

ГОДИШНИК НА СОФИЙСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“

ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ

Книга 2 – ГЕОГРАФИЯ

Том 111

ANNUAL OF SOFIA UNIVERSITY “ST. KLIMENT OHRIDSKI”

FACULTY OF GEOLOGY AND GEOGRAPHY

Book 2 – GEOGRAPHY

Volume 111

---

## МЕТЕОРОЛОГИЧНИ, ХИДРОЛОЖКИ И ГЕОМОРФОЛОЖКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ ВЪВ ВОДОСБОРА НА РЕКА БЪНДЕРИЦА ЗА ПЕРИОДА 2011–2017 г.<sup>1</sup>

ДИМИТЪР КРЕНЧЕВ, НИНА НИКОЛОВА, АХИНОРА БАЛТАКОВА,  
РОСИЦА КЕНДЕРОВА, ГЕОРГИ РАЧЕВ, СОНЯ СТОЯНОВА, ПЕТКО БОЖКОВ,  
НЕЛИ ХРИСТОВА, ИВАН ПЕНКОВ

*Катедра Климатология, хидрология и геоморфология*

*Dimitar Krenchev, Nina Nikolova, Rossitza Kenderova, Georgi Rachev, Ahinora Baltakova, Sonya Stoyanova, Petko Bozhkov, Neli Hristova, Ivan Penkov. METEOROLOGICAL, HYDROLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL STUDIES IN BANDERITSA RIVER BASIN FOR THE PERIOD 2011–2017*

High mountain regions in Bulgaria are poorly studied and are interesting from the point of view of climate dynamics and related hydrological and geomorphological processes. This paper presents results from analysis of annual and diurnal temperature's regime of air and soil in the high mountain watershed of Banderitsa River and their impact on hydrological regime and also rock weathering intense and speed of slope and fluvial processes. Data are obtained during the field instrumental monitoring and laboratory measurements of members of Department Climatology, Hydrology and Geomorphology from 2011 to now. All the measurements are analyzed cartographically and statistically. The results could be resumed with the following conclusions: differences of about 1–1.5 °C between slopes with contrary exposure; 26–27 frozen days in the winter; frozen days (with minimal soil temperature > 0 °C) in the transition months; similarities in the annual regime of the air and soil temperature; sustainable hydrological regime; significant areas of weathered marble fields; prevailing rockfall processes above the area 1800–1900 m; accumulation rates between 0.1 and 11.8 cm/yr and denudation rates between 0.1 and 1.6 cm/yr with highest activity in the period April–May. This work gives new information for the relation between climatological, hydrological and geomorphological processes in the high mountain area of Pirin.

---

<sup>1</sup> Статията е част от дейността по проект към ФНИ към МОН по Договор № ДН14/6 от 13 декември 2017 г.

*Key words:* meteorological observations, geomorphological monitoring, weathering, slope processes, Pirin Mountains, Banderitsa River Basin.

## УВОД

Високопланинските райони, независимо от географското си разположение, се отличават с контрастен релеф и климатични характеристики, с устойчив хидрологичен цикъл и дискретно разпределение на почвите, с незначителна роля на антропогенния фактор върху природната среда. Изучаването им представлява научен интерес от гледна точка на моделите за климатични сценарии и на „контрола“ на температурата на въздуха върху интензивността на екзогенните процеси и на екстремни хидроложки събития. Изследователският процес за изясняване на връзките и взаимодействията между климатичните, хидроложките и геоморфоложките процеси във високопланинските територии на страната е провокиран още от недостатъчната им осветеност. Анализът на регионалните особености и локалната специфика на природните процеси в хипсометричния пояс над 1800 m в Пирин е продължение на серията публикации в тази посока, основани на изградената през 2010 г. мониторингова мрежа от катедра „Климатология, хидрология и геоморфология“. Водосборът на р. Бъндерица е включен към мрежата за наблюдение на седиментния баланс в студени територии към Международната геоморфоложка асоциация (IAG)<sup>2</sup>.

Целта на настоящето изследване е да се анализират и синтезират получените емпирични данни от провеждания в течение на шест години мониторинг на природната среда в речния басейн на р. Бъндерица на основата на комплексния подход за разкриване на природните процеси във високопланинските ареали на Пирин.

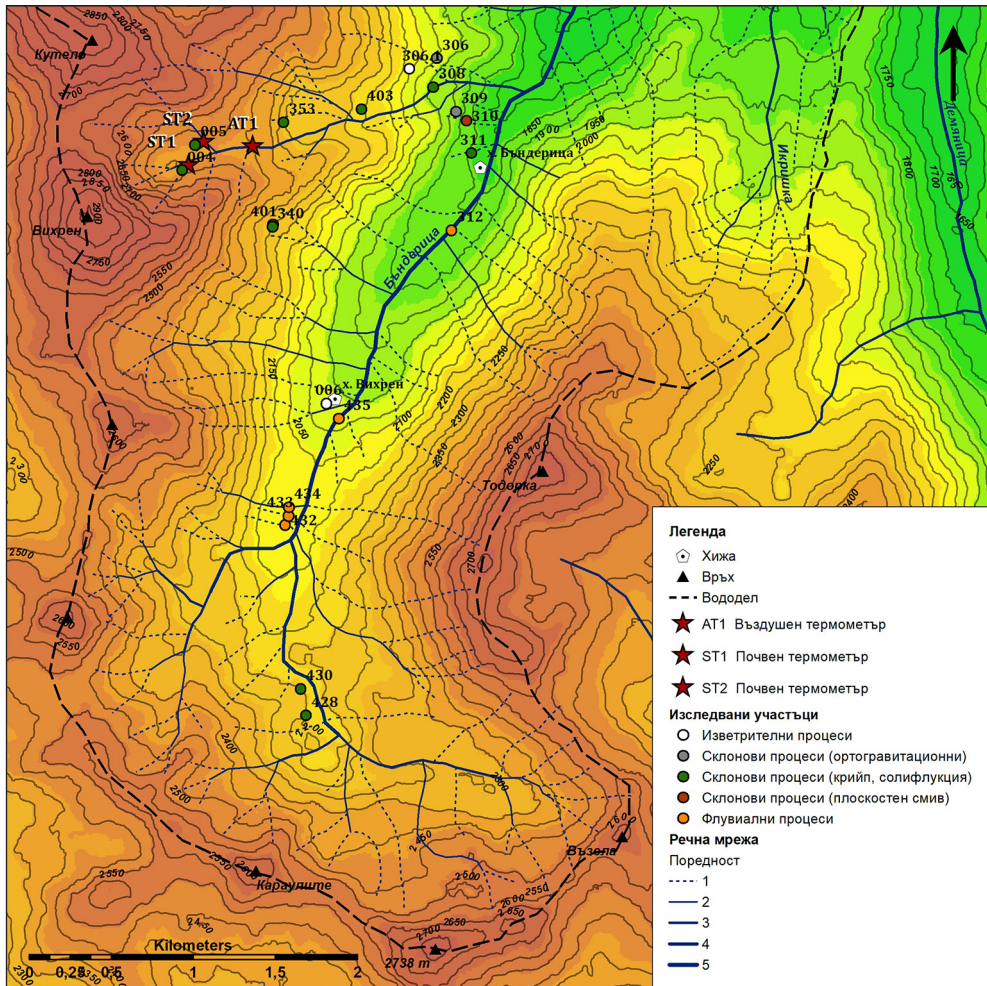
## ОБЕКТ НА ИЗСЛЕДВАНЕ

Обектът на изследване в настоящата публикация е водосборния басейн на р. Бъндерица. Водосборният басейн на р. Бъндерица е развит в североизточния склон на Пирин, в хипсометричния пояс от 1800 до 2500 m. На изток вододелната линия минава по рида между р. Бъндерица и р. Демяница и от водослива между двете реки (1065 m) се изкачва на юг към местността Чалин валог (1400 m), продължава на юг-югозапад по рида между басейна на р. Демяница и р. Икришка (десен приток на Бъндерица), на запад към в. Тодорка (2746 m) след приизворната област на р. Икришка, на юг-югоизток и на запад (при в. Възела – 2620 m) по централното пиринско било.

Река Бъндерица започва течението си от Дълго Бъндеришко езеро на височина 2310 m, тече на северозапад, преминава през Рибно Бъндеришко езеро. В местността Равнако (на около 2100–2050 m) тя приема посока североизток до вливането на р. Демяница преди гр. Банско. Бъндерица тече с голям наклон и образува бързеи и

---

<sup>2</sup> <http://www.geomorph.org/wp-content/uploads/2015/06/SEDIBUDKeyTestSitesMarch2015.pdf>



Фиг. 1. Карта на речния басейн на река Бъндерица

Fig. 1. Location of Banderitsa River Basin

водопади, а на места – разширения. В окарстения участък край Бъндеришка поляна преминава в подземен воден поток. Дължината на реката е 9,08 km. Речният басейн е развит в хипсометричните пояси 1600–2600 m (фиг. 1).

#### ИЗХОДНА ИНФОРМАЦИЯ И МЕТОДИ НА ИЗСЛЕДВАНЕ

Изходна информация за настоящото изследване са данните от мониторинга, организиран в границите на речния басейн и теренните изследвания, проведени от 1800 m

до 2500 m и площ от 20 km<sup>2</sup>. В границите на водосбора са създадени тринадесет участъка за наблюдение, избрани според няколко критерия – надморска височина, експозиция, петрографски състав, както и достъпност, възможност за поддържане на апаратурата и запис на данните. Теренните наблюдения са организирани в ключови участъци: № 306 (N 41°46'25.4" и E 23°25'24.4"; 2100 m) за изследване на срутищен шлейф; № 310 (N 41°46'17,5"; E 23°25'34,7"; 1829 m) с три броя репери за измерване на акумулацията и денудацията и криип процесите върху мрамори; № 312, 432, 433, 434, 435 за характеризирание на флувиалните процеси и наслаги от постоянно течащи потоци с установяване миграцията на потоците от първа и втора поредност. Извършените дейности за периода на изследване са отразени в табл. 1.

Таблица 1  
Table 1

Извършени дейности във водосбора на р. Бъндерица за периода 2011–2017 г.  
Studying activities in Banderitsa river basin for the period 2011–2017

GPS точки (бр.)	Площадки, репери, маркировки (бр.)	Температурни дагчици	Профили (бр.)	Седиментоложки анализ (бр. проби)		Минераложки анализ (бр.)	Рентгенодифракц. анализ (бр.)
				морфоскопски	гранулометричен		
20	13	3	1	7	10	1	3

Данните за температурата на почвата през 2011–2017 са получени от наблюдения чрез почвените термометри HOBO U12-015 Stainless Temp Data Loggers, инсталирани в Голям Казан и Малък Казан (поставени в склоновете с различна експозиция на дълбочина съответно 10 и 20–30 cm): 1) термометър ST1, със североизточно изложение, поставен в най-сенчестата част на циркуса на дълбочина около 10 cm и 2) термометър ST2 – с югозападно изложение, на най-огряваната част от територията, поставен на дълбочина около 20–30 cm. Температурата на въздуха е измервана от въздушния термометър LOGTAG TRIX – 8, инсталиран близо до местоположението на почвените термометри, на височина 2,5 m в север-североизточната част на стъблото на клек. Записите от измерванията на температурата на почвата и въздуха се извършват на всеки час.

