СПИСАНИЕ НА БЪЛГАРСКОТО ГЕОЛОГИЧЕСКО ДРУЖЕСТВО,
год. 85, кн. 3, 2024, с. 261–264

REVIEW OF THE BULGARIAN GEOLOGICAL SOCIETY,
vol. 85, part 3, 2024, p. 261–264

Morphology of waterfalls and positioning of their elements within high precision geodetic measurements

Ahinora Baltakova[1], Borislav Aleksandrov[2], Radoslav Nikolov[2], Momchil Tsvetanov[3]

[1] Sofia University "St. Kliment Ohridski", 15 Tzar Osvoboditel Blvd., 1504 Sofia, Bulgaria; E-mail: abaltakova@gea.uni-sofia.bg
[2] University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, 1 Hristo Smirnenski Blvd., 1164 Sofia, Bulgaria;
E-mails: alekb_fgs@uacg.bg; rnikolov.fgs@uacg.bg
[3] Mountain guide; E-mail: planinarcho@gmail.com

Морфология на водопадите и локализиране на техните елементи при прецизни геодезически измервания

Ахинора Балтакова[1], Борислав Александров[2], Радослав Николов[2], Момчил Цветанов[3]

Abstract. The Catalogue of Bulgarian Waterfalls Program encountered some unclearness concerning the classification of waterfalls and the diagnosis of their elements. To achieve a more precise definition of the lip and toe sections of each waterfall, as these aspects require geodetic measurements, clarification of terminology and field observations are necessary. The survey focused exclusively on waterfalls in a strict sense, as including cascades and rapids, which also occur at stream knickpoints, would broaden the scope of the investigation. As natural processes of waterfall recession lead to the formation of ramps, many developed stepped waterfalls resemble cascades. This study proposes specific criteria for their identification in the field. Additionally, constructive waterfalls are of significant interest from a geoheritage perspective, and their unique characteristics were also addressed in this research.

Keywords: waterfall types, profile elements, stream profile knickpoints, geodetic survey, geoheritage.

Постановка на въпроса

Водопадите представляват едни от най-притегателните обекти за любителите на пътуванията и природата поради несъмнените си естетически качества. Демонстрацията на силата на водната стихия върху твърдата скала дава усещане за общуване със земните елементи, все по-рядко в ежедневието на градския човек. Като природни образувания, водопадите често са обекти на различни класификации: кой е най-висок, кой е най-пълноводен и др., благодарение на които се засилва тяхната популярност. Подобни характеристики обикновено се установяват еднократно и тази информация се мултиплицира в различни видове справочна литература. При търсене на официална база данни за българските водопади, се оказа, че подобна не съществува, а данните, намиращи се в справочниците и електронните източници, са с неизвестен произход. Това даде повод за стартирането на специализирано изследване, започнало с измерване на водопадите в масива на вр. Ботев – считаният за първенец на България Райското пръскало и подозираният за по-висок Дяволското пръскало, неизмерен досега. Прецизните изчисления доведоха до преназреждане в класацията на водопадите в България[1].

[1] https://www.geomedia.bg/geodesia/dyavolskoto-praskalo-nay-visokiyat-kaskaden-vodopad-u-nas/

© Българско геологическо дружество и Българска академия на науките, 2024

https://doi.org/10.52215/rev.bgs.2024.85.3.261

В хода на работата си за създаване на база данни за българските водопади, интердисциплинарният екип се натъкна на множество казуси, които се наложи да бъдат разрешавани на място. Основните въпроси, произтичащи на терен засягаха позиционирането на началото и края на почти всеки от изследваните водопади, тъй като при дециметровата точност, дефинирана като задоволяваща нуждите на измервания на подобни природни обекти[2], е необходимо посочването на конкретна точка в речния профил. В световната и българската литература няма единомислие за множество други характеристики на водопадите – типология, минимална височина, минимален наклон на речното легло и др. Това наложи проучване и в крайна сметка, оригинални решения в измерването на водопадите при конкретното изследване.

Проблеми при дефинирането на водопадите и техните елементи

Универсално определение за водопад е, че той представлява стръмен участък от надлъжния профил на речното течение (Goudie, 2003). Такива участъци се дефинират още като прагове и са обусловени от различни причини – различна устойчивост на ерозия, тектонски движения, промени в ерозионния базис или дори акумулация (напр. на бигор/травертин) (Goudie, 2003). В тесен смисъл на думата, водопадите представляват участъци, в които речното легло представлява откос (Goudie, 2003) и водата се придвижва от едно хипсометрично ниво до друго като пада свободно. Оттук следва, че е възможно в даден праг по речното течение да се образува водопад, но дали това ще стане, е въпрос на локални особености. В същото време е възможно свободно падане, съпроводено с контакт на водата със скалата в рамките на един пад.

В Световната база данни (World Waterfalls Database[3]) измерването на височините на водопадите се отчита при такива с единичен скок или като наставени падове (кумулативна височина). Различават се и различни видове водопади: класически водопад с варианти скок с близък до отвесния откос (plunge) и единичен в съприкосновение със скалата тип конска опашка (horsetail); каскади: стръмна каскада (steep cascade), полегата каскада (shallow cascade); бързеи (rapids). Всички те имат вариации: греда (block), завеса (curtain), с дълбок басейн (punchbowl), с тънка струя (ribbon), с разделена струя (segmented), пързалка (slide), с шлейф (talus), със стъпала (tired), тип воал (vailing). Това е широко възприета класификация, описваща много възможности за воден пад (Plumb, 2013). Ако обобщим тези видове, можем да заключим, че в праговете може да се образува класически водопад (в тесен смисъл), и/или каскада от няколко водопада, и/или бързеи, редуващи се с вирове, така както се описват в по-стари източници (Fairbridge, 1968).

В геометрията на всеки отделен воден пад ясно се открояват елементите: 1) горна пречупка (вежда/рамо) – конвексен участък от профила, в който водата започва да пада, т.е. губи връзка с речното легло; 2) откос – стръмен участък, в който водата извършва свободно падане; 3) долна пречупка (подножие/пета) – конкавен участък, в който водата отново е в контакт със скалата и продължава курса си в речното легло. При отделните разновидности на водопадите, елементарният модел може да е усложнен и откосът да представлява поредица от редуващи се падове.

При дефинирането на водопадите обаче възникват множество въпроси: дали неравностите във водопада са стъпала или каскада; от коя точка свършва каскадата и започва единичния пад; дали водопадът продължава в каскада и трябва ли тя да се причисли към стъпалата или шлейфа на единичния водопад и др. Отговорите на тези въпроси могат да бъдат много субективни. Очевидно е, че има необходимост от въвеждане на критерий/критерии в това отношение.

Определянето на самото начало и край на водопада се прави прецизно при геодезическите измервания. В много редки случаи обаче тези елементи са категорични при теренните изследвания. При горната точка основна причина за затруднението е естественият процес на заглаждане на речния праг, което предизвиква обрушването му, посредством образуване на поредица от множество малки скокове – напр. при водопад Врачанска Скакля. В резултат, водният пад може да се трансформира в каскада, което отново води до гореописаните затруднения при дефинирането на водопада.

При някои водопади обрушването/седиментацията води до акумулация на материали в подножието, което може да образува доста стръмен участък, представляващ продължение на откоса – напр. водопад Агапие в Земенския пролом[4]. Това значително удължава наклонената повърхнина и в нея трудно се разграничава долна точка, в която да се отграничи водопадът.

Други важни въпроси, изискващи внимание при геодезическите измервания на водопадите

[2] https://www.geomedia.bg/geodesia/eksperimentalen-analiz-i-sravnenie-na-izchisleni-visochini-na-obekti-ot-izmervaniya-s-totalna-stantsiya-i-lazeren-dalekomer-sw-600a/

[3] www.worldwaterfalldatabase.com

[4] https://www.geomedia.bg/geodesia/geodeziya-i-vodopadi-agapie/

са критичните стойности за височина и наклон на водния пад. За единичните падове за критични се посочват различни стойности на наклон от 50 до 75–80° (Goudie, 2003; Ortega-Becerril et al., 2019). В Световната база данни е възприето за критичен наклон да се смята 30°. В каскадите и при стъпаловидните водопади може да има по-полегати и по-стръмни участъци, поради което възниква въпросът за разликата помежду им. Малките неравности в речното легло, които са характерни за горните течения на всички долини, представляват ниски прагове с бързеи. Самите бързеи в Световната база данни се класифицират като вид водопад, което обаче твърде много разширява това понятие.

Определяне на елементите на водопадите на терен

При първичните проучвания по тематиката на изследването на първо място са определени различните типове водопади (табл. 1). Възприето е определението за водопад в тесен смисъл и измерванията се съсредоточават в тях, тъй като определянето на височината на каскади и бързеи би разширило твърде много обекта на изследването. За единични падове са възприети такива, протичащи по откоси, надвишаващи 45°, тъй като това е критичен наклон за привеждане в движение на всички материали по склоновете (Wild, 1993). При този наклон има контакт на водните маси със скалата, при което е възможно образуването на стъпала. Последното е резултат от естествения процес на заравняване на откоса или от неравности в стената на откоса (Goudie, 2020).

За да се различат стъпалата от каскадата, е необходимо теренното потвърждаване на тектонска дислокация или петрографска граница, които биха обусловили друг праг в речното течение. На терен е наблюдавано, че при стъпала в единичен водопад свързващия канал (русло) със следващия пад обикновено не е по-дълъг от 2–3 m, независимо дали той изтича директно от скока или от еворзионен котел в подножието на горното ниво. Тъй като при стъпаловидния водопад е възможно да има малки участъци с по-малък от критичния наклон, е въведено изискването общият наклон на стъпаловидния водопад да е не по-малък от 30°, като за отделните падове се запазва минималния наклон от 45°. При полевата работа се измерва височината и наклонът на всеки пад, както и дължината и наклона на всяко стъпало. При определянето на най-високите водопади в България каскадите са определяни по височината на максималния праг.

Специфичен вид стъпала образуват бигорните водопади (Pedley, 1990; Goudie, 2020). При Крушунския водопад например, стъпалата са обусловени от образуването на постройки от бигорни възглавнички, израстващи в подножието на завесите от бигор и сливащи се с тях (Baltakova, 2023).

Началото и края на всяко стъпало и на всеки водопад се определят от двете пречупки на склона. За критичен наклон на долна граница, в случай на формиране на акумулативен шлейф в долната част, е определен 30°.

Относно критерия за минимална височина на откоса, беше възприета границата от 3 m, тъй като по-малка от тази височина би могла да се дължи на акумулация (например на валуни

Таблица 1. Извадка от базата данни „Водопадите в България“

№	Име на водопада	Тип на водопада	Обща височина, m	Среден наклон, градуси
1.	Дяволско пръскало	единичен, тънка струя	202,5	59
2.	Райско пръскало	единичен, тънка струя	127,6	75
3.	Видимско пръскало	единичен, тънка струя	159,0	67
4.	Врачанска Скакля	единичен, със стъпала, тънка струя	136,0	76
5.	Агапие	единичен (бигорен) с шлейф	13,2	44
6.	Крушунски водопад	единичен, със стъпала, сегментиран, бигорен	41,1	65
7.	Бучалото	скок (завеси от бигор), греда	6,5	89
8.	Полска Скакавица	скок (завеси от бигор), сегментиран	51,0	82
9.	Овчаренски водопад	единичен, със стъпала	41,1	56
10.	Боянски водопад	единичен, със стъпала	28,0	70
11.	Мечкулски водопад	единичен, тънка струя	51,3	54
12.	Боров камък с шлейф	скок с шлейф	66,6	79

напреко на течението), а и твърде малките прагове биха могли прекомерно да разширят изследването.

Заключение

При измерванията на водопадите в България стана ясно, че по тази тематика, дори в световната литература, има множество неизяснени детайли, които бяха изчиствани в хода на изследването. То е ограничено до измерване на водопади в тесен смисъл, т.е. такива, които са развити по един откос. Прието е, че дори при такива водопади, в резултат от тяхното естествено развитие, е възможно образуването на стъпала, които усложняват склоновия профил, но са част от него. Последното е необходимо да се установи при теренните изследвