

МОРФОМЕТРИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА НА БАСЕЙНА НА Р. КОНСКА

Петко Божков¹

В настоящата разработка е извършен морфометричен анализ на басейна на р. Конска (Югозападна България) чрез ГИС и дистанционни методи. Получените изходни данни са основа за съставянето на морфохидрографска характеристика. За характеристика на формите на земната повърхност е използван количественият подход, а картографският – за представяне на географска информация.

Ключови думи: геоморфометрия, водосборен басейн, отточна мрежа, ГИС

MORPHOMETRY OF THE KONSKA RIVER CATCHMENT

Petko Bozhkov

Abstract: The aim of the presented research is to execute a morphometric analysis of Kanska river catchment. It provides quantitative information for the basin. Selected morphometric parameters extracted from DEM are analyzed – elevation, slope, vertical segmentation (local relief per square km) and horizontal segmentation (total stream length per square km). Topographic sheets are also used for certain measurements. Some linear, areal and relief aspects are discussed through which a general geomorphic and geographic characteristics are developed. The study area in this paper is part of Srednogorie and Kraishite physical geographic regions which location determines the topographic variations. A map of stream orders is created, which shows some characteristics of the drainage network. The analysis has preliminary character as the accomplished results could be used in various surveys.

Keywords: geomorphometry, river catchment, drainage network, GIS

¹ СУ „Св. Климент Охридски”, Геолого-географски факултет
petko.bozhkov@gmail.bg

УВОД

Обект на настоящото изследване е водосборният басейн на р. Конска. Той се простира в Югозападна България между Завалска планина (вр. Китка, 1184 m), ридовете Црънча (1145 m) и Гребен (1064 m), планината Вискяр (вр. Мечи камък, 1077 m), северозападните и югозападните макросклонове на Люлин (вр. Дупевица, 1256 m), северната периферия на Пернишката котловина, планините Черна гора (вр. Тумба, 1129 m) и Стража (вр. Любаш, 1398 m). Вододелът на разглеждания водосбор съвпада с главния вододел на Балканския полуостров, който преминава по билата на Вискяр и Завалска планина. Река Конска тече в субмеридионална посока от северозапад на югоизток и чрез р. Струма при водослива край гр. Батановци се оттича към Егейския басейн. В тези граници изследваната територия заема площ от 372,29 km². Преходното географско положение, което заема басейнът на р. Конска между Средногорието и Краището обуславя необходимостта от едно по-детайлно проучване, което ще представи подробна информация за геоморфоложкото и морфотектонското развитие на тази част от страната.

Целта на настоящата разработка е да се извърши морфометричен анализ на изследваната територия чрез ГИС и дистанционни методи. Получените изходни данни дават основа за съставянето на морфохидрографска характеристика. За постигането на така формулираната цел са поставени за изпълнение следните задачи:

- екстрахиране от цифров модел на релефа (ЦМР) и анализ на морфометрични параметри – надморска височина, наклон на склон, вертикална и хоризонтална разчлененост на релефа;
- анализи на структурата на хидрографската мрежа и съставяне на карта на долинната поредност;
- обобщение и морфохидрографска интерпретация на събраните данни и получените резултати.

МЕТОДОЛОГИЯ

За характеристика на формите на земната повърхност е използван количественият подход, а картографският – за представяне на географска информация.

Морфометричният анализ е извършен чрез специализиран софтуер (ESRI ArcGIS Desktop v.10 – ArcMap), използвайки като основа топографски карти на Генералния щаб на Съветската армия от 1986 г. в М 1:50 000 (картни листове К-34-46-Г Брезник, К-34-58-Б Радомир, К-34-59-А Перник, К-34-47-В Костинброд), а също така и цифров модел на релефа (ЦМР) с пространствена резолюция 50×50 m. ЦМР е създаден по поръчка на Министерството на околната среда и водите (МОСВ) от Японската агенция за международно сътрудничество (Japan International Cooperation Agency). Наклоните на склоновете са изчислени по метода на Burrough и McDonell (1998), а стойностите за вертикалната и хоризонталната разчлененост са получени чрез интерпретация на метода на Константинов (1986) в ГИС. Създаден е векторен грид, съставен от полигони с размери 1×1 km² (Grid Index feature). От ЦМР са екстрахирани изохипси със