Твърдостта на скалите (напуканост и степен на изветряне) е измервана чрез величината на отскок *R* (rebound), която дава преносимия уред чук на Шмид (Schmidt hammer,

модел RockSchmidt type N) (Goodie, 2006; Placek & Migoń, 2007; Viles et al., 2011). Величината на отскок е пропорционална на общата здравина (comprehensive strength) на скалата и варира в интервала от 0 (изветрели повърхности) до 100 (свежи скални повърхности). Стойностите на  $R$  се конвертират в други дименсии (MPa, N/mm<sup>2</sup>, kg/cm<sup>2</sup> и PSI) чрез корелативни криви. Направени са 50 удара в границите на маркираната площ на разстояние 10–15 cm в 5 успоредни редици.

На р. Бъндерица не се провеждат хидрометрични наблюдения и за хидроложкия анализ се използват данните за речния отток на р. Демяница – месечни за 1950–1983 г. и ежедневни за 2000–2005 г. Основание за подобен подход дава сходството в климатичните условия (р. Бъндерица е приток на р. Демяница), в средната надморска височина, в наклоните на склоновете и степента на залесеност.

В изследването се прилагат седиментоложки методи (Pettijohn et al., 1972, 1987): гранулометричен (седем проби), морфоскопски (10 проби), както и и лито-минераложки анализ (една проба) на наслагите в съчетание със статистически методи. При теренните мониторингови геоморфоложки изследвания са използвани различни теренни методи: на Толстых, Ключкин (1984) и тези в „Методическите изисквания за провеждането на геоморфолошко картиране в М 1:50 000“ (Вапцаров и др., 1995).

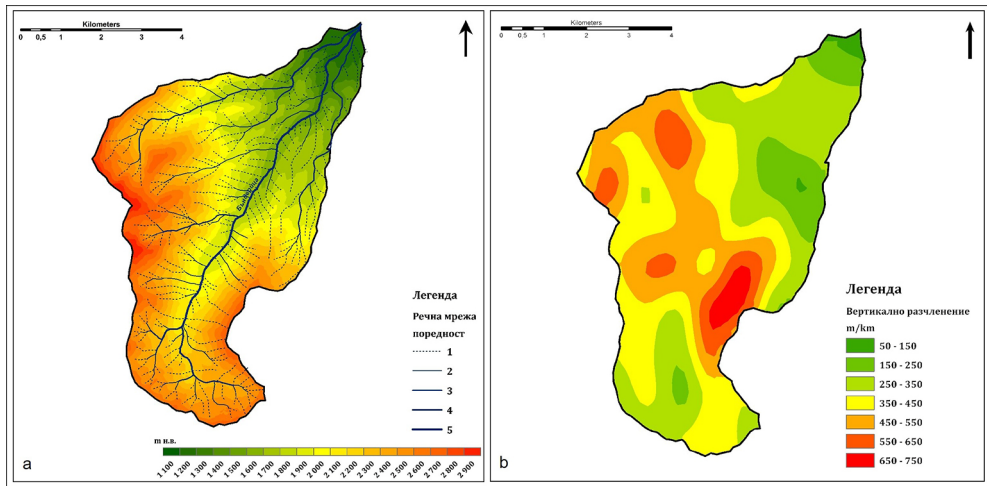
За картографска обработка са използвани QuantumGIS и SAGA. За дни с екстремно ниски температури на почвата се приемат тези със средна денонощна температура по-ниска или равна на 10-я перцентил от разпределението на данните за съответния сезон. Дните с екстремно високи температури са дните със средна денонощна температура по-висока от 90-я перцентил. Определят се с дните с минимална температура на почвата под 0 °C – мразови дни, и дни с максимална температура на почвата под 0 °C – ледени дни).

## РЕЗУЛТАТИ

### МОРФОХИДРОГРАФСКИ ОСОБЕНОСТИ НА РЕЧНИЯ БАСЕЙН НА Р. БЪНДЕРИЦА

Водосборният басейн на р. Бъндерица има издължена форма с по-широка средна част, дължащо се на дясната приточна долина на р. Икришка, извираща от местността Шилигарника и влизашите във водосбора карстови терени на циркусите Казаните, Кутело и Бански суходол (фиг. 2, а). Площта на басейна е 36,75 km<sup>2</sup>, а средната надморска височина е 2063 m. Според дължината и площта на речния басейн р. Бъндерица се отнася към клас малки реки (Христова, 2003).

Водосборният басейн е с голямо вертикално разчленение на релефа – 390 m/km<sup>2</sup>, стойност, по-голяма от средната за територията на Пирин (260 m/km<sup>2</sup>). С най-голямо вертикално разчленение (550–750 m/km<sup>2</sup>) е районът на циркусите Казаните и върховете Вихрен и Кутело, както и в участъка между Годорин рид и талвега на р. Бъндерица. С по-малки стойности (250–450 m/km<sup>2</sup>) са изворните части, Бъндеришките езера и в района на местността Равнако. Най-ниски стойности на вертикално разчленение (50–250 m/km<sup>2</sup>) се регистрират в района на Бъндеришка поляна, местността Мече чешало и участъка в долното течение, при водослива с р. Демяница. Около 80% от площта на речния



Фиг. 2. Ерозионна мрежа (a) и вертикално разчленение на релефа (b)

Fig. 2. Drainage network (a) and relative relief (b)

басейн е развита в хипсометричния пояс 1600–2600 m, а 40% – между 2200 и 2600 m (табл. 2, фиг. 1).

Ерозионната мрежа в речния басейн е със средна гъстота 4,39 km/km<sup>2</sup>. Най-малка е ерозионната разчлененост (1,0–2,0 km/km<sup>2</sup>) в северозападните части на водосбора (в района северно от х. Бъндерица, Казаните, Кутело и Бански Суходол), където е съставена от бразди, ровини, лавинни улеи и оврази, развити в карстифицирани мрамори.

Таблица 2  
Table 2

Разпределение на площите по хипсометрични пояси на водосбора на р. Бъндерица  
Distribution of the hypsometric zones in the area of Banderitsa River Basin

Хипсометричен пояс (m)	Площ		Хипсометричен пояс (m)	Площ	
	km <sup>2</sup>	%		km <sup>2</sup>	%
1000–1100	0,06	0,16	2000–2100	2,45	6,64
1100–1200	0,83	2,26	2100–2200	2,66	7,24
1200–1300	0,76	2,07	2200–2300	3,47	9,41
1300–1400	0,73	1,99	2300–2400	3,78	10,29
1400–1500	1,08	2,94	2400–2500	4,03	10,92
1500–1600	1,77	4,82	2500–2600	2,66	7,24
1600–1700	2,43	6,61	2600–2700	1,36	3,94
1700–1800	2,40	6,53	2700–2800	0,53	1,41
1800–1900	2,84	7,69	над 2800	0,30	0,80
1900–2000	2,61	7,10			

Най-голямо ерозионно разчленение се установява в изворните части на р. Бъндерица, в района на езерата и местността Равнако (фиг. 2).

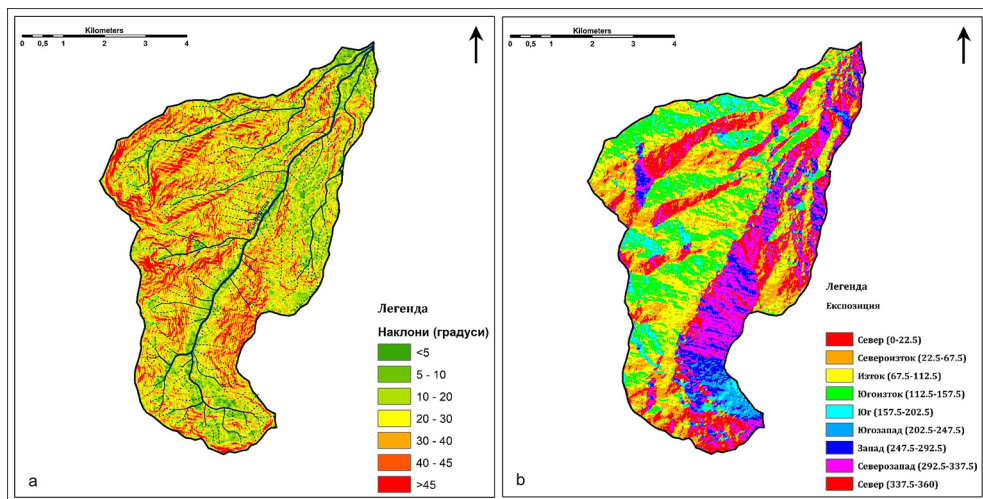
Средният наклон на речния басейн е  $26^\circ$ , по-висок от средния за Пирин ( $20,5^\circ$ ). С най-голям относителен дял са наклоните от  $10^\circ$  до  $40^\circ$ , които обхващат около 75% от площта на басейна (табл. 3). С най-големи наклони на склоновете ( $30-45^\circ$ ) са районите на Казаните, Джамджиевия ръб, Тодорин рид и левия долинен склон под в. Хвойнати (2649 m) и в. Муратов (2668 m), а с най-малки ( $5-10^\circ$ ) – местата в долното течение на реката (фиг. 3). С наклони  $10-30^\circ$  са склоновете в района на Бъндеришките езера, в долината на р. Икришка и в района на Бъндеришка поляна.

Басейнът на р. Бъндерица е ориентиран на север-североизток, но преобладаващата експозиция на склоновете е изток – североизток – югоизток (около 54% от площта)

Таблица 3  
Table 3

Относителен дял (%) на наклоните в басейна на Бъндерица  
Slope gradient in Banderitsa River Basin

Наклон на склон (градуси)	Площ (km <sup>2</sup> )	Относителен дял (%)	Наклон на склон (градуси)	Площ (km <sup>2</sup> )	Относителен дял (%)
до 5	0,83	2,25	30–40	8,42	22,89
5–10	2,75	7,48	40–45	2,82	7,67
10–20	8,75	23,82	над 45	2,80	7,62
20–30	10,38	28,26	Общо	36,75	100



Фиг. 3. Карта на наклоните (a) и експозиция (b)

Fig. 3. Slope gradient map (a) and aspect (b)

(фиг. 3б, табл. 4). Склоновете със северна и северозападна експозиция съставляват около 30% от площта на басейна, особеност, която се дължи на левия (с източна експозиция) долинен склон на реката, заемащ около 2/3 от площта на басейна.

Река Бъндерица приема по течението си къси първоразрядни притоци, с които образува гъста (4,39 km/km<sup>2</sup> е средната за басейна) ерозионна мрежа. По-ниски (1–2 km/km<sup>2</sup>) са стойностите на ерозионното разчленение в северозападните части на водосбора, в района северно от х. Бъндерица, Казаните, Кутело и Бански Суходол, дължащо се на карстификацираните мрамори в речния басейн. Там ерозионната мрежа е представена от бразди, ровини, лавинни улеи и оврази, като през по-голяма част от годината те са без постоянен воден поток. По-големи стойности на ерозионно разчленение (4,0–5,0 km/km<sup>2</sup>) се наблюдават във високите изворни части на р. Бъндерица, в района на езерата и местността Равнако. Най-дълъг първоразряден приток на главната река е р. Икришка, с изворна област в местн. Шилигарника и карстовите терени на циркусите Казаните, Кутело и Бански суходол. Средната дължина на притоците от първа поредност (229 на брой) е 0,46 km, от втора (46) – 0,53 km, от трета (осем) – 2,03 km и от четвърта поредност (три) – 1,38 km (табл. 5).

