

Дискусии

ТЕРЕННИ НАБЛЮДЕНИЯ НА КАМЕННИ ЛЕДНИЦИ В ПЛАНИНТЕ НА БЪЛГАРИЯ

*Емил Гачев¹, Бригите Магори¹, Флавиус-Сорин Сърбу²,
Красимир Стоянов¹, Мирослав Иванов¹*

В статията се представят резултатите от първи теренни описания на каменни ледници в Рила и Пирин. Представят се хипотези за условията на образуване на каменните ледници, правят се описания на морфологията на избрани от тях. За три каменни ледника в Рила за първи път е приложено относително опробване на степента на физично изветряне с Шмид хамър (склерометър). Резултатите от извършените 782 теста показват увеличаване на здравината на скалните блокове от долната към горната част на наслагите, което сочи за последователното им отлагане във времето.

Ключови думи: каменни ледници, Рила, Пирин, Шмид хамър, климат

FIELD OBSERVATIONS OF ROCK GLACIERS IN THE MOUNTAINS OF BULGARIA

*Emil Gachev, Brigitte Magori, Flavius-Sorin Sîrbu,
Krasimir Stoyanov, Miroslav Ivanov*

Abstract: The article presents the newest results of field observations of rock glaciers in Rila and Pirin mountains, made in the autumn of 2015 and the summers of 2016 and 2017. Rock glaciers can be considered a typical landform in the high mountain areas of Rila and Pirin. More than 70 rock glaciers exist in the mountains of Bulgaria, at altitudes between 2200 and 2700 m a. s. l. Most of them are considered relict, formed in conditions colder than the present climate and warmer (or drier) than the climate during ice ages. However, it may appear that some of the highest rock glaciers are rather dormant than relict, or even active. A large number of rock glaciers was described and observed in the last two years, and some

¹ Югозападен университет „Неофит Рилски“, emil.gachev@swu.bg; krasi_sto@yahoo.com, fx_trade77@abv.bg

² Западен университет Тимишоара, Румъния, brigitte.magori@gmail.com

measurements were done. Thermistors for continuous measurement of ground temperature were installed in several locations to evaluate ground thermal conditions throughout the year, and respectively the possibility of the occurrence of permafrost and present-day activity. 782 Schmidt hammer tests were done on rock glaciers in Rila and glacial landforms in Rila, results indicate younger age in upper sections.

Keywords: rock glaciers, Rila, Pirin, Schmidt hammer, climate

ВЪВЕДЕНИЕ

Каменните ледници са характерни форми за високопланинския морфоложки комплекс на Рила и Пирин. Те се приемат за елементи на криогенния релеф (периглациалния релеф в широкия смисъл на това понятие) и за реликтни форми, образувани при климат, който е бил по-топъл от плейстоценския ледников климат и по-хладен от съвременния. Съществуват две научни виждания относно формирането на каменните ледници.

Разбиранията на Школата на приемственото формиране (Continuum school) са, че каменните ледници се образуват при деградация на истински циркусни или долинни ледници в условия на затопляне на климата, когато ледът в ледника се движи твърде слабо, а интензифицираните в резултат на затоплянето процеси на мразово изветряне водят до постепенното засипване на ледената маса със скално-сипеен материал (Poter, 1972; Haeberli, 1985; Ackert, 1998; Harrison et al., 2008; Haeberli et al., 2006). Ледът в ледника постепенно се превръща в погребан лед. При положение че скалните блокове са достатъчно големи и тежки, те започват да се движат под действие на собствената си тежест, използвайки способността за пластично движение на подложената на натиск ледена маса между тях. При такива условия каменният ледник може да „тече“ при наклони около и дори под $8-10^\circ$, нещо абсолютно невъзможно за колувиалните сипеи, образувани по чисто гравитачен път (при последните се изисква наклон на повърхността не по-малък от $30-35^\circ$). Цялата смес всъщност придобива поведението на желеобразна маса, която може да измине до няколкостотин метра от областта на подхранване и се отлага във вид на напорни гънки (валове), разделени от понижения. Смята се, че част от пониженията са образувани по суфозионен път при последващо затопляне на климата, когато разположеният във вътрешността лед се е стопил.

Школата, поддържаща тезата за крийпа на вечнозамръзнала сипейна маса (Permafrost creep school), смята, че каменните ледници се образуват при условия, в които в кухините на отложен вече сипеен материал се образува лед при замръзване на пониращите води (Harris, 2004; Berthling, 2011; Berthling и Etzelmüller, 2011). Формирането на леда следователно е предизвикано от застудяване на климата и прехода му от условия близки до съвременните към състояние междинно между ледников и съвременен климат.

Трета позиция (споделяна и от авторите на това изследване) е, че каменните ледници се образуват и по двата начина (следователно и при различно развитие на климатичните условия), което от своя страна е свързано с различия в тяхната морфология и обособяването на отделни типове каменни ледници.

Като характерна форма на високопланинския релеф в България каменните ледници са припознати за пръв път от Гловня (1959). В своя обобщаващ труд за периглациалния релеф в България той споменава наличието на каменен ледник

под северния склон на вр. Мусала, в близост до Безименното езеро. След това понятието задълго остава извън фокуса на изследователите.

Първите подробни инвентаризации на каменните ледници на базата на сателитни и аерофотоизображения са направени от Гиков и Димитров (2010) за Рила и от Димитров и Гиков (2011) за Пирин. При тези разработки, които имат пионерен характер и са първи по рода си в България, в Рила е установено наличието на 27 каменни ледника на надморски височини между 2140 и 2690 m, а в Пирин – 55 ледника на 2100–2700 m н.в. Настоящата работа представя резултати от теренни експедиции в двете планини, проведени през есента на 2015 г. и лятото на 2016 и 2017 г. Потвърден е характерът на редица каменни ледници в Източна, Средна и Северозападна Рила и Северен Пирин (Полежански, Поповоезерен, Василешки, Бъндеришки циркус), като са открити и няколко каменни ледника, неотбелязани в споменатите инвентаризации.

В зависимост от текущото им състояние каменните ледници могат да бъдат активни, неактивни и реликтни (www.uibk.ac.at/projects/rockglacier). Докато при активните могат да се установят движения от порядъка на няколко cm за година, при неактивните практически няма преместване, но вътре в тях все още има петна от пермафрост и това създава потенциал за активизиране при малка промяна в климатичните условия. Реликтните каменни ледници са напълно лишени от погребан лед и вече не се движат. В досегашните изследвания каменните ледници в Рила и Пирин се приемат за реликтни. Установяването на съвременно наличие на пермафрост в други високи планини от региона, например в Татрите (Rączkowska, 2008; Gądek et al., 2009) и Южните Карпати (Ретезат, Парънг), както и съмненията за съвременна активност на някои от каменните ледници там (Urdea et al., 2008; Vespremeanu-Stroe et al., 2012; Onaca et al., 2013; Popescu et al., 2014) поражда интерес за изследване на евентуалното разпространение на пермафроста и в алпийския пояс на България.

