрати као рудиментарне појаве зачетака линеарних токова снежнице, али и као малих блатних солифлукционо-бујичних токова, али и генерално, као сегмент криоапанације. Ове одлике сврставају их у овир рудиментарних појава на доњој граници периглацијалног климатског појаса на планинама Балканског полуострва.

Кључне речи: солифлукциони ожилци, солифлукација, периглацијална средина, Балканско полуострво.

Увод

Солифлукциони ожилци су мали периглацијални облици у рељефу који су одскора констатовани у периглацијалној средини планина Балканског полуострва (Белиј, С. 1985, 1990, 1992, 2010, Milivojević М., 2005; Нешић Д., 2009; Нешић Д. и др., 2012). У рељефу се издвајају као потковичасти или полукружни урези у педолошком хоризонту у виду малих одсека дециметарско-метарских димензија. Најпре су ови облици издвајани као солифлукциони ожилци (Белиј, С. 1985, 1990, 1992, Milivojević, М. 2005, Нешић, Д. 2009), да би касније био коришћен назив мразно-денудациони ожилци (Нешић, Д. и др., 2012). Новија сазнања показују да је у генези ових облика ипак значајнија солифлукација од денудације и зато се усваја претходно издвојен термин. Денудација је у домену процеса који се јављају по настанку облика, а односи се на снежничку денудацију, како површинску, тако и линеарну, али и секундарни криогени и нивални процес.

Раније приликом приказа периглацијалног рељефа Црноока (1881 m) учињен је покушај да се објасни генеза ових облика (Нешић, Д. и др., 2012). Нове чињенице прикупљене на терену и општа теоријска разматрања везана за ове облике отворила су низ питања и проблема која могу бити корисна основа за разумевање њихове природе, као и карактера савремене периглацијалне средине у којој се јављају. Солифлукциони ожилци као комплексни и сложени микро облици савремене периглацијалне средине разматрани су на основу квалитативних запажања на више локалитета и компарацијом добијених резултата са познатим теоријским чињеницама. У овом приступу коришћени су основни постулати квалитативне, теоријске и регионалне периглацијалне геоморфологије.

Распрострањење и опште одлике

У највишим планинским пределима изнад горње шумске границе, мраз и снег су најзначајнији геоморфолошки агенси. Шири висинска зона позната као горња шумска граница, није само линија распрострањења дрвенастих врста, већ зона лимитирајућих фактора који климатски и орографски не дозвољавају да се шума и

појединачно дрвеће нормално развијају, због чега се прво јављају патуљасте и полегле форме дрвенастих врста, а затим и потпуно ишчежавају, уступајући простор жбунастим и травним заједницама. Ту се под утицајем снега и мрза одвијају процеси разаравања стена, сортирања дробинског материјала, клижења земљишта и настају бројни облици рељефа познати под синтетичким називом мразно-снежанички или периглацијални облици. За ове облике је заједничко да су настали под утицајем високопланинске периглацијалне климе (Белиј С., 1985, 1990, 1992), због чега се и читав простор на високим планинама изнад горње шумске средине издваја као периглацијална средина (French H., 2007; Белиј С., 2010). Овом проблематиком су се у Србији нарочито бавили Д. Гавриловић (1968, 1970, 1990) и Љ. Менковић (1972, 1978, 1989, 1995).

Солифлукиони оживљени у периглацијалној средини на планинама Балканског полуострва срећу се као појединачно-спорадичне или масовне појаве. Веома често оживљени су линеарно поређани у правцу највећег нагиба на падинама, углавном у доњој зони периглацијалне средине, непосредно изнад горње шумске границе или 100-300 м ниже, а често се јављају и знатно ниже, азонално, по крашким депресијама и мразиштима (Велико Рујно на јужном Велебиту, на 820-900 m, обод Пештерског поља, на 1150-1200 m, увала Речке на Бељаници, на 900-1000 m). Зато је најбоље приказивати их према издвојеним локалитетима са указивањем на њихова морфолошка својства и физичко-географска својства простора.

Ови мали ерозивни облици савремене периглацијалне средине најпре су издвојени на јужном Велебиту (Белиј С., 1985), као и на северним падинама Шарпланине и Проклетија (Белиј С., 1990, 1992), али им није придавана већа пажња. Описани су на Маглићу (Миливојевић М., 2005) и као спорадична појава на платоу Копрена (1935-1963 m) на Западној Старој планини (Нешић Д., 2009). Као врло масовна појава оживљени су констатовани на падинама Црноока (1881 m) у југоисточној Србији (Нешић Д. и др., 2012). Раније, узгредно, ови облици су запажени на Пештеру у оквиру обода Пештерског поља, али и на Комовима.

Заједничко за већину локалитета је положај високо у планинама изнад 1700-1900 m н.в., у оквиру секундарних или сточарством условљених (раскрчених) пашњачких површина. Од овог једино одступају појаве оживљака на ободу Пештерског поља на висинама између 1150-1200 m н.в., али ово је и разумљиво јер је Пештер најхладнија област на Балканском полуострву са најнижим забележеним температурама ваздуха овог дела Европе. Слично, Велико Рујно на Велебиту и Речке на Бељаници су велика мразишта у крашким депресијама. Заједничко обележје оживљака на пашњачким површинама је заступљеност земљано-травнате или испране површине унутар оживљака и подковичасти или полукружни облик који се исклињава према нагибу падине.

Интересантан је положај ових облика по ободу малог крашког поља Велико Рујно (820-900 m), које је и изразито мразиште, на јужном Велебиту, где се срећу у већем броју, по правилу потковичастиг облика пречника до 1 m, висине одсека 10-25 cm у виду залеђа малих солифлукионих језика (С. Белиј, 1985).

Примећено је да се на теренима у доњој зони периглацијалне средине, где се јавља сезонско замрзавање земљишта са врло бурном динамиком дневних флукуација замрзавања и крављења активног слоја, врло често јављају солифлукиона кретања са бројним манифестацијама и облицима рељефа. Пулсирање слоја са земљиштем и вегетационим покривачем у процесу замрзавања и одмрзавања доводи до његовог клижења и гравитационог премештања у правцу највећег нагиба на падинама, тако да се јављају набирање и гужвање травног слоја са узбурканим бусеновима и травним језицима. Даљи развој процеса и његова повећана динамика и обим доводе до формирања правих солифлукионих језика у облику теставе масе са

израженим чеоним набором висине 10-20 cm, али и 1-1.5 m. Повећани обим и дужина клизања доводе до истезања травног покривача у горњем, изворишном делу солифлукиционог језика и на крају до његовог цепања, тако да се појављују степенасте потковичасте форме или солифлукициони ожиљци (Белиј С., 1985). Таквих солифлукиционих кретања има на јужном Велебиту почев од мразишта у крашкој депресији Велико Рујно, на 800-900 m, па све до главног гребена, од Козјака (1522 m) до Св. Брда (1753 m). Даљом солифлукиционом динамиком у повољним условима обилног влажења од отапања снежаника у залеђу и честим замрзавањем и одмрзавањем подлоге, на местима солифлукиционих ожиљака јављају се вегетационе (солифлукиционе) терасете, а у екстремно повољним условима долази до потпуног разаравања вегетационог покривача и формирања мигрирајућих бусенова (Белиј С., 1985).

Слика 1. Планине на којима су детерминисани и описани солифлукициони ожиљци

Солифлукиционим клижењем се односи и вегетациони покривач, тако да полукружна депресија у дну микроодсека остаје огољена. Главни предуслов појављивања већег броја мањих солифлукиционих ожиљака је нагло топлеће снега у пролећним месецима, када се одвијају и интензивни процеси свакодневних циклуса замрзавања и крављења земљишног покривача. Снежаници у залеђу обезбеђују увећану влажност која поспешује обим замрзавања и истезања травног покривача, који на крају пуца и дозвољава отицање солифлукиционог језика, са заосталом огољеном плитком депресијом у потпуности без травне вегетације (Белиј С., 1985).