заложение 1 m. За всяка една клетка (полигон) от векторния грид са изчислени минималните и максималните стойности на надморската височина, чиито носители се явяват изохипсите (инструменти *Intersect*, *Disolve*). В нова колона от атрибутивната таблица на грид-слоя е получена разликата между максималната и минималната стойност, която е отнесена към площта на всяка клетка. Подобен подход е използван при съставянето на слой със стойности за хоризонталната разчлененост. Изчислена е дължината на всеки приток, след което грид-слоят е наставен (*Overlay*) върху слоя с речната мрежа (*Identity*). Така е получен нов векторен слой, в който се съдържат всички притоци в границите на всяка една клетка от грид-слоя. След изчисляване на дължините им е използван инструментът *Summary statistics* за получаване на общата дължина на талвезите, попадащи в рамките на всеки един полигон. Получените стойности на вертикална и хоризонтална разчлененост са трансформирани в центроиди. Чрез интерполация (*Spline*) са получени растерни слоеве, които послужиха за оформянето на картата на вертикално и хоризонталното разчленение на релефа.

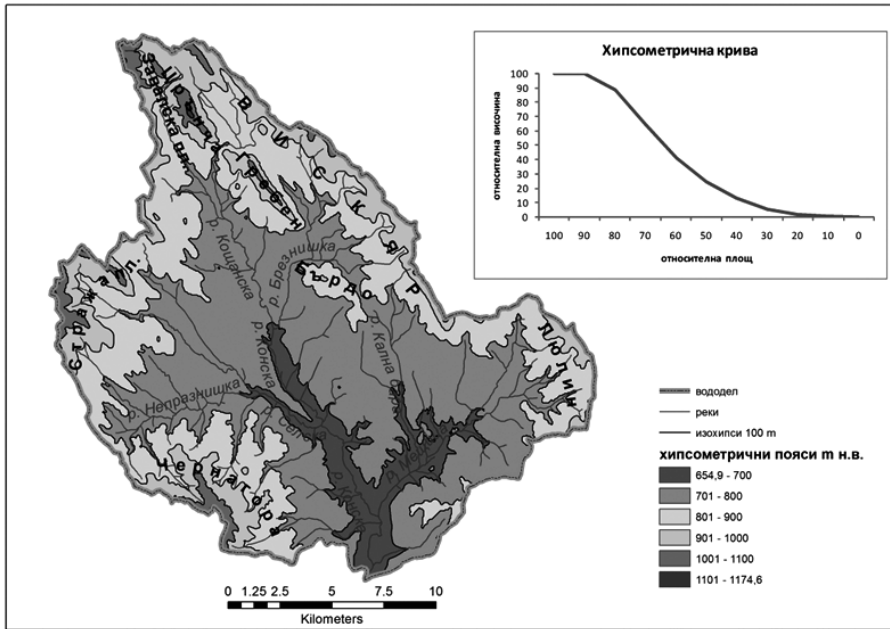
Създадена е база данни на поредността на речната мрежа и дължината на всеки един приток. За класифицирането на притоците на р. Конска е използвана дихотомична система, разработена от *Strahler (1952)* и усъвършенствана от *Философов (1959)*. За анализ на речната мрежа са използвани бифуркационното отношение *Rb (Schumm, 1956)*, индекс на дължина на потоците *RI (Horton, 1945)* и честота на потоците (*Horton, 1932*).

РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНЕТО

Хипсометрия

Стойностите на надморската височина в изследвания район се колебаят от 655 m на устието на р. Конска при вливането ѝ в р. Струма до 1174,7 m в Завалска планина, югоизточно от вр. Китка (1180,7 m). Следователно превишенията в релефа достигат 519,7 m. Средната стойност на надморската височина в изследвания водосбор е 805,5 m. Надморската височина се понижава от североизпад на югоизток, както и от вододела към главната отводнителна артерия (р. Конска). Това дава основание да определим водосборния басейн като субмеридионална негативна форма, наклонена към долината на р. Струма.

