

Original scientific paper

UDC 551.4(497.7 Šar planina)
<https://doi.org/10.2298/GSGD2101001M>

Received: May 05, 2021

Corrected: June 12, 2021

Accepted: June 26, 2021

Ljubomir Menković*, Milovan Milivojević¹*

** Geographical Institute "Jovan Cvijić", SASA, Belgrade, Serbia*

GLACIAL MORPHOLOGY OF THE ŠARA MOUNTAINS

Abstract: The paper defines and presents the forms of glacial relief formed, most likely, during the last Pleistocene glacial maximum (LGM). A graphic and textual presentation of almost all glacial forms is given on the entire territory of the Šara Mountains, on both sides of their main ridge, from Ljuboten in the NE to the source tributaries of the Radika River in the SW. Based on the height position and spatial development of glacial forms, the height of the snow line (ELA) was determined, glacier types were determined and defined, which is shown on two overview maps representing Pleistocene glacial morphology and reconstructed Pleistocene glaciers referring to the last Pleistocene glacial (MIS-2). Since these are the youngest glacial morphological traces on the Šara Mountains, they are the best preserved today.

Key words: The Šara Mountains, types of glaciers, cirques, glacial valleys, moraines

¹ m.milivojevic@gi.sanu.ac.rs (corresponding author)

Introduction

The Šara Mountains are one of the highest mountains in the Balkan Peninsula. They are located in the extreme south of Serbia, on the border of Serbia with North Macedonia (Fig. 1). The direction of this mountain is NE-SW, transverse to the general direction of the Dinarides and the Vardar Zone. It stretches for about 60 km, from the Kačanik Gorge in the NE to the source tributaries of the Radika River in the SW.

On the ridge of the Šara Mountains, with an average altitude of 2,000 to 2,200 m, going from NE to SW, the following peaks stand out: Ljuboten (2,408 m), Piribeg (2,522 m), Bistra (2,640 m), Crni vrh (2,584 m), Kobilica (2,526 m), Kara-Nikola (2,409 m) and Kočina glava (2,204 m). From peak Kočina glava, the Šara Mountains bend to the south and break into several peaks, ridges, and slopes that descend towards Polog, Mavrovo Lake, and the Radika River Valley. In this mountain complex, Rudoka with Titov vrh Peak (2,748 m), the highest on the Šara Mountains, and Vraca (2,582 m) stand out.



Fig. 1. Geographical location of the Šara Mountains

During the last Pleistocene glacial, when significant cooling occurred, the highest parts of the Šara Mountains, with over 1,900 and 2,000 m above sea level, were covered with constant snow and ice. In the permanent snow zone, with the constant accumulation of new snowfall, glaciers were formed which played a significant role in the morphological shaping of the relief of the Šara Mountains. By the direct action of glaciers, characteristic glacial forms (cirques, glacial valleys, moraines, etc.) were made, which still exist in the relief, although the glacial process has not been active for a long time.

Research methodology

The identification of the forms of the glacial relief on the Šara Mountains was performed by desk and field research. In the phase of desk research, first, a review of literature data

was performed with special reference to glacial relief data, followed by the analysis of topographic material, geological maps, and detailed stereoscopic analysis of aerial photos. Based on the results obtained by desk research, a preliminary conception of the Šara Mountain's glaciation was created and field works were planned.

In the fieldwork phase, the data obtained through the desk research were checked, and new data were collected through direct field observations. Based on all data collected in the desk and the field, the final concept of the Šara Mountains glaciation was made. It is applied the methodology of comparative analysis and mathematical relations of morphometric elements of reconstructed glaciers, which are conditioned by equilibrium line altitude (above and below) of the positive snow balance (ELA) in the final phase (Миљивојевић, 2019). The application of several methodological approaches, as well as quantitative and qualitative geomorphological analysis, resulted in reconstructed glaciers and their dynamic processes during the Dryas, the last global cooling in the Pleistocene.

The first data on glacial traces on the Šara Mountains were given by Cvijić (1911). As early as 1890, he noticed cirques on the eastern side of peak Ljuboten at an altitude from 1,600 to 1,650 m. However, since it was not known until then that glaciation existed in the Balkan Mountains, Cvijić was not sure of their glacial origin. Seven years later, in 1897, when he found reliable traces of old glaciers on Rila Mountain, Bulgaria, he was convinced that glaciation was also present in other high mountains of the Balkan Peninsula. He first established that on the Šara Mountains in 1900, when he confirmed fluvioglacial material in Sirinić, and ramparts of moraine material in the Ropot Brook. On the way to Prizren, in 1910, Cvijić crossed the Šara Mountains over peak Kobilica and on that occasion noticed three cirques on Kara-Nikola at an altitude from 2,105 to 2,250 m.

Apart from Cvijić, glacial traces on the Šara Mountains were studied by other researchers (Николић, 1912; Милојевић, 1937; Малахов, 1938/39; Радовановић & Николић, 1959; Менковић, 1977/78; 1990; 1994; Менковић et al., 2004; Kuhlemann et al., 2009). The glacial relief of the Šara Mountains was presented in a doctoral dissertation (Менковић, 1988) which was not published, but its data were used in complex-multidisciplinary research of the NW part of the Šara Mountains: "The Municipality of Štrpce, the Sirinić District – the Characteristics of the Natural Environment" (1990) and "The Mt Šara Districts of Gora, Opolje and Sredska – the Characteristics of the Natural Environment" (1994). Glacial morphology was presented in two abovementioned special monographs, which dealt with the characteristics of the natural environment, vol. 37/1 and 40/1, published by the Geographical Institute "Jovan Cvijić" SASA (Serbian Academy of Sciences and Arts). In these monographs, the glacial relief was shown only on the NW side of the Šara Mountains, while in the SE it remained unpublished. Therefore, the authors decided to present the glacial relief in its entirety, on the entire territory of the Šara Mountains in this paper.

Glacial relief

The term glacial relief includes forms genetically exclusively related to the direct action of glaciers. Based on their distribution, it was concluded that they were developed in the highest parts of the Šara Mountains, above the altitude of 1,900 and 2,000 m, on both sides of their main ridge. However, on the NW side of the Šara Mountains, the glaciation was stronger, the snow line was lower, cirques and glacial valleys were more numerous

and larger in size than in the SE, and the frontal moraines descended up to 1,200 m of today's altitude. Considering that the NW side of the Šara Mountains is shady and receives larger amounts of precipitation, which come from the west, then this development of glaciation was quite logical.

On the NW side of the Šara Mountains, glacial relief forms have been developed in the basin areas of rivers Lepenac, Prizrenska Bistrica, and Plavska reka, i.e. in the source parts of their Šara Mountains tributaries, just below the highest peaks and ridges. In these parts of the Šara Mountains, almost all cirques are exposed (open and inclined) to the north.

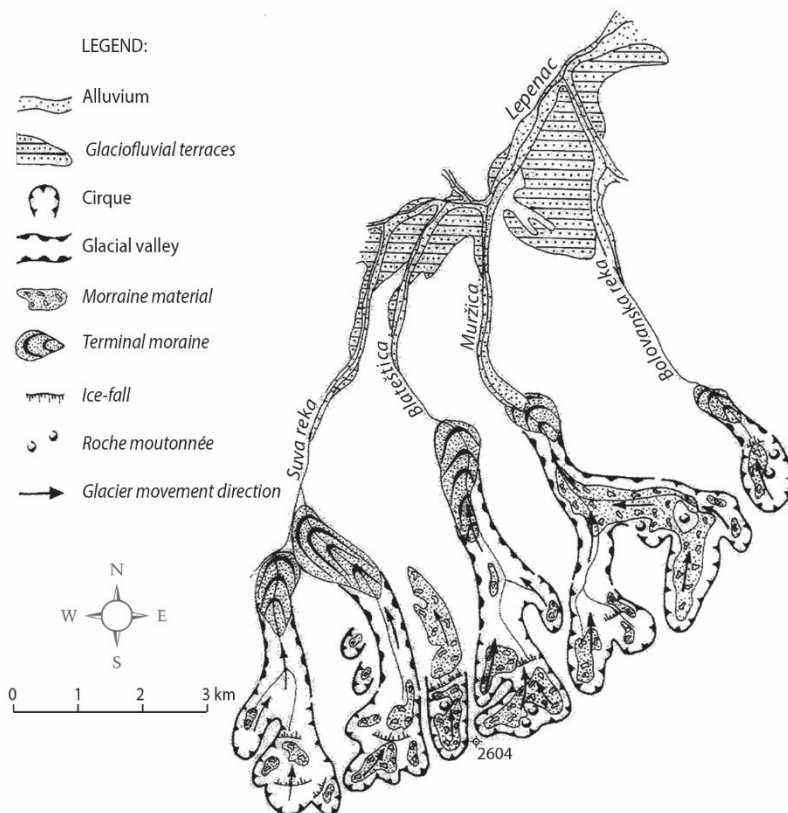


Fig. 2. Glacial morphology in the Lepenac River Basin (Menković et al., 2004)

In the Lepenac River Basin, forms of glacial relief were found in the right Šara Mountain's tributaries of the Lepenac River, in the river valleys of the Suva reka, Blateštica, Muržica, Bolovanska, Kaludjerska reka, and the Ropot Brook. The cirques were developed in the source of the mentioned rivers, just below the Šara Mountains ridge, on the stretch from Bistra Peak (2,640 m) in the SW to Ljuboten Peak (2,498 m) in the NE. Coming out of the cirques, the glaciers descended below the snow line and slowly, sometimes cascading, moved through the preglacial river valleys all the way to the place of melting, where they deposited large amounts of moraine material. Taking into account the size of the cirques and the position of the lowest (frontal) moraines, the strongest

glaciation in the Lepenac River Basin was in the river valleys of Suva reka, Blateštica, and Muržica (Fig. 2).

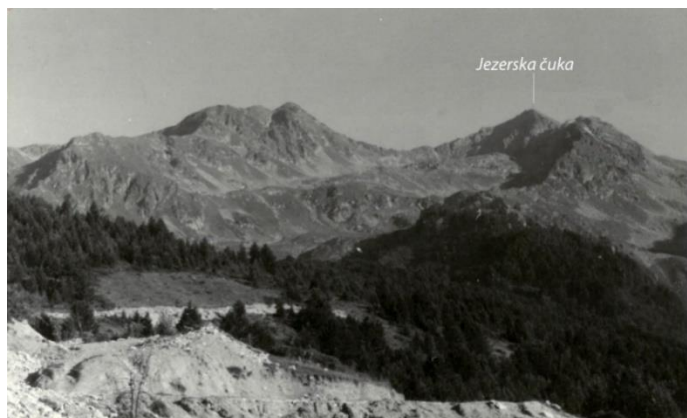


Fig. 3. Cirque of Jezerska čuka (Photo: Menković, Lj.)