На Маглићу, на бочној страни цирка Царев до, који за подлогу има андезите и кератофиге, развијене су појаве солифлукиције у којој доминирају солифлукициони ожиљци процењене бројности до 150 (Milivojević M., 2005). Ови облици констатовани су и у снежаничкој улоци на Маглићу, али и на Волујку код Марцуловог дола. М. Миливојевић (2005) се поред детаљне морфометрије у свом приказу бави и генетским својствима ових облика. У тумачењу генезе посебан значај се придаје вегетацији „раскидањем кореновог система који више не може да задржи компактност површинског слоја који почиње да се одваја и да клизи наниже у виду солифлукиционог језика мањих димензија“ (Milivojević M., 2005).

На платоу Копрена (1935-1963 m), на Старој планини, солифлукициони ожиљци су као појединачне појаве констатовани у једној плиткој флувио-нивационој долини у чијој основи су тријаски пешчари са хоризонтом скелетних црних земљишта. На мало нагнутом дну плитке полигенетске долине налазе се полукружни земљани одсеци висине 20-30 cm, метарских пречника (Сл. 2). Слични мали одсеци су и на западној падини према највишем врху Копрена (1963 m), али овде је местимично педолошки хоризонт испран до стеновите основе (Нешић Д., 2009; Белиј С. и др., 2008).

Слика 2. Солифлукициони ожиљци у флувио-нивационој долини на платоу Копрена (фото: Д. Нешић)

На метаморфитима и пашњацима Црноока (1881 m) у оквиру целине планине Дукат у планинским ранкерима усечен је већи број солифлукиционих ожиљака различитих морфолошких облика. Потковичасти ожиљци имају пречнике 0,5-5 m, мада могу бити и већи, са износима усечености у педолошку основу 0,1-1 m која се према нагибу падине исклињава и местимичним појавама испраности земље унутар ожиљка (Сл. 3.) (Нешић Д. и др., 2012). На Црнооку солифлукициони ожиљци су масовна појава која се среће на свим падинама ове морфолошке целине у висинском појасу изнад 1700 m и нагиба падина 10-40°, тако да је једно од основних обележја

периглацијалне средине. На истом локалитету запажене су и појаве солифлукионог цепања танког педолошког хоризонта са образовањем малих тераса.

Као појединачне појаве солифлукиони ожиљци констатовани су и на јужној падини Тројана (1351 m), на ободу Пештерског поља. Овде су слично као и на другим локалитетима, запажени центиметарско-метарски урези или ожиљци у дебелом педолошком хоризонту који за подлогу има серпентинисане харцбургите (Сл. 4).

Слика 3. Солифлукиони ожиљак на падини Црноока (фото: Д. Нешић)

Слика 4. Солифлукиони ожиљци на јужној падини Тројана, Пештерско поље (фото: Д. Нешић)

На Тројану је запажена и појава солифлукионог цепања танког педолошког хоризонта са образовањем малих тераса (Белиј С. и др., 2004). Ово је вид колувијално-солифлукионог цепања вегетацијско-педолошке подлоге који се по настанку у извесном смислу разликује од солифлукионих ожиљака. Ожиљци које ми разматрамо углавном су лоцирани на ширем ободу појаве солифлукионог цепања подлоге на нагибима падине 5-20°.

Једна појава солифлукионог ожиљка констатована је и на Комовима у Црној Гори у оквиру морфоструктуре Кома Васојевићког (2460 m) на висини изнад 1800 m. На падини источне експозиције местимично покривене кречњачким колувијумом испод контакта кречњака и метаморфита у педолошком хоризонту који за подлогу има метаморфите издвојено је више периглацијалних појава у виду солифлукионих језика, пруге клизеће дробине и клизећих блокова са једном појавом солифлукионог ожиљка. Овде је запажен ожиљак пречника 1,5 m усечен у подлогу 30 cm, подно кога је видљив солифлукиони траг течења (Сл. 5).