За нуждите на настоящото изследване ЦМР е класифициран през 100 m (фиг. 1). Земите с надморска височина под 700 m съставят 9,05 % от общата площ на водосбора (372,29 km²). С най-голям дял (45,62 %) се отличават териториите, заемащи височинния пояс от 700 до 800 m, следвани от земите с надморска височина от 800 до 900 m (29,75 %). Именно в тези хипсометрични пояси са развити котловинните дъна и широките речни долини. Между 900 и 1000 m н.в. са разположени 12,96 % от площта на водосбора. Териториите с н.в. над 1000 m заемат малки по площ ареали, съставляващи едва 2,62 % от общата площ на водосбора. Хипсометричната крива на изследваната територия има конкавна форма с плавен ход, без резки пречупки и ясно разграничими части. Посочената плавна промяна характеризира еволюцията на релефа, която според класическото схващане съответства на зрял стадий на развитие (*Strahler, 1952*).

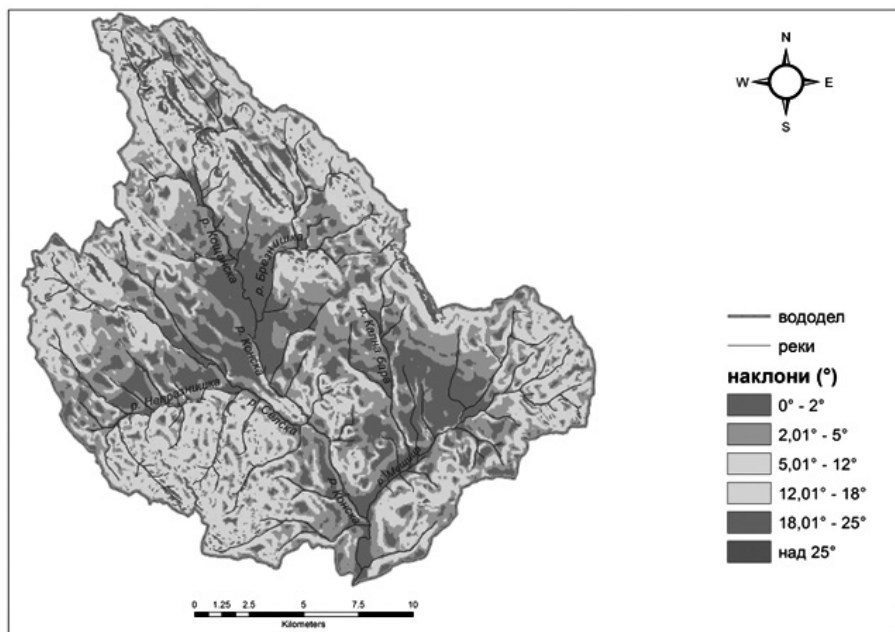


Фиг. 1. Хипсометрия на релефа на водосборния басейн на р. Конска, М 1:150 000

Наклон на склоновете

Изчислявайки наклона на склоновете във водосборния басейн, се установиха големи различия в стойностите и тяхното пространствено разпределение. Стойностите на наклоните варират от 0° до 40° . Равни повърхности (с наклон 0°) са развити по течението на р. Конска и р. Мешица, а също така и по течението на р. Красава, източно от ридовете Црънча и Гребен. Те са успоредни на теченията на реките и техните притоци, поради което приемаме, че това са ниски заливни тераси или плоски вододели. С максимални стойности се характеризират склоновете на планинските ридове Гребен и Црънча, Брезнишкото бърдо (Бърдо), Стража планина, Вискяр и др. Избрахме класификация (на Кайо, цитиран от Константинов, 1986), която разграничава морфоложки склоновете (фиг. 2).

