

ГОДИШНИК НА СОФИЙСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“

ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ

Книга 2 – ГЕОГРАФИЯ

Том 112

ANNUAL OF SOFIA UNIVERSITY “ST. KLIMENT OHRIDSKI”

FACULTI DE GEOLOGIE ET GEOGRAPHIE

Livre 2 – GEOGRAPHIE

Volume 112

МОРФОМЕТРИЧЕН АНАЛИЗ НА РЕЧНАТА МРЕЖА В ПИРИН ПЛАНИНА¹

ДИМИТЪР КРЕНЧЕВ, НЕЛИ ХРИСТОВА

e-mails: dkrenchev@gea.uni-sofia.bg; nelly_hristova@gea.uni-sofia.bg

Dimitar Krenchev, Nelly Hristova. MORPHOMETRIC PARAMETERS OF RIVER NETWORK IN PIRIN MOUNTAIN IN BULGARIA

The morphometric parameters give valuable information for hydrographic specifics of any region. The structure of river network can reveal the nature and dynamics of the natural processes. The river network structure is an implicit herald of the natural processes also. In this work, morphometric analysis has been carried out for the drainage network of western and eastern slopes of Pirin Mountain in Bulgaria. The study also assessed the relation between the length of rivers and the area of watersheds. To analyze drainage networks, morphometric data were extracted from map 1:50 000 and GIS techniques were used. Several differences of drainage network found by slopes: smaller watershed and higher order of the rivers on the eastern slopes in comparison with the western slopes; larger length of drainage network and bigger drainage density on western slopes than eastern slopes. The higher channel order in Pirin Mountain is 7. The bifurcation ration is high for all drainage basins. The density of river network varies between 3,44 km/km² and 5,69 km/km². The correlation coefficient between the stream length and area of the watershed is 0,86, and it approximates with a power function. Stream lengths are related to the basin areas by a power function. The present morphometric characteristics of watersheds in Pirin mountain can serve for better planning of sustainable use of water resources.

Kew words: drainage morphometry, linear parameters, areal parameters, GIS, Pirin Mountain.

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

УВОД

Закономерностите и регионалните особености на речната мрежа на дадена територия, анализирани през призмата на морфометричния и статистическия анализ, продължават да бъдат във фокуса на вниманието на географски, хидроложки и геоморфоложки изследвания. От една страна, те отразяват геоложката структура и геоморфоложката история на речните басейни, осигуряват цялостен поглед върху хидроложкото поведение на водосборите (Strahler 1964), а от друга – намират приложение в моделирането на хидроложки процеси (Гарцман и др. 2008, Гарцман и Шекман 2016) и в управление на водните ресурси (Pandey et al. 2004). Линейните и площните морфометрични параметри на речните водосбори се използват при изчисляването на фракталната размерност (Rodríguez-Iturbe & Rinaldo 1997), за моделиране на различни процеси в речния басейн (Yen & Lee 1997, Zavoianu 1985, Menabde et al. 2001, Rodrigo et al. 2013 и др.), за влиянието на климатичните условия върху размерите и формата на речните басейни (Robert et al. 2018) и др. С навлизането на географските информационни системи (ГИС) измерването и математическият анализ на морфометричните показатели на речните системи се извършват с голяма точност (Grohmann 2004), което позволява по-точни анализи (Turcotte et al., 2001 и др.) на хидроложките и геоморфоложките процеси на определена територия или водосборен басейн.

Целенасочени изследвания върху линейните и площните морфометричните характеристики на речните системи и речните басейни в страната за големи територии извършват Ivanova et al. (2011), а за отделни речни басейни – Петров (1999, 2012), Петров и Митев (2012), Петров и Кутлева (2003), Николов (2007), Христова и Найденова (2010), Черкезова (2011), Кендерова и др. (2013, 2014), Христова и Петкански (2014), Божков (2015), Кренчев (2016), Стоянова (2017), Безинска (2017). Редът (поредността) на реките за цялата страна е определен от Гергов (1974) и от Данева (1981).

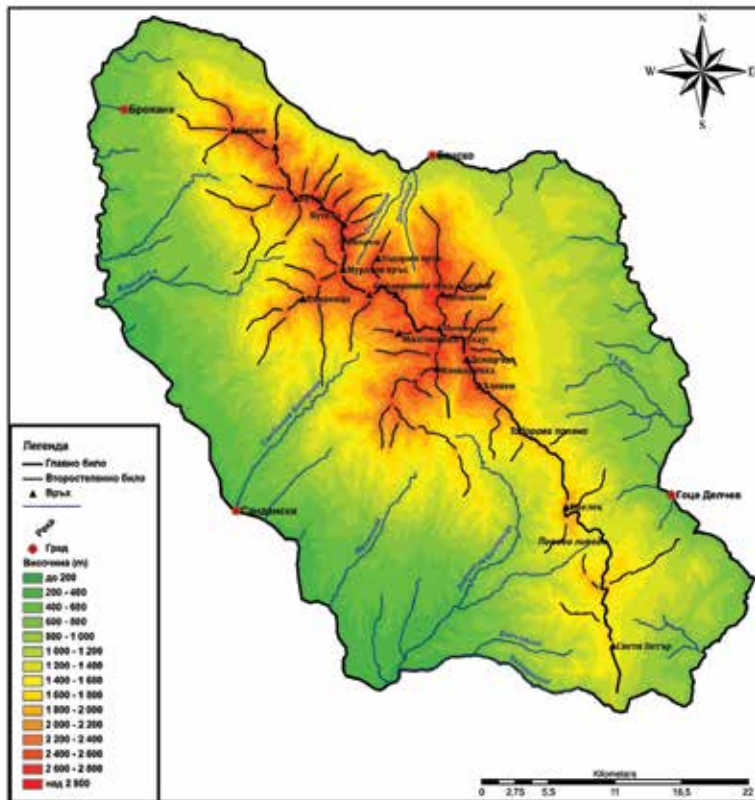
Настоящата работа е насочена към изследване на пространствените закономерности и особености на структурата на речната мрежа чрез анализ на морфометричните параметри на речните водосбори и на статистическите зависимости между линейни и площни показатели.