Слика 5. Мали солифлукиони ожиљак на падини Кома Васојевићког (фото: Д. Нешић)

На Шарпланини, циновској планинској централнобалканској баријери, са 85 km дугим и 15-30 km широким гребеном, оштро морфолошки индивидуалисаном између котлина по ободу (400-500 m) и импозантног главног гребена са 70 врхова преко 2000 m и 30 врхова који прелазе висину од 2500 m, констатована је специфична комбинација реликтног глацијалног и савременог периглацијалног, крашког и флувијалног рељефа, чиме је створена пејсажна разноврсност изузетне динамике, енергије и атрактивности. Како је горња шумска граница са климатогене, која се овде налази на 2.000-2.200 m, спуштена на секундарну (антропогену), на 1.500-1.600 m, створени су предуслови да се и периглацијални процеси спусте испод 2.000 m, што је и уочено на бројним локалитетима (Белиј С., 2006).

Пошто је горња граница субнивналне зоне у висини снежне границе (а ова је изнад највиших врхова Шар-планине јер је реконструисана на 3.000 m), онда се комплекс периглацијалних процеса углавном одвија од секундарне горње шумске границе па до највиших врхова планине. Једна од најчешћих манифестација мразног разоравања падина су солифлукиона клижења. До њих долази када одмрзнути површински слој као тестава маса клизи преко подинског, још увек замрзнутог слоја. Такво клижење најчешће има облик теставог језика или јастука (залеђе Големог језера, падине под Бистром, Пирибрегом, Језерским врхом, Рудоком, Врацом). Како су сви простори изнад горње шумске границе, па до највиших врхова, захваћени периглацијалним кретањима на стрмим падинама, узбуркана солифлукиона динамика се среће практично на сваком кораку у најразличитијим фазама дневне и сезонске динамике кретања. Највећи солифлукиони језик је у залеђу Горњег Буковачког језера (2420 m), дугачак 150 m и са челом језика дебљине 1,5 m, са

читавом серијом полукружних солифлукионих ожиљака и великим снежаницима под самим гробеном. Већи и мањи ожиљци, у групама или појединачни, срећу се дуж читавог главног гробена, све до Рудоке и Враце над Шутманском површи на крајњем југозападу Шарпланине (Менковић Љ., 1978, 1989, Белиј С., 1990, 1992, 1994, 2006).

Проклетије, најпространија планина на Балканском полуострву (Макроороним у плуралу-Проклетије) рашчлањене су на 24 планинске групе са 152 врха изнад 2000 m. Проклетије нису представљене дугим јединственим гробеном, већ се састоје од издвојених, мрежасто распоређених планина за које је заједничко да су веома високе и да се издижу изнад горње шумске границе, формирајући периглацијални климатонални појас у којем је изражена периглацијална клима и доминирајући периглацијални геоморфолошки процеси са одговарајућим облицима рељефа. У зависности од геолошке подлоге, дебљине педолошког слоја и компактности вегетационог покривача, солифлукиони процеси су веома заступљени и у укупној динамици периглацијалних кретања на стрмим падинама заузимају значајно место. Посебно интересантне локације са повољним предиспозицијама за појаву солифлукионих кретања и солифлукионих ожиљака су: Попадија-Волушница изнад Грбајске долине, Мокра планина-Сјекирица изнад Андријевице, Богићевица-Тронежа изнад Ридског језера, Ђеравица-Јуничка планина изнад Ђаковице, Копривник-Лумбардска планина-Нецинат изнад Руговске клисуре, Русолија-Жљоб изнад Пећи и Мокра гора-Поглед изнад Истока (Белиј С., 1994, 1999, 2010).

У оквиру рада на Пројекту проучавања периглацијалног рељефа на планинама Србије, који је организовао Завод за заштиту природе Србије, вршена су истраживања и на Сувој планини, на високом скрашћеном платоу Валожа и на више места су примећени солифлукиони ожиљци (1700-1800 m). Истим Пројектом била је обухваћена и планина Копаноник, а савремени солифлукиони ожиљци констатовани су на северним и јужним падинама Панчићевог врха (1800-2000 m) и на западној страни Гобелје (1700-1900 m).

Током истраживања туфура на планини Бељаници регистровани су и солифлукиони ожиљци на јужном ободу увале Речке, где је дошло до растезања и цепања травног покривача у залеђу мањих солифлукионих језика (Белиј С. и др., 2004).