Таблица 4  
Table 4

Относителен дял на склоновете с различна експозиция  
Slope aspects in Banderitsa River Basin

Експозиция на склона	Площ (km <sup>2</sup> )	Относителен дял (%)
Север (0–22.5)	2,71	7,37
Североизток (22.5–67.5)	6,12	16,62
Изток (67.5–112.5)	7,65	20,86
Югоизток (112.5–157.5)	6,15	16,78
Юг (157.5–202.5)	1,79	4,89
Югозапад (202.5–247.5)	1,22	3,15
Запад (247.5–292.5)	2,80	7,68
Северозапад (292.5–337.5)	5,56	15,17
Север (337.5–360)	2,75	7,47
Общо	36,75	100

Таблица 5  
Table 5

Речна мрежа на р. Бъндерица  
Drainage network of Banderitsa River Basin

Показатели	Поредност					Общо
	I	II	III	IV	V	
Брой	229	46	8	3	1	287
Средна дължина (km)	0,46	0,53	2,03	1,38	9,08	2,7
Дължина общо (km)	106,8	24,66	16,25	4,16	9,08	160,98



Местоположението, надморската височина, наклона на склоновете, вертикалното разчленение, експозицията и др. морфометрични показатели на водосборния басейн, а така също литологията и особеностите на планинския климат предопределят интензивността и динамиката на процесите.

#### ТЕМПЕРАТУРА НА ВЪЗДУХА И НА ПОЧВАТА

Средната зимна температура на почвата през 2011–2016 г. е  $-1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  в сенчестата, близка до склона точка (термометър ST1) и  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  на откритото място (термометър ST2) (табл. 4). Сходен е резултатът при абсолютните максимални и минимални температури, което се обяснява с по-малката топлопроводимост на снежната покривка (с по-голяма дебелина в близост до склона в сравнение с тази на откритото място. За летния период (юни – август) средната температура е  $10,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $12,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , съответно от термометър ST1 и термометър ST2 (табл. 6). През лятото са по-добре изразени и разликите между минималните и максималните температури в сравнение със зимата. Причина за това е по-голямата интензивност на слънчевата радиация във връзка с по-голямата височина на слънцето над хоризонта през лятото.

Характерно за зимата на изследваната територия е големият брой дни с максимална температура на почвата под  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  (ледени дни) – средно за периода 26–27 дни (табл. 6). Ледени и мразови дни (с минимална температура на почвата под  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) се установяват и през пролетните и есенните месеци. През ноември 2011 и 2012 г. ледените дни достигат съответно до 24 и 21 в Голям Казан. Максималната температура на почвата е под  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  за почти всички дни на пролетните месеци с изключение е пункт Казан 2 (ST2) за м. май (Kenderova et al., 2015).

Сравнителният анализ между температурата на почвата и на въздуха откроява пониски средно месечни температури на въздуха спрямо тези на почвата от ноември до

Таблица 6  
Table 6

Температура на почвата в Казана за 2011–2016 (зима) и 2012–2015 (лято)  
Soil temperature in Goliam Kazan for 2011–2016 (winter) and 2012–2015 (summer)

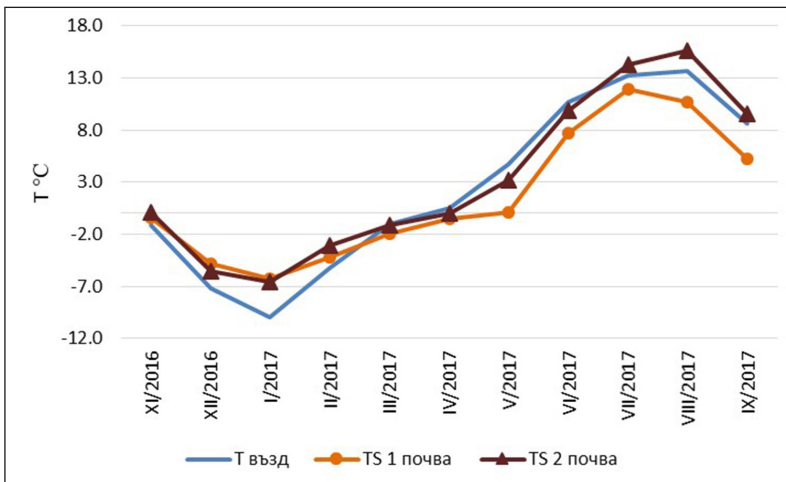
Период	Термометър	Температура на почвата ( $^{\circ}\text{C}$ )					Среден брой дни	
		Средна сезонна	Средна максимална	Средна минимална	Абсолютна максимална	Абсолютна минимална	С мин. $t^{\circ}$ под $0^{\circ}$	С макс. $t^{\circ}$ под $0^{\circ}$
Зима (декември – февруари)	ST 1	-1,6	-1,5	-1,7	-0,6	-3,0	26,7	26,3
	ST 2	-3,0	-2,3	-3,5	-1,1	-5,8	28,6	27,5
Лято (юни – август)	ST 1	10,7	20,3	6,0	21,4	3,6	1,6	1,3
	ST 2	12,5	22,3	7,3	23,1	5,8	0,0	0,0

февруари и почти еднакви през пролетния сезон. През лятото температурата на въздуха е по-висока от температурата на почвата от термометър ST1 и по-ниска от тази от термометър ST2 (фиг. 4). По-ниските температури на въздуха през зимата се свързват с охлаждащото влияние на снежната покривка, докато разликите през останалите месеци се дължат главно на различната топлопроводимост в почвата в зависимост от нагряването от слънцето и различните условия на овлажнение.

По-големи разлики между температурата на въздуха и температурата на почвата се установяват при денонощните температури – с малки изключения двата почвени термометъра показват много близки стойности за отделните дни през зимата (фиг. 5).

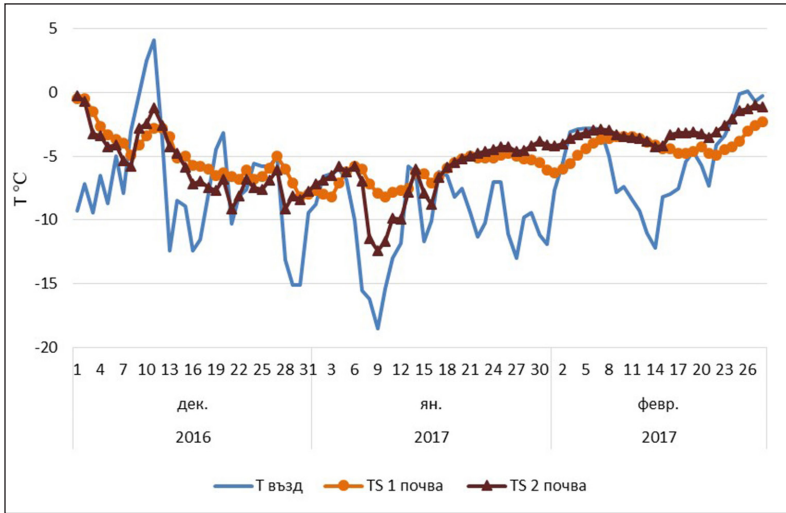
Значителна синхронност в хода на температурата на въздуха и почвата се установява през летните месеци (фиг. 6). Най-малки са колебанията между ежедневните стойности на температурата на почвата измерени на северен склон.

Броят на дните с екстремно ниски и екстремно високи температури на почвата е почти еднакъв, но съществуват особености по отношение на времето разпределение на тези дни за изследвания период. За зимните месеци почвеният термометър на склона със северно изложение показва концентрация на студените дни (дни с температура на почвата под 10-я перцентил) в началото на изследвания период (декември, 2011 г.) и през зимата на 2013–2014 г. От друга страна, в пункта с югозападно изложение, се наблюдава по-равномерно разпределение на студените дни през зимните месеци на 2012 и 2013 г. (фиг. 7). При анализа на броя дни с екстремно високи дневни температури на почвата се установява, че най-високи са били зимните температури през декември, 2014 и януари, 2015 г.



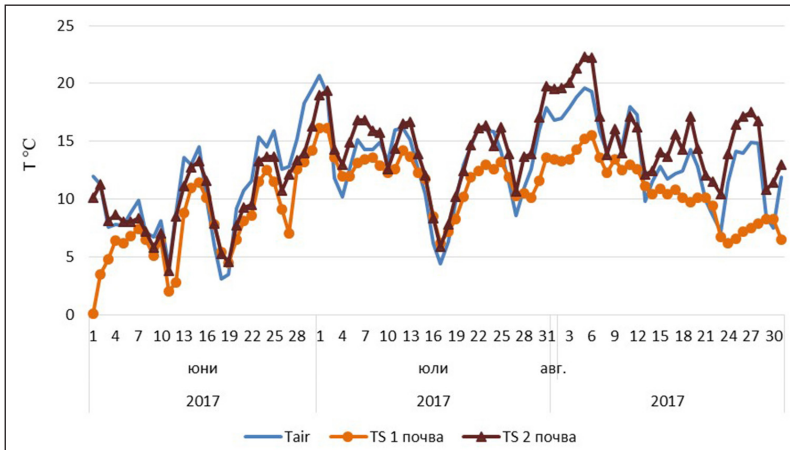
Фиг. 4. Месечни стойности на температурата на въздуха и почвата