МЕТОДОЛОГИЯ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Изследвана територия

Изследваната територия обхваща планината Пирин в следните граници: на север – Парилската седловина (1170 m) и долината на р. Еловица, на изток – Разложката котловина (горната пречупка на подножието, която се бележи от промяна в наклона: от 30–40° към 10–15°), на югоизток – долината на р. Добринишка до долината на р. Места, на югозапад и юг – долините на реките Лялево

дере, Мътница, Буровица, Калиманска, на запад – подножието на планината (маркирано от промяна на наклона от 25–30° до 10°) и долината на р. Градевска. Вертикалното разчленение на релефа в посочените граници варира между 50 m/km² (в източния и западния склон, в районите, изградени от палеогенски и неогенски седименти) и 750 m/km² (в района на Казаните, долината на р. Бъндерица и изворната област на р. Влахинска или в районите, изградени от мрамори, гнайси и гнайсошисти от докамбрийския скален фундамент). Наклоните на склоновете варират между 5° и 20° (на изток от главното било) и 30–40° (в речните долини на Демяница, Бъндерица, Санданска Бистрица, Влахинска и Мечкулска, Ретиже, Латинска, Каменица). Разпределението на площите по хипсометрични пояси показва сходни относителни дялове: нископланински пояс (601–1000 m) – 25,9% (463,3 km²), среднопланински (1001–1600 m) – 33,2% (592,6 km²), и високопланински пояс (над 1600 m) пояс – 25,8% (462,1 km²). Средната надморска височина на изследвания район е 1222 m. Главното било поделва планината на две асиметрични части: източна, с къси и стръмни склонове, и западна, с дълги и полегати склонове (фиг. 1).



Фиг. 1. Хипсометрични пояси и речна мрежа в Пирин
 Fig. 1. Digital Elevation Model and drainage network of Pirin Mountain

Методи на изследване

В основата на настоящото изследване е морфометричният анализ на речната мрежа и корелационният анализ за зависимостите между линейните и площни морфометрични параметри. Морфометричните данни са получени в ГИС среда и цифровизирани от топографски карти в мащаб 1:50 000.

Редът (поредността) на водните потоци е определен по метода на Straler (1964), коефициентът на кръгообразност – по формулата, предложена от Miller (1953), а останалите морфометрични параметри – по аналитичните изрази на Horton (1932, 1945) (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Описание и символи на морфометричните параметри, използвани в изследването
Description and symbols of morphometric parameters

Морфометричен показател	Символ	Метод	Източник
<i>Линейни показатели</i>			
Брой на реките	N_u	$N_u = N_1 + N_2 + \dots + N_n$	Horton (1945)
Дължина на речната мрежа (km)	L_u	$L_u = L_1 + L_2 + \dots + L_n$	Horton (1945)
Средна дължина на реките от един ред (km)	$L_{u(mean)}$	$L_{u(mean)} = L_u / N_u$	Horton (1945)
Отношение на дължините на реките	L_{ur}	$L_{ur} = \frac{L_{u(mean)}}{L_{u-1(mean)}}$	Horton (1945)
Бифуркационно отношение	R_b	$R_b = N_u / N_{u+1}$	Horton (1945)
<i>Площни показатели</i>			
Гъстота на речната система	D	$D = L_u / F$	Horton (1932)
Гъстота на водните потоци	F_s	$F_s = N_u / F$	Horton (1945)
Коефициент на кръгообразност	R_c	$R_c = 4\pi F / P^2$	Miller (1953)

u – ред (поредност) на водния поток; F – площ (km^2);

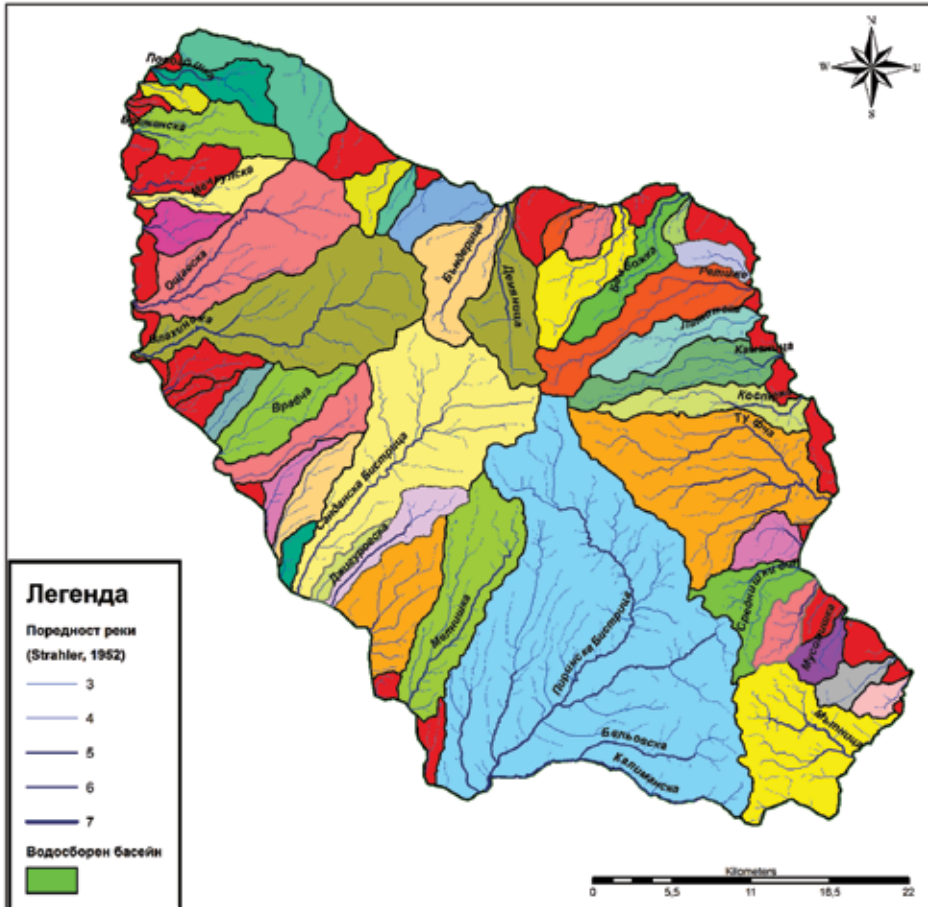
P – периметър на речния басейн

Средният наклон на реките (в %) е определен чрез отношението на разликата между надморските височини на извора и устието и дължината на реката.