Генетска својства солифлукионих ожиљака

Генеза солифлукионих ожиљака одвија се у условима граничних оквира распрострањења периглацијалних облика са свим специфичностима полигенетског развоја уз модификације денудационим и криогеним, нивационим, нивалним и флувијалним процесима.

На примеру малих ожиљака њихов настанак одвија се по сличном механизму солифлукионог клижења открављеног слоја изнад замрзнутог слоја земље и леда са заостајањем подковичастог уреза на падини који није био захваћен солифлукионим кретањем. У случају настанка ових облика одвија се процес сепаратног или ограниченог солифлукионог цепања педолошко-вегетационог хоризонта, уз знатан допринос обилног притицања влаге од отапања снежаника у залеђу падине, као и бурне динамике свакодневног замрзавања и крављења активног слоја.

Слика 6. Велики солифлукиони ожиљак на седлу северозападне Ђеравице, Проклетије (фото: С. Белиј)

Према морфологији констатованих облика ожиљака изгледа да се раскрављена земља натопљена отопљеном водом понаша као течено-теставна маса, када једноставно долази до клижења ове масе, са или без формирања класичног јастучастог

солифлукионог набора. У већини случајева мразно-солифлукиони ожилјак у основи поред малог одсека у земљи има педолошки хоризонт обрастао вегетацијом. У многим другим случајевима простор ожилјка служи за избијање мразне дробине из педолошког хоризонта, као и за појаву мразног врења тла по дну ожилјка. Запажене су и појаве да је основа ожилјка испрана до стеновите основе. Ово се изгледа дешава на већим нагибима падине у случајевима кад денудација захвати растресити педолошки слој назаштићен вегетацијом, током летњих месеци, када је мразно-снежанички процес умртвљен и када доминирају денудационо-флувијални процеси.

За потпуније објашњење настанка мразно-солифлукионих ожилјака неопходно је праћење ове појаве када се она одвија, дакле у врло динамичким условима појава солифлукије при интензивном топљењу снега и замрзавања и одмрзавања подлоге. На терену солифлукиони ожилјци се углавном констатују као „зрели“ вишегодишњи облици на којима је примарни генетски процес завршен. По настанку ожилјака одвија се секундарни процес регресивне деградације земљишног одсека, са или без скелета, слично појави развоја криоапнације у основним стенама, али у овом случају на рудиментарном нивоу.

На одређеним локалитетима је примећено да су солифлукиони ожилјци послогани линеарно, степенасто у правцу највећег нагиба падине. Ту су запажени трагови плитких, једва видљивих депресија, где се површинско дезорганизовано отицање снежнице у пролеће и кишнице током кратког лета, трансформише у зачетне облике линеарних токова, чијим здруживањем постају иницијални облици потока. Како то спирање захвата откривљени и расквашени активни слој тла, то се у снежници јавља велика концентрација земљишних и дробинских елемената, тако да то површинско спирање личи на солифлукионо-блатне бујице, односно земљано-дробинске потоке, а на већим нагибима има услова и за појаву блатних лавина (Белиј С., 1990). Све су те појаве у основи везане за солифлукиони транспорт материјала као плувионивација – падинско дезорганизовано спирање при интензивном отапању снега и снежаника. Класично споро клижење солифлукионих језика потпомогнуто екстремним отапањем снега и снежаника и транспорта материјала снежницом доводи до стварања солифлукионих ожилјака у линеарном распореду сагласно највећем нагибу падине. У случајевима спорог клижења таставог солифлукионог материјала врло је често присутно и криотурбационо сортирање дробине и њено истискивање на површину, што доприноси цепању травног покривача при његовом растезању, тако да се секундарно формирају и вегетационе (солифлукионе) терасете, а са повећаним влажењем подлоге и придодатим уделом дефлације јављају се и мигрирајући бусенови (Белиј С., 1985, 1992, 1994, 1999, 2006, 2010).

Управо из ових генетских својстава, распрострањења и морфологије ових облика могу се извлачити неки закључци о њиховом настанку на издвојеним локалитетима, али и уопште извесном аспекту природе периглацијалне средине планина Балканског полуострва. На основу претходних разматрања проистиче да су солифлукиони ожилјци вид или појава ограничене и брзе солифлукије типа течења.