МЕТОДИ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА КАМЕННИТЕ ЛЕДНИЦИ

В контекста на съвременното развитие на науката е най-целесъобразно изследването на каменните ледници да започне с изучаването им чрез сателитни и аерофотоснимки. В много случаи специфичната морфология на каменния ледник може отчетливо да се разпознае на тях, стига резолюцията на изображенията да е достатъчно добра. Въпреки големите му предимства този метод не е достатъчен, тъй като редица форми, които нямат типичната морфология или чието дешифриране се затруднява например от недостатъци в изображението (свързани с ъгъла на осветяване или наличието на сенки и т.н.), могат да останат незабелязани, а някои, за които се предполага, че са каменни ледници, могат да се окажат форми с друг произход. Проучването на терен следва да потвърди или отхвърли предположенията, направени на базата на дистанционните методи. Основна негова част е извършването на морфологичен анализ на място, свързан с оглед на формата, която е обект на интерес, и измерване на основните ѝ параметри – дължина, широчина, височина, превишения, конфигурация на валовите и пониженията. Въз основа на това могат да се направят предположения за траекторията на движение на скално-блоковия материал и за изминатия от него път, както и за основните области на подхранване. Измерванията могат лесно и

удобно да се извършват с помощта на лазерен далекомер. В последно време все по-голямо приложение при изследвания от този тип придобиват дроновете.

Съществена част от анализа е изучаването на големината и формата на блоковете в каменния ледник, както и на петрографския им състав. За относителната възраст на отлагане, както и за активността на движение, може да се съди по състоянието на лишейната покривка, както и по степента на изветрялост на скалните повърхности на блоковете. Лихенометричният метод намира добро приложение не само за относително, но и за абсолютно датиране на отложения в планините (Hughes, 2007, и др.). Затова обаче е нужно да има подходящи репери с точно известна възраст, съобразно които да се разработи линия на зависимост за конкретното място.

Чукът на Шмид (склерометърът) е инструмент, с който е възможно да се определи здравината на скалата, а оттам да се съди за степента на изветряне (Urdea, 2006). Това е преносим и сравнително лек уред (фиг. 1), който се използва в строителството за определяне на здравината на строителни материали и конструкции. В последните години успешно намира приложение в геоморфоложките изследвания за датиране на морени (McCaroll, 1989, 1991; Winkler, 2000, 2005; Kłapyta, 2013), каменни ледници (Nicholas, Butler, 1996; Humlum, 1998; Kłapyta, 2013), колувиални отложения (Clark, Wilson, 2004), скални повърхнини и откоси (McCaroll et al., 1995).

Измерването на степента на изветряне става чрез оценка на здравината на скалата. Уредът регистрира механичната сила на отскачане (рикошет) от скалната повърхност на оборудвано с пружина и тежест бутало и я представя на скала във вид на „R-стойност“ – величина между 0 и 100. При измерване винаги се гледа повърхността да е перпендикулярна на оста на тялото на инструмента. За постигане на представителен резултат е нужно вземане на голям брой проби, които след това се подлагат на статистическа обработка. В това изследване са представени резултати от 782 теста с чук на Шмит, извършени върху каменни ледници, морени и мутонирани скали в Мусаленския циркус. Използвани са естествени разкрития на повърхността на скалата без прах, почва и лишей, като не е правено предварително почистване. Получените стойности са обработени статистически в Microsoft Excel.

Евентуалното наличие на ядро от погребан лед (пермафрост) се проверява чрез изследване на температурните условия във вътрешността на каменните ледници. Едроблоковият строеж на тези форми обуславя наличието на система от свързани една с друга големи кухини, които са определящи за съществуването на каменните ледници, тъй като дават възможност за циркулация на въздуха и водата, както и за замръзване на водата и формиране на погребан лед.

Температурните условия се проверяват чрез инсталиране на дребни температурни датчик-сензори във вътрешните кухини на каменните ледници. Когато тези датчик-сензори нямат възможност за предаване на информация по интернет, данните от тях се придобиват чрез повторно посещение на мястото и свързването им с компютър. За да не се изгубят, датчик-сензорите се привързват към скалите с въже или тел, а мястото се фотографира и обозначава с GPS. При анализ на хода на температурите в течение на годината се установява потенциалът за наличие на пермафрост. Такъв има, когато температурата във вътрешността се задържа трайно под 0 °C, дори и през лятото. Помощен метод

е измерването на температурата на дъното на снежната покривка през пролетта (BTS – Bottom Temperature of Snow). При нашите условия най-подходящият период за тези измервания е от 20 март до 10 април (Onaca et al., 2013). Температури под -3°C индират наличието на погребан лед, докато при реликтните каменни ледници стойностите са обикновено между $-0,3$ и -1°C (www.uibk.ac.at/projects/rockglacier).

Блоковият материал в активните каменни ледници извършва бавни движения със скорост от порядъка на 5–15 cm годишно. Засичането на тези движения става най-успешно с лазерно сканиране (Onaca et al., 2013). Методът е скъп, но много точен. По-слабо надеждно е изоплзването на GPS, с който да се регистрира разположението на репери, поставени в каменния ледник, поради това, че интензитетът на движенията най-често е под диапазона на грешката на приемниците.

ФАКТОРИ ЗА ВЪЗНИКВАНЕ НА КАМЕННИТЕ ЛЕДНИЦИ

Както вече беше споменато, за образуване на каменните ледници климатът трябва да бъде по-хладен от сегашния, с много голям брой на дни с преход през 0°C , обуславящ интензивна проява на мразовото изветряне. Годишните температури трябва да са достатъчно ниски, за да осигурят съществуването на погребан лед, а в същото време условията трябва да са такива, че да не стимулират активното развитие на същински ледници (например, по-високи температури от тези на ледниковия климат или по-малки валежи). Много важни са видът и структурата на скалата. Каменни ледници се образуват в скали, които при изветряне дефрагментират, образувайки едроблоков материал. Най-способстващи са силикатни скали със слабоизразена (или липсваща) слоистост, които образуват късове със сходни размери. При хетерогенна структура кухините между големите блокове се изпълват с по-дребен материал и условията за циркулация на въздуха и водата не са оптимални. При карбонатна основа, от друга страна, става бързо пониране на водите в дълбочина и отново не са налице добри условия за циркулация и замръзване вътре в сипейно-блоковия материал. Като най-подходящи се очертават някои магмени (гранити, габро, диорит) и метаморфни скали (гнайси, кварцити), както и добре споените конгломерати. Трети, много важен фактор, е наличието на тектонски нарушения, по протежение на които здравината на скалите е отслабена. В релефа по тях се формират кулоари и улеи. Те са източници на подхранване със сипеен материал.