Статистическата зависимост между морфометричните показатели е изследвана чрез корелационен анализ. Коефициентите на корелация (R) са тествани за статистическа значимост при равнища на значимост 0,01 и 0,05 и степени на свобода $f = n - 2$. Изчислен е и коефициентът на детерминация (R^2).

РЕЗУЛТАТИ

Речната мрежа на Пирин е организирана в 43 водосборни басейна, развити от двете страни на главното било (фиг. 2). Площта на речните басейни, които отводняват планината към р. Места, е 669,6 km² (37,4% от изследвания район), а на речните водосбори, които отводняват западните склонове към р. Струма – 1119,1 km² (62,6% от територията). Речната мрежа, която принадлежи на водосбора на р. Места, е с обща дължина 3095 km (36,1%), а към Струма – 5469 km (63,9%).



Фиг. 2. Водосборни басейни на територията на Пирин
Fig. 2. Major drainage basins in Pirin Mountain

Редът (поредност) на реките на територията на Пирин удостоверява установена вече закономерност – най-голям е броят на водните потоци от най-нисък ред (табл. 2).

Таблица 2

Table 2

Разпределение на водните потоци по ред (поредност) и средна дължина на водните потоци и бифуркационно отношение в избрани речни водосбори в Пирин планина
Distribution of the streams by hierarchical rank with their mean stream length and bifurcation ratio in Pirin Mountain

Речен басейн	Брой притоци/средна дължина (km)	Поредност						
		1	2	3	4	5	6	7
Безбожка	Брой	201	40	9	2	1	–	–
	Ср. дължина	0,37	0,33	0,90	3,72	3,93	–	–
	Отнош. между дълж. (L_{ur})	1,12	0,37	0,24	0,95	–	–	
	R_b	5,00	4,00	4,50	2,00	–	–	
Бъндерица	Брой	229	46	8	3	1	–	–
	Ср. дължина	0,46	0,53	2,03	1,38	9,08	–	–
	Отнош. между дълж. (L_{ur})	0,87	0,26	1,47	0,15	–	–	
	R_b	4,98	5,75	2,67	3,00	–	–	
Брезнишка (Туфча)	Брой	1449	247	49	11	4	1	–
	Ср. дължина	0,28	0,39	1,15	3,29	5,55	5,14	–
	Отнош. между дълж. (L_{ur})	0,72	0,39	0,35	0,53	1,08	–	–
	R_b	5,86	5,04	4,45	2,75	4,00	–	–
Ретиже	Брой	378	70	13	2	1	–	–
	Ср. дължина	0,34	0,56	0,79	8,40	4,46	–	–
	Отнош. между дълж. (L_{ur})	0,61	0,71	0,09	1,88	–	–	
	R_b	5,40	5,38	6,50	2,00	–	–	
Пиринска Бистрица	Брой	4019	743	155	28	6	2	1
	Ср. дължина	0,31	0,44	1,23	2,72	11,70	7,36	1,16
	Отнош. между дълж. (L_{ur})	0,70	0,36	0,45	0,23	1,59	6,34	–
	R_b	5,41	4,79	5,00	4,67	3,00	2,00	–
Мелнишка	Брой	827	137	21	6	1	–	–
	Ср. дължина	0,28	0,39	1,42	3,05	9,08	–	–
	Отнош. между дълж. (L_{ur})	0,72	0,27	0,47	0,34	–	–	
	R_b	6,03	6,52	3,50	6,00	–	–	
Санданска Бистрица	Брой	872	169	30	6	1	–	–
	Ср. дължина	0,42	0,58	1,61	4,65	6,07	–	–
	Отнош. между дълж. (L_{ur})	0,72	0,36	0,35	0,77	–	–	
	R_b	5,16	5,63	5,00	6,00	–	–	
Влахинска	Брой	783	157	31	7	3	1	–
	Ср. дължина	0,39	0,50	1,32	2,31	4,72	7,48	–
	Отнош. между дълж. (L_{ur})	0,78	0,38	0,57	0,49	0,63	–	
	R_b	4,98	5,06	4,28	2,33	3,00	–	

С най-висок йерархичен ред (поредност) между главните реки на изследваната територия – 7, е р. Пиринска Бистрица. С шеста поредност са четири главни реки в границите на изследваната територия – р. Брезнишка (Туфча) и р. Мътница от източните склонове на Пирин и реките Влахинска и Ощавска от западните склонове.

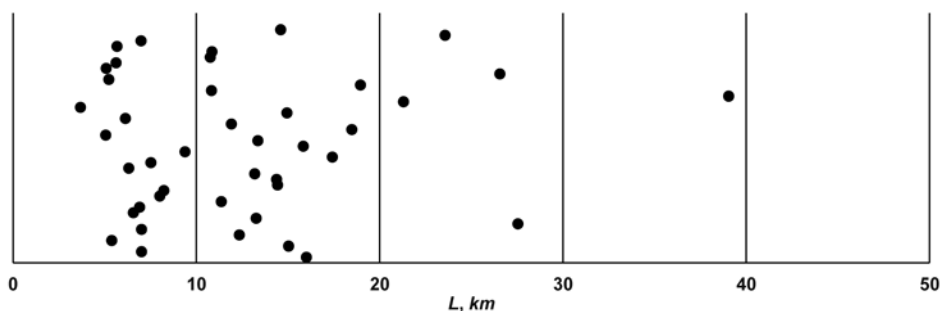
Бифуркационното отношение (R_b), въведено от Horton (1945), което описва модела на разклоняване на речната мрежа е в границите, варира в широки граници в отделните речни басейни (табл. 2). Средната стойност на бифуркационното отношение за изследваните речни водосбори е между 3,88 (за речния басейн на р. Безбожка) и 5,51 (за водосборната област на р. Мелнишка), а за останалите речни водосбори – между 4,0 и 5,0. Големите стойности на R_b между реките от първи и втори ред – между 4,98 и 6,03, удостоверяват високопланинския характер на водните течения и начален етап в развитието на речната мрежа. Намалването на бифуркационното отношение в посока от по-нисък към по-висок ред (порядък) се нарушава във всички речни басейни, причина за което се открива в несъответствието между геоложките и литоложките особености в техните граници. Горните течения на реките са развити в гранити, докато долните пресичат неогенски и палеогенски седименти. Големото бифуркационно отношение свидетелства за слабо пропусклива скална основа.

Средната дължина на водните потоци от един ред (поредност) нараства с увеличаване на реда на водните течения в повечето от изследваните речни басейни, което е в съответствие със закона на Horton за дължините на реките (средната дължина на реките от всеки ред в даден басейн се увеличава в геометрична прогресия с увеличаването на реда на водните потоци) (табл. 2). Изключения се регистрират във водосбора на р. Безбожка между водните потоци от 1-ви и 2-ри ред (поредност), на р. Бъндерица – между речните течения от 3-ти и 4-ти ред (поредност), на р. Ретиже – при реките от 4-ти и 5-и ред (поредност) и на р. Пиринска Бистрица – между водните потоци от 5-и и 6-и ред (поредност) (табл. 2). Установените отклонения се обуславят от промените в литоложкия състав, наклона и топографията на речните водосбори и се отклоняват от хипотезата на Giusti & Schneider (1965).

Повечето реки на територията на Пирин планина (69% от всички изследвани водни потоци) започват течението си от високопланинския хипсометричен пояс. Изворна област на 2700 m имат реките Горна Раковица (от речната система на р. Изток), Каменица (десен приток на р. Места) и др., а между 2600 и 2700 m – някои от десните притоци на р. Места (Дисилица, Ретиже, Брезнишка (Туфча), р. Демяница (от речната система на р. Изток) и Санданска Бистрица (ляв приток на р. Струма). С най-малка надморска височина – 665 m, е изворът на р. Речичка (ляв приток на р. Струма). Реките в изследваната територия заузват преобладаващо в нископланинския хипсометричен пояс. Над 1000 m е устието на реките Горна Раковица, Бела, Демяница и Бъндерица, от

речната система на р. Изток. С най-малка надморска височина – 180 m, зауства р. Влахинска. Надлъжните наклони на водните потоци за територията на Пирин варират между 5,5‰ при р. Пиринска Бистрица и 23,2‰ при р. Горна Раковица. С най-големи наклони се отличават речните течения във водосбора на р. Изтоци – Суходолска, Бела, Мечкулска и др., на р. Буковец (ляв приток на р. Дисилица) и др. Големите наклони на посочените реки са един от факторите за образуването на водопади по техните течения (Демянишки скокове, Юленски водопад, Бъндеришки водопади, водопадите Сипевци в горното течение на р. Изток и др.).

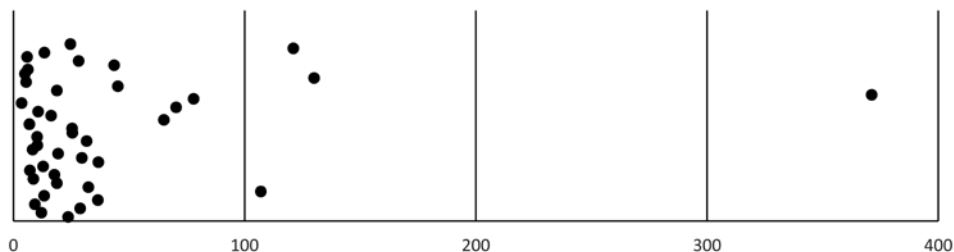
Дължината на речните течения на територията на Пирин планина варира от няколко километра до 53,0 km (р. Пиринска Бистрица). Повечето от постоянните водни течения на територията на планината се отнасят според дължината си към клас „много малки“ (до 10 km) и клас „малки“ (10,1–20,0 km) по класификацията на Сарафска (Христова 2003). Към клас „средни“ по дължина (20,1–50,0 km) се отнасят реките Ощавска, Брезнишка (Туфча), Санданска Бистрица, Влахинска и Пиринска Бистрица. Доминирането на къси водни потоци е предпоставено от разчленения планински релеф и дължината на склоновете. В речната мрежа преобладават реките от клас „малки“ (фиг. 3). Асиметричното било и вододел предпоставят развитие на по-дълги речни течения по западни склонове в сравнение с източните склонове на Пирин.



Фиг. 3. Разпределение на реките на територията на Пирин по дължина

Fig. 3. Distribution of rivers by stream length

Речните басейни на територията на Пирин планина заемат площи от няколко квадратни километра до 371,3 km² (р. Пиринска Бистрица с водосборен басейн извън границите на изследваната територия – 507,0 km²). Повечето водни потоци се отнасят според водосборната си площ към клас „много малки“ (до 20 km²) и клас „малки“ (20,1–100,0 km²) при доминиране на клас „много малки“ (фиг. 4). Клас „средни“ по площ на речни басейни (20,1–100,0 km²) формират водосборите на реките Пиринска Бистрица, Санданска Бистрица, Брезнишка (Туфча) и Влахинска.



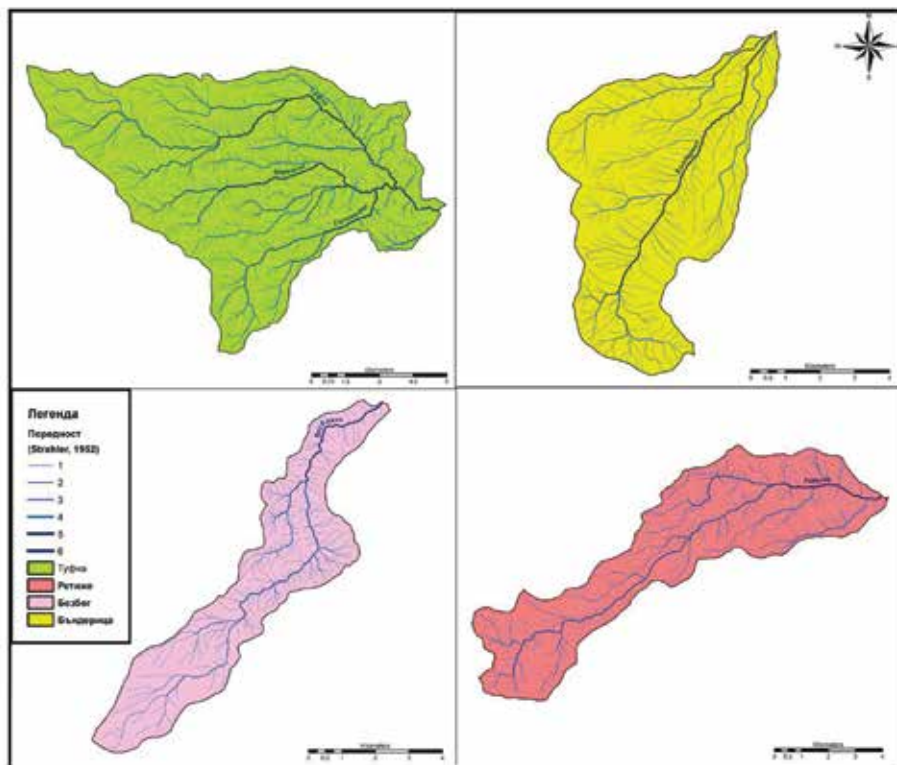
Фиг. 4. Разпределение на реките на територията на Пирин по дължина
 Fig. 4. Distribution of rivers by basin area

Класификацията на реките в Пирин по дължина и водосборна площ обособява следните пет групи: много малки по F и L (23,8% от всички речни басейни), много малки по F и малки по L (33,3%), малки по F и средни по L (31,0%), малки по F и средно големи по L (7,1%), средни по F и средно големи по L (9,5%). Сходно е разпределението на реките по двата морфометрични показателя и при k -mean клъстеризацията (при заложените пет клъстера). С малка площ, но средно големи по дължина на речното течение са реките Мелнишка, Мътница и Ощавска. Групата на водните потоци, които са средни по площ на речния басейн и средно големи по дължина образуват реките Влахинска, Брезнишка (Туфча), Санданска Бистрица и Пиринска Бистрица.

Речната мрежа на територията на Пирин планина е с обща дължина 8563,9 km и със средна гъстота 4,66 km/km². Най-малка е плътността на талвеговата мрежа в речния басейн на р. Мечкулска (ляв приток на р. Струма, с речен водосбор, развит в гранити и гнайси) – 4,10 km/km², а най-голяма във водосборната площ на р. Мусомишка (на р. Места) – 5,69 km/km². Гъстотата на повечето речни системи е между 4,0 и 5,0 km/km². Полученият резултат за гъстотата на речните системи в границите на Пирин планина се различава значително от данните в картата „Гъстота на речна мрежа“ в Хидроложки атлас на НРБ (1964). През територията на Пирин минават изолинии с гъстота на речната мрежа между 1,0 и 2,0 km/km² (Хидроложки атлас на НРБ, 1964). Голямата гъстота на речните системи се доказва и от морфометричния показател „гъстота на водните потоци“ (F_s), който варира между 7,8 (р. Бъндерица) и 15,2 (р. Мелнишка). Голямата плътност на водните течения е отражение на съчетанието от разчленен релеф с големи валежни количества в речните водосбори.

Коефициентът на кръгообразност при всички речни басейни е 0,30. Ниските стойности на R_c свидетелстват за удължени по форма речни басейни и косвено за формата на хидрографа (продълговатите речни басейни представят по-плавна линия на хидрографа, защото оттичането на падналите валежи е по-продължително в сравнение с водосборите, които имат кръгла

форма). Продълговати водосборни области образуват реките Безбожка ($R_c - 0,15$), Бъндерица $R_c - 0,26$) и др. (фиг. 5).



Фиг. 5. Форма на избрани речни водосбори в Пирин: а) р. Брезнишка (Туфча); б) р. Ретиже; в) р. Безбожка; г) р. Бъндерица
 Fig. 5. The shape of some drainage basins in Pirin Mountain: a) Breznishka River (Tufcha); b) Retige River; c) Bezbozhka River; d) Banderitsa River

Закономерностите и особеностите в структурата и организацията на речната мрежа се разкриват от статистическите зависимости между отделните морфометрични параметри, някои от които са известни като закони на Horton (1945). Изучаването им е основа за разкриване на степента на влияние на геоложки, геоморфоложки и климатични фактори върху развитието на дренажните системи на дадена територия.

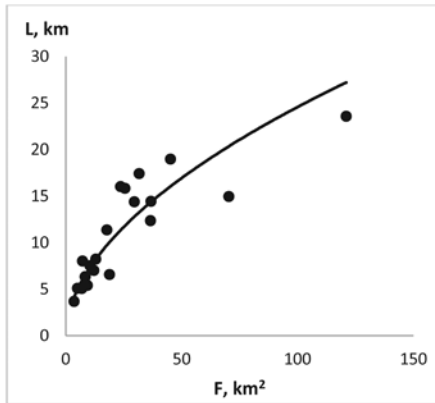
Зависимостта между дължината и водосборната площ на реките за цялата територия на Пирин е с високи коефициент на корелация (R) – 0,86, и на детерминация (R^2) – 0,88, и се апроксимира от степенното уравнение:

$$(1) L = 2,24F^{0,51}$$

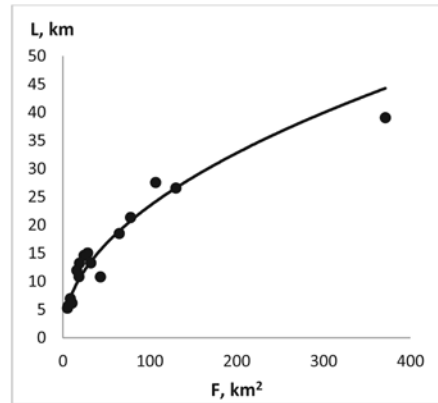
Зависимостта между дължината и водосборната площ на реките е по-тясна за западните склонове в сравнение с източните склонове (фиг. 6). Коефициентът на корелация между изследваните морфометрични параметри на реките, които отводняват западните склонове на Пирин, е 0,90 (с коефициент на детерминация 0,92), а за източните склонове – 0,82 (с коефициент на детерминация 0,83). Степенните уравнения имат вида:

$$(2) L = 2,48F^{0,48} \text{ за западните склонове}$$

$$(3) L = 2,07F^{0,54} \text{ за източните склонове}$$



а)



б)

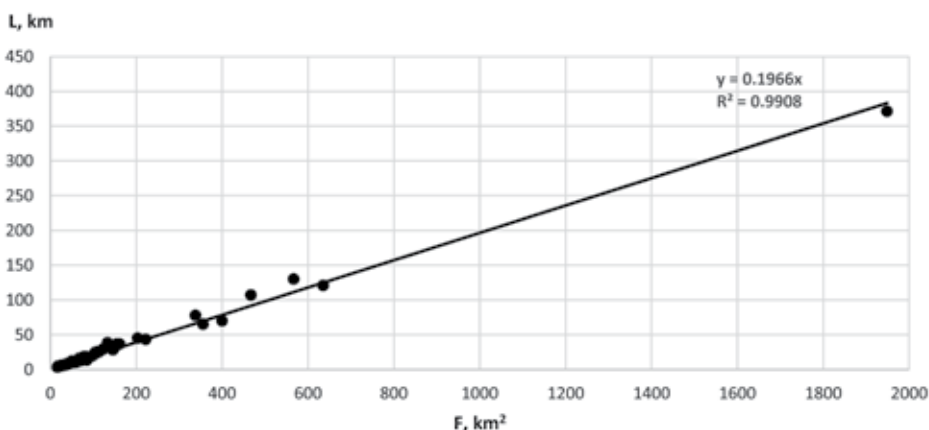
Фиг. 6. Зависимост между дължината и водосборната площ на реките в Пирин:

а) западни склонове; б) източни склонове

Fig. 6. The relationship between the stream length and the area of drainage basin in Pirin Mountain:

а) western slopes; б) eastern slopes

Степента на зависимост между дължината на реките и площите на водосборните им басейни не се увеличава значимо при използване на логаритмични скали, но линията, която изравнява съвкупността от стойностите на двете променливи и по-близо до права линия. Този факт намира обяснение в несъответствието между големината на площта и дължината на главната река, което се регистрира при повечето речни водосбори. За разлика от изследваната по-горе връзка, зависимостта между общата дължина на речната мрежа в границите на речния басейн към площта на този речен басейн на територията на Пирин е линейна (фиг. 7).



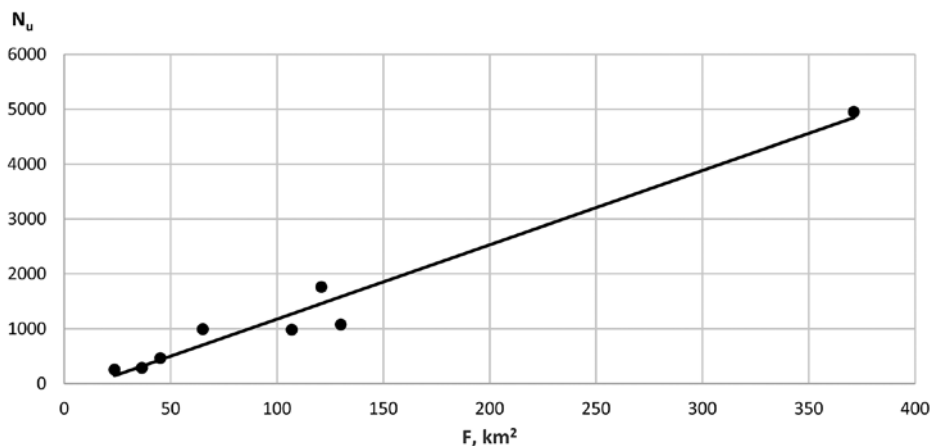
Фиг. 7. Зависимост между дължината на речната мрежа и водосборната площ на реките в Пирин
 Fig. 7. The relationship between the stream network length and the area of drainage basin in Pirin Mountain

Коефициентите на корелация и на детерминация на зависимостта между дължината на водните потоци и площите на речните им басейни имат стойност 0,99. Линеината зависимост се апроксимира от уравнението:

$$(4) L = 0,23F^{0,98}$$

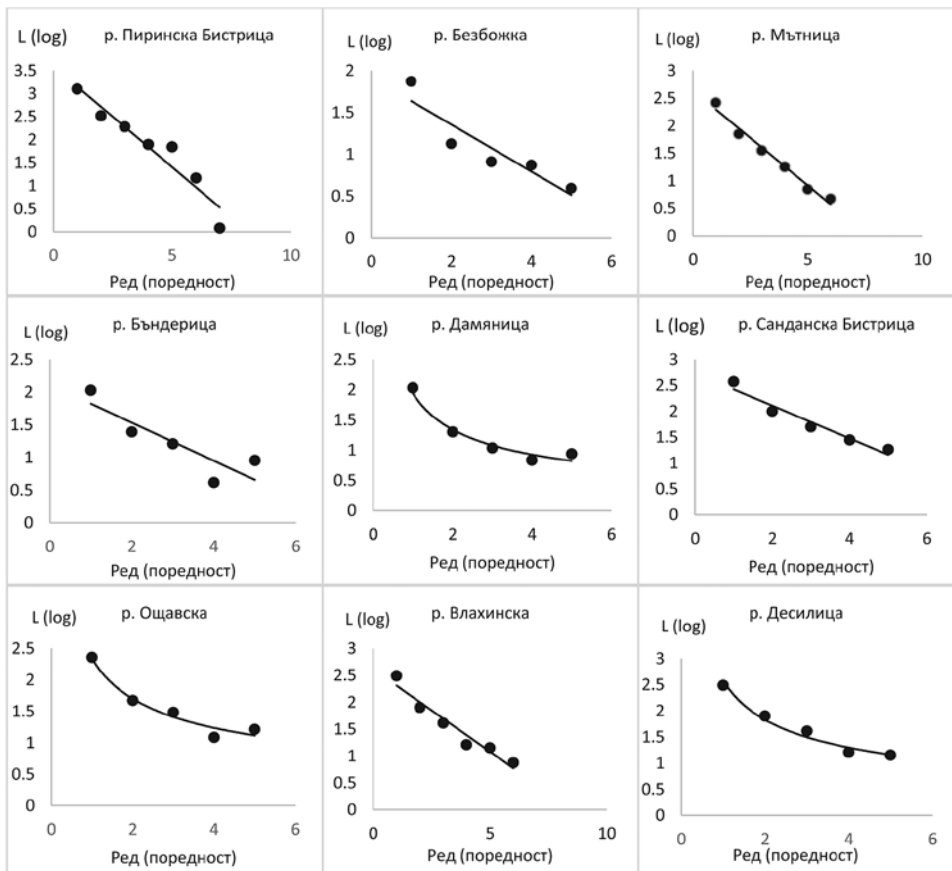
Аналитичните изрази, които описват зависимостта между дължината на главната река в една речна система и площта на речния басейн, както и между общата дължина на речната мрежа и площта на речния водосбор, са сходни със степенните уравнения, получени от Hack (1957), Gray (1961), Нежиховски (1971) и др. Коефициенти на корелация на всички изследвани зависимости са статистически значими при равнища на значимост 0,01 и 0,05 и линеиният регресионен модел адекватно описва изследваната връзка.

Законите на Horton (1945) се проявяват и при съотнасяне на броя потоци от една речна система и площта, която дренира тази речна система. Зависимостта между броя водни потоци в един речен басейн и площта на този водосбор се изравнява от права линия (фиг. 8). Коефициент на корелация е 0,86, а на детерминация – 0,88, които са статистически значими.



Фиг. 8. Зависимост между броя на водните потоци и водосборната площ на реките в Пирин
 Fig. 8. The relationship between the total number of stream and the area of drainage basin in Pirin Mountain

Статистически значими корелационни коефициенти (при равнища на значимост 0,01 и 0,05) се получават при изследване на зависимостта на дължината на реките и мястото им в йерархичната структура, изразено чрез ред (поредност). Сумарната дължина на водните потоци от един ред (поредност) е съотнесена към съответния ред чрез използването на десетичен логаритъм за съответствие на дименсиите на двете изследвани характеристики на границите в корелационното поле. Всички получени зависимости имат обратна корелация. При повечето речни водосбори на територията на Пирин зависимостта между реда (поредността) на водните потоци и тяхната дължина (в логаритмичен мащаб) се изразява от графика на линейна функция, но има и случаи, когато съвкупността от точки се изравнява от графика на степенна функция (фиг. 9). Коефициентите на корелация и линейните регресионни модели при всички изследвани зависимости между реда (поредността) на реките и общата дължина на реките от едни ред (поредност) са статистически значими при двете изследвани равнища.



Фиг. 9. Зависимост между реда (поредността) на водните потоци и дължината им
 Fig. 9. Stream order and stream length relationship

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Морфометричният анализ на речната мрежа, развита на територията на Пирин планина, удостоверява младата възраст на водните потоци във високпланинския хипсометричен пояс и тясната връзка на техните дължина, площи, наклон и пространствена ориентация с геоложките, геоморфоложките и климатичните условия в изследваната територия. Асиметричното било и главен вододел на планината предполага по-дълги речни течения и по-големи по площ речни водосбори, както и водни потоци от по-висок ред (поредност) по западните склонове в сравнение с източните. Средната стойност на бифуркационно отношение и на бифуркационното отношение между отделните поредности на реките доказва младата възраст на водните потоци.

В границите на изследвания район преобладават реките от класовете „много малки по дължина и малки по площ“ и „малки по дължина и средни по площ“. Повечето водни потоци от клас „много малки“ по дължина и площ протичат във високопланинската част на източните склонове на Пирин. По-типични за западните склонове са реките от класовете малки по водосборна площ и средно големи по дължина и средни по площ на речния басейн и средно големи по дължина. На територията на Пирин е развита речна мрежа с много голяма плътност и с голяма гъстота на водните потоци. Зависимостта между дължината на реките и площта на техните речни басейни се апроксимира от степенна функция и е по-тясна за западните склонове в сравнение с източните. Права линия изравнява съвкупността от точки, получени от броя на водните потоци и водосборните площи, които отводняват тези потоци, както и между дължините на реките от един ред (поредност) към съответния ред (поредност). Коефициенти на корелация на всички изследвани зависимости са статистически значими при равнища на значимост 0,01 и 0,05.

Получените резултати за линейните и площни морфометрични характеристики на речните басейни на територията на Пирин планина доказват силата на морфометричния прочит на речните басейни за анализиране на еволюцията на речните системи. По-детайлни морфометрични изследвания – предмет на последващи проучвания, предпоставят моделиране на единични хидрографи в речни басейни без хидрометричен мониторинг, на вероятността за прииждания и на други екстремни хидроложки и геоморфоложки процеси и явления на територията на Пирин планина.

ЛИТЕРАТУРА

- Безинска, Г. 2017. Картографски методи за изобразяване съдържанието на тематичните карти в цифрова среда – проблеми и решения. Дисертация.
- Божков, П. 2015. Морфометрична характеристика на басейна на р. Конска. Проблеми на географията, 1–2, 166–176.
- Гарцман, Б. И., А. Н. Бугаец, Н. Д. Тегайи др. 2008. Анализ структуры речных систем и перспективы моделирования гидрологических процессов. – *География и природ. ресурсы*, 2, 116–123.
- Гарцман, Б. И., Е. А. Шекман. 2016. Возможности моделирования речной сети на основе ГИС-инструментария и цифровой модели. – *Метеорология и гидрология*, 1, 86–98.
- Гергов, Г. 1974. Класификация на речната система в НРБ. – *Изв. ИХМ*, XXII, 177–193.
- Данева, М. 1981. Относно методиката за съставяне „Карта на порядъка на долините“ и нейното значение за географските изследвания. – *Проблеми на географията*, 1, 15–23.
- Кендерова, Р., Г. Рачев, А. Балтакова. 2013. Формиране и проява на селеви потоци в долината на Средна Струма (3–5 декември 2010 г.). – *Год. на СУ, ГГФ*, т. 105, кн. 2 – География, 15–31.

- Кендерова, Р., Г. Рачев, А. Балтакова. 2014. Сели в долината на Средна Струма. – *Год. на СУ*, т. 106, кн. 2 – География, 13–40.
- Кренчев, Д. 2016. Геоморфоложки комплекси на Пирин планина. Дисертация.
- Нежиховский, Р. А. 1971. Русловая сеть бассейна и процесс формирования стока воды. Л., Гидрометеониздат.
- Николов, В. 2007. Геоморфоложки методи за оценка на опасността от наводнения в планински водосбори. – Във: Втора национална научно-практическа конференция по управление в извънредни ситуации и защита на населението. С., БАН, 9 ноември 2007, 338–348.
- Петров, Цв. 1999. Структура и тип речно-долинна мрежа в басейна на р. Типченишка. – *Проблеми на географията*, 1–2, 128–132.
- Петров, Цв. 2012. Геометрични модели на речния басейн. – *Год. на СУ*, ГГФ, кн. 2 – География, т. 104, 193–200.
- Петров, Цв., В. Кутлева. 2003. Структурно-функционални особености на водосборния басейн на р. Върбица. – *Проблеми на географията*, 1–2, 50–56.
- Петров, Цв., М. Митев. 2012 (б). Териториални различия във функционирането на водосборния басейн на река Луда Яна. – В: Международна конференция „Географски науки и образование“ 19–20 октомври 2012, Шумен, 109–114.
- Сарафска (Христова), Н. 2003. Класификация на реките в България по дължина и водосборна площ. – *Год. на СУ*, ГГФ, кн. 2 – География, т. 93, 167–196.
- Стоянова, С. 2017. Флувиални процеси и наслаги в басейна на р. Искрецка. – *Год. на СУ*, ГГФ, кн. 2 – География, т. 109, 87–103.
- Хидроложки атлас на НРБ. С., 1964.
- Христова, Н., А. Найденова. 2010. Закономерности и локална специфика в хидрографска структура на Черноморския водосборен басейн. – В: География и регионално развитие. С., БАН, 223–230.
- Христова, Н., Н. Петкански. 2014. Морфометричен анализ на речния басейн на река Луда Яна. – *Год. на СУ*, ГГФ, кн. 2 – География, т. 109, 49–65.
- Черкезова, Е. 2011. ГИС-базиран морфометричен анализ на българската част на Огражден и югоизточна Малешевска планина. – *География 21*, 6, 3–11.
- Giusti, E. V., W. J. Schneider. 1965. The distribution of branches in river networks. Washington: U.S. Govt. Print. Off. <https://pubs.usgs.gov/pp/0422g/report.pdf>.
- Gray, D. M. 1961. Inter Relationships of Watershed Characteristics. – *J. of Geoph. Res.*, 66, 4, 1217.
- Grohmann, C. H. 2004. Morphometric analysis in geographic information systems: applications of free softwares. – *Computers & Geosciences*, 30, 1055–1067.
- Hack, J. T. 1957. Studies of longitudinal stream profiles in Virginia and Maryland. – *USGS Professional Paper*, 294B, 45–97.
- Horton, R. E. 1932. Drainage basin characteristics. – *Transactions, American Geophysical Union*, 13(1), 350–361.
- Horton, R. E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. – *Bulletin of the geological society of America*, 56(3): 275–370.

- Menabde, M., S. Veitzer, V. K. Gupta et al. 2001. Tests of peak flow scaling in simulated self-similar river networks. – *Adv. Water Resour.* 24, 991–999.
- Miller, V. C. 1953. Quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee. Technical report 3, New York, Columbia University.
- Pandey, A., V. M. Chowdary, B. C. Mal. 2004. Morphological analysis and watershed management using geographical information system. – *Journal of Hydrology*, 27(3–4), 71–84.
- Robert, S. Y., A. Arredondo, E. Stansifer et al. 2018. Shapes of river networks. Proceedings of The Royal Society A Mathematical Physical and Engineering Sciences 474(2215), 20180081.
- Rodrigo, P., B. Diogo, C. Walter et al. 2013. Large-scale hydrologic and hydrodynamic modelling of the Amazon River basin. – *Water Resources Research, American Geophysical Union*, 2013, 49 (3), 1226–1243.
- Rodriguez-Iturbe, R., D. A. Rinaldo. 1997. Fractal river basins. Chance and Self-Organization. Cambridge: Cambridge University Press.
- Strahler, A. N. 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. – In: *Handbook of Applied Hydrology*. V. T. Chow (ed.). New York: McGraw Hill.
- Turcotte, R., J. P. Fortin, A. N. Rousseau et al. 2001. Determination of the drainage structure of a watershed using a digital elevation model and a digital river and lake network. – *Journal of Hydrology*, 240(3), 225–242.
- Yen, B. C., K. T. Lee. 1997. Unit Hydrograph Derivation for Ungauged Watersheds by Stream Order Laws. – *Journal of Hydrologic Engrg.*, ASCE, 2(1), 1–9.
- Zăvoianu, I. 1985. Morphometry of Drainage Basins. Amsterdam: Elsevier. eBook.

SUMMARY

MORPHOMETRIC PARAMETERS OF RIVER NETWORK IN PIRIN MOUNTAIN IN BULGARIA

The morphometric parameters give valuable information for hydrographic specifics of any region. The structure of river network can reveal the nature and dynamics of the natural processes. The river network structure is an implicit herald of the natural processes also. In this work, morphometric analysis has been carried out for the drainage network of western and eastern slopes of Pirin Mountain in Bulgaria. The study also assessed the relation between the length of rivers and the area of watersheds. To analyze drainage networks, morphometric data were extracted from map 1:50 000 and GIS techniques were used.

The study area covers a territory of 1788,7. There is deeply dismembered mountain relief in Pirin Mountain. The slopes inclination varies between 5–20° and 30–40°, and the local elevation range is between 50 m/km² and 750 m/km². These values are higher for the northern part of the mountain. There are a large variation in the lithology and the topology in the area. The main rock types in Pirin are Precambrian gneisses, schists and marbles and Late Cretaceous and Paleogene granites.

The river network in Pirin mountains is organized in 43 river basins. The drainage areas on western slope (to the Struma River) cover 1119,1 km² (62,6% of the Pirin Mountain). The river basins to the east of the main ridge cover 669,6 km². There are large differences in size, shape and structure of the river network between each river basin, controlling by tectonics, lithology, slopes inclination, vegetation, etc.

Several differences of drainage network found by slopes: smaller watershed and higher order of the rivers on the eastern slopes in comparison with the western slopes; larger length of drainage network and bigger drainage density on western slopes than eastern slopes. The higher channel order in Pirin Mountain is 7 (Pirinska Bistritsa River). The average bifurcation ration is high for all drainage basins – between 3,88 and 5,51. Most watersheds are long and narrow by the shape: the circulatory ratio is less than 0,30 for all drainage basins. The classification by stream length and drainage basin area show five class rivers: very small by area and small by a length; very small by area and small by a length; small by area and middle by a length; small by area and middle-large by a length; middle by area and middle-large by a length. The density of river network varies between 3,44 km/km² and 5,69 km/km². The upstream river network of the mountain is well drained whereas the downstream is moderately drained, or there where lithology controlled the spatial variation. The correlation coefficient, between the stream length and area of the watershed is 0,86. This relationship is better for western slopes than eastern slopes. The same relationship for the total stream length and area of the drainage basin is a straight line. Stream lengths are related to the basin areas in Pirin Mountain by a power function and by power equations.

The morphometric analysis of Pirin Mountain can use for creating of hydrological and geomorphological models for natural hazards. The present morphometric characteristics of watersheds in Pirin mountain can serve for better planning of sustainable use of water resources.

Постъпила април 2019 г.