Fig. 4. Monthly values of air and soils temperatures



Фиг. 5. Средни денонощни температури на въздуха и почвата през зимата

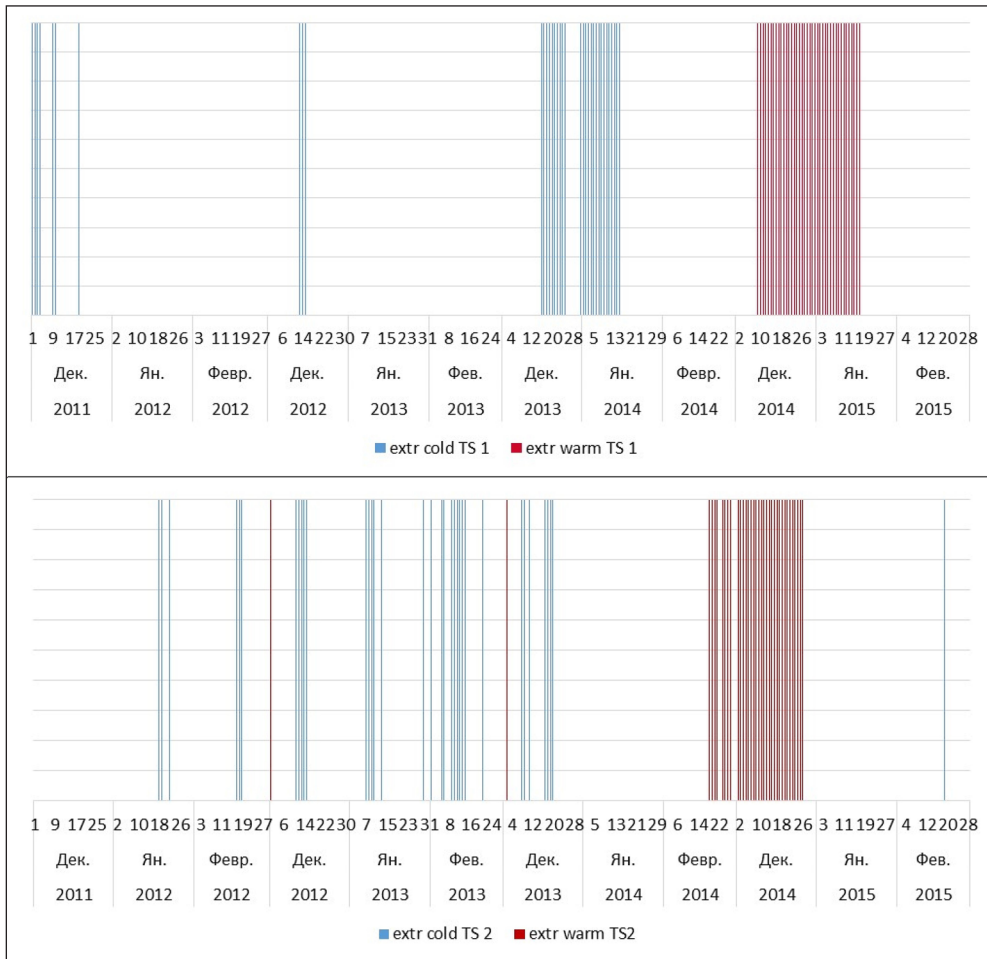
Fig. 5. Average daily temperatures of the air and soils during the winter



Фиг. 6. Ход на средните денонощни температури на въздуха и почвата през лятото

Fig. 6. Average daily temperatures of the air and soils during the summer

Анализът на синоптичните обстановки довели до екстремно високи и екстремно ниски температури на почвата през зимата на изследвания период се определя от съществуването на следните синоптични условия. Винаги когато се наблюдава гребен

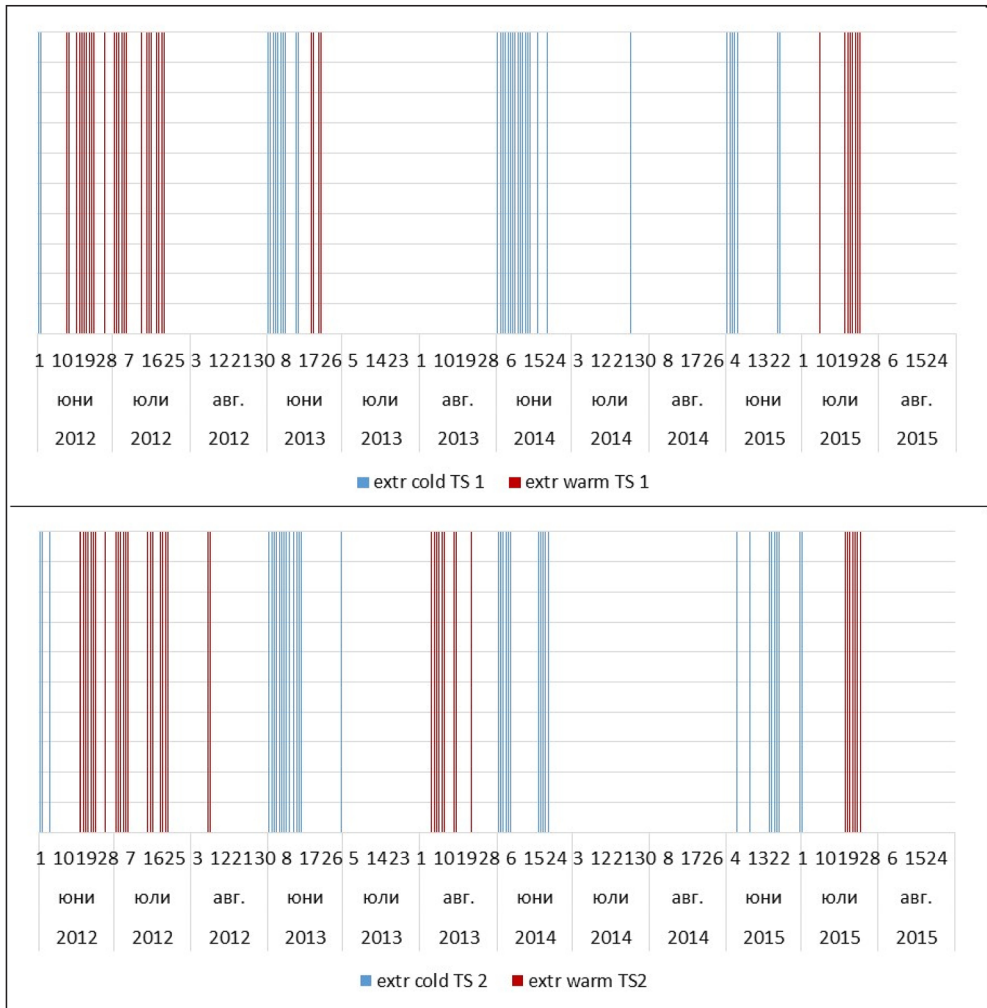


Фиг. 7. Брой дни с екстремно ниски и екстремно високи температури на почвата за зимата  
 Fig. 7. Number of days with extreme low and extreme high soils temperatures during the winter

на високо атмосферно налягане с център над Западна и Централна Европа, определящ пренос на топъл въздух със западна, югозападна компонента, могат да се очакват екстремно високи дневни температури на почвата. Задължително условие е малко облачното време, което в съчетанието с липсата на снежна покривка, при „подходящ“ наклон на склона (термометър 2) създава перфектни условия дори при ниското зимно слънце да се отчитат много високи температури. Втората типична синоптична обстановка е югозападен пренос на сравнително сух въздух. Тогава по-ниската абсолютна и относителна влажност на пренасяния въздух предопределя и по-малката обща облач-

ност, което от своя страна формира по-продължително слънчево греене и по-високи стойности на сумарната радиация.

Типичните синоптични обстановки, които обуславят екстремно ниски температури на почвата, представляват комбинация от наличието на студ във височина – отрицателни температури на АТ850 hPa, антициклонално състояние на атмосферата, обикновено 1030–1035 hPa и ясно небе, предполагащо високи стойности на ефективното излъчване през дългата зимна нощ.



8. Брой дни с екстремно ниски и екстремно високи температури на почвата за лятото

Fig. 8. Number of days with extreme low and extreme high soils temperatures during the summer

За разлика от зимата, през лятото по-големият брой дни с екстремно високи температури на почвата се концентрира през 2012 г. (главно през юни и юли). Двата почвени термометъра показват и синхронно случване на екстремно топли дни през август на 2015 г. (фиг. 8). Най-голям брой екстремно студени дни се установяват през юни на 2013 и 2014, което се потвърждава от показанията и на двата почвени термометъра.

Екстремно високи температури на почвата през лятото се свързват със следните условия. Много голям е броят на дните с екстремно високи температури през лятото на 2012 г. И това е естествено, тъй като 2012 г. ще остане в климатичната история на България като годината с най-топлото лято откакто се водят метеорологични наблюдения. Няколкото повтарящи се синоптични обстановки на мощен пренос от юго-югозапад на сух въздух с тропичен произход, температури на въздуха на АТ850 hPa над 22–23 °C в съчетание с продължително слънчево греене определят и отчитането на екстремно високи температури през месеците юни и юли 2012 г. Юли 2012 г. е екстремно горещ месец в равнинната част на България. В Свищов и Русе средната месечна температура достигна невероятните 28,5 °C, повече от Сандански – 28,2 °C.

*Екстремно ниски температури на почвата през лятото* за изследвания район се наблюдават във следните типични синоптични обстановки. Безградиентно, относително високо атмосферно налягане със стойности над 1020m hPa над територията на България, ниски температури на въздушната маса – между 3 и 5 °C на височина АТ850 hPa и около 0 °C на височина АТ700 hPa. Втората типизация обхваща синоптичните обстановки с ясно обособен гребен на високо атмосферно налягане, по който от запад се осъществява адвекция на студен въздух от по-големите географски ширини. И в двата случая много важно условие е сравнително ясното небе през нощта и свързаното с това допълнително радиационно изстиване на подстилащата повърхност.

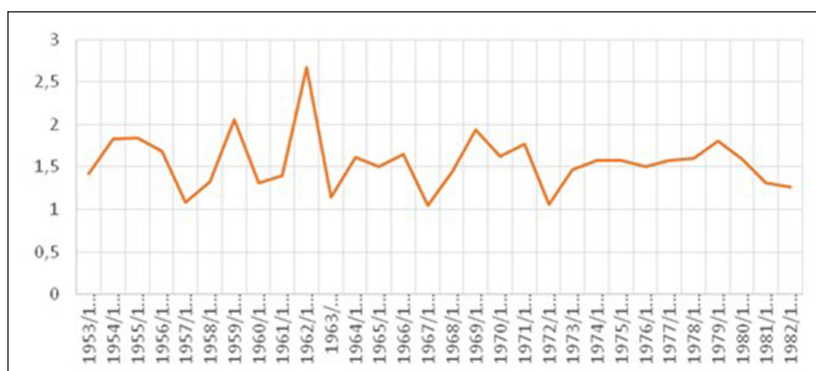
Анализът на времето разпределение на дните с екстремно ниски и високи температури на почвата показва по-голяма синхронност в показанията на двата термометъра през лятото в сравнение със зимата. Това може да се обясни с по-малките разлики в подстилащата повърхност през лятото, докато през зимата наличието и различията във височината на снежната покривка обуславят по-големи различия в разпределението на температурата в дълбочина в почвата. За изследвания период не се наблюдават съществени различия в броя на екстремно ниските и екстремно високи температури, но се установява концентрация на екстремно високите температури на почвата през зимата (декември 2014 и януари 2015 г). Проявата на екстремно високи и екстремно ниски температури през зимата и лятото е вследствие на характерни синоптични ситуации.

#### ХИДРОЛОГИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Река Бъндерица формира оттока си в условията на значителни валежи и малко изпарение. Годишната валежна сума е 1187 mm, а изпарението – 297 mm. Отражение на положителния годишен воден баланс е голяма водоносност на речния басейн – 28,2 l/s/km<sup>2</sup>. Средногодишният отток на р. Бъндерица е 0,643 m<sup>3</sup>/s (Модев, 2003). Представа за годишните отточни колебания и отточния режим дават хидрометричните данни за р. Демяница – ХМС Банско. Основание за приемането на р. Демяница за аналог е съседството на двата речни басейна, голямата им надморска височина (2070 m за

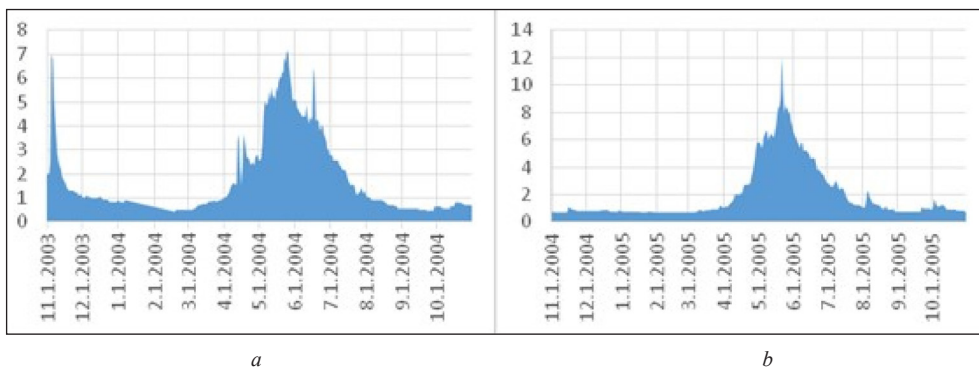
водосборната област на р. Демяница) и големите средни наклони, сходството на климатичните условия, залесеността с иглолистни гори. В многогодишния ход на речния отток на р. Демяница не се установява ясно изразена цикличност (фиг. 9).