КАМЕННИ ЛЕДНИЦИ В ИЗТОЧНА И СРЕДНА РИЛА

По време на теренните изследвания са наблюдавани и изследвани каменни ледници по главното било на Рила от района на вр. Мусала до Рибни езера (фиг. 2).

Каменният ледник „Каракашев“ е разположен под северната стена на вр. Иречек, на 2410–2450 m н.в. (площ 2,5 ha), непосредствено на юг от Каракашевото езеро. Състои се от един сърпообразен рид от гранитни блокове с преобладаващ размер 0,5–1 m и няколко нахълмвания, разположени над него.

За област на подхранване служи големият кулоар по северната стена на вр. Иречек. Вероятно в основата на външния вал заляга стадиална морена от края на вюрма, зад която впоследствие се е натрупал блоковият материал. Активност по време на Малкия ледников период е слабо вероятна поради обилното покритие с географски лишей и значителното развитие на клека.

Каменният ледник под вр. Мусала е най-високо разположеният в България (фиг. 3). Намира се по северния склон на върха, непосредствено в подножието на Дяволския улей, на 2600–2700 m н.в., като има североизточно изложение. Състои се от гранитни блокове със следи от метаморфен процес и слабоизразена шистозност. Площта му е 3 ha. В долната част има 5 успоредни един на друг дълговидно извити валове, като челото на първия от тях се издига на 14 m над околната местност. По-нагоре има могила от скални блокове от две части: долна по-голяма, която е покрита с лишейи, и горна, без лишейи, явно свлечена сравнително скоро. Между долните валове и разположеното над тях възвишение се очертават два слабо изпъкнали затревени вала, вероятно морени, с относителна височина 2–3 m. Разноразмерен материал с пясъчен запълнител (вероятно също моренен) заляга и в основата на могилата. Най-отгоре е акумулирано огромно количество свеж блоков материал, резултат от срутването на част от скалното образуване „Индианеца“ от склона на вр. Мусала през есента на 2016 г.

По циркусното дъно, на голямо разстояние от края на каменния ледник, се разполага тревист моренен вал. Той е успореден на пътеката за вр. Мусала и се проследява близо до нея. Наблюдаваната геоморфоложка обстановка би могла да се обясни с поэтапно образуване на каменния ледник и неговата околност в няколко стадия (тази хипотеза е изложена подробно по-долу)

Каменният ледник „Манчо“ (Маричин) е един от големите каменни ледници в Рила – с площ 8,7 ha (Гиков, Димитров, 2010). Спуска се по северния склон на вр. Манчо. Представлява голямо тяло от изнесен едроблоков материал с форма на език, която накрая се разширява. В най-долната си част каменният ледник напуска страничната долина и навлиза отдясно в главната долина (на р. Марица), образувайки подножен конус. Долната част е обрасла с клек. Блоковият материал е препречил реката, течаща в близост до югоизточния склон на голямата долина, поради което на това място има малко езерце.

На югозапад от вр. Суха вапа има каменен ледник с югоизточно изложение. Той запълва наполовина котловината на Якорудското езеро и завършва с вал, вероятно бивша морена на циркусен ледник. Двоен малък каменен ледник е разположен по северния склон на вр. Курджилък на изток от върхната точка. В дълбокия циркус северно под вр. Ковач е разположен доста голям на площ каменен ледник без класическа морфология – личат неравности, но не са формирани ясно очертани валове. В гънките му се разполага малко езерце. Два малки каменни ледника има в циркуса Грохот.

Грамаден по площ каменен ледник е разположен във Вапския циркус, с източна експозиция, по склона на вр. Реджепица. Челото му има височина 14 m, общата денивелация на тялото му е 60 m, а дължината е 230 m (фиг. 4a).

Внушителен каменен ледник заема горната част на Реджепския циркус, непосредствено на юг от едноименния връх (фиг. 4б). Той има изцяло южно изложение, което показва, че такива форми могат да се образуват при всякакви експозиции. Дълъг е 270 m, с денивелация от 75 m. Заема частично горната част

на циркусното дъно, така че разположеното там езеро изглежда „притиснато“ от огромната блокова маса. Челото на каменния ледник заляга върху ясно различим вал, затревен и обрасъл с клекови гнезда, а в средната му част личи втори вал, подобен на вече споменатия. И тук би могло да се предположи формиране на няколко етапа.

Теренната експедиция, проведена по протежение на Рилецкото било на Средна Рила (между х. „Рибни езера“ и вр. Баба), не установи каменни ледници в тази част на планината. Причина е неблагоприятната скална основа и геоложка структура. Този планински дял е изграден предимно от шисти и малко мрамори. Шистите са тънкослойни, като се цепят на плочи с дебелина до няколко сантиметра. Срутищният материал, който те образуват, е дребнокъсов и плочест, а образуваните наслаги са доста уплътнени. Наред с това структурата на споменатия планински рид е моноклинална, със залягане на пластовете на юг. Тук екзарацията е работила в посока, обратна на наклона на пластовете, издълбавайки добре изразени терасовидни циркуси по северния склон. На практика разположените там Манастирски и Джендемски езера заемат структурни понижения, като от долната страна те не се ограничават от морени, а от скални тераси с наклон, обратен на този на макросклона.

КАМЕННИ ЛЕДНИЦИ В СЕВЕРОЗАПАДНА РИЛА

Каменният ледник Ловница е оформен в район, изграден от различни скали, като вероятно поради това няма типичната едроблокова морфология. Вместо това материалът в него е разноразмерен и разнообразен по състав. Наличието на по-дребнозърнести материали е довело до частично „петнисто“ затревяване на валовите и могили, които достигат височина до 7–8 метра.

Макар и неголям по площ, каменният ледник над Страшното езеро е най-високо разположеният в Северозападна Рила (2470–2570 m н.в.) (фиг. 5) и е един от най-внушителните по отношение на дебелина на отложенията и големината на отделни блокове (фиг. 6). Състои се от три големи вала, първият от които има относителна височина 30 m. Изложението е източно. Блоковете са от гнайс, много от тях с размери 5–10 m и повече. За разлика от каменния ледник под вр. Ловница, тук липсва ситноземен материал.