С наклон между 0 и 2° се отличават котловинни дъна, заливни тераси, равнини и други повърхности, върху които преобладават акумулационните процеси. Те заемат 33,96 % от площта на водосбора. На второ и трето място, с почти равен дял, се нареждат земите с наклони от 2 до 5° (28,44 %) и от 5 до 12° (28,64 %). Докато първата група наклони обуславя протичането на ерозия и крийп, то за втората група ($5-12^\circ$) са присъщи солифлукцията и денудацията като цяло. С такива стойности на наклоните се свързват подножията на Черна Гора, Стража, Люлин, Црънча, Бърдо, Гребен и голяма част от Вискяр. Стръмните склонове с наклон от 12 до 18° заемат само 6,43 % от изследваната територия. Върху тях се всичат множество къси реки и се развиват елементарни ерозионни форми. Тези склонове са фрагментарно развити в повечето планини

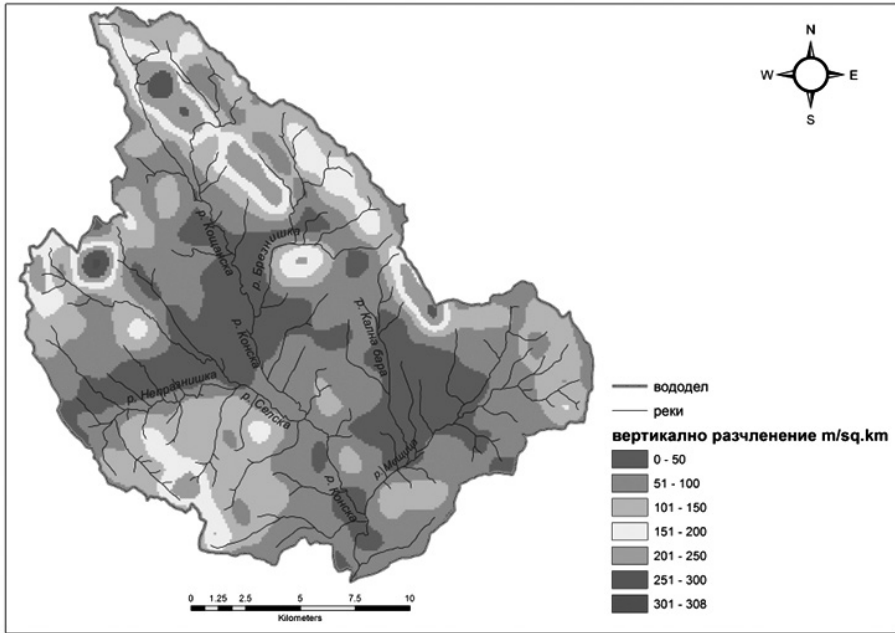


Фиг. 2. Карта на наклоните на склоновете във водосборния басейн на р. Конска, М 1:00 000

и ридове в границите на водосбора. Едва 2,14 % от територията е заета от склонове с наклон между 18 и 25°, а само върху 0,42 % от площта са развити склонове с наклон над 25°. Това са стръмни участъци от макросклоновете на ридовете Црънча, Гребен и Брезнишкото бърдо (фиг. 2). Върху склонове с такива наклони се развиват сипеи, срутища и каменопади. В резултат на извършения анализ на изходни данни за наклон на склоновете се установи, че в изследваната територия преобладават акумулацията и ерозията, следвана от процесите на крийп, солифлукция. Относително малка част от общата площ е подложена на интензивна денудация.

Вертикално разчленение

В изследваната територия този показател се колебае в широки граници. За ареалите с надморска височина до 900 m е характерна по-малка разчлененост, а за останалите територии вертикалната разчлененост е значително по-голяма. Стойностите на параметъра варират от 4 до 308 m/km². Абсолютният максимум е регистриран по склоновете на Стража планина (югоизточно от Ребърска могила), а минимални стойности са отчетени по течението на р. Конска, западно от Брезнишкото Бърдо и по течението на р. Мешица. С най-голям дял се отличават земите с разчленение между 51 и 100 m/km². Те съставят 38,07 % от общата площ на басейна, следвани от територии с вертикално разчленение между 101 и 150 m/km² (27,07 %). Обширни територии по течението на р. Конска и р. Мешица с вертикално разчленение до 50 m/km² личат ясно на приложената карта (фиг. 3) и заемат 20,91 % от площта на водосбора. Земите с