Снежно-дъждовното подхранване е причина за устойчивост на отточния режим, която намира израз в малка вариабилност на началните и крайните дати на пълноводието и маловодието. Състоянието на високи води се проявява почти всяка година от април/май до юни/юли, но най-често е през май-юли (58% от всички случаи). По-рядко, през отделни години, се регистрират случаи на високи водни нива през ноември и/или декември, които формират втора пълноводна отточна фаза (фиг. 10). Коэффициентът на устойчивост на пълноводието е над 100 (Маринов и Панайотов, 1968) и удостоверява



Фиг. 9. Хронологичен ход на годишния отток на р. Демяница – Банско 1953/1954–1982/1983

Fig. 9. Annual streamflow of Demjanitsa River – Bansko for 1953/1954–1982/1983



Фиг. 10. Хидрографи на р. Демяница – Банско за: (a) 2003/2004;(b) 2004/2005 г.

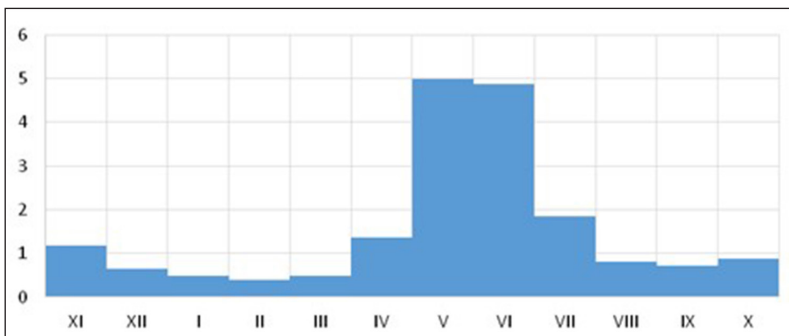
Fig. 10. Hydrographs of Demjanitsa River – Bansko for (a) 2003/2004; (b) 2004/2005 г.

ежегодна проява на високите речни нива в едни и същи срокове. По време на пълноводието се формира над 70% от годишния отточен обем.

Маловодието е лятно-есенно и зимно и през повечето години следват едно след друго. В границите на хидроложката година маловодната отточна фаза започва през юли/август и продължава до октомври, с прояви през отделни години на маловодие януари и февруари. (фиг. 11). През лятното маловодие водните количества намаляват под  $0,10 \text{ m}^3/\text{s}$  и повече и през сухи години речното течение на р. Бъндерица пресъхва. Отточният режим във високопланинските речни басейни, анализиран през воднобалансова година, е с пълноводие през май-юли и маловодие през август-октомври (Христова, 2008, 2012).

Началото на воднобалансовата година е през м. май и съвпада с определения от Панайотов (1969, 1982) център на вътрешногодишно разпределение на р. Демяница – 14 май. Коефициентът на устойчивост на пълноводието за високопланинските райони и в частност на р. Демяница (Маринов и Панайотов, 1968), дава основание да се приеме сходна устойчивост и за р. Бъндерица. Времето за проява на отточните фази и продължителността им класифицират отточния режим към типа високопланински (Христова, 2004). Месечното разпределение на оттока е с максимум през м. май, със стойности, почти еднакви с тези през юни и минимум през м. февруари (фиг. 11). Честотата за проява на отточни максимум през м. май е 58,3%, а през м. юни – 38,8%. Отточният минимум се регистрира през лятно-есенния и зимния хидроложки сезон, но с най-голяма честота през февруари – 41,6%.

Във вътрешногодишното разпределение на речния отток се регистрира втори максимум през м. ноември, който не се проявява всяка година. Коефициентът на устойчивост на вътрешногодишното разпределение на р. Демяница е 0,28 (Панайотов, 1966, 1972) и означава че конфигурацията на месечния отток е сходна през годините. Устойчивостта на месечното разпределение на речния отток във високопланинските райони се доказва от проявата на първите три максимум и първите три минимум в едни и същи срокове през годините или на т.нар. дискримантни периоди (Hristova, 2011).



Фиг. 11. Месечно разпределение на речния отток на р. Демяница – Банско

Fig. 11. Monthly distribution of streamflow of Demjanitsa River – Bansko



По аналогия с р. Демяница, високите вълни в речния басейн на р. Бъндерица се проявяват през май и юни и имат асиметричен профил: по-бързо покачване спрямо спада, обусловен от дъждовния произход на високите вълни (Христова, 2007). Високите вълни се проявяват през пълноводието и продължават средно около седмица. Възможни са високи речни нива и с времетраене един месец. Честотата на екстремните водни количества през пролетния хидроложки сезон достига 90%, от които 80% са през май и юни (Панайотов, 1967). Екстремно ниския речен отток е по-често през зимния хидроложки сезон, със случаи на пресъхване през лятно-есенните месеци.

Високопланинският тип отточен режим на р. Бъндерица се удостоверява и чрез стойностите на отношението между водните обеми за зимния (ноември – февруари) и пролетния (март – юни) хидроложки сезон ( $K_{3/n}$ ) в съседния водосборен басейн: в границите 0,10–0,50 и средна многогодишна стойност 0,23.

#### ГЕОМОРФОЛОЖКИ ПРОЦЕСИ

Геоморфоложките изследвания в басейна на р. Бъндерица включват изучаването на процеси с различен териториален обхват и интензивност: изветряне, склонови (ортогравитационни и крийп) и флувиални процеси.

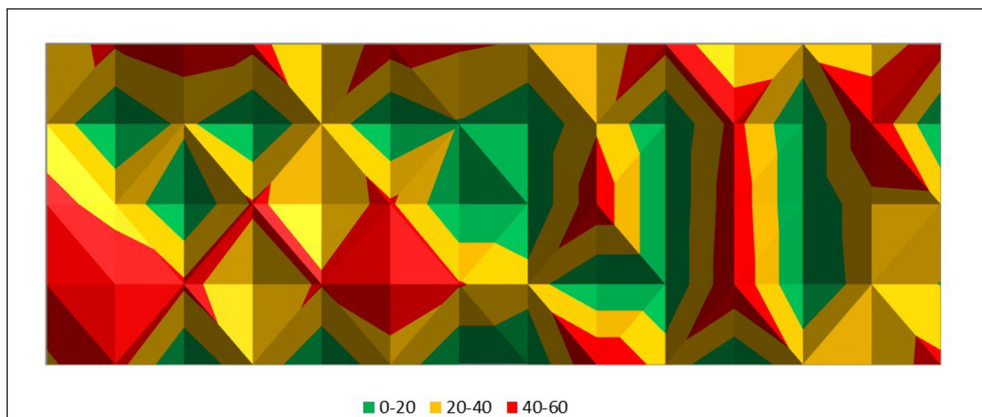
В участък 306 (N 41°46'; E 23°25'; 2100 m н.в.) (фиг. 1) за изследване на изветрителни процеси върху мраморите от Добростанската свита е опробван скален откос (2×2 m) с чука на Шмид. Скалният откос има наклон  $\geq 90^\circ$ , а фолиацията е с посока SW-NE и наклон  $45^\circ$ . Направени са 50 удара в границите на маркираната площ на разстояние 10–15 cm в 5 успоредни редици (табл. 7). Според класификацията на Selby (1980) скалите заемат междинно положение между умерено здрави (40–50  $R$ ) и слабо устойчиви скали (35–40  $R$ ). За сравнение е определена твърдостта на естествен свеж мраморен къс, която е 62,5  $R$ .

Стойностите на  $R$  са много неравномерно разпределени и удостоверяват голямо разпространение на изветрителните процеси (фиг. 12). В скалната повърхност са лока-

Таблица 7  
Table 7

Стойността  $R$ , измерена чрез чук на Шмид тип N в участък 306  
Schmidt hammer measurement and  $R$  value of the rocks at site 306

Точка (GPS данни)	Брой удари ( $N$ )	Брой невалидни удари ( $N_i$ )	Средно $R$ ( $\bar{x}$ )	Стандартно отклонение ( $\sigma$ )	Максимум $R$	Минимум $R$	Диапазон (range)
T. 211; N41°46'; E23°35' 2014 m	50	0	40	9,7	65,5	18,5	42



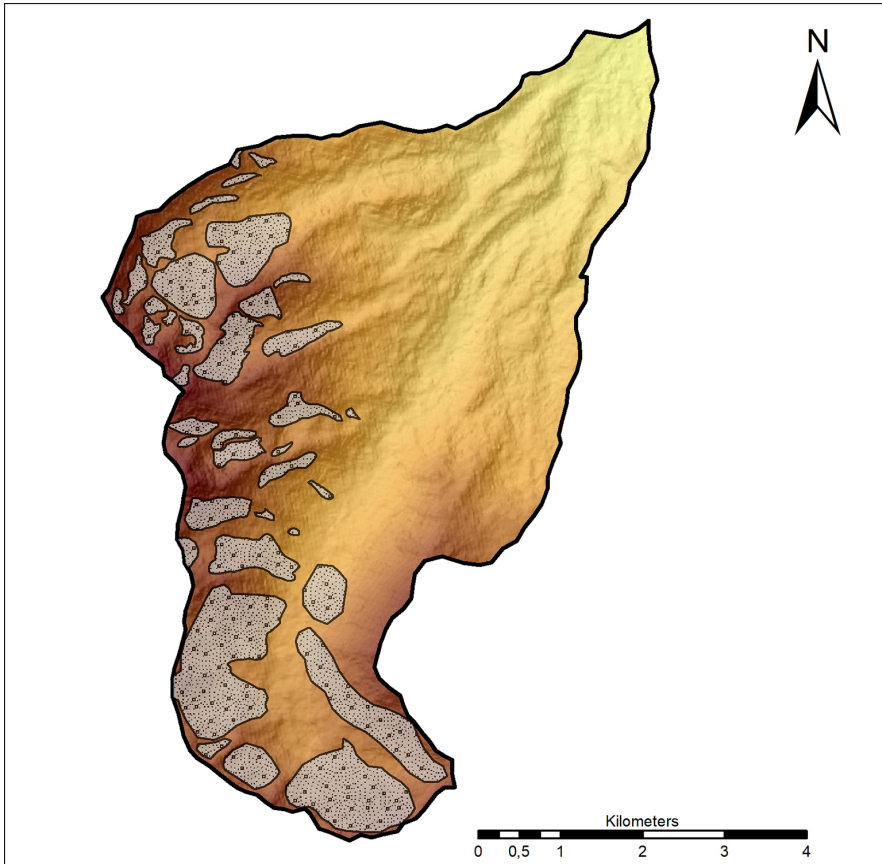
Фиг. 12. Модел на устойчивостта на изветряне, получен чрез интерполация на стойностите на отскок  $R$   
 Fig. 12. Interpolation of the  $R$  value and model of the rock strength at site 306

лизирани участъци с ниска твърдост ( $R < 20$ ), от които се очаква да се отчупят късове, подхранващи струтищния конус и такива с висока твърдост (40–60  $R$ ), по-устойчиви на изветряне. Използването на маркирани площи ще продължи с бъдещите мониторингови изследвания в участъка.