Каменният ледник Лопушки–запад се намира в малък циркус, изрязан в северозападния склон на Лопушки връх. Той е нетипичен – състои се от четири вала, напречни на простирането на циркусното дъно, т.е. тук преместването на блоковия материал е ставало перпендикулярно на посоката на движение на съществувалия по-рано плейстоценски ледник. Това се обяснява с липсата на подходяща област на подхранване откъм задната стена на циркуса и наличието на такива откъм циркусните бордове. По източния склон на Лопушки връх има два каменни ледника – единият е висящ по източния склон на Лопушки връх, а вторият е в долината, типичен каменен ледник зад морена.

На изток, над Жълтото езеро, се разполага още един каменен ледник. При него движението на материал се е извършвало също от две посоки – от дъното на циркуса и откъм десния склон, което е допринесло за неговата нетипична морфология.

Каменният ледник Мечит е разположен на северозапад от вр. Голям Мечит. Това е най-големият по площ каменен ледник в Рила (20,6 ha). Образоването му е обусловено от силно ронливите скали, в които е разположен. Вероятно това е протежението на разлом, по който скалният материал е силно тектонски преработен. Каменният ледник има северозападно простиране, но се намира под въздействието на склона от югозапад, откъдето е получил значителни количества материал (фиг. 7а). От същата посока върху ледника са отложени псевдоморени. Напукването на скалите е много активно и сега на самата върхна точка на вр. Мечит. Западно от върха се наблюдава разцепване на повърхността. То има посоката на каменния ледник, но се намира край пътя и е възможно да е възникнало при строителните работи, които датират отреди около 110 г. Може би най-известният и най-посещаван в Рила е каменният ледник под вр. Харамията в циркуса на Седемте езера (фиг. 7б). Той се намира в непосредствена близост до хижа „Седемте езера“ на 2200–2300 m н.в. Има площ 5,5 ha и западно изложение, като се състои от едри гранитни блокове. Челото му е покрито с клек.

КАМЕННИ ЛЕДНИЦИ В ПИРИН

Възможна причина за значително по-големия брой на тези форми в сравнение с Рила е по-голямото вертикално разчленение на релефа в Пирин, свързано с по-ниските ерозионни базиси и по-малката широчина на планината. В настоящата статия обаче е представен по-малък брой каменни ледници, отколкото в Рила, поради по-малкия обхват на теренните експедиции (фиг. 8).

Каменният ледник на склона на вр. Полежан е на 2540–2700 m н.в. и има североизточно изложение. Той е един от най-добре оформените в нашите планини (фиг. 9). Пластичните му форми, които контрастират със затревеното циркусно дъно, загатват за вероятно наличие на съвременна активност. Измерванията на температурата в основата на снежната покривка от края на м. март 2017 г. показват стабилно отрицателни стойности, което подкрепя становището за наличие на погребан лед.

Теренният оглед установи наличието на поне четири каменни ледника в Газейския циркус. Те са развити по западния борд на циркуса и имат източна експозиция. Състоят се от гранитни блокове и имат сравнително хомогенна структура. Най-същественят каменен ледник в обширния Василашки циркус е разположен на самия му вход, от дясната (южната) страна. Едроблоковата маса се спуска до циркусното дъно и частично прегражда долината на Василашка река. На това място реката понира в сипейния материал и се явява отново 500 m по-на изток. Малък каменен ледник се разкрива по югозападния бряг на Тевното Василашко езеро. Множество издължени блокови натрупвания покриват циркусната тераса, разположена под вр. Възела. Това са псевдоморени, формирани под въздействието на задържащите се по терасата снежници. Възможно е обаче част от материала да е бил допълнително преместен под въздействието на погребан лед в определен момент от миналото. Един значителен по размери каменен ледник лежи по левия склон на долината на р. Демяница, източно от вр. Голямата страна (площ 20,9 ha) (Димитров, Гиков, 2011).

В Бъндеришкия циркус – един от най-обширните и представителни етажирани циркуси на Северен Пирин, има няколко каменни ледника. Каменният

ледник под вр. Бъндеришки чукар (16,7 ha) е огромно море от скални блокове върху тераса, разположена на 2370–2490 m н.в. (фиг. 10). В него могат да се различат две части, наставени една върху друга. Долната част започва с откос с височина до 30 m и вълнообразни планови очертания. По-нагоре, след няколко успоредни един на друг валове, които съдържат и по-дребноразмерен материал и са донякъде затревени, следва сравнително прав, разположен напречно (ЮИ-СЗ) стенообразен вал с относителна височина до 15 m над долния участък. Нагоре от него се простират още няколко успоредни валове, в които отсъства затревяване. В най-горната част се наблюдават по-малки набраздявания, надлъжни на посоката на отлагане. Общата дължина на каменния ледник от скалната стена до долния край е 450 m. По-малък каменен ледник с форма на език се открива във висияния циркус под вр. Дончови караули. В източната част на циркуса, непосредствено на юг от Дългото езеро, има ясно изразено блоково възвишение със стръмен склон към езерото.

Въпреки че при мразовото изветряне също формира отложения от сравнително едри късове, мраморът е по-малко благоприятен за образуване на каменни ледници поради карстовите процеси, способстващи бързото отвеждане в дълбочина на водите от дъжд и снеготопене. Самият мрамор е по-слабо податлив на мразово изветряне от гранита и гнайса. Все пак в най-високата сипейна част на северния склон на вр. Кутело е установено наличието на могили от сипеен материал, чието образуване може най-добре да се обясни с динамичния ефект на погребания лед, т.е. може да се предполага, че това са зачатъчни форми на каменни ледници, разположени на около 2870 m н.в.

РЕЗУЛТАТИ ОТ ТЕСТОВЕТЕ С ЧУКА НА ШМИТ

През 2016–2017 г. в Мусаленския циркус са извършени общо 782 опробвания с чука на Шмит в девет локации (табл. 1). Получените резултати се различават слабо, когато от редиците се отстранят стойностите с най-голямо отклонение. Това говори за надеждност на получените данни. Районът на каменния ледник под вр. Мусала е изследван в шест локации. Резултатите недвусмислено показват увеличаване на здравината на скалите отдолу нагоре, което, заедно със състоянието на лишейната покривка, потвърждава тезата за образуване на каменния ледник в няколко стадия. За референция служат свежо натрупаните блокове със съвременна възраст на отлагане (колона 2 в табл. 1). R-стойностите на циркусното дъно под каменния ледник, на морената при Леденото езеро, овчата гърбица при Алековото езеро, както и на каменния ледник при Каракашевото езеро, показват по-стара възраст на отлагане и експозиция. Изветрялостта на скалите в този ниско разположен каменен ледник не показва вътрешни различия. Това говори за сравнително дискретния период на формирането му. С увеличаване на относителната възраст коефициентът на вариация на измерените R-стойности, както и амплитудата им, нарастват, защото повърхността на скалите изветря неравномерно и с времето разликите се задълбочават. Това налага извършването на повече тествания за получаване на обективни резултати.