На основу положаја ожилјака са описаних локалитета проистиче да су ожилјци спорадична појава управо због нехомогене појаве замрзавања земљишта у граничним оквирима периглацијалне средине висинског појаса 1700-1900 m. Изгледа врло важан узрок појаве ожилјака је локално нагомилавање воде и њено замрзавање. Појава веће количине леда у земљишњем хоризонту која у условима делимичног отапања даје масу за солифлукионе појаве житке масе мањег блатног тока основни је услов за настанак ожилјака. На овим основама солифлукиони ожилјци били би показатељ нехомогеног замрзавања подлоге са локалним нагомилавањем ледених сочива. Узроци нагомилавања воде која се касније леди могу бити различити, почев од временских прилика обилних кишних падавина или интензивног топљења снега и

наглих захлађења, локалног преусмеравања циркулације подземне воде на контакту матичног супстрата и земљишног слоја (локални нагиби стенске подлоге, подземни канали животиња које живе у земљи и друго). На терену су рецимо забележене и појаве симултаног прилива воде и њеног залеђивања што ствара ледена асиметрична сочива на падинама која могу бити узрок лучном цепању подлоге под утицајем солифлукције.

Солифлукциони ожиљци са земљано-гравнатом основом указују осим на поменуте генетске одлике и на вишегодишњу старост ових облика. Ожиљци где је испран простор унутар уреза, осим показатеља солифлукционог течења до стенске основе, могу бити и последица денудационог испирања солифлукцијом дестабилисане подлоге. Једном образовани ожиљци егзистирају више година са мањим процесима мразно-солифлукционих и денудационих активности на малим одсецима ожиљка. Ово је дало повода појединим истраживачима да овај генетски механизам издвоје као активне криоапланационе процесе на криоапланационим терасама (Zietara T., 2004).

Завршна разматрања

Према појединим схватањима периглацијална средина се издваја у областима са средњом годишњом температуром ваздуха испод 2-3°C (French M., 2007). Новија климатолошка истраживања на планинама Балканског полуострва показују да управо висине 1700-1900 m одговарају средњогодишњим температурама ваздуха од 2-3°C или граничним оквирима савремене планинске периглацијалне средине. На доминацију солифлукционих процеса или „топлије варијанте“ периглацијалне климе управо указују новија геоморфолошка истраживања са преовлађујућом заступљеношћу облика и појава код којих доминира солифлукција (Белиј С., 1985, 1990, 1992, 2010, Belij S., Ćukić D., 1990, Нешић Д., Милинчић М., 2004, Нешић Д. и др., 2009, 2012 и други). Од ове правилности не одступа ни појава солифлукционих ожиљака.

У најкраћем, солифлукциони ожиљци су показатељи врло динамичних услова граничних оквира савремене периглацијалне средине на планинама Балканског полуострва. На основу израчунавања термичких градијената температура земљишта у планинском простору Проклетија изнад 1000 m н.в. јавља се стабилан тип сезонског замрзавања земљишта (Белиј С., 1994). Истраживања на солифлукционим ожиљцима показују да су односи сезонског замрзавања земљишта на планинама Балканског Полуострва врло варијабилне појаве и да је поред температуре ваздуха један од основних услова настанка ожиљака падавине, са специфичним локалним оквирима расподеле подземне влаге у земљишном хоризонту изнад стенске основе.

Појаву солифлукционих ожиљака треба разматрати и у контексту измењених услова природне средине, што се пре свега односи на вештачке – секундарне или сточарством узроковане пашњачке површине. Солифлукциони ожиљци су искључиво констатовани на пашњачким површинама, док на површинама са ниским растињем (површине под клеком) или шумом ови облици изостају. Из овог се извлачи закључак да је уништавањем високе вегетације у савременим климатским оквирима дошло до активирања периглацијалних процеса у граничним оквирима планинске периглацијалне средине. У овом контексту денудациони ожиљци се могу разматрати и као вид посредно узроковане девастације планинских предела, истина невеликог обима. Много већи видови девастације испољавају се интензивним сточарством са појавама линијске ерозије и денудације до стеновите подлоге.