Three cirques have been developed in the Suva reka River Basin: one is located below Bistra Peak, at the source of the left branch of the Suva reka River, the other is in the right branch, located between peaks Bistra (2,640 m) and Jezerska čuka (2,604 m), and the third below Jezerska čuka Peak (Fig. 3).



Fig. 4. Cirques of the Durluv potok Brook (Photo: Menković, Lj.)

In the source part of the Blateštica River, below the elevation of 2,510 m, a larger branched cirque was formed, of kilometer dimensions, with several lateral smaller cirques, of hectometer dimensions, and in the Muržica River Basin two, also branched cirques, were formed below Piribeg Peak (2,522 m) and Livadica Peak. The first is in the Durluv potok Brook (Fig. 4), and the second in the Berevački potok Brook. Cirques in the source parts of the mentioned watercourses are of hectometer and kilometer dimensions, glacial valleys 2 to 3 km long, and relatively well-preserved frontal moraines; two in two separate valley branches of the Suva reka River, which descend to 1,370 and 1,320 m, respectively, and one in the valley of Blateštica River, which descends to the altitude of 1,200 m.

In the highest part of the right branch of the Suva reka River, where the Pleistocene glacier formed a cirque depression, later after the glacier melted, a lake basin was formed. Since the basin is filled with water, Jažinačko jezero Lake was formed, located in the cirque of the same name at the altitude of 2,135 m (Fig. 5). At maximum water level, the lake is 177 m long, 114 m wide, and 12.5 m deep - the deepest lake on the Šara Mountains (Чукић, 1999).



Fig. 5. Jažinačko jezero Lake (Photo: Menković, Lj.)

In the source parts of the rivers Bolovanska reka, Kaludjerska reka, and Ropot, in morphologically less pronounced cirques, smaller glaciers were formed which, judging by the position of the moraine, melted just below the cirques. All cirques are open and inclined to the north, except for the Livadica, in the source part of the Kaludjerska reka River, which is exposed towards the NE. At the bottom of the cirque, at 2,173 m a.s.l., the glacier dug a glacial lake known as Štrbačko or Livadičko jezero. Its area is about 20,740 m², length 228 m, width 120 m, and depth up to 7.30 m (Krivokapić, 1969).

The cirque in the source part of the Ropot Brook is exposed to the north. Its bottom, inclined in the same direction, descends from the altitude of 2,000 to 1,900 m. At the bottom of the cirque are young, relatively well-preserved moraines that were deposited by the Ropot potok Glacier, most likely in the last glacial stage of the Younger Dryas. The frontal moraine is below the cirque, whose lowest point is at the altitude of 1,450 m.

On the eastern side of Ljuboten Peak, in the source tributaries of the Straška reka River, two morphologically weakly expressed cirques with moraines were found. These cirques were noticed in 1890 by Cvijić, during his first trip to the Šara Mountains. Both cirques were carved in Triassic marble limestones, one below the top of Ljuboten, at 1,800-2,000 m, and the other below the elevation of 1,960 m, at 1,600-1,800 m.

On the NW side of the Šara Mountains, which belongs to the Prizrenska Bistrica River Basin, glacial relief is developed in the higher parts of the left tributaries of the Bistrica River. The cirques are located just below the Šara Mountains ridge, from Bistra Peak in the NE to Kara-Nikola Peak in the SW. Based on the observed cirques, moraines, and other characteristic forms of glacial relief, it can be considered that the strongest glaciation took place between Bistra Peak and Velika Konjuška Peak, at the source of the Bukoravačka reka River, a left tributary of the Prizrenska Bistrica River. The very

branched cirque of the Bukoravačka reka River, which consists of several smaller cirques, is entirely exposed to the north. It is characterized by a cascading bottom and steep rocky sides, sometimes high over 100 m. At the bottom of the cirque, walls of moraine material, rocky sections (former ice falls), and roches moutonnées were noticed. The glacier dug the bottom of the cirque in places and formed basins of small glacial lakes, of which only Golemo jezero Lake, located below the rocky section of Velika Konjuška Peak, has been preserved, at the altitude of 2,400 m. The other lakes have disappeared, but their abandoned basins are recognizable. Downstream from the cirque, which ends in a steep section (icefall) 100-150 m high, the glacier moved along the valley of the Bukoravačka reka River, which is transformed into a glacial valley 2-3 km long. At the end of the glacial valleys, the frontal moraine was formed, one of the most impressive and best-preserved moraines on the Šara Mountains (Fig. 6), which descends to the altitude of 1,300 m, almost to the riverbed of the Prizrenska Bistrica River. The Bukoravac frontal moraine is intersected by the postglacial valley of the Bukoravačka reka River on two downstream bent ramparts almost equal in size. Their length is about 1,700 m, and their height 50-70 m.



Fig. 6. Frontal moraine of the Bukoravačka reka River (Photo: Menković, Lj.)

In the source of the Šartička reka River, between Velika Konjuška Peak and Crni vrh Peak (2,584 m), two cirques with moraines were developed. The larger cirque, about 2 km wide, is located below Crni vrh Peak, and the smaller-hanging one, up to 500 m wide, is on the NW side of Velika Konjuška Peak. The lowest moraines in the valley of the Šartička reka River descend to 1,250 m.

In the source part of the Petrašnica River, below Crni vrh Peak, a smaller cirque (about 500 m in diameter) with moraines was developed. The moraines under the cirque were not found, they were probably eroded.

Below the western, steep rocky side of Crni vrh peak, in the valley of the Dupnička reka River, moraine material has been noticed, which indicates that during the later Pleistocene glaciers, there was also a glacier here.

There were also glaciers on the northern and northeastern sides of Kobilica Peak (2,526 m), in the Ljubinjaska reka River Basin. Four cirques with moraines were found. Morphologically, two cirques of hectometric dimensions stand out, carved in Triassic

limestones, just below the highest peak of Kobilica (2,526 m). Below the cirques, there were steep rocky sides through which the glaciers, coming out of the cirques, collapsed to the foot of Kobilica Peak, where the moraine material melted and was deposited.

In the source tributaries of the Manastirska reka River, on the NE side of Kara-Nikola Peak (2,402 m), three cirques were developed, up to 500 m in diameter, open and inclined to the NE. All Kara-Nikola glaciers moved towards the NE, towards the valley of the Manastirska reka River, and judging by the position of the moraine material, they melted at different altitudes, from 1,600 to 1,800 m.

In the Plavska reka River Basin, glacial relief was found in the highest parts of its left tributaries, the Brodosavska reka, Radeška, Brodska and Restilička reka.

In the source part of the Brodosavska reka River, above 2,000 m a.s.l., a cirque with a diameter of about 1,500 m was formed, which is open and inclined to the north. At the bottom of the cirque, the moraines remained only in places, while downstream from the cirque they were eroded and deposited in Opolje in the form of a floodplain fan of kilometers in size.

In the valley of the Radeška reka River, in its two source tributaries, two cirques were developed. In the right source tributary, on the slope Bitir-Radeš, a larger cirque was formed, with a diameter of 1-1.5 km. The cirque is exposed to the north. Its western side is steep and rocky, and the bottom is wavy and covered with moraines that descend to the altitude of 1700 m. In the left tributary of the Radeška reka River, a smaller cirque, 200-300 m in diameter, was located below the top of Kočina glava Peak (2,204 m).

In the valley of the Brodska reka River, on its left side, a large number of hanging cirques were developed, with a diameter of 100 to 1,000 m, open and inclined to the east. The moraine material was also found in the highest part of the Brodska reka River Basin, above 2,000 m. However, it was not established in the downstream part of the valley, although it was assumed that part of the saddle glacier descended from the NW of the Rudoka peak foothills and moved along the valley of the Brodska reka River almost to the mouth of the Duška reka River.

In the highest part of the Duška reka River Basin, the right tributary of the Brodska reka, a complex - branched cirque was developed, located between Čubrićevo and Džini-beg peaks (2,610 m). The steep and rocky sides of the cirque are open to the NW. The cascading bottom of the cirque with rocky sections (ice falls) is covered with moraine material, which descends to 1800 m in the form of disorganized ramparts of the bottom moraine.

In the valley of the Restilička reka River, on its right side, there are several hanging cirques (500-1,000 m in diameter) with moraines. In its highest parts, the glacial tongue, which descended from the NW foothills of Vraca Peak, left behind moraines, moraine material, and roches moutonnées. Two cirques, 1-2 km in diameter, with moraines and roches moutonnées, were also developed in the left nameless tributary of the Restilička reka River.

Northwest of Vraca Peak, in the area of mountains Zlipotočka planina and Globočnička planina (2,058 m a.s.l.), a large number of hanging cirques with moraines in

a diameter of about 500 m were observed. All observed cirques were developed on shady sides.

On the SE side of the Šara Mountains, from Tetovska Pena River to Ljuboten Peak on the NE, the glacial relief is less developed. It is observed in the source parts of the Šara Mountains rivers, the left tributaries of the Pena River and the Vardar River. Glaciers, formed just below the highest peaks and ridges of the Šara Mountains, formed smaller cirques, hectometer to a kilometer in size. Judging by the position of the moraine material, they mostly melted just below the cirques, that is, below the equilibrium line altitude of positive snow and ice balance (ELA), and glacial valleys are rarer concerning the NW side of the Šara Mountains.

In the source parts of the left tributaries of the Pena River, there are a large number of smaller, hanging cirques with extremely steep sides, 100-200 m high. In the relief, two cirques made in the source parts of the Skakalska reka River and Karanikolička reka River stand out. Both cirques are open to the NE and end in rocky sections 50-100 m high. Downstream of the section, glaciers descended and moved to the SE. Moraine material was disposed of in cirques and under cirques. The lowest moraines below the Skakal Cirque descend to the altitude of 1,500 m, and below the Karanikolica Cirque to the altitude of 1,700 m. At the bottom of the Skakal Cirque, at the altitude of 2,300 m, there is a glacial lake with a diameter of about 80 m, and in the cirque of the Karanikolička reka, a glacier dug two glacial lake basins. The smaller lake or Mali djol is located at the altitude of 2,290 m, and the larger one, Veliki djol, at the altitude of 2,180 m (Fig. 7). The area of the smaller lake is 6,590 m² and the larger 25,040 m². The maximum depth of the smaller lake is 1 m and the larger one 7.2 m. (Ћукић, 1984). Both lakes are divided by moraines.

In the source part of the Brodačka reka River, below the Carevo gumno Peak, the cirque was not morphologically distinguished, but the presence of material indicates the glacial origin by the rounded corners of the fragments of rocky crushed stone material and larger blocks. This means that the detected moraine material indicates that the highest part of this river had been probably glazed.