На базата на направените изследвания и на получените резултати на фиг. 11 е предложена хипотеза за етапите на възникване и развитие на каменния ледник под вр. Мусала. По време на Последния ледников максимум (1) ледникът е об-

Таблица 1

Резултати от тестове с чука на Шмит в Мусаленския циркус

Параметър	Каменен ледник под вр. Мусала					Циркус	Ледено езеро – морена	Алеково ез. – овча гърбица	Каменен ледник „Каракашев“
	Свежи скали	Могила	Моренен вал – горен	Долни валове	Трети	Първи (чело)			
Надм. височина	2710	2660	2620	2620		2580	2714	2540	2410
Брой тестове	90	143	60	54	107	30	60	60	178
R-средна	62	57	50	49	49	45	40	44	42
R-медиана	62	58	51	48	49	47	39,5	46,5	41,5
R-амплитуда	24	37	35	37	50	43	31	38	45
Коеф. на вариация	0,09	0,12	0,15	0,19	0,21	0,25	0,20	0,20	0,24
R-средна 85 %*	63	58	50	48	50	47	39	47	41
R-средна откл. до10**	63	58	50	48	50	46	39	46	42

*отстранени са 15 % от стойностите, които са с най-голямо отклонение от средната;

** отстранени са стойностите с отклонение от средната 10 и повече единици.

хващал целия Мусаленски циркус. След като се отдръпва, ледникът стационарира в циркуса на Безименното езеро, образувайки морена (вероятно към началото на холоцена) (2); Затоплянето продължава и ледникът отстъпва още, формирайки нова стадиална морена (3); Следва рязко затопляне и/или засушаване, при което ледникът стагнира и бива постепенно засипан със скални отломки (4); Натезавайки достатъчно, скалната маса се придвижва под действието на погребания лед във вътрешността си – образува се каменен ледник (5); Следва захлаждане на климата и/или увеличаване на валежите, при което отново се формира малък ледник (6), който обаче няма сила да преодолее блоковата маса, а само я подбутва; Следва леко затопляне, при което ледникът отстъпва, формирайки още стадиални морени (7); След по-значително затопляне ледникът се стопява напълно, а зад най-високата морена се натрупва срутищен материал (8); Следва захлаждане (вероятно по време на Малката ледникова епоха), през което в колувиалните отложения се образува ледено ядро и те се преоформят във вид на могила (лобовиден каменен ледник) (9); При последвалото затопляне зад образуваната могила отново се отлага срутищен материал (10); Последният етап от развитието е белязан от натрупването на значително количество скални блокове след скалното срутване от есента на 2016 г. (11).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

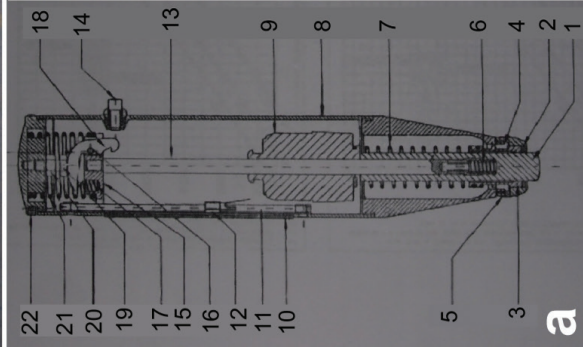
Каменните ледници са един твърде типичен елемент на високопланинския релеф на Рила и Пирин, което се потвърждава от значителния им брой. Разпространени са на надморска височина от 2100 до 2700 m. Въпреки че се наблюдават практически при всякаква експозиция на склона, тези форми са най-много-

бройни на северно, североизточно и северозападно изложение. Образуването им се отнася към един по-студен климат от съвременния, поради което повечето от тях се считат за реликтни форми. Въпреки това наличието на съвременна активност все още не е отхвърлено, особено що се отнася до най-високо разположените от тях: под върховете Мусала и Голям Купен (в Рила), Полежан и Бъндеришки чукар (в Пирин). Провежданите през последните години изследвания трябва да потвърдят или отхвърлят хипотезата за наличието на съвременна активност и пермафрост при някои от тях. Използването на чука на Шмид като инструмент за относително геоморфоложко датиране има потенциал при каменните ледници. Първите изследвания, проведени върху такива форми в Рила, показват намаляване на степента на изветряне, и съответно на възрастта на отлагане, в посока отдолу нагоре. Сложността на морфологията на някои от по-големите каменни ледници показва, че те са образувани на няколко етапа в течение на дълъг период от време, а детайлното им изследване може да даде ценна информация за последователността от промени на климата в миналото.

ЛИТЕРАТУРА

- Гиков, А., П. Димитров.** 2010. Идентификация и картиране на реликтни каменни ледници в Рила планина чрез използване на аерофото и сателитни изображения. – В: Сб. Доклади от Шеста научна конференция „Space, Ecology, Safety“, ИКИТ-БАН. /Gikov, A., P.Dimitrov, 2010. Identification and mapping of relict rock glaciers in Rilamountains using aerial and satellite images. Proceedings of the 6th scientific conference “Space, Ecology, Safety”, ISRT, BAS. (Bg)
- Гловня, М.** 1959. Относно периглациалния релеф в България. Известия на БГД, 2. 5–15. /Glovnia, M. 1959. About periglacial relief in Bulgaria. Announcements of Bulg. Geogr. Soc. 2. 5-15/ (Bg)
- Димитров, П., А. Гиков.** 2011. Идентификация на реликтни каменни ледници в Пирин планина чрез използване на аерофото и сателитни изображения. – В: Сб. Доклади от Седма научна конференция „Space, Ecology, Safety“, ИКИТ-БАН. /Dimitrov, P., A. Gikov. 2011. Identification and mapping of relict rock glaciers in Pirinmountains using aerial and satellite images. Proceedings of the 7th scientific conference “Space, Ecology, Safety”, ISRT, BAS. (Bg)
- www.uibk.ac.at/projects/rockglacier. Сайт на Работната група по каменни ледници към Университета в Инсбрук, Австрия.
- Ackert, R.** 1998. A rock glacier/debris-covered glacier system at Galena Creek, Absaroka mountains, Wyoming. *Geografiska Annaler Series A — Physical Geography* 80A, 267-276.
- Berthling, I.** 2011. Boyund konfusion: rock glaciers as crio-conditioned landforms. *Geomorphology*, 131. 98-106
- Berthling, I., B. Etzelmüller.** 2011. The concept of cryo-conditioning in landscape evolution. *Quaternary Research* 75, 378-384.
- Clark, R., P. Wilson.** 2004. A rock avalanche deposit in Burtness Comb, Lake District, Northwestern England. *Geological Journal*, 39, 419-430.
- Gądek, B., Z. Rączkowska, B. Żogała.** 2009. Debris slope morphodynamics as a permafrost indicator in the zone of sporadic permafrost. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 53(2). 79-100.
- Haeblerli, W.** 1985. Creep of mountain permafrost: internal structure and flow of alpine rock glaciers. *Mitteilung der VAW/ETH Zürich* 17, 221.