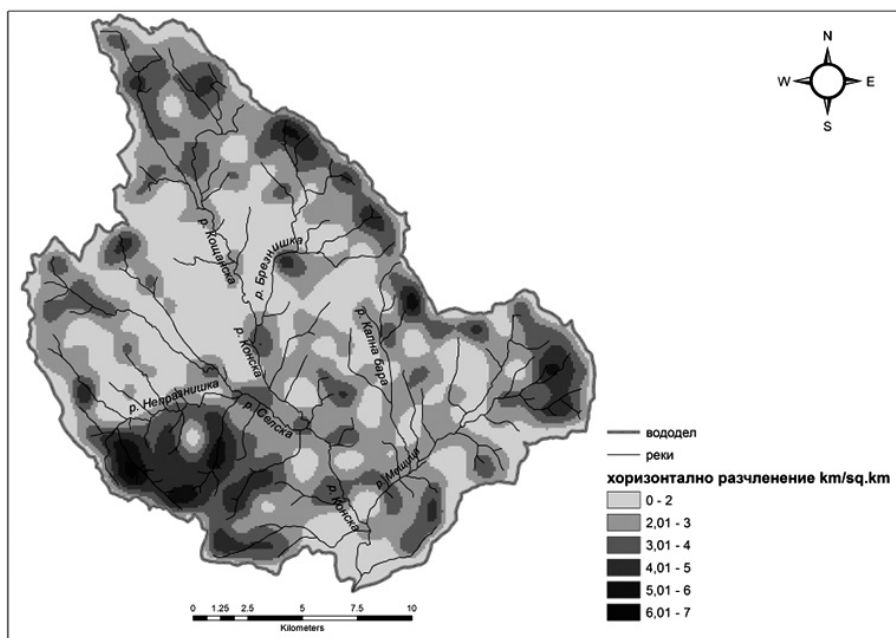
Фиг. 3. Карта на вертикалното разчленение на релефа на водосборния басейн на р. Конска, М 1:100 000

вертикална разчлененост от 151 до 200 m/km^2 заемат 9,69 % от изследваната територия, предимно малки по площ ареали, разположени по склоновете на Завалска планина, рида Гребен, Вискяр планина, Брезнишкото бърдо, планините Стража и Черна гора. В рида Гребен и планината Черна гора се оформят ареали със стойности на разчленението между 201 и 250 m/km^2 (3,53 % от площта на басейна) (фиг. 3). Със значително големи стойности на вертикалното разчленение се отличава рида Црънча (около 270 m/km^2), както и планината Вискяр (250–260 m/km^2 край вр. Кале и вр. Висока могила). Териториите с вертикална разчлененост над 251 m/km^2 заемат незначителна част от площта на водосбора – общо 0,73 %.

Анализът на изходните данни за вертикалната разчлененост показва, че релефът на водосборния басейн е силно разчленен в изворните части на р. Конска (Завалска планина, ридовете Црънча и Гребен, Вискяр планина), а също така и в изворните части на нейните притоци. Вертикалното разчленение намалява от северозапад на югоизток и от периферията на водосбора към руслото на р. Конска.

Хоризонтално разчленение

Водосборът на р. Конска е силно разчленен от долините на вливащите се в нея реки и техните притоци. Стойностите на този показател варират от 0 до 7,27 km/km^2 . Максималните стойности на този показател се регистрират по северните склонове на планината Черна Гора. Това се обяснява с големия брой къси реки, които дават началото на множество десни притоци на р. Конска.