On the SE side of the Šara Mountains, from the Brodečka reka River to the NE, glacial relief forms were developed below peaks Crni vrh, Bistra, and Jezerska čuka. Between peaks Crni vrh, Kučibaba and Bistra, a cirque was formed in the source part of the Bistrice River, a left tributary of the Vardar River. In the cirque of the Bistrice River, open to the east, the moraine material was preserved only at the bottom of the cirque, at the altitude of 2,100-2,200 m.

A smaller cirque with moraines, up to 500 m in diameter, was developed at the source of the Čaušica River, the left tributary of the Bistrice River. The cirque is located south of Jezerska čuka Peak, at an altitude of 2,300-2,500 m.

In the source of the Jezerska reka River, the right tributary of the Gabrovnica River, just below Jezerska čuka Peak, a larger cirque was formed, 1-2 km in diameter. The bottom of the cirque is located at an altitude of 2,100-2,300 m. It is inclined to the SE and covered with moraines that descend to the altitude of 1,900 m. At the bottom of the cirque below Jezerska čuka Peak, there is a small, shallow nameless inter moraine lake.



Fig. 7. Veliki djol Lake in the cirque of the Karanikolička reka River (Photo: Menković, Lj.)

From Jezerska čuka Peak to Ljuboten Peak, in the morphologically weakly expressed cirques of the rivers Beloviška, Livadička, and Ljubotenska reka, shapes resembling moraines were observed. However, based on several parameters it cannot be concluded that they are of glacial origin. In the source part of the Beloviška reka River, the assumed moraines descend up to the altitude of 2000 m, and in the source parts of Livadička River and Ljubotenska reka River to the altitude of 1,700 m.

Judging by the stated forms of galactic relief, it can be considered that during the late Pleistocene, the strongest glaciation took place in the area of peaks Vraca and Rudoka. In the area of these and surrounding mountains, which represent the highest parts of the Šara Mountains, Pleistocene glaciers played a significant role in the morphological formation of the relief.

Two glaciers, kilometers in size, existed NW of Vraca and Rudoka peaks, on a vast area, above the altitude of 2,000 m, which essentially represents the saddle between the upper Mazdrača River Basin in the SE and the Brodska and Restilička reka rivers in the NW. Considering that they were formed on the saddle, they are defined as the saddle glaciers, but since they break into several glacial tongues, which gravitate in different directions, they also show certain characteristics of the plateau type. This applies in particular to the NW glacier of Vraca. It is known, however, that the plateau glaciers do not have cirques, moraines, and other characteristic forms of glacial relief, so the former glaciers NW of Vraca and Rudoka were defined by the place of origin, i.e. by the saddle on which they were formed.

The saddle glacier, with an area of about 10 km², was formed NW of Vraca on the saddle at an altitude of above 2,000 m. This glacier carved several semicircular cirques on the NW side of Vraca with steep rocky sides 100-250 m high. Smaller glacial tongues separated from the mentioned glacier were moving in various directions. One glacial tongue descended towards the NW, towards the valley of the Restelička reka River, the other towards the west, where it broke into three smaller glacial tongues, one of which moved towards Lukovo polje and descended to the altitude of 1,780 m, and the other two towards the valley of Crni kamen River, where based on the position of the lowest

moraines, they melted at the altitude of 1,750 m and 1,800 m respectively. And finally, a smaller glacial tongue separated from the saddle glacier, which crossed the narrow pass of Vraca into the valley of the left nameless tributary of the Mazdrača River, where, according to the position of the lowest moraine, it descended to the altitude of 1,800 m.

The saddle glacier Vraca left behind various forms of glacial relief. Apart from the cirques, carved on the NW side of Vraca, the entire saddle where it existed was covered by walls of moraine material with occasional occurrences of roches moutonnées and small inter moraine lake basins of meter to decameter dimensions. These lakes are mostly periodic. Many have dried up, and some of them have been turned into peat bogs. The moraine material was also preserved in the source part of the Restilička reka River, while it eroded in its downstream part.

The saddle type of glacier, of kilometer dimensions, also existed NW of Rudoka. It was formed on a saddle, at the altitude of 2,200-2,400 m. From the saddle glacier from the NW foothills of the Rudoka, glacial tongues moved in two directions. The larger glacial tongue moved towards the NW, towards the valley of the Brodska reka River, and the smaller towards the SE, where it descended towards the Mazdrača River through the valley of the Tivka voda River, all the way to the altitude of 1,800 m. The saddle glacier NW of Rudoka, as well as the previous glacier NW of Vraca, left behind cirques, moraines, roches moutonnées, and rare occurrences of inter moraine lakes that have mostly dried up, and some of them have been turned into peat bogs. The largest peat bog, of hectometer dimensions, located on the NW Rudoka saddle, is the source of the Tivka voda River, a left tributary of the Mazdrača River. The moraines remained on the saddle and in the valley of the Tivka voda River, while they eroded in the valley of the Brodska reka River.

In other parts of the mountain complex Rudoka and Vraca, valley glaciers and hanging or cirque glaciers played a dominant role in shaping the glacial relief. Cirques, glacial valleys, moraines, and other forms of glacial relief were formed by the immediate action of these glaciers.

On the north side of Džini-beg Peak, above the altitude of 2,200 m, the cirque of the Tetovo Pena River was formed. The bottom of the cirque, open and slope to the north, was developed in two levels, at the altitude of 2,200-2,280 m and the altitude of 2300-2400 m. The sides of the cirque rise above the bottom for another 100-150 m. The former glacial valley of the Pena River is below the cirque, which was largely reshaped after the retreat of the glacier, and today has the shape of a normal river valley. The moraine material has been only preserved on the flattened parts at the floors of the cirque bottom, while it mostly eroded in the downstream part of the valley.

Morphologically, the cirques with glacial valleys formed in the valleys of the right tributaries of the Pena River - Krvašijska, Lešnička, and Kazanjska reka rivers stand out. The Krivašija Cirque was carved under Titov vrh Peak, Lešnica in the area of Lešnica, and Kazanj on the northern side of Ceripašina planina Mountain. All the mentioned cirques and glacial valleys are exposed to the north. Their common features are the semicircular shape of the cirque, 1-1.5 km in diameter, cascading bottoms and steep rocky sides, the relative height of 100-400 m. The moraine material was found in cirques, while in the glacial valleys, below the cirques, it remained only in the valley of the Kazanjska reka River, at the altitude of 1,900 m.

Two cirques were formed in the source part of the Palčiška reka River. One, larger and higher (2,200-2,300 m), formed on the east side of Rudoka, and the other, smaller and lower (2,100-2,300 m), on the SE side of Ceripašina planina Mountain (2,525 m). Both cirques are open and inclined to the east. Moraines were found in both cirques and below them, up to the altitude of 1,950 m.

North of the mentioned cirques, on the eastern side of Ceripašina planina Mountain, above 2,200 m, another smaller cirque was formed, up to 500 m in diameter. A rocky section is below the cirque (icefall), 80-100 m high, and a moraine material that descends to the altitude of 1,750 m is below the section.

Several cirques developed in the source branches of the Bogovinska reka River. There are two in the left prong; one SE of Titov vrh Peak, about 500 m wide, and the other, larger (up to 2 km in diameter) between peaks Titov vrh and Džini-beg. Both are open to the east. Cirque SE of Titov vrh is the highest on the Šara Mountains. The absolute height of its bottom is 2,400-2,600 m. To the east, the cirque ends with a rocky section, and below the section, moraines extend up to the altitude of 2,100 m. The height of the second cirque is 2,200-2,400 m. The moraine material in it has been only preserved on the flattened parts of the bottom.

The source headwater of the Jezerska reka River (right source branch of the Bogovinska reka River) is basically a larger branched cirque (over 2 km in diameter) exposed to the east. Based on the morphology of the cirque, it can be concluded that smaller glacial tongues, from the peripheral parts of the branched cirque, descended radially towards Bogovinsko jezero Lake, which is located in the lowest part of the cirque, at the altitude of 1,960 m. This glacial lake, with an approximate area of about 66,880 m², is the largest on the Šara Mountains. According to Krivokapić (1969), the length of the lake is 452.5 m, width 225 m, and depth 2.20 m. In the northern part of the cirque, below Džini-beg peak, a glacier dug another lake basin (Belo jezero Lake), which is three times smaller than Bogovinsko jezero Lake. Both lakes are divided by moraines, which have been also observed in the valley below Bogovinsko jezero Lake, where they descend to the altitude of 1800 m.

In the basin area of the Mazdrača River, i.e. in the source parts of its tributaries, a large number of cirques with moraines was found. In some valleys of the left tributaries of the Mazdrača River, the moraine material was brought by glacial tongues that overflowed from the neighboring saddle glacier from the NW foothills of Rudoka and Vraca.

In the source part of the Mazdrača River, SW of Vraca, there is a larger glacier which probably descended lower than the altitude of the remaining moraine material shows. Namely, during the Pleistocene, a glacier was formed in the preglacial source of the Mazdrača River, which excavated a larger cirque, up to 3 km in diameter, and several smaller ones, with a diameter of about 500 m. All cirques are open and leaning towards the NE, in the direction of the Mazdrača River runoff. The sides of the cirque have been partially preserved, as well as the moraine material that remained only on the flattened parts at the bottom of the cirque.

In the source part of the river Matina, a left tributary of the Mazdrača River, a cirque with a diameter of 500 to 1,000 m was formed. This cirque, which goes deep into Rudoka, to below the peak of Borislajec (2,652 m), is exposed to the NE. The bottom of the cirque, inclined in the same direction, has two levels: lower 2,120 to 2,260 m and higher 2420 to

2,500 m. In the lowest part of the cirque, at the altitude of 2,120 m, Crno jezero Lake was formed with a total area of 33,520 m². Its length is 248 m, width 185 m, measured depth is 2.20 m. It is assumed, however, that it is deeper than Bogovinsko jezero Lake (Krvokapić, 1969). The lake was divided by a wall of moraine material, and below it is a very steep valley up to the altitude of 1800 m. In the downstream part of the river valley of the Matina, below a large slope, a frontal moraine was formed, which descends to the altitude of 1,460 m.

In the Jelovljanska reka River Basin, glacial relief forms were developed only in its source part, above the altitude of 2,000 m. Morphologically weakly expressed cirques with moraines are open and inclined towards the SE, i.e. in the direction of the Jelovljanska reka River runoff. Judging by the development of cirques and moraines in them, in the source part of the Jelovljanska reka River, there were mostly hanging glaciers, which melted just below the cirques, i.e. below the former glacial snow line.

South-west of Vraca, two cirques were developed, exposed to the NW. One is in the source part of the Čafa Kadiš River, the left tributary of the Radika River, and the other is in the valley of the Adžina reka River, a left tributary of the Čafa Kadiš River. In the valley of the Čafa Kadiš River, the moraine material descends to the altitude of 1,760 m, while in the valley of the Adžina reka River it has eroded. On the shady, northern valley sides of the mentioned rivers, there are smaller, hanging cirques, 100-150 m in diameter.

Stereoscopic analysis of aerial photographs and field research showed that the following types of glaciers participated in the morphological shaping of the glacial relief of the Šara Mountains: hanging, developed in smaller cirques just above the snow line, valley in preglacial river valleys, and saddle formed on the saddle NW and Rudoka and Vraca. Cirques, glacial valleys, moraine and other characteristic forms of glacial relief were formed by the direct action of the mentioned glaciers. Based on their spatial development, two overview maps were made: a map of glacial morphology (Fig. 8) and a map of reconstructed glaciers (Fig. 9), referring to the youngest glacial maximum of Pleistocene glaciation on the Šara Mountains. The first map shows the main ridge of the Šara Mountains, cirques, glacial valleys and moraines, and the second, in addition to the main ridge, shows the glacial snow line, the permanent snow zone, cirques, reconstructed glaciers, and the direction of glaciers.

The height of the snow line on the Šara Mountains was conditioned by the exposure of the mountainsides to the position of the sun. For example, on the shady (northern and northwestern) side of the Šara Mountains, the height of the snow line during the MIS-2 glacial, with some deviations, was about 1900 m, and on the sunny (southern and southeastern) ranged from 2,000 to 2,200 m of today's altitude. When determining the height of the snow line, the position of the lowest cirques, formed immediately above the glacial snow line, was also used.

Finally, the question arises, when did the Pleistocene glaciation play a significant role in the morphological shaping of the Šara Mountains relief, and were there only one or more glaciations? Based on the preservation of moraine material and individual moraines, almost all previous scholars link the formation of glacial forms on the Šara Mountains to the period of the last glacial maximum, i.e. to the Würm (Цвијић, 1911; Николић, 1912; Милојевић, 1937, etc.).

The authors of this paper also link the development of glaciation and the formation of glacial forms on the Šara Mountains to the period of the MIS-2 glacial and its three Dryas interglacial phases (Gibbard & Cohen, 2008). They decided on this period based on the opinions of previous researchers, the preservation of certain frontal moraines, especially moraines in cirques, and laboratory results obtained by analyzing samples collected on the Šara Mountains, where the age of postglacial material is determined, which is approximately 10-20,000 years relative to the present (Kuhlemann et al., 2009).

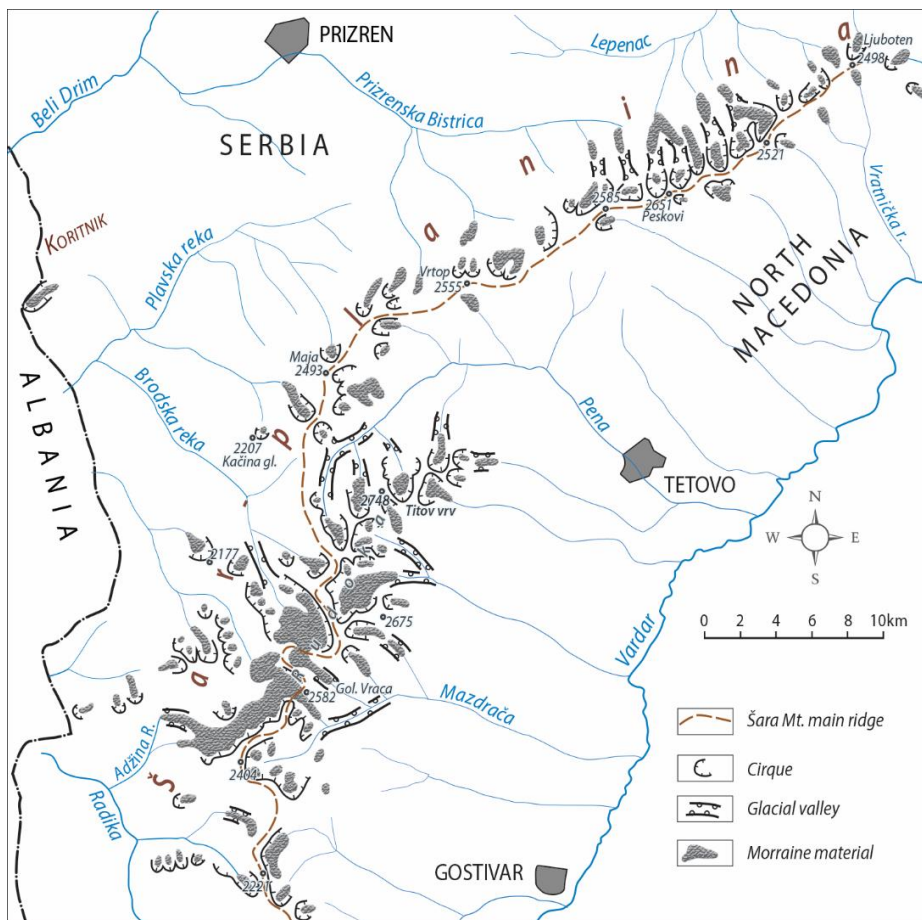


Fig. 8. Map of glacial morphology

Since the frontal moraines descend the lowest, they can be considered to be the oldest. Glaciers deposited them when glaciation on the Šara Mountains reached its maximum. The moraines in the higher parts of the Šara Mountains, when it comes to glacial valleys, for example, are relatively younger than the frontal moraines and can be associated with stage of glazing, and the moraines in the cirques, which are best preserved, probably belong to the last interglacial of the Younger Dryas.

At the end of the Pleistocene and the beginning of the Holocene, the glaciers finally withdrew from the Šara Mountains, and the glacial process was replaced by other, new

processes - fluvial, slope, and periglacial. Due to the new processes, the forms of glacial relief have been more or less reshaped - eroded or covered with the accumulation material of modern morphological processes, primarily slope and periglacial.

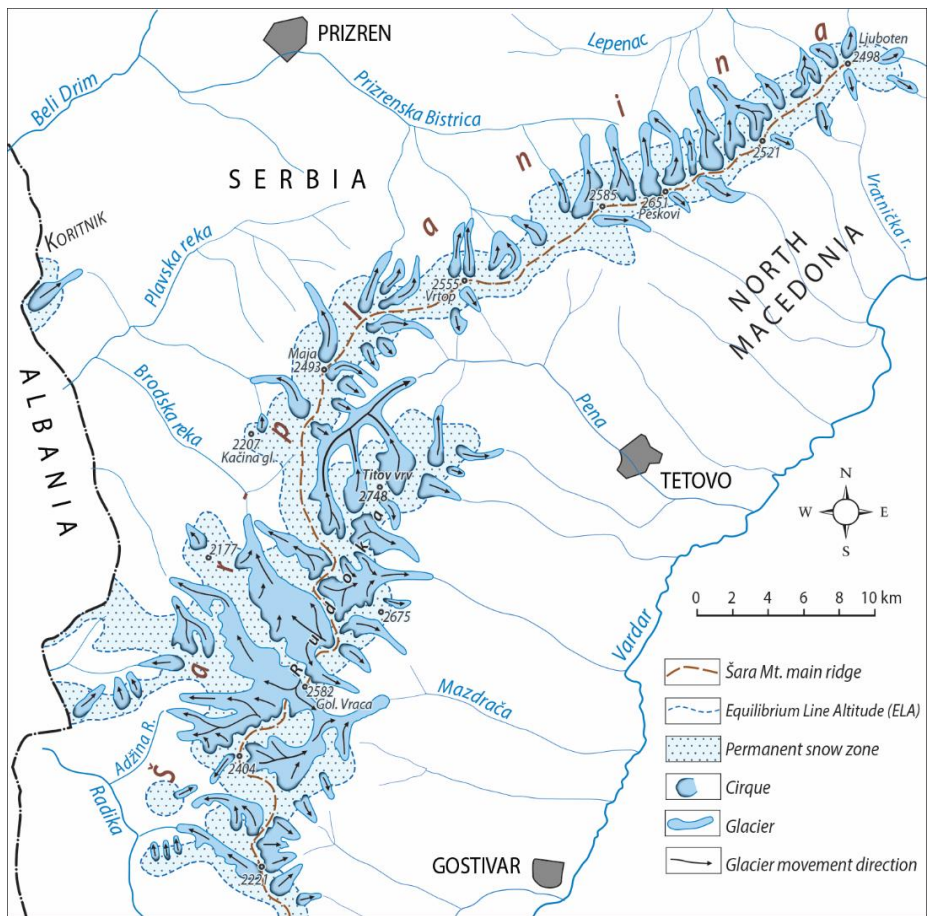


Fig. 9. Map of reconstructed glaciers

Conclusion

The observed glacial forms undoubtedly indicate that during the Pleistocene, in the period of the last glacial maximum MIS-2, three interglacial phases (the Oldest, Older, and Younger Dryas) alternated in the Dryas glacial. At that time, the highest parts of the Šara Mountains above the altitude of 1,900 and 2,000 m were under constant snow cover, which resulted in the formation of glaciers that played a significant role in the morphological formation of the relief. Glaciers were formed above the glacial snow line (ELA), in the so-called zone of "Permanent snow and ice". The most favourable parts of the terrain for their formation were the river valleys just below the highest peaks and ridges of the Šara Mountains, from Ljuboten Peak in the NE to the source tributaries of the Radika River in the SW. Cirques, glacial valleys, moraines, and other characteristic forms of glacial relief were formed by the direct action of glaciers.

Based on the location and mutual relation of glacial forms, the concept of the former glaciation development on the Šara Mountains was created. Namely, it was determined that during the final stage of the Pleistocene, glaciation took place on both sides of the main ridge of the Šara Mountains. Based on the development and number of glacial forms, the glaciation on the NW side of the Šara Mountains was stronger than in the SE. The strongest, however, was SW of Tetovska Pena River, in the mountainous area of Rudoka and Vraca.

Based on the spatial development of glacial forms, two overview maps were made: a map of glacial morphology and a map of reconstructed glaciers. The types of glaciers (hanging, valley, and saddle) and the height of the glacial snow line were determined, which, with certain deviations, was on the NW side of the Šara Mountains at about 1,900 m, and on the SE at the altitude of 2,000 and 2,200 m.

Based on the preservation of moraine material and some frontal moraines, especially moraines in cirques, earlier researchers of the Šara Mountains connect the formation of glacial relief to the period of Würm (according to the Alpine division of the Pleistocene), while recently a new stratigraphic division of the Pleistocene into marine isotopic stages (MIS) has been adopted. The authors of this paper also link the development of glaciation and the formation of glacial forms on the Šara Mountains to the modern division of the Pleistocene.

© 2021 Serbian Geographical Society, Belgrade, Serbia.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Serbia

References

- Белиј, С. (1994). Савремени геоморфолошки процеси и облици рељефа северозападне Шар-планине. Шарпланинске жупе Гора, Опоље и Средска, одлике природне средине. *Посебна издања географског института "Јован Цвијић", САНУ*, књ. 41/1, 113-144. [Belij, S. (1994). Savremeni geomorfološki procesi i oblici reljefa severozapadne Šar-planine. Šarplaninske župe Gora, Opolje i Sredska, odlike prirodne sredine. Posebna izdanja geografskog instituta "Jovan Cvijić", SANU, knj. 41/1, 113-144.]
- Сарпс, С.Р. (1910). Roch glaciers in Alaska, *J. Geol.*, 18.
- Цвијић, Ј. (1897). Трагови старих глечера на Рици. *Глас СКАН*, 54, 1-103. [Cvijić, J. (1897). Tragovi starih glečera na Rili. *Glas SKAN*, 54, 1-103.]
- Цвијић, Ј. (1911). *Основе за географију и геологију Македоније и Старе Србије*, књ. 3, Београд. [Cvijić, J. (1911). *Osnove za geografiju i geologiju Makedonije i Stare Srbije*, knj. 3, Beograd.]
- Цвијић, Ј. (1913). Ледено доба у Проклетијама и околним планинама, *Глас СКАН*, 91, 187-266. [Cvijić, J. (1913). Ledeno doba u Prokletijama i okolnim planinama, *Glas SKAN*, 91, 187-266.]
- Ђукић, Д. (1984). Језера у сливу Караниколичке реке на Шар-планини. *Гласник Српског географског друштва*, 66(2), 3-12. [Ćukić, D. (1984). Jezera u slivu Karanikoličke reke na Šar-planini. *Glasnik Srpskog geografskog društva*, 66(2), 3-12.]
- Ђукић, Д. (1999). Језера у сливу Јажиначке реке на северозападној страни Шар-планине. *Часопис за заштиту природе Србије, Заштита природе*, 51/1, 92-113. [Ćukić, D. (1999). Jezera u slivu Jažinačke reke na severozapadnoj strani Šar-planine. *Časopis za zaštitu prirode Srbije, Zaštita prirode*, 51/1, 92-113.]
- Гавриловић, Д. (1976). Глацијални рељеф Србије. *Гласник Српског географског друштва*, 61(1), 9-19. [Gavrilović, D. (1976). Glacijalni reljef Srbije. *Glasnik Srpskog geografskog društva*, 61(1), 9-19.]

- Gibbard, P.L. & Cohen, K.M. (2008). Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years. *Episodes*, 31(2), 243-249.
- Krivokapić, D. (1969). Šar-planina, turističko-geografski prikaz predela i naroda, *Turistička štampa*, Beograd.
- Kuhlemann, J., Milivojević, M., Krumrei, I. & Kubik, P. W. (2009). Last glaciation of the Šara Range (Balkan peninsula). *Austrian Journal of Earth Sciences*, 102, 146-158.
- Малахов, А.А. (1938/39). Прилог хидрогеологији глацијалних наслага на подножју Шар-планине у близини села Штрпца. *Гласник Скопског научног друштва*, 20(7), 97-103. [Malahov, A.A. (1938/39). Prilog hidrogeologiji glacijalnih naslaga na podnožju Šar-planine u blizini sela Štrpca. *Glasnik Skopskog naučnog društva*, 20(7), 97-103.]
- Марковић, М., Павловић, Р. & Чупковић, Т. (2003). *Геоморфологија*. Београд: Завод за уџбенике. [Marković, M., Pavlović, R. & Čupković, T. (2003). *Geomorfologija*. Beograd: Zavod za udžbenike]
- Menković, Lj. (1977/78). Glacijalni i nivacioni reljef severozapadnog dela Šar-planine. *Vesnik Zavod za geološka i geofizička istraživanja*, 35/36(A), 99-115.
- Menković, Lj. (1988). Reljef Šar-planine – geomorfološka studija. *Doktorska disertacija u rukopisu*, Geografski fakultet, Beograd.
- Менковић, Љ. (1990). Геоморфолошке карактеристике. "Општина Штрпце", одлике природне средине. *Посебна издања географског института "Јован Цвијић", САНУ*, књ. 37/1, 41-80. [Menković, Lj. (1990). Geomorfološke karakteristike. "Opština Štrpce", odlike prirodne sredine. *Posebna izdanja geografskog instituta "Jovan Cvijić", SANU*, knj. 37/1, 41-80.]
- Менковић, Љ. (1994). Геоморфолошки односи. Шарпланинске жупе Гора, Опоље и Средска, одлике природне средине. *Посебна издања Географског института "Јован Цвијић", САНУ*, књ. 40/1, 47-80. [Menković, Lj. (1994). Geomorfološki odnosi. Šarplaninske župe Gora, Opolje i Sredska, odlike prirodne sredine. *Posebna izdanja Geografskog instituta "Jovan Cvijić", SANU*, knj. 40/1, 47-80.]
- Menković, Lj., Koščal, M. & Mijatović, M. (2003). *Geomorfološka karta Srbije 1:500 000*. Beograd: Geozavod – Gemini i Magic map.
- Menković, Lj., Marković, M., Čupković, T., Pavlović, R. & Banjac, N. (2004). Glacial Morphological of Glaciations – extent and Chronology Ed. J. Ehlers and P.L. Gibard, *Elsevier*, 379-384. Serbia, with comments on the Pleistocene Glaciation of Monte Negro, Macedonia and Albania. Quarternary.
- Milivojević, M., Menković, Lj. & Čalić, J. (2008). Pleistocene glacial relief of the central Part of Mt. Prokletije (Albanians Alps). *Quaternary International*, 190, 112-122.
- Миливојевић, М., (2019). Методологија реконструисања планинске плеистоцене глацијације на примеру Динарско-проклетијских планина. *Докторска дисертација*, Географски факултет, Београд. [Milivojević, M. (2019). Metodologija rekonstruisanja planinske pleistocene glacijacije na primeru Dinarsko-prokletijskih planina. *Doktorska disertacija*, Geografski fakultet, Beograd.]
- Милојевић, Б.Ж. (1937). *Високе планине у нашој Краљевини*. Београд: Државна штампарија. [Milojević, B.Ž. (1937). *Visoke planine u našoj Kraljevini*. Beograd: Državna štamparija]
- Николић, Р.Т. (1912). Глацијација Шар-планине и Кораба. *Глас СКА*, 87, 72-79. [Nikolić R.T. (1912). Glacijacija Šar-planine i Koraba. *Glas SKA*, 87, 72-79.]
- Радовановић, М. & Николић, С. (1959). Слив Призренске Бистрице. *Зборник радова ГИ ПМФ*, 6, 37-72. [Radovanović, M. & Nikolić, S. (1959). Sliv Prizrenske Bistrice. *Zbornik radova GI PMF*, 6, 37-72.]
- Смиљанић, Т. (1929). О глацијалним траговима на Шар-планини, Корабу, Крчину и Стогову. *Гласник Српског географског друштва*, 15, 118-119. [Smiljanić, T. (1929). O glacijalnim tragovima na Šar-planini, Korabu, Krčinu i Stogovu. *Glasnik Srpskog geografskog društva*, 15, 118-119.]

Оригинални научни рад

UDC 551.4(497.7 Šar planina)
<https://doi.org/10.2298/GSGD2101001M>

Примљено: 05. маја 2021.

Исправљено: 12. јуна 2021.

Прихваћено: 26. јуна 2021.

Љубомир Менковић*, Милован Миливојевић¹*

* Географски институт "Јован Цвијић", САНУ, Београд, Србија

ГЛАЦИЈАЛНА МОРФОЛОГИЈА ШАР-ПЛАНИНЕ

Апстракт: У раду су дефинисани и приказани облици глацијалног рељефа настали, највероватније, током последњег плеистоценског глацијацијалног максимума (LGM). Дат је графички и текстуални приказ готово свих глацијалних облика на целој територији Шар-планине, с обе стране њеног главног гребена, од Љуботена на СИ до изворишних притока Радике на ЈЗ. На основу висинског положаја и просторног развића глацијалних облика, одређена је висина снежне границе (ELA), утврђени су и дефинисани типови ледника, што је приказано на две прегледне карте, које приказују плеистоцену глацијалну морфологију и реконструисане плеистоцене леднике, што се односи на задњи глацијал плеистоцена, (MIS-2). Пошто се ради о најмлађим глацијалним морфолошким траговима на Шар-планини, они су данас најбоље очувани.

Кључне речи: Шар-планина, типови ледника, циркови, валови, морене

¹ m.milivojevic@gi.sanu.ac.rs (аутор за кореспонденцију)

Увод

Шар-планина спада у ред највиших планина Балканског полуострва. Налази се на крајњем југу Србије, на граници Србије са Северном Македонијом (Сл. 1). Правац пружања ове планине је СИ-ЈЗ, попречан на генерални правац пружања Динарида и Вардарске зоне. Простире се на дужини од око 60 km, од Качаничке клисуре на СИ до изворишних притока Радике на ЈЗ.

На гребену Шар-планине, просечне надморске висине 2.000 до 2.200 m, идући од СИ ка ЈЗ, вишином се истичу Љуботен (2.498 m), Пирибег (2.522 m), Бистра (2.640 m), Црни врх (2.584 m), Кобилица (2.526 m), Кара-Никола (2.409 m) и Кочина глава (2.204 m). Од Кочине главе Шар-планина повија према југу и разбија се у више врхова, гребена и коса које се спуштају ка Пологу, Мавровском језеру и долини Радике. У овом планинском комплексу посебно се истичу Рудока са Титовим врхом (2.748 m), највишим на Шар-планини, и Враца (2.582 m).

Сл. 1. Географски положај Шар-планине (стр. 2)

Током последњег глацијала плеистоцена, када је наступило значајно захлађење, највиши делови Шар-планине, са преко 1.900 и 2.000 m надморске висине, били су покривени сталним снегом и ледом. У зони вечитог снега, сталним нагомилавањем нових падавина снега, формирани су ледници који су имали значајну улогу у морфолошком обликовању рељефа Шар-планине. Непосредним дејством ледника изграђени су карактеристични глацијални облици (циркови, валови, морене и др.) у рељефу још увек присутни, иако глацијални процес одавно није активан.

Методологија истраживања

Идентификација облика глацијалног рељефа на Шар-планини обављена је кабинетским и теренским путем истраживања. У фази кабинетских истраживања, најпре је обављен преглед литературних података са посебним освртом на податке о глацијалном рељефу, а потом анализа топографског материјала, геолошких карата и детаљна стереоскопска анализа аероснимака. На основу резултата добијених кабинетским истраживањима створена је прелиминарна концепција о глацијацији Шар-планине и планирани теренски радови.

У фази теренских радова обављена је провера података добијених кабинетским путем истраживања, а непосредним теренским осматрањима прикупљени су нови подаци. На основу свих података, прикупљених у кабинету и на терену, формирана је коначна концепција о глацијацији Шар-планине, на којој је у завршној фази примењена методологија компаративне анализе и математичких односа морфометријских елемената реконструисаних ледника, (Миливојевић, 2019), који су условљени равнотежном линијом (изнад и испод), позитивног снежног биланса (ELA). Примена више методолошких приступа, као и квантитативне и квалитативне геоморфолошке анализе, дошло се до резултата реконструисаних ледника и њихових динамичких процеса током дријаса, задњег глобалног захлађења у плеистоцену.

Прве податке о глацијалним траговима на Шар-планини дао је Цвијић (1911). Он је још 1890. године на источној страни Љуботена запазио циркове на надморској висини од 1.600 до 1.650 m. Међутим, пошто до тада није било познато да је на балканским планинама постојала глацијација, Цвијић није био сигуран у њихово

гласијално порекло. Седам година касније, 1897. године, када је на Рили, у Бугарској, утврдио поуздане трагове старих глечера, био је сигуран да је гласијације било и на осталим високим планинама Балканског полуострва. То је најпре, 1900. године, утврдио на Шар-планини, када је у Сиринићу констатовао флувиогласијални материјал, а у Ропот потоку бедме моренског материјала. На путу за Призрен, Цвијић је 1910. године прешао Шар-планину преко Кобилице и том приликом на Кара-Николи приметио три цирка на надморској висини од 2.105 до 2.250 m.

Осим Цвијића гласијалне трагове на Шар-планини проучавали су и други истраживачи (Николић, 1912; Милојевић, 1937; Малахов, 1938/39; Радовановић & Николић, 1959; Менковић, 1977/78; 1990; 1994; Menković et al., 2004, Kuhlemann et al., 2009).

Гласијални рељеф Шар-планине приказан је и у оквиру докторске дисертације (Менковић, 1988) која није публикована, али њени подаци су коришћени приликом комплексног–мултидисциплинарног истраживања СЗ дела Шар-планине: "Општина Штрпце (1990)" и "Шарпланинске жупе: Гора, Опоље и Средска (1994)". Гласијална морфологија је приказана у две посебне монографије, које обрађују одлике природне средине, књ. 37/1 и 40/1, у издању Географског института "Јован Цвијић" САНУ. У поменутим монографијама гласијални рељеф је приказан само на СЗ страни Шар-планине, док је на ЈИ остао у рукопису. Аутори су, стога, одлучили да се гласијални рељеф прикаже у целисти, на целој територији Шар-планине.

Гласијални рељеф

Под појмом гласијални рељеф обухваћени су облици генетски везани искључиво за непосредно дејство ледника. На основу њиховог распрострањења констатовано је да су развијени у највишим деловима Шар-планине, изнад 1.900 и 2.000 m н.в., и то с обе стране њеног главног гребена. Међутим, на СЗ страни Шар-планине гласијација је била јача, снежна граница нижа, циркови и валови бројнији и већих димензија у односу на ЈИ, а чеоне морене силазе и до 1.200 m данашње надморске висине. Ако се има у виду да је СЗ страна Шар-планине осојна и да добија веће количине падавина, које долазе са запада, онда је овакав развој гласијације био сасвим логичан.

На СЗ страни Шар-планине, облици гласијалног рељефа су развијени у сливним подручјима Лепенца, Призренске Бистрице и Плавске реке, односно у изворишним деловима њихових шарских притока, непосредно испод највиших врхова и гребена. У овим деловима Шар-планине готово сви циркови су експонирани (отворени и нагнути) према северу.

Сл. 2. Гласијална морфологија у сливу Лепенца (Menković et al., 2004) (стр. 4)

У сливу Лепенца облици гласијалног рељефа су констатовани у десним шарским притокама Лепенца, у долинама Суве реке, Блатештице, Муржице, Болованске, Калуђерске реке и Ропот потока. Циркови су развијени у изворишним чепенкама наведених речних токова, непосредно испод гребена Шар-планине, на потезу од Бистре (2.640 m) на ЈЗ до Љуботена (2.498 m) на СИ. Излазећи из циркова, ледници су се спуштали испод снежне границе и полагаано, понегде слаповито, кретали прегласијалним речним долинама све до места отапања, где су одлагали велике количине моренског материјала. Судећи по величини циркова и положаја најнижих (чеоних)

морена, најјача глацијација у сливу Лепенца била је у долинама Суве реке, Блатештице и Муржице (Сл. 2).

Сл. 3. Цирк Језерске чуке (Фото: Менковић, Љ.) (стр. 5)

У сливу Суве реке развијена су три цирка: један се налази испод Бистре, у изворишту левог крака Суве реке, други је у десном краку, смештен између Бистре (2.640 m) и Језерске чуке (2.604 m), и трећи испод Језерске чуке (Сл. 3).

Сл. 4. Циркови Дурловог потока (Фото: Менковић, Љ.) (стр. 5)

У изворишном делу Блатештице, испод коте 2.510 m, изграђен је већи разгранат цирк, километарских димензија, са више бочних мањих циркова, хектометарских димензија, а у сливу Муржице два, такође разграната цирка, изграђена испод Пирибега (2.522 m) и Ливадице (2.491 m). Први је у Дурловом потоку (Сл. 4), а други у Бревачком.

Циркови у изворишним деловима поменутих речних токова су хектометарских и километарских димензија, глацијални валови 2 до 3 km дужине, и релативно добро очуване чеоне морене; две у два посебна долинска крака Суве реке, које се спуштају до 1.370, односно 1.320 m, и једна у долини Блатештице, која силази до 1.200 m н.в.

У највишем делу десног крака Суве реке, где је плеистоценски ледник формирао циркно удубљење, касније по отапању ледника, формиран је језерски басен. Пошто је басен испуњен водом, формирано је Јажиначко језеро, смештено у истоименом – јажиначком цирку, на надморској висини 2.135 m (Сл. 5). Језеро је при максималном водостању дугачко 177 m, широко 114 m, а дубоко 12,5 m - најдубље на Шар-планини (Ђукић, 1999).

Сл. 5. Јажиначко језеро (Фото: Менковић, Љ.) (стр. 6)

У изворишним деловима Болованске реке, Калуђерске и Ропот потока, у морфолошки слабије израженим цирковима, формиран су мањи ледници који су се, судећи по положају морена, отапали непосредно испод циркова. Сви циркови су отворени и нагнути према северу осим ливадичког, у изворишном делу Калуђерске реке, који је експониран према СИ. На дну цирка, на 2.173 m н. в., ледник је издубио глацијално језеро познато под називом Штрбачко или Ливадичко. Његова површина је око 20.740 m², дужина 228 m, ширине 120 m, а дубина до 7,3 m (Кривокарић, 1969).

Цирк у изворишном делу Ропот потока је експониран према северу. Његово дно, нагнуто у истом правцу, спушта се од 2.000 до 1.900 m н.в. На дну цирка су младе релативно добро очуване морене које је ледник Ропот потока одложио, највероватније, у последњем глацијалном стадијалу Млађи дријас. Испод цирка је чеона морена, чија се најнижа тачка налази на 1.450 m н.в.

На источној страни Љуботена, у изворишним притокама Страшке реке, констатована су два морфолошки слабо изражена цирка са моренама. Ове циркове је 1890. године приметио Цвијић, приликом свог првог изласка на Шар-планину. Оба цирка су издубљена у тријаским мермерастим кречњацима, један испод врха Љуботена, на 1.800-2.000 m, а други испод коте 1.960 m, на 1.600-1.800 m.

На СЗ страни Шар-планине, која припада сливу Призренске Бистрице, глацијални рељеф је развијен у вишим деловима левих притока Бистрице. Циркови

су лоцирани испод самог гребена Шаре, од Бистре на СИ до Кара-Николе на ЈЗ. На основу констатованих циркова, морена и других карактеристичних облика глацијалног рељефа, може се сматрати да се најјача глацијација одвијала између Бистре и Велике Коњушке, у изворишту Буковачке реке, леве притоке Призренске Бистрице. Веома разгранат цирк Буковачке реке, кога чине више мањих циркова, у целини је експониран према северу. Одликује се каскадним дном и стрмим стеновитим странама, местимично високим и преко 100 m. По дну цирка запажени су бедеми моренског материјала, стеновити одсеци (некадашњи ледопади) и мутониране стене. Ледник је местимично издубио дно цирка и формирао басене малих глацијалних језера, од којих је очувано само Големо језеро које се налази испод стеновитог одсека В. Коњушке, на 2.400 m н.в. Остала језера су нестала, али се њихови напуштени басени јасно препознају. Низводно од цирка, који се завршава стеновитим одсеком (ледопадом) високим 100-150 m, ледник се кретао долином Буковачке реке коју је преобликовао у глацијални валов дужине 2-3 km. На крају валова формирана је чеона морена, једна од најимпозантнијих и најбоље очуваних морена на Шар-планини (Сл. 6), која силази до 1.300 m н.в., скоро до корита Призренске Бистрице. Буковачка чеона морена је пресечена постглацијалном долином Буковачке реке на два низводно повијена бедема готово једнака по величини. Њихова дужина је око 1.700 m, а висина 50-70 m.

Сл. 6. Чеона морена Буковачке реке (Фото: Менковић, Љ.) (стр. 7)

У изворишту Шартичке реке, између Велике Коњушке и Црног врха (2.584 m), развијена су два цирка са моренама. Већи цирк, ширине око 2 km, налази се испод Црног врха, а мањи-висећи, ширине до 500 m, на СЗ страни В. Коњушке. Најниже морене у долини Шартичке реке силазе до 1.250 m.

У изворишном делу реке Петрашнице, испод Црног врха, развијен је мањи цирк (у пречнику од око 500 m) са моренама. Морене испод цирка нису констатоване, вероватно су еродоване.

Испод западне, стрме стеновите стране Црног врха, у долини Дупничке реке, запажен је моренски материјал који указује да је током каснијих глацијала плеистоцена и овде постојао ледник.

На северној и североисточној страни Кобилице (2.526 m), у сливу Љубињске реке, такође су постојали ледници. Констатована су четири цирка са моренама. Морфолошки се посебно истичу два хектометарских димензија, издубљена у тријаским кречњацима, непосредно испод највишег врха Кобилице (2.526 m). Испод циркова су стрме стеновите стране низ којих су се ледници, излазећи из циркова, стропоштавали до подножја Кобилице, где су се отапали и одлагали моренски материјал.