- Haeblerli, W., B. Hallet, L. Arenson, R. Elconin, O. Humlum, A. Kääb, V. Kaufmann, B. Ladanyi, N. Matsuoka, S. Springman, D. Vonder Muhl.** 2006. Permafrost Creep and Rock Glacier Dynamics Permafrost and Periglacial Process. 17, 189-214
- Harris, C.** 2004. Permafrost. In: Goudie, A.S. (Ed.), *Encyclopedia of Geomorphology*. Routledge, London and New York, pp. 777-779.
- Hughes, Ph.** 2007. Recent behaviour of Debeli namet glacier, Durmitor, Montenegro. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32, 1593-1602.
- Humlum, O.** 1998. Rock glaciers on the Faeroe Islands, the North Atlantic. *Journal of Quaternary Science*, 13, 4.293-307.
- Klapýta, P.** 2013. Application of Schmidt hammer relative age dating to Late Pleistocene moraines and rock glaciers in the Western Tatra mountains, Slovakia. *Catena*, 111.104-121.
- McCaroll, D.** 1989. Schmidt hammer relative age evaluation of a possible “pre” Little Ice Age neoglacial moraine, Leirbreen, southern Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, 69, 125-130.
- McCaroll, D.** 1991. The age and origin of neoglacial moraines, southern Norway: new evidence from weathering based data. *Boreas*, 20.283-295.
- McCaroll, D., C. Ballantyne, A. Nesje, S.-O. Dahl.** 1995. Nunataks of the last ice sheets in northwest Scotland. *Boreas*, 24.305-323.
- Nicholas, J., D. Butler.** 1996. Application of relative-age dating techniques on rock glaciers of the La Sal Mountains, Utah: An interpretation of Holocene paleoclimates, *Geografiska Annaler*, 78A, 1. 1-18.
- Onaca, A., P. Urdea, A. Ardelean.** 2013. Internal structure and permafrost characteristics of the rock glaciers of Southern Carpathians (Romania) assessed by geoelectrical soundings and thermal monitoring. *Geografiska Annaler*, series A. Physical Geography, 95(3). 249-266.
- Popescu, R., A. Vespremeanu-Stroe, A. Onaca, N. Cruceru.** 2014. Permafrost research in the granitic massifs of Southern Carpathians (Parâng Mountains). *Zeitschrift für Geomorphologie*.
- Rączkowska, Z.** 2008. Are there geomorphic indicators of Permafrost in the Tatra mountains. *Geographia Polonica*, 1. 117-133.
- Potter, N.** 1972. Ice cored rock glacier Galena Creek, Northern Absaroka Mountains, Wyoming. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 83: 3025- 3058.
- Urdea, P.** 2006. Absolute ages, relative ages and weathering in glaciated landscape of Retezat mountains (Romania), preliminary results. *Analele universitatii de vest din Timisoara, Geografie*, XIV. 45-60.
- Urdea, P., F. Ardelean, A. Onaca, M. Ardelean, M. Török-Oance.** 2008. Application of DC resistivity tomography in the alpine area of Southern Carpathians (Romania). In: Kane, D., M. hinkel. (eds.) *Proceedings of the 9th International Conference on Permafrost*, Fairbanks, Alaska, USA. 1. 323-333.
- Vespremeanu-Stroe, A., P. Urdea, R. Popescu, M. Vasile.** 2012. Rock glacier activity in the Retezat Mountains, Southern Carpathians, Romania. *Permafrost and Periglacial Processes*, 23.127-137.
- Winkler, S.** 2000. The “Little Ice Age” maximum in the Southern Alps, New Zealand: preliminary results at Mueller glacier. *The Holocene*, 10. 5. 643-647.
- Winkler, S.** 2005. The Schmidt hammer as a relative-age dating technique potential and limitations of its application on Holocene moraines in Mt. Cook National Park, Southern Alps, New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 48.105-116.



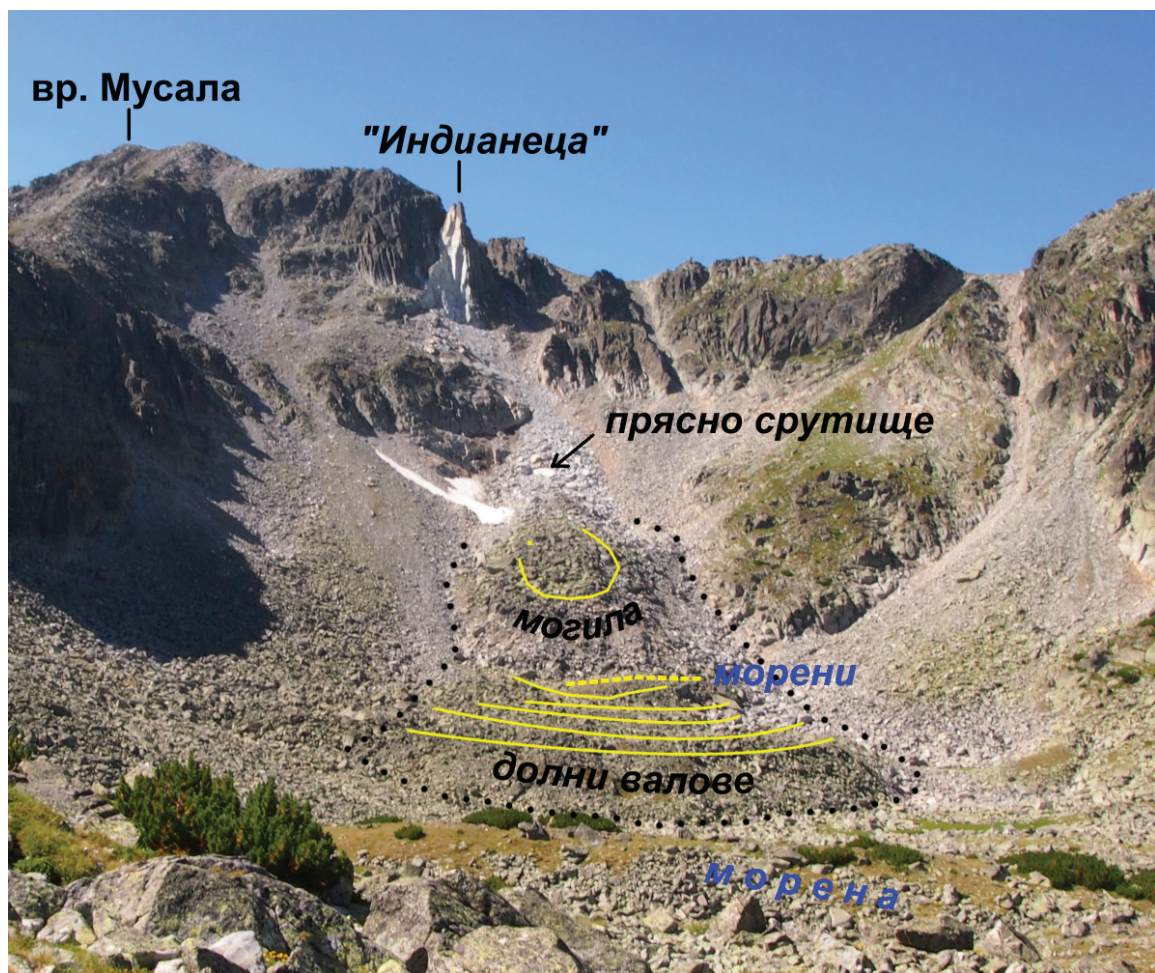
1. Удрящ плунжер
2. Почистващ пръстен
3. Водещ цилиндър
4. Пръстен от две части
5. Защитна капачка
6. Задържаща пружина
7. Удряща пружина
8. Корпус на уреда
9. Ударна тежест на чука
10. Градуирана скала
11. Водещ лост
12. Индикатор
13. Водеща ос на чука
14. Натискащ се бутон
15. Диск
16. Шпилка
17. Пружина на задържащия палец
18. Задържащ палец
19. Разединяващ винт
20. Заклучващ винт
21. Компресираща пружина
22. Горен капак на уреда



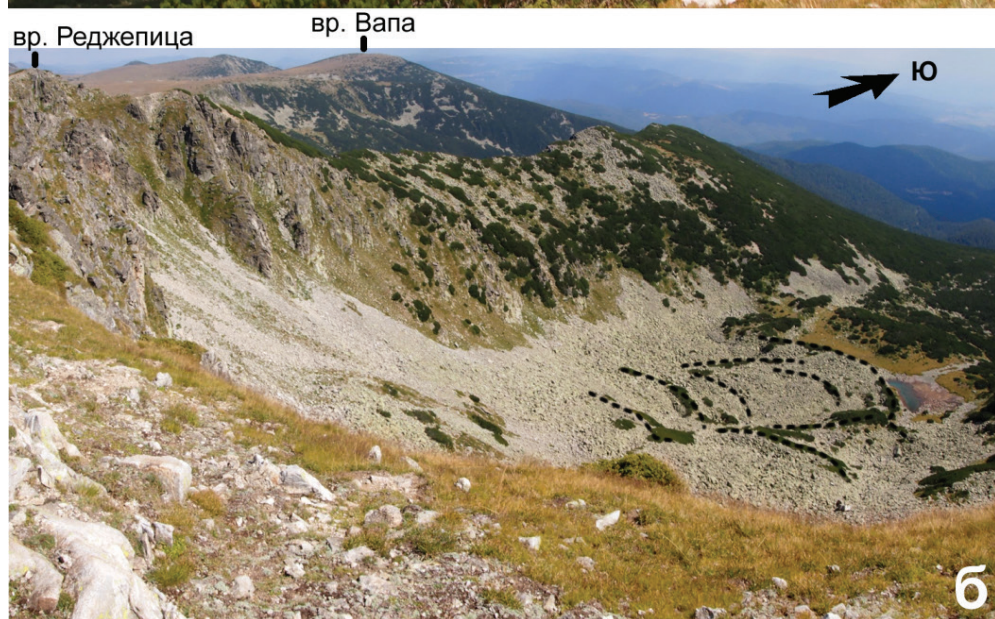
Фиг. 1. Чук на Шмит: а – схема на устройството; б – чукаът на Шмит в действие



Фиг. 2. Каменни ледници в Източна и Средна Рила (установени на терен)



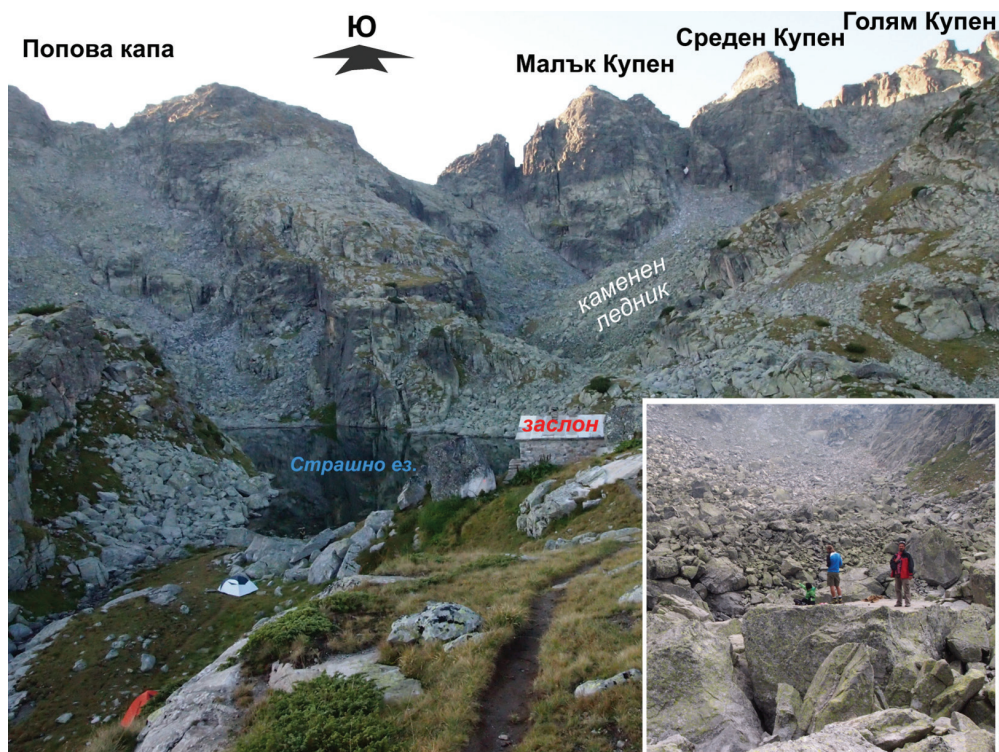
Фиг. 3. Каменият ледник под вр. Мусала



Фиг. 4. Вапски (а) и Реджепски (б) каменен ледник



Фиг. 5. Каменни ледници в Северозападна Рила (легендата е като на фиг. 2)



Фиг. 6. Каменен ледник над Страшното езеро



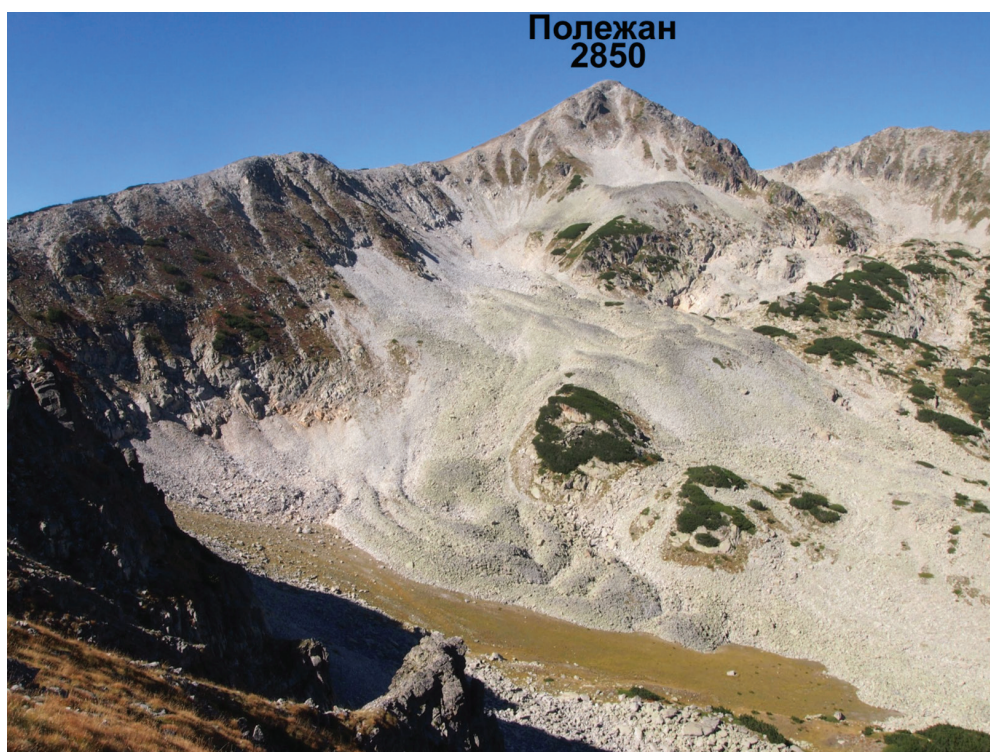
Харамията



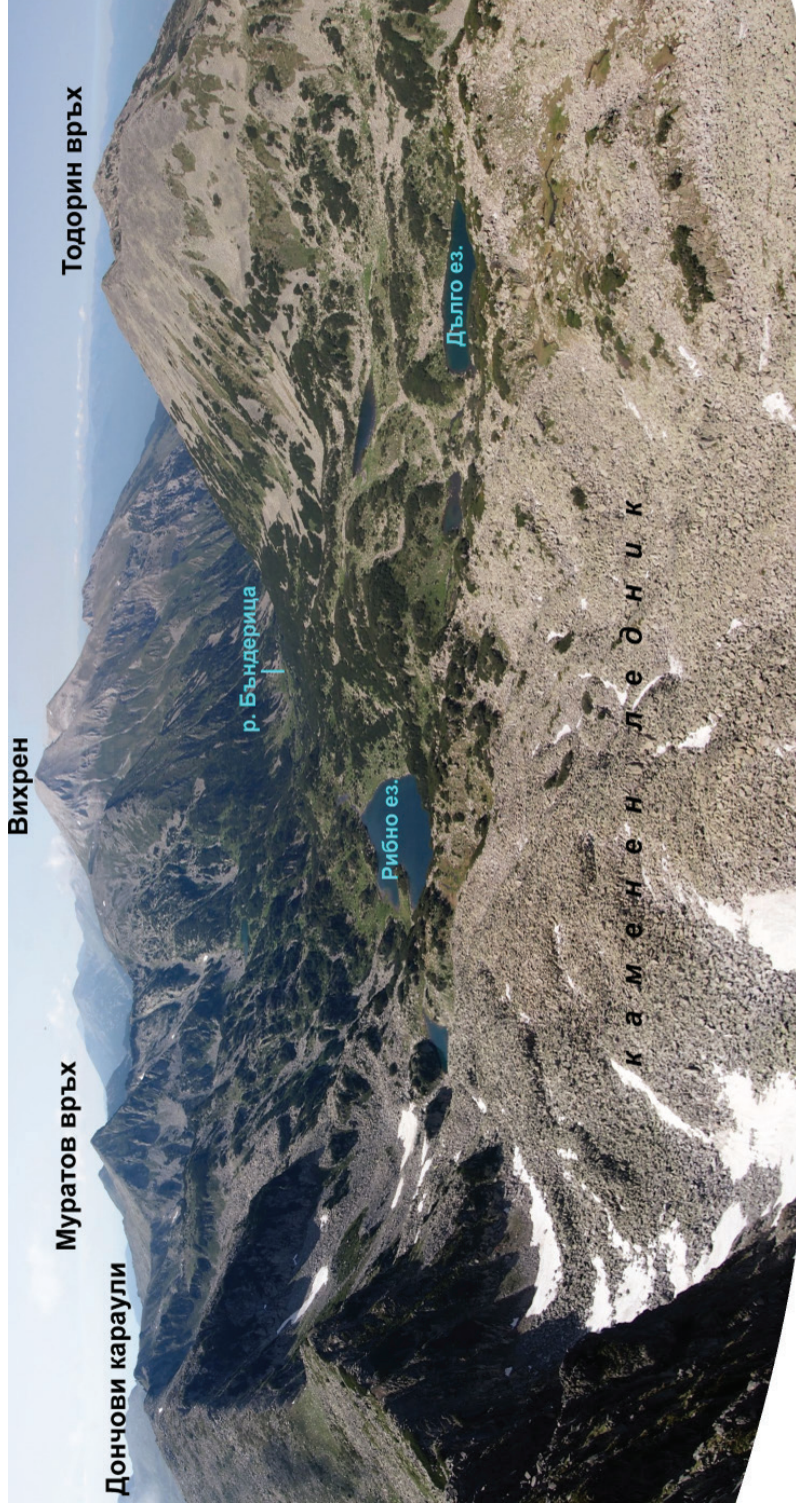
Фиг. 7. Каменени ледници в Северозападна Рила: а) под вр. Мечит;
б) под вр. Харамията



Фиг. 8. Каменни ледници в Пирин, установени при теренните изследвания (легендата е като на фиг. 2)



Фиг. 9. Каменният ледник под вр. Полежан



Фиг. 10. Каменният ледник под вр. Бъндеришки чукар