Фиг. 4. Карта на хоризонталното разчленение на релефа на водосборния басейн на р. Конска, М 1:100 000

Значително разчленени в хоризонтално отношение (над $6 \text{ km}^2/\text{km}^2$) са склоновете на Вискяр (под вр. Мечи камък и вр. Висока могила) и Люлин планина, върху които се развиват множество ровини и други ембрионални ерозионни форми. Териториите с хоризонтална разчлененост над $6 \text{ km}^2/\text{km}^2$ заемат общо 1,32 % от площта на басейна. Незначителен дял (6,75 %) заемат и земите с хоризонтална разчлененост между 5 и $6 \text{ km}^2/\text{km}^2$. Ареалите с хоризонтално разчленение от 4 до $5 \text{ km}^2/\text{km}^2$ заемат 18,33 % от площта на водосбора. Най-ниските стойности на хоризонтална разчлененост са отчетени по течението на р. Конска и нейните десни притоци (Изворщица и Раждица), а също така и по течението на р. Мещица (фиг. 4). Това са малки по площ ареали, заемащи общо 7,83 % от територията. По-голямата част от водосбора се характеризира със стойности на хоризонталното разчленение от 3 до $4 \text{ km}^2/\text{km}^2$ (37,31 %) и от 2 до $3 \text{ km}^2/\text{km}^2$ (28,46 %).

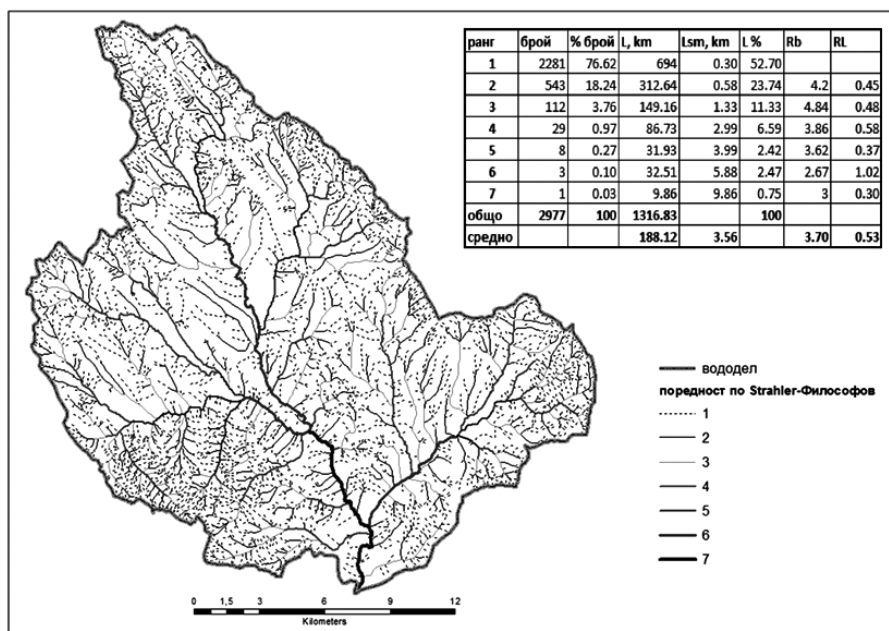
Установено бе, че хоризонталната разчлененост намалява от периферията на водосбора към руслото на р. Конска. При налагането на слоя с хоризонталната разчлененост и слоя с поредността на речната мрежа установихме, че с увеличаване на поредността хоризонталното разчленение намалява. Подобна тенденция се наблюдава и при пространственото разпределение на стойностите на вертикалното разчленение. Общата разчлененост е относително ниска в периферията на водосбора, т.е. в близост до билата на ограничаващите го планини, а по склоновете рязко се увеличава. От северозапад на югоизток по течението на главната река тя намалява и достига своя минимум по течението на р. Конска, западно от Бърдото. Надолу по течението разчленеността леко

нараства и намалява отново в същото направление към устието в р. Струма. Тази особеност може да се обясни с активизацията и издигането на отделни фрагменти от земната кора, което предизвиква понижаване на локалните ерозионни базиси, образуване и всичане на ембрионални ерозионни форми от първа и втора поредност. По този начин в участъците на издигане нараства дължината на речно-ерозионната мрежа и респективно стойностите на хоризонталното разчленение.