У изворишним притокама Манастирске реке, на СИ страни Кара-Николе (2.402 m), развијена су три цирка, пречника до 500 m, отворена и нагнута према СИ. Сви караниколички ледници кретали су се према СИ, ка долини Манастирске реке, а судећи по положају моренског материјала отапали се на различитим надморским висинама, од 1.600 до 1.800 m.

У сливу Плавске реке глацијални рељеф је констатован у највишим деловима њених левих притока Бродосавске, Радешке, Бродске и Рестиличке реке.

У изворишном деле Бродосавске реке, изнад 2.000 m, изграђен је цирк пречника око 1.500 m, који је отворен и нагнут према северу. На дну цирка морене су се задржале само местимично, док су низводно од цирка еродоване и депоноване у Опољу у виду плавинске лепезе километарских димензија.

У долини Радешке реке, у њене две изворишне притоке, развијена су два цирка. У десној изворишној притоци, на падини Битир-Радеш, изграђен је већи цирк, пречника 1-1,5 km. Цирк је експониран према северу. Његова западна страна је стрма и стеновита, а дно валовито и покривено моренама које се спуштају до 1.700 m. У левој притоци Радешке реке запажен је мањи цирк, пречника 200-300 m, лоциран испод самог врха Кочине главе (2.204 m).

У долини Бродске реке, на њеној левој страни, развијен је већи број viseћих циркова, пречника 100 до 1.000 m, отворених и нагнутих према истоку. Моренски материјал је констатован и у највишем делу Бродске реке, изнад 2.000 m. Међутим, у низводном делу долине није констатован, иако се претпоставља да је део преседлинског ледника са СЗ подножја Рудоке силазио и кретао долином Бродске реке скоро до ушћа Душке реке.

У највишем делу Душке реке, десне притоке Бродске реке, развијен је сложен – разгранат цирк, смештен између Чубрићева и Џини-бега (2.610 m). Стрме и стеновите стране цирка су отворене према СЗ. Каскадно дно цирка са стеновитим одсецима (ледопадима), покривено је моренским материјалом, који се спушта до 1.800 m у виду дезорганизованих бедема подинске морене.

У долини Рестиличке реке, на њеној десној страни, постоје неколико viseћих циркова (пречника 500-1.000 m) са моренама. У њеним највишим деловима леднички језик, који се спуштао са СЗ подножја Враце, оставио је за собом морене, моренски материјал и мутониране стене. Два цирка, пречника 1-2 km, са моренама и мутонираним стенама, развијена су и у левој безименој притоци Рестиличке реке.

Северозападно од Враце, на простору Злипоточке и Глобочничке планине (2.058 m), запажен је већи број viseћих циркова са моренама у пречнику од око 500 m. Сви констатовани циркови су развијени на осојним странама.

На ЈИ страни Шар-планине, од Тетовске Пене до Љуботена на СИ, глацијални рељеф је, слабије развијен. Запажен је у изворишним деловима шарских река, левих притока Пене и Вардара. Ледници, формирано непосредно испод највиших врхова и гребена Шаре, обликовали су мање циркове, хектометарских до километарских димензија. Судаћи по положају моренског материјала, они су се, већим делом, отапали непосредно испод циркова, тј. испод равнотежне линије позитивног биланса снега и леда (ELA), те су глацијални валови ређи у односу на СЗ страну Шар-планине.

У изворишним деловима левих притока Пене постоје већи број мањих, viseћих циркова са изразито стрмим странама, високим 100-200 m. У рељефу се посебно истичу два цирку изграђена у изворишним деловима Скакалске и Караниколичке реке. Оба цирка су отворена према СИ и завршавају се стеновитим одсецима високим 50-100 m. Низводно од одсека ледници су се спуштали и кретали према ЈИ. Моренски материјал су одлагали у цирковима и испод циркова. Најниже морене испод скакалског цирка силазе до 1.500 m, а испод цирка Караниколичке реке до

1.700 m. На дну скакалског цирка, на надморској висини 2.300 m, налази се глацијално језеро пречника око 80 m, а у цирку Караниколичке реке ледник је издубио два глацијална језерска басена. Мање језеро или Мали Ђол налази се на 2.290 m, а веће, Велики Ђол, на 2.180 m (Сл. 7). Површина мањег језера је 6.590 m², а већег 25.040 m². Максимална дубина мањег језера је 1 m, а већег 7,2 m. (Ђукић, 1984). Оба језера су преграђена моренама.

Сл. 7. Велики Ђол у цирку Караниколичке реке (Фото: Менковић, Љ.) (стр. 10)

У изворишном делу Бродачке реке, испод Царевог гумна, цирк није морфолошки изражен, али присуство материјала, који по заобљеношћу углова фрагмената стеновитог дробинског материјала и крупнијих блокова указује на ледничко порекло. Значи да детектован моренски материјал указује да је највиши део ове реке, вероватно, био заглечерен.

На ЈИ страни Шар-планине, од Бродечке реке према СИ, облици глацијалног рељефа су развијени испод Црног врха, Бистре и Језерске чуке. Између Црног врха, Кучибабе и Бистре обликован је цирк у изворишном делу реке Бистрице, леве притоке Вардара. У цирку Бистрице, отвореном према истоку, моренски материјал је очуван само при дну цирка, на 2.100-2.200 m н.в.

Мањи цирк са моренама, пречника до 500 m, развијен је у изворишту Чаушице, леве притоке Бистрице. Цирк се налази јужно од Језерске чуке, на надморској висини 2.300-2.500 m.

У изворишној челенци Језерске реке, десне притоке Габровнице, непосредно испод Језерске чуке, обликован је већи цирк, пречника 1-2 km. Дно цирка се налази на 2.100-2.300 m. Нагнуто је према ЈИ и покривено моренама које силазе до 1.900 m. На дну цирка испод Језерске чуке, налази се мало, плитко безимено међуморенско језеро.

Од Језерске чуке до Љуботена, у морфолошки слабо израженим цирковима Беловишке, Ливадичке и Љуботенске реке, запажени су облици који подсећају на морене, те се не може на основу више параметара закључити да су глацијалног порекла. У изворишном делу Беловишке реке претпостављене морене се спуштају до 2.000 m, а изворишним деловима Ливадичке и Љуботенске до 1.700 m.

Судећи по констатованим облицима глацијалног рељефа може се сматрати да се током касног плеистоцена најјача глацијација одвијала у подручју Враце и Рудоке. На простору ових и околних планина, које представљају највише делове Шар-планине, плеистоценски ледници су имали значајну улогу у морфолошком обликовању рељефа.

Два ледника, километарских димензија, егзистовала су СЗ од Враце и Рудоке, на пространој површи, надморске висине преко 2.000 m, која у суштини представља преседлину између горњег слива Маздраче на ЈИ и Бродске и Рестиличке реке на СЗ. С обзиром да су формиран на преседлини, дефинисани су као преседлински ледници, али пошто се разбијају у више ледничких језика, који гравитирају у разним правцима, показују и извесне карактеристике платоског типа. Ово се посебно односи на ледник СЗ од Враце. Познато је, међутим, да платоски ледници немају циркове, морене и друге карактеристичне облике глацијалног рељефа, па су

некадашњи ледници СЗ од Враце и Рудоке дефинисани по месту настанка, односно по преседлини на којој су формирани.

Преседлински ледник, површине десетак km^2 , формиран је СЗ од Враце, на преседлини надморске висине изнад 2.000 m. Овај ледник је на СЗ страни Враце издубио неколико полукружних циркова са стрним стеновитим странама високим 100-250 m. Од поменутог ледника одвајали су се мањи леднички језици који су се кретали у разним правцима. Један леднички језик се спуштао према СЗ, ка долини Рестиличке реке, други према западу, где се разбијао у три мања ледничка језика, од којих се један кретао према Луковом пољу и силазио до 1.780 m, а друга два према долини Црног камена, где су се, судећи по положају најнижих морена, отапали на 1750 m, односно на 1.800 m н.в. И најзад од преседлинског ледника се одвајао један мањи леднички језик који се преко уског превоја Враце пребацивао у долину леве безимене притоке Маздраче где је, према положају најниже морене, силазио до 1.800 m.

Преседлински ледник Враце је оставио за собом различите облике глацијалног рељефа. Осим циркова, издубљених на СЗ страни Враце, целу преседлину на којој је егзистовао, покривају бедеми моренског материјала са местимичним појавама мутонираних стена и малих међуморенских језерских басена метарских до декаметарских димензија. Ова језера су махом периодска. Многа су пресахла, а нека од њих претворена у тресетишта. Моренски материјал је очуван и у изворишном делу Рестиличке реке, док је у њеном низводном делу еродован.

Преседлински тип ледника, километарских димензија, егзистовао је и СЗ од Рудоке. Формиран је на преседлини, надморске висине 2.200-2.400 m. Од преседлинског ледника са СЗ подножја Рудоке леднички језици су се кретали у два правца. Већи леднички језик се кретао према СЗ, ка долини Бродске реке, а мањи према ЈИ, где се долином Тивке воде спуштао ка Маздрачи, све до 1.800 m. Преседлински ледник СЗ од Рудоке, као и претходни ледник СЗ од Враце, оставио је за собом циркове, морене, мутониране стене и ретке појаве међуморенских језера која су махом пресахла, а нека од њих претворена у тресетишта. Највеће тресетиште, хектометарских димензија, које се налази на преседлини СЗ од Рудоке, представља извориште Тивке воде, леве притоке Маздраче. Морене су се задржале на преседлини и у долини Тивке воде, док су у самој долини Бродске реке еродоване.

У осталим деловима планинског комплекса Рудоке и Враце доминантну улогу у обликовању глацијалног рељефа имали су долински и висећи или циркни ледници. Непосредним дејством ових ледника обликовани су циркови, валови, морене и други облици глацијалног рељефа.

На северној страни Џини-бега, изнад 2.200 m, обликован је цирк Тетовске Пене. Дно цирка, отворено и нагнуто према северу, развијено је у два нивоа, на 2.200-2.280 m и на 2.300-2.400 m. Стране цирка се изнад дна издижу за још 100-150 m. Испод цирка је некадашњи глацијални валов Пене, који је после повлачења ледника у великој мери преобликован, те данас има облик нормалне речне долине. Моренски материјал је очуван само на подовима циркног дна, док је у низводном делу долине, већим делом, еродован.

Морфолошки се посебно истичу циркови са валовима обликовани у долинама десних притока Пене - Крвашијске, Лешничке и Казањске реке. Кривашијски цирк

је издубљен испод Титовог врха, Лешнички у пределу Лешнице, а Казањски на северној страни Церипашине планине. Сви поменути циркови и валови су експонирани према северу. Заједничке карактеристике су им: полукружни облик циркова, пречника 1-1,5 km, каскадна дна и стрме стеновите стране, релативне висине 100-400 m. Моренски материјал се налази у цирковима, док се у валовима, испод циркова, задржао само у долини Казањске реке, на 1.900 m н. в.

У изворишном делу Палчишке реке обликована су два цирка. Један, већи и виши (2.200-2.300 m), изграђен на источној страни Рудоке, а други, мањи и нижи (2.100-2.300 m), на ЈИ страни Церипашине планине (2.525 m). Оба цирка су отворена и нагнута ка истоку. Морене су констатоване у оба цирка и испод њих, до 1.950 m н.в.

Северно од поменутих циркова, на источној страни Церипашине планине, изнад 2.200 m, обликован је још један мањи цирк, пречника до 500 m. Испод цирка је стеновит одсек (ледопад), висок 80-100 m, а испод одсека моренски материјал који се спушта до 1.750 m н.в.

У изворишним крацима Боговинске реке развијено је више циркова. У левом краку се налазе два; један ЈИ од Титовог врха, широк око 500 m, а други, већи (пречника до 2 km) између Титовог врха и Џини-бега. Оба су отворена према истоку. Цирк ЈИ од Титовог врха највиши је на Шар-планини. Апсолутна висина његовог дна је 2.400-2.600 m. Цирк се према истоку завршава стеновитим одсеком, а испод одсека се простиру морене до 2.100 m. Висина другог цирка је 2.200-2.400 m. Моренски материјал у њему је очуван само на заравњеним деловима дна.

Изворишна челенка Језерске реке (десни изворишни крак Боговинске реке) у суштини представља већи разгранат цирк (пречника преко 2 km) који је експониран ка истоку. На основу морфологије цирка може се закључити да су се мањи леднички језици, са ободних делова разгранатог цирка, радијално спуштали ка Боговинском језеру које се налази у најнижем делу цирка, на 1.960 m. Ово глацијално језеро, приближне површине око 66.880 m², највеће је на Шар-планини. По подацима Кривокапића (1969), дужина језера је 452,5 m, ширина 225 m, а дубина 2,2 m. У северном делу цирка, испод Џини-бега, ледник је издубио још један језерски басен (Бело језеро), које је три пута мање од Боговинског. Оба језера су преграђена моренама, које су запажене и у долини испод Боговинског језера, где се спуштају до 1800 m.

У сливном подручју Маздраче, односно у изворишним деловима њених притока, констатован је већи број циркова са моренама. У неким долинама левих притока Маздраче, моренски материјал је донет ледничким језицима који су се преливали из суседног преседлинског ледника са СЗ подножја Рудоке и Враце.

У изворишном делу Маздраче, ЈЗ од Враце, егзистовао је већи ледник који се, вероватно, спуштао ниже него што то показује надморска висина заосталог моренског материјала. Наиме, у преглацијалној изворишној челенки Маздраче је током плеистоцена формиран ледник који је издубио већи цирк, пречника до 3 km, и неколико мањих, у пречнику од око 500 m. Сви циркови су отворени и нагнути према СИ, у правцу отицања Маздраче. Стране циркова су делимично очуване, као и моренски материјал који се задржао само на заравњеним деловима дна цирка.

У изворишном делу реке Матине, леве притоке Маздраче, обликован је цирк пречника 500 до 1.000 m. Овај цирк који дубоко залази у Рудоку, до испод врха Борислајец (2.652 m), експониран је према СИ. Дно цирку, нагнуто у истом правцу, има два нивоа: нижи 2.120 до 2.260 m и виши 2.420 до 2.500 m. У најнижем делу цирку, на 2.120 m, формирано је Црно језеро укупне површине 33.520 m². Његова дужина је 248 m, ширина 185 m, измерена дубина је 2,2 m. Претпоставља се, међутим, да је дубље од Боговинског (Крвокапић, 1969). Језеро је преграђено бедемом моренског материјала, а испод кога је веома стрма долина све до 1.800 m н.в. У низводном делу долине реке Матине, испод велике стрмине, формирана је чеона морена која се спушта до 1.460 m.

У сливу Јеловљанске реке облици глацијалног рељефа су развијени само у њеном изворишном делу, изнад 2.000 m. Морфолошки слабо изражени циркуви са моренама отворени су и нагнути према ЈИ, односно у правцу отицања Јеловљанске реке. Судећи по развијености циркува и морена у њима, у изворишном делу Јеловљанске реке су егзистовали, претежно, viseћи ледници, који су се отапали непосредно испод циркува, односно испод некадашње глацијалне снежне границе.

Југозападно од Враце развијена су два цирку експонирана према СЗ. Један је у изворишном делу Ђафа Кадиш, леве притоке Радике, а други у долини Ацине реке, леве притоке Ђафа Кадиш. У долини Ђафе Кадиш моренски материјал силази до 1.760 m, док је у долини Ацине реке еродован. На осојним, северним долинским странама поменутих река запајини су мањи, viseћи циркуви, пречника 100-150 m.

Стереоскопском анализом аероснимака и теренским истраживањима констатовано је да су у морфолошком обликовању глацијалног рељефа Шар-планине учествовали следећи типови ледника: viseћи, развијени у мањим циркувима непосредно изнад снежне границе, долински у преглацијалним речним долинама и преседлински формиран на преседлини СЗ од Рудоке и Враце. Непосредним дејством поменутих ледника формиран су циркуви, валови морене и други карактеристични облици глацијалног рељефа. На основу њиховог просторног развића урађене су две прегледне карте: карта глацијалне морфологије (Сл.8) и карта реконструисаних ледника (Сл. 9) која се односи на најмлађи глацијални максимум плеистоценске глацијације на Шар-планини. На првој карти приказани су: главни гребен Шар-планине, циркуви, валови и морене, а на другој, осим главног гребена, приказани су: глацијална снежна граница, зона вечитог снега, циркуви, реконструисани ледници и смер кретања ледника.

Сл. 8. Карта глацијалне морфологије (стр. 14)

Висина снежне границе на Шар-планини била је условљена експозицијом планинских страна према положају сунца. Тако на пример, на осојној (северној и северозападној) страни Шар-планине, висина снежне границе је током MIS-2 глацијала, уз извесна одступања, била на око 1.900 m, а на присојној (јужној и југоисточној) кретала се од 2.000 до 2.200 m данашње надморске висине. Приликом одређивања висине снежне границе коришћен је и положај најнижих циркува, формираних непосредно изнад глацијалне снежне границе.

Сл. 9. Карта реконструисаних ледника (стр. 15)

На крају, поставља се питање, када је плеистоценска глацијација имала значајнију улогу у морфолошком обликовању рељефа Шар-планине, и да ли је било само

једне или више глацијација? На основу очуваности моренског материјала и појединих морена, готово сви ранији истраживачи настанак глацијалних облика на Шар-планини везују за период последњег глацијалног максимума, односно за вирм (Цвијић, 1911; Николић, 1912; Милојевић, 1937 и др.).

Развој глацијације и стварање глацијалних облика на Шар-планини, аутори овога рада, такође везују за период MIS-2 глацијала и три његове дријаске интерглацијалне фазе (Gibbard & Cohen, 2008). За овај период су се определили на основу мишљења ранијих истраживача, очуваности појединих чеоних морена, посебно морена у цирковима, и лабораторијских резултата добијених анализом узорака прикупљених на Шар-планини где се одређује старост постглацијалног материја, која оквирно износи од 10-20.000 год. у односу на садашњост (Kuhlempf et al., 2009).

С обзиром на то да се чеоне морене спуштају најниже може се сматрати да су оне најстарије. Ледници си их одлагали када је глацијација на Шар-планини достигла свој максимум. Морене у вишим деловима Шаре, када су валови у питању на пример, релативно су млађе од чеоних и могу се везати за стадијална заглечеравања, а морене у цирковима, које су најбоље очуване, вероватно припадају последњем интерглацијалу млађег дријаса.

Крајем плеистоцена и почетком холоцена ледници се са Шар-планине коначно повлаче, а глацијални процес се смењује другим, новим процесима – флувијалним, падинским и периглацијалним. Дејством нових процеса облици глацијалног рељефа су у већој или мањој мери преобликовани – еродовани или прекривени акумулационим материјалом савремених морфолошких процеса, пре свега, падинским и периглацијалним.

Закључак

Констатовани глацијални облици несумњиво указују да су током плеистоцена, у периоду задњег глацијалног максимума MIS-2, у глацијалу дријаса, смењивало се три интерглацијалне фазе (најстарији, старији и млађи дријас). Тада су највиши делови Шар-планине изнад 1.900 и 2.000 m н.в. били под сталним снежним покривачем, што је имало за последицу формирање ледника који су имали значајну улогу у морфолошком обликовању рељефа. Ледници су формирано изнад глацијалне снежне границе (ELA), у зони тзв. "вечитог снега и леда". Најповољнији делови терена за њихово формирање биле су речне челенке непосредно испод највиших врхова и гребена Шар-планине, од Љуботена на СИ до изворишних притока Радике на ЈЗ. Непосредним дејством ледника обликовани су циркови, валови, морене и други карактеристични облици глацијалног рељефа.

На основу положаја и међусобног односа глацијалних облика створена је концепција о развићу некадашње глацијације на Шар-планини. Утврђено је, наиме, да се током завршног стадијума плеистоцена, глацијација одвијала с обе стране главног гребена Шар-планине. Судаћи по развијености и бројности глацијалних облика, глацијација је на СЗ страни Шаре била јача у односу на ЈИ. Најјача је, међутим, била ЈЗ од Тетовске Пене, у планинском подручју Рудоке и Враце.

На основу просторног развића глацијалних облика урађене су две прегледне карте: карта глацијалне морфологије и карта реконструисаних ледника. Утврђени су типови ледника (висећи, долињски и преседлински) и висина глацијалне снежне границе која је, уз извесна одступања, на СЗ страни Шар-планине била на око 1.900 m, а на ЈИ на 2.000 и 2.200 m н.в.

На основу очуваности моренског материјала и појединих чеоних морена, посебно морена у цирковима, ранији истраживачи Шаре настанак глацијалног рељефа везују за период вирма (по алпској подели плеистоцена), док је у задњем периоду прихваћена нова стратиграфска подела плеистоцена на морске изотопске стадијуме (MIS). Развој глацијације и стварање глацијалних облика на Шар-планини, аутори овог рада такође везују за савремену поделу плеистоцена.

© 2021 Serbian Geographical Society, Belgrade, Serbia.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Serbia

Литература (погледати у енглеској верзији текста)