Ортогравитационните процеси (сипейно-срутищни и лавини) са разпространени предимно над горна граница на гората (1800–1900 m) и имат по-рядка проява в по-ниските части (фиг. 13). Наблюденията удостоверяват активност през април–май, когато замръзналата вода в порите и пукнатините преминава в течно състояние и затихват в студеното полугодие (декември–февруари).

Срутищата и сипейте (както и лавините) водят своето начало от високата част на склоновете, изградена от разкриващи се основни скали. Тяхното интензивно изветряне предизвиква отделянето им от основните скали и бързото им придвижване чрез салтация, свободно падане и влачене. Сипейте, за разлика от срутищата, образуват в средната част на склоновете улеи по които се движат късовете. В тези улеи през преходния сезон (април–юни) се движат лавините, а през лятото (юли–септември) в тях текат временни потоци от I поредност.

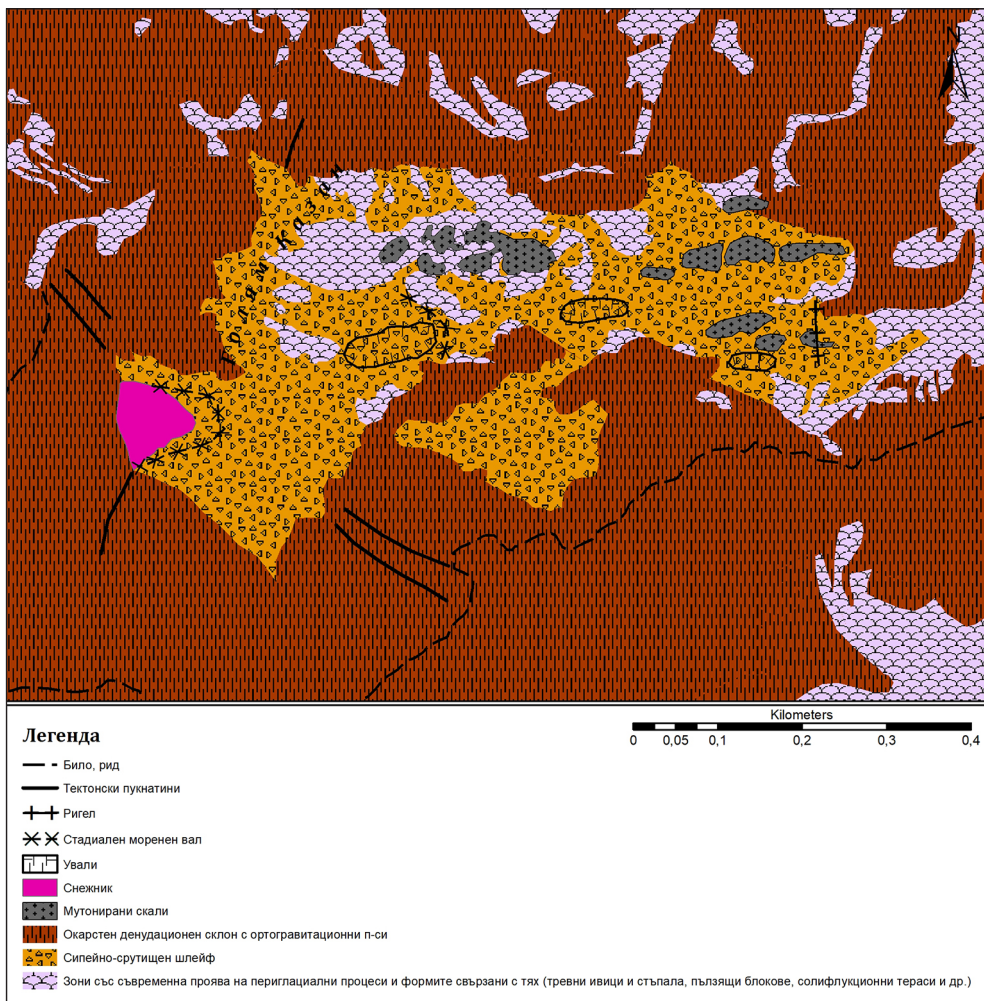
От проведения анализ на ортофото изображения и дигитален модел на релефа (ДМР) на изследвания район бе установено, че ортогравитационните наслаги (дерупции и десперсий) заемат 7,8 km<sup>2</sup> площ или 21,25% от басейна (фиг. 13). Около 80% от тях заемат хипсометричния пояс от 2200 до 2600 m, а над 2600 m тяхната площ е едва 0,4 km<sup>2</sup>. В зоната на отлагане (това са подножията на склонове със север-североизточно и изток-югоизточно изложение заемащи 70%), средните наклони достигат 27,4°. Там са образувани акумулативни шлейфове, в които материалът е и лавинен. Типичен пример за това е срутищно-сипейно-лавинния шлейф, образуван в основата на южната стена на циркуса Голям Казан (фиг. 14).



Фиг. 13. Разпространение на ортогравитационни наслаги в долината на р. Бъндерица  
 Fig. 13. Spatial distribution of screes, talus cones and block field in Banderitsa River Basin

Най-големите по размери форми над горната граница на гората (без да сме изследвали карстовите) са ортогравитационните. В горните им части са образувани скални откоси, в които изветрянето е най-активно. В долните части са отложени изветрелите късове, които образуват шлейфове (фиг. 14). Лавините започват от най-високите билни части, преминават в горския пояс (където често образуват негативни форми) и достигат речната долина. Лавинните късове се смесват с елувиалните и ортогравитационните. Наслагите от тези процеси са неогладени и са с най-големите размери (табл. 9). Лавинните жлебове в горския пояс играят ролята и на ерозионни канали на потоците от I и II поредност. Така едни и същи форми се преоформят от различни процеси.

Под Малък Казан в мраморите на Добростанската свита е изграден участък (№ 306) за наблюдения на срутищен шлейф върху склон със североизточна експозиция. В дол-



Фиг. 14. Геоморфоложка карта в района на Голям Казан

Fig. 14. Geomorphological map of site Goliam Kazan

ната му част наклонът е  $25^\circ$ , а в горната (откоса) достига  $55^\circ$ . Образуваният шлейф има дължина 190 m и широчина от 20 до 50 m. Маркираната лента има дължина 18,60 m, широчина 12 cm и  $2,23 \text{ m}^2$  площ. Отчетени са следните промени по нея (табл. 8). В наблюдавания период общо изнесенят материал от лентата представлява къс с размери (по трите оси съответно) 343/227/126,5 cm, а акумулираният е къс с размери 309/216,5/127 cm. Тези стойности са близки като лек превес (но без ясен тренд) показва изнасянето на материала. Прави впечатление обаче, че късовете, които се придвижват

## Характеристика на промените в участък № 306\*

## Characteristic of changes in site № 306

5 септември 2014 г.	1 септември 2015 г.	1 септември 2016 г.	20 юни 2017 г.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• На 485 cm от лентата липсва къс с размери 21x17x7 cm, който е изминал разстояние от 55 cm надолу по склона, като придвижването се е осъществило по ос „b“;</li> <li>• Между 488 cm и 523 cm върху лентата е паднал скален къс с размери 36x29x15 cm, който най-вероятно е причинил движението на по-горе описания скален къс;</li> <li>• Между 973 cm и 980 cm от лентата се наблюдава нов скален къс с размери 19x11x8 cm;</li> <li>• Между 1368 cm и 1378 cm липсва скален къс от лентата с размери 9x5x4 cm, който се е преместил на 5,6 cm.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Между 118–138 cm от лентата се е изнесъл къс с размери 20x15x12 cm на 7 cm надолу</li> <li>• Между 235–252 cm върху лентата е паднал къс с размери 28x21x13 cm;</li> <li>• Между 346–355 cm се е изнесъл на 9 cm от лентата къс с размери 30x12x6 cm;</li> <li>• Между 1004–1047 cm се е изнесъл на 7 cm от лентата къс с размери 58x48x43 cm.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Между 0 и 30 – нищо не се е преместило;</li> <li>• 56–72 cm – откъснал се къс с размери 32x11x8 cm и се е придвижил на 8 cm надолу;</li> <li>• 60–72 cm – къс с размери 19x12x6 cm и се е придвижил на 17 cm надолу като придвижването се е осъществило по ос „b“;</li> <li>• 112–125 cm лентата е прекъсната изцяло.</li> <li>• 217–235 cm – върху лентата отгоре се разцепва къс на 2 с размери 26x21(минус 3)x10 cm.;</li> <li>• 300–320 cm е паднал къс отгоре с размери 27x14x14. Това е същото изследване от 12.07.2017;</li> <li>• 502–507 cm – отгоре с размери 10x6x4 ;</li> <li>• 507–542 – отгоре е паднал къс (може да е стар!) 27x22x14 cm</li> <li>• 804–824 cm отгоре е паднал къс с размери 24x15x3,5;</li> <li>• 1010–1050 cm голям къс отгоре е паднал през лентата без да я наруши и се е позиционирал на 6 cm надолу от нея 52x47x29;</li> <li>• 1173–1178 cm – паднал отгоре къс 15x8x5;</li> <li>• 1340–1352 – паднал отгоре къс с размери 27x13x11 cm</li> <li>• 1352–1400 cm – цялата лента е на зиг-заг: 15x11x5x изминал 8 cm; нов върху лентата с размери 9x7x3; 7x4x4 надолу с 6 cm; 14x12x3 надолу 5 cm; нов върху лентата с размери 11x7,5x7,5;</li> <li>• От 1540–1600 и изнесено всичко надолу между 10 и 15 cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• На 500 cm е паднал къс отгоре 10x6x3 cm;</li> <li>• Къмкът на 700 cm – 20x16x4 е изминал 13 cm надолу;</li> <li>• На 755–775 – къс от лентата се е разцепил на 2 и долния (16x10x7) се е преместил надолу на 6 cm</li> <li>• 847–848 къс от къс от лентата се е отчупила люспа с размери 9x6x0,5 cm</li> <li>• До стария къс, паднал отгоре на 1173–1178 е паднал нов с размери 3x3x3 cm</li> <li>• На 1187–1198 къс от лентата се е разцепил, но не се е придвижил;</li> <li>• 1355–1364 – паднал отгоре къс с размери 11x7x4 cm</li> </ul>

\* Изнасянето на материала се приема за денудация, а отлагането на нови късове върху лентата – за акумулация.