Поредност на речната мрежа

Анализът на поредността на реките разкрива няколко особености на речната мрежа в изследвания водосбор. Водосборът има асиметрична форма, за която е характерна по-добре развитата дясна компонента. Ширината на басейна нараства от изворните части към устието в р. Струма. Рисунокът на речната мрежа илюстрира различията в пространствената ѝ конфигурация. Преобладава дендритово-перестият тип речна мрежа, както и радиално центробежният (по склоновете на Черна гора), а по югоизточните склонове на Стража планина е развит типичен паралелен тип (фиг. 5).

Съгласно приетата класификационна система (Strahler, 1952; Философов, 1959) р. Конска е от седми ранг (поредност). Прави впечатление рязкото намаляване на броя на притоците от трета поредност спрямо тези от втора и първа поредност. Последните представляват множество ембрионални ерозионни форми, които са развити по склоновете и са лишени от постоянен воден отток. Те отвеждат валежните води към по-ниско разположените притоци от трета поредност, в които се формира сезонен или постоянен отток.



Фиг. 5. Карта на поредността на речната мрежа във водосборния басейн на р. Конска, М 1:100 000

Ерозионните форми от първи ранг са къси, но съставят 76,65 % от общия брой притоци и 52,70 % от общата дължина на речната мрежа (1316,83 km). С увеличаване на поредността намалява броят и общата дължина на притоците. Броят на реките от 5, 6 и 7 ранг съставя по-малко от 1 % от общия брой притоци в речната система, а общата им дължина е едва 5,64 % от дължината на речната мрежа във водосбора. Бифуркационното отношение има стойности между 2 и 4, които са присъщи за равнинния и хълмистия тип релеф. Средните стойности на този показател ($R_{bm} = 3,70$) потвърждават преходния характер на релефа. Дължината на потоците (L) е обратно пропорционална на поредността им, т.е. с най-голяма обща дължина се характеризират притоците от първи ранг, а с най-малка се отличават реките от 6 и 7 ранг. Налице е правопрпорционална зависимост между средната дължина на притоците (L_{sm}) и техния ранг. Индексът на дължина на потоците се изменя от 0,3 до 1,02. Високите му стойности се обясняват с незначителната разлика в дължината на реките от 5 и 6 поредност.

Гъстотата на речно-ерозионната мрежа в границите на басейна е 3,54 km/km². Тази висока стойност се обяснява с наличието на множество притоци от първи ранг, които в повечето случаи представляват ембрионални ерозионни форми с епизодичен отток. По същата причина честотата на потоците е 8 бр./km². Ерозионните форми от 1, 2 и 3 ранг са развити в периферията на водосбора по планинските склонове и подножия, докато останалите поредности протичат през котловинни дъна, широки долини и хълмисти територии. Прави впечатление, че нарастването на ранговете се извършва на сравнително късо разстояние (фиг. 5), което служи като индикатор за наличието на съвременни вертикални движения на издигане в изследваната територия.

МОРФОХИДРОГРАФСКА ИНТЕРПРЕТАЦИЯ НА РЕЗУЛТАТИТЕ

В направление северозапад-югоизток се наблюдава закономерно намаляване на надморската височина, вертикалната и хоризонталната разчлененост на релефа. Билата на междудолинните ридове и оградните планини са ориентирани в същата посока. Повечето позитивни форми като Гребен, Църнча, Завала и Вискяр имат линейна издължена форма. Тесните им плоски била могат да се интерпретират като заравнени повърхнини, представени като такива и от Константинов и Кънев (1990), според които възрастта на тези морфостратиграфски нива е меот-понт. Между посочените планини и ридове са развити негативни форми с хълмисти дъна – Ярославска и Красавска котловина. Те се явяват акумулатори на твърдия отток, постъпващ от оградните планински склонове. По тях са развити дълбоко всечени ровини и оврази. Докато периферните части на водосбора имат планински характер, то ниските централни части имат хълмист характер, който е подчертан от по-малките стойности на наклоните на склоновете, на вертикалната и хоризонталната разчлененост. Тези особености се свързват с тектонската структура на областта. Пернишката разломна зона и напречните на нея разломвания обуславят блоковия строеж на земната кора в областта. Той от своя страна оказва своеобразен морфоложки ефект в горното течение на р. Конска, който е подчертан от по-високите стойности на изследваните морфометрични параметри. Именно в тази част на водосбора са развити