надолу имат по-малки размери, а тези, които идват от горната част имат два до три пъти по-големи размери (табл. 9). Придвижените надолу по склона късове през 2014 г. са изминали общо 60,6 cm, за 2015 г. това разстояние е 22,15 cm, за 2016 г. е 70 cm, а за 2017 г. – 19 cm. Тези обобщени стойности показват, че средното разстояние за 2014 г.

Таблица 9  
Table 9

Морфоскопски анализ на наслагите в срутището  
Size and shape of clasts at site № 306

Показател	Резултат
Брой на измерените късове в пробата	140
Най-малки стойности за „a“, „b“, „c“ (mm)	a – 78, b – 44, c – 20
Най-големи стойности за „a“, „b“, „c“ (mm)	a – 2640, b – 1200, c – 600
Средно аритметично за „a“, „b“, „c“ (mm)	a – 310, b – 187, c – 112
Стандартно отклонение	a – 329, b – 179, c – 104
Преобладаващ петрографски вид	мрамори
Обща огладеност	0
Счупен чакъл (%)	0
Транспорт чрез салтация (%)	36
Транспорт чрез влачене (%)	64

е 30,3 cm, за 2015 е 8,7, за 2016 е 8,75, а за 2017 е 8,5 cm. Високата стойност за 2014 г. се дължи на един къс, изминал малко над 50 cm.

В наслагите от срутището преобладава фракцията на блокажа и едрия чакъл (табл. 9). Късовете са неогладени и формата им показва придвижване чрез салтация.

Склоновият мониторинг включи и изследване на крийп процеси върху мрамори. В изградената площадка (*участък № 310*; N 41°46'; E 23°25'; 1829 m н. в.) са поставени два репера за измерване на крийп (табл. 10), а акумулацията и денудацията са измерени на повърхност с малък наклон (1–5°) на три точно фиксирани места (табл. 11).

Получените резултати за горната и средна част показват, че скоростта на акумулация за една година варира между 0,1 и 11,8 cm/год., а на денудацията – между 0,1 и 1,6 cm/year (табл. 11). Тези стойности (с изключение на 11,8 cm/372 days) са сравними с получените скорости за крийп в района на х. Синаница и тези с циркуса Голям Казан

Таблица 10  
Table 10

Резултати от измерванията на крийп и денудация при участък 310  
Results from creep movements measurements at site 310

Период на наблюдение	Репер 1 промени (cm)		Репер 2 (cm)	
	нагоре	надолу	нагоре	надолу
28.06.2013 – 05.09.2014 г (cm/434 days)	3,1 А	–	7,5А	–
05.09.2014 – 01.09.2015 (cm/360 days)	0,8 Д	0,1 А	0,7А	1,6Д
01.09.2015-01.09.2016 (cm/366 days)	0,5А	0,5Д	1,1А	0,4Д
01.09.2015-08.09.2017 (cm/372 days)	1,1А	0,3А	11,8А	0,1Д

А – акумулация; Д – денудация.

Таблица 11  
Table 11

Резултати от измерванията на акумулация и денудация при участък 310  
Results from accumulation and denudation at site 310

Период на наблюдение	Дълбочина на наслагите (в cm) на разстояние		
	11 cm	на 23 cm	50 cm
28.06.2013 – 05.09.2014 г. (cm/434 days)	2,7А	1,0Д	–
05.09.2014 – 01.09.2015 г. (cm/360 days)	–	0,7Д	5,5Д
01.09.2015 – 01.09.2016 г. (cm/366 days)	0,7А	2,6А	5,9А
01.09.2015 – 08.09.2017 г. (cm/372 days)	3,5Д	2,5Д	2,2Д

А – акумулация; Д – денудация.

Таблица 12  
Table 12

Гранулометричен анализ на склонови наслагии при участък № 310  
Comparison of slope deposits at sites № 310

≥4 mm	4–2 mm	2–0,063 mm	0,063–0,02 mm	≤ 0,02 mm	Цвят по Munsell
29,72	1,45	37,03	16,47	15,33	10YR 3/2 very dark brown

(Kenderova et al., 2018). Получените данни показват, че върху склоновете на Голям Казан и Синаница изнасянето на материала и отлагането му се извършва с близки скорости. Това създава относително еднакъв микростъпаловиден релеф на склоновете. В изследваната площадка обаче, денудацията е с по-ниски стойности и това не води до разкъсване на тревната покривка. По-високите стойности на акумулация са свързани с образуването на по-големи площадки в микропониженията на релефа в горския пояс. Малките разлики в скоростите не са резултат от климатичните промени, от дебелината на склоновите наслагии, а от наклона на склона.

В участък № 310 склоновите наслагии са с лоша сортировка, смесено фракционни, неравномерно разпределени и с преобладаване на пясъка и алевролита. Това потвърждава крийп процеса и подвижността на наслагите (табл. 12).

Ако през ноември–април/май преобладава криогенният крийп, то през останалата част от годината той е хидрогенен, а в най-топлите месеци (юли и август, фиг. 4) и температурен. Крийпът над горната граница на гората се характеризира с по-високи скорости, отколкото този в горската част. Предишните ни (Kenderova et al., 2018) и настоящи изследвания показват, че скоростта на крийпа (разгледан като изнасяне и натрупване на материала) е по-голяма в горския пояс като разликите достигат до 2,5 cm/year. Неговата скорост най-много зависи от влажността, следвана от наклона на склона и дебелината на наслагите.

За характеризиране на флувиалните процеси и наслаги от постоянно течащи потоци, са описани и изследвани общо 5 участъка (312, 432, 433, 434, 435) за периода 2016–2017 г., като в три от тях (432, 433 и 434) са регистрирани флукуации на речното легло (фиг. 15) в потоци от I и II поредност. Измерванията са направени на базата на напречни профили – перпендикулярно на посоката на потоците, като дълбочините се измерват през 10 cm.

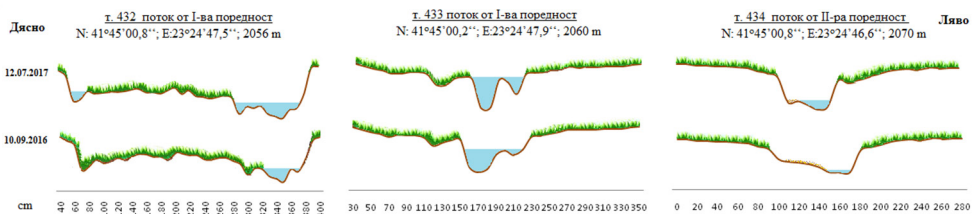
Най-значителна е промяната в напречния профил на потока от II поредност (т. 434). За период от около една година широчината на руслото е намаляла с 32 cm, резултат от подкопаване на заливните тераси и свличането на тревни туфи. Пясъчната коса между 110 и 152 cm, регистрирана при измерването на 10.09.2016 г., е изнесена. Именно в този участък преудълбаването на руслото е най-значително – 20,1 cm. По лявата заливна тераса се забелязват пукнатини в чима, а височината на дясната се е увеличила с 18 cm, което подсказва активно подкопаване на бреговете.

Ситуацията в потока от I поредност в т. 433 е сходна. Широчината на руслото се е редуцирала с 12 cm, а дълбочинното всичане е в рамките на 4 cm. Вляво се наблюдава акумулация на материал, привнесен от заливната тераса – 18 cm дебелина на наслагите. Дълбочинното всичане на потока в т. 432 е отразено повсеместно. То варира от 1,8 cm на 90-я cm до 11,5 cm при 290-я cm от профила на потока. При второто измерване (12.07.2017 г.) е регистрирано и наличието на временен канал вдясно на опробваното русло, резултат от преовлажняването на торфа. Ерозионните процеси са най-активни в лявото разклонение на потока – промените в дълбочина са между 6,1 и 11,5 cm. За периода 2016–2017 г. се наблюдават различия в конфигурацията на потоците и на бреговете им, които са най-добре изразени в потока от II поредност (т. 434).

В участъци 312 и 435 преобладават едрите фракции – валуни и чакъли, следвани от пясъците и гравелите, които се явяват и най-подвижните (фиг. 16, табл. 13).

В р. Бъндерица алувият е смесено-фракционен или двуфракционен и умерено сортиран, докато в ниските порядъци сортировката е лоша. При едрите късове (в участък № 312 и 435) преобладават валуните. Огладеността им е по-голяма в участък 312, което съвпада с най-дългия транспорт, осъществил се чрез салтация и влачене.

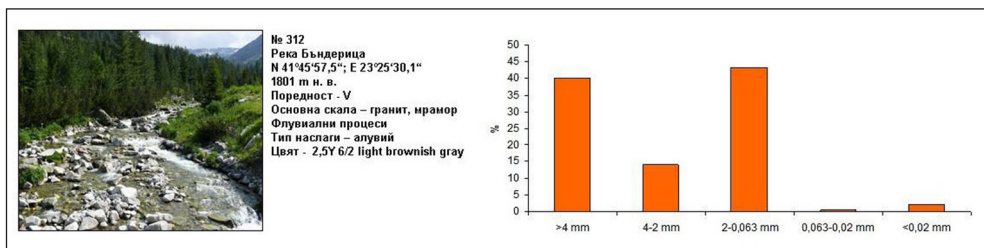
Ерозионните форми от ниските порядъци сменят размерите си, резултат от ерозията и акумулацията. Наслагите, които са в ниските поредности нямат ясно изразен



Фиг. 15. Промяна в речното легло на потоци от I и II поредност при участъци

Fig. 15. Cross-section changes in 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> order channel tributary of Banderitsa River





Фиг. 16. Гранулометричен анализ на руслови наслаги при участък № 312

Fig. 16. Grain-size analysis of alluvial deposits at site № 312

Таблица 13  
Table 13

Морфоскопски анализ на наслагите при участък 312 и 435

Size and shape of clasts at sites № 312 and 435

Показатели	Участък (№)	
	312	435
Брой на измерените късове в пробата	58	30
Най-малки стойности за „a“, „b“, „c“ (mm)	a-22, b-12, c-6	a-60, b-35, c-15
Най-големи стойности за „a“, „b“, „c“ (mm)	a-1200, b-730, c-540	a-850, b-490, c-370
Средно аритметично за „a“, „b“, „c“ (mm)	a-233, b-134, c-93	a-246, b-168, c-105
Стандартно отклонение (mm)	a-304, b-159, c-123	a-235, b-147, c-108
Преобладаващ петрографски вид	мрамори, гранит	гранит
Обща огладеност	2,16	1,57
Счупен чакъл (%)	12	17
Транспорт чрез салтация (%)	50	40
Транспорт чрез влачене (%)	50	60

пролувиален характер, защото се транспортират както от временни и не всяка година протичащи потоци, така и от лавини. Седиментоложките данни показват, че в руслото на р. Бъндерица (в района на едноименната хижа) алувиите са типичен инстративен: едри късове, слабоогладени и лошо сортирани.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Измерването и анализът на данните за температура на въздуха и почвата допринасят както за повишаване на общото ни познание за природната среда на изследвания район, така и за изясняването на годишните цикли в хода и режима на климатичните, хидроложките и геоморфоложките процеси. Надеждността на измерванията и полу-

чените резултати се доказва от синхронността в хода на температурите на въздуха и почвите и от мониторинговите наблюдения с продължителност от 6 г.

Проявата на екстремно високи и екстремно ниски температури през зимата и лятото се потвърждава от характерните синоптични ситуации. За изследвания период не се наблюдават съществени различия в броя на екстремно ниските и екстремно високи температури, но се установява концентрация на екстремно високите температури на почвата през зимата (декември 2014 и януари 2015 г.). Това дава основание да се направи заключението, че промените в температурата на почвата в регионален мащаб са в съответствие с глобалната тенденция към затопляне. От друга страна, на фона на общата тенденция на повишение на температурите през последните години не е изключена проявата на мразови и ледени дни дори и през пролетните месеци (март и април), което се обуславя от голямата надморска височина (над 2400 m), продължителността и височината на снежната покривка и синоптичните условия.

Този ход определя протичането на характерните криогенни процеси: изветряне и мразов крийп. Климатичните данни (фиг. 4–6) показваха, че замръзването на наслагите на посочената височина става през ноември и продължава до април–май. В районите на двата термометъра (на слънчева и на експозиция в сянка) замръзването става по-рано за склонове на сянка и по-късно за слънчевите склонове. Размръзването, обратно на замръзването, най-напред се случва на слънчеви склонове (южна, югозападна, югоизточна и източна експозиция), които съставляват близо 46% от басейна. Върху склонове в сянка процесът показва забавяне до 1 месец при средна продължителност от 3 до 6 месеца. Следователно, в пояса над горната граница на гората експозицията, а не височината е определяща за разпространението на сезонната криолитозона. Без ясен тренд, но със забележимо затопляне, предполагаме, че нейното площно разпределение и дълбочина ще намаляват, без да изключваме екстремни прояви в различни години.

Периодът на размръзване на наслагите е свързан с максимума на валежите, на речния отток (фиг. 11) с активизацията на срутищно-сипейните и крийп-процесите. Първите често са в съчетание с лавинните и преобладават над горната граница на гората. За разлика от тях крийпът е повсеместно разпространен.

Ако през ноември–април/май преобладава криогенният крийп, то през останалата част от годината той е хидрогенен, а в най-топлиите месеци (юли и август, фиг. 4) и температурен. Крийпът над горната граница на гората се характеризира с по-високи скорости, отколкото този в горската част. Предишните ни (Kenderova et al., 2018) и настоящи изследвания показваха, че скоростта на крийпа (разгледан като изнасяне и натрупване на материала) е по-голяма в горския пояс, като разликите достигат до 2,5 cm/year. Неговата скорост най-много зависи от влажността, следвана от наклона на склона и дебелината на наслагите.

Най-големите по размери форми над горната граница на гората са срутищата, които имат ясно изразени скални откоси и шлейфове. Към ортогравитационните, освен срутищата, се отнасят и лавините, които започват от най-високите части и достигат до речното русло. Лавинните жлебове в горския пояс играят ролята и на ерозионни канали на потоците от I и II поредност. Това определя полигенетичността на редица склонови форми.

Ерозионните форми от ниските поряждци сменят размерите си, резултат от ерозията и акумулацията. Наслагите, които са в ниските поредности нямат ясно изразен пролувиален характер, защото се транспортират както от временни и не всяка година протичащи потоци, така и от лавини. Седиментоложките данни показват, че в руслото на р. Бъндерица (в района на едноименната хижа) алувиат е типичен инстративен: едри късове, слабоогладени и лошо сортирани.

Климатичните условия, които определят развитието на природната среда в тази част на планината показват два ясни периода: топъл и студен. Преходът от топлия към студения е кратък и е между октомври – ноември. Студеният период настъпва по-рано (средно 20 дни) на склонове със слънчева експозиция и продължава до април–май. Тогава преобладават криогенните процеси (изветряне, крийп). Преходът с топлия период (април-юни), свързан с разтопяването на снега и максимума на валежите, носи динамиката в средата. Активизацията на склоновете и флувиалните процеси през май и юни (фиг. 11) от една страна променя размерите на формите и създава нови, а от друга – увеличава транспорта на наслагите, основният фактор, който ги променя. Топлият период има почти същата продължителност като максимума на температурите е през август. Периодът октомври-ноември се характеризира с ниски стойности на скоростите на процесите и като цяло – намалена динамика.

Периодът на размръзване на наслагите съвпада с максимума на валежите. Това носи динамиката на процесите и на средата: активизират се сипеите, срутищата и лавините, крийпа и флувиалните процеси. Всичките получени данни от метеорологичния и геоморфоложки мониторинг, както и хидрометричните данни потвърждават нашите изводи.

Настоящата работа допълва и разширява знанията за годишните цикли в хода и режима на климатичните, хидроложките и геоморфоложките процеси във високопланинския пояс на Пирин. Получените резултати доказват нееднозначно връзката между природните процеси и специфичната им проява в най-високите хипсометрични пояси на страната.

## SUMMARY

This paper presents results from complex meteorological, geomorphological and hydrological study, conducted in the Banderitsa River Basin for the period of 2011 to 2017.

The data obtained from microclimatic and geomorphological observations (air and soil temperatures, slope and fluvial processes activity, etc.) in this part of the Pirin Mountains are representative for the high mountain area in the South Europe region and can reveal the connections and interaction between the climatic conditions, hydrology and geomorphological processes activity.

The Banderitsa River catchment covers the territory of 36,75 km<sup>2</sup> and occupies the highest part of the Pirin Mountains between 1065 m and 2916 m a.s.l. It has an elongated shape with direction from the south-southwest to the north-northeast. About 80% of the river basin area is developed between 1600 m and 2600 m a.s.l. The high relative altitude (average 390 m/km<sup>2</sup>), slope gradient (average 26°) and preserved Pleistocene landforms (cirques, U-shaped valleys, moraines, etc.) characterized the catchment as a typical alpine landscape.

All of the microclimatic data obtained by our measurements during the period of observation show that the days with extreme low and extreme high soils temperatures are related and close to the general meteorological situation for the region. Concentration of the days with extreme high soils temperatures during the winter (December 2014 to January 2015) was found. This corresponds to the general trends of global warming. According to NOAA 2014 was the warmest year since the beginning of meteorological observations of the World. At the same time, it is not excluded occurrence of days with extreme low soils temperatures in March and April due to the higher altitude (above 2400 m).

The observations of this height showed that soil surface temperature is negative during the period November – May but the freezing period vary in duration in different sites, due to the exposition factor. In the Golyam Kazan site the slopes with different aspect have two months' difference in freezing period duration – 7 months for wall with north-east aspect (November-May) and 5 months for wall with south-west aspect (December – April). Therefore, the most important for the seasonally frozen ground at this height, above the treeline is the slope aspect.

During the period of freezing, slow processes of mass movement are minimal, but falling and avalanches are common. Movement activity, as general, starts when freezing-thawing processes are maximal, i.e. when the ground temperature is around the freezing point. In this period, rock falls, avalanches, and ploughing blocks processes are most active. At the grass islands, where there has more fine material, cryogenic creep are occurring. Hydrogenic creep are developing generally during the late spring and summer periods, when the materials become wet from rain and snow melting.

The climatic conditions that determine the development of the natural environment in this part of the mountain show two periods - warm and cold. The transition from warm to cold is short and is between October-November and from cold to warm is April to June. The activation of the slope and fluvial processes is in May and June (Figure 11), while in October-November their activity is lower. All data obtained from meteorological and geomorphologic monitoring as well as hydrometric data confirms these conclusions.

## ЛИТЕРАТУРА

- Вапцаров, И., Р. Маринова, Л. Филипов. 1995. Методически изисквания за провеждане на геоморфоложко картиране в М 1:50 000 и съпътстващото ги търсене на полезни изкопаеми. С.
- Кренчев, Д. 2016. Геоморфоложки комплекси на Пирин планина. Автореферат. Достъпен на адрес: <https://www.uni-sofia.bg/>
- Маринов, Ив., Т. Панайотов. 1968. Хидроложко райониране на България. – *Изв. ИХМ*, XIV, 5–60.
- Панайотов, Т. 1966. Устойчивост на вътрешногодишното разпределение на оттока. – *Хидрология и метеорология*, 4, 21–26.
- Панайотов, Т. 1967. Изменение честотата на годишните максимални водни количества за реките в България. – *Изв. ИХМ*, XII, 33–62.
- Панайотов, Т. 1969. Център на вътрешногодишното разпределение на оттока. – *Хидрология и метеорология*, 5, 35–41.
- Панайотов, Т. 1972. Определяне на коефициентите на вътрешногодишното разпределение на оттока. – *Хидрология и метеорология*, 3, 46–54.
- Панайотов, Т. 1982. Изразяване на особеностите на вътрешногодишното разпределение на оттока посредством числени показатели. – *Хидрология и метеорология*, 1, 3–15.
- Христова, Н. 2003. Класификация на реките в България по дължина и водосборна площ. – *Год. СУ, ГГФ*, 2, 93, 167–196.

- Христова, Н. 2004. Типизация на отточния режим в България. – *Год. СУ, ГГФ*, 2, 96, 129–153.
- Христова, Н. 2007. Параметри на високите вълни във високопланинските поречия. – *Год. СУ, ГГФ*, 2, 99, 71–86.
- Христова, Н. 2008. Воднобалансова година и разпределение на речния отток в нейните граници. – *Год. СУ, ГГФ*, 2, 104, 27–41.
- Goodie, A. S., 2006. The Schmidt Hammer in geomorphological research. – *Progress in Physical Geography*, 30, 6, 703–718.
- Hristova, N. 2009. Hydrological specific of Pirin Mountain. – In: Proceedings of the Third International Scientific Conference – FMNS2009 3–7 June 2009, Volume 2, South-West University „Neofit Rilski“, Blagoevgrad, Blagoevgrad, 307–312.
- Hristova, N. 2011. Hydrological regime in Bulgaria according to the monthly maxima and minima of runoff. – In: Fourth International Scientific Conference FMNS–2011, 08–11.06.2011, Volume 1, South-West University „Neofit Rilski“, Blagoevgrad, 627–632.
- Kenderova R., A. Baltakova, D. Krenchev, G. Rachev. 2018. Creep process in the Pirin Mountains. – *C. R. Acad. Bulg. Sci.*, 71, 2, 236–243.
- Pettijohn, F. J., P. E. Potter, R. Siever. 1987. Sand and sandstone. N. Y., Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag.
- Placek, A., P. Migoń, 2007. Rock-landform relationships in the Sudetes in the light of rock strength assessment using the Schmidt hammer. *Geomorphological Variations*. Prague, Nakladatelství P3K, 287–311.
- Selby, M. J. 1980. A rock mass strength classification for geomorphic purposes. – *Zeitschrift für Geomorphologie N. F.*, 24, 31–51.
- Viles, H., A. Goudie, S. Grab, J. Lalley. 2011. The use of the Schmidt Hammer and Equotip for rock hardness assessment in geomorphology and heritage science: a comparative analysis. – *Earth Surf. Process. Landforms*, 36, 320–333.
- Viles, H., A. Goudie, S. Grab, J. Lalley. 2011. The use of the Schmidt Hammer and Equotip for rock hardness assessment in geomorphology and heritage science: a comparative analysis. – *Earth Surf. Process. Landforms*, 36, 320–333.

Постъпила март 2018 г.