Брезнишкият, Гърленският и Ярославският проломи. Средното и долното течение на р. Конска са развити върху Граовското структурно понижение, което се запълва с разнообразни седименти. То е наклонено към Пернишката котловина и обуславя по-ниските стойности на изследваните параметри. Редуването на ниски и заливни тераси, котловинни дъна и невисоки вододелни повърхнини придават вълнообразен характер на средното и долното течение на р. Конска (областта Граово). Ниските и широките заливни тераси на реките Конска и Мещица се отличават значително на фона на ограждащите ги земи.

Ерозионните форми имат водеща роля в общото развитие на релефа на водосбора. Освен посочените ембрионални ерозионни форми, в изследваната територия са развити широки и дълги речни легла, а около тях се подреждат няколко тераси. Речната мрежа има сложни очертания и разнообразен характер в отделните части на водосбора. Дължината и поредността на притоците нарастват от северозапад на югоизток и от периферията на басейна към главната отводнителна артерия. В обобщение ще кажем, че релефът на изследваната територия се отличава със своето многообразие, подчетрано от сложно съчетание на различни по характер и генезис земеповърхнини форми и образуващите ги морфогенетични процеси. Смятаме, че релефът на изследваната територия се намира в зрял стадий на развитие, за което свидетелстват формата и наклонът на хипсометричната крива, а също така и добре оформената речно-ерозионна мрежа, широките речни тераси и плоските вододели. На отделни места в участъците от земната кора, подложени на издигане, се наблюдава засилване на ерозионните процеси и своеобразно подмладяване на релефа.

Можем да приемем, че резултатите от извършения морфометричен анализ са задоволителни и могат да се използват в редица геоморфоложки, геоложки, хидроложки, геофизични, еколожки и други изследвания. Събраната информация е подходяща да се използва за нуждите на земеползването, бонитацията на земеделските земи и изграждането на хидротехнически съоръжения.

ЛИТЕРАТУРА

- Константинов, Хр.** 1986. Ръководство за практически занятия по геоморфология. Изд. на Софийски университет, София, 173–179. / Konstantinov, Hr. 1986. A manual for practical geomorphic tasks. Izd. SU, p. 173–179. (Bg)
- Константинов, Хр., Г. Кънев.** 1990. Геоморфоложко развитие на релефа в горните водосборни басейни на река Конска и река Ябланица. Год. на СУ, ГГФ, кн. 2, том 79, 3–22. / Konstantinov, Hr. and Kanev, G. 1990. Geomorphical development of the landforms in upper catchment areas of the rivers Konska and Jablanitsa. Ann. of Sofia Univ., GGF, 2, Vol. 79, p. 3–22. (Bg)
- Философов, В. П.** 1959. Порядки долин и их използване при геологических исследований. Научный ежегодник за 1955, Изд. Саратовского университета, Саратов, 38–40 / Filossofov, V. P. 1959. Stream orders and their application in geological researches. Ann. of Saratov Univ. for year 1955, Izd. Saratov Univ., p. 38–40 (Ru)
- Burrough, P. A. and R.A. McDonell.** 1998. Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press, New York, p. 190.

- Horton, R. E.** 1932. Drainage basin characteristics. Transactions American Geophysical Union. Vol. 13, p. 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. Vol. 56: 275–370.
- Strahler, A. N.** 1952. Hypsometric (area altitude) analysis of erosional topography. Bulletin of the Geological Society of America. Vol. 63, p. 1117–1142.
- Schumm, S.A.** 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth-Amboy – New Jersey. Bulletin of the Geological Society of America. Vol. 67, p. 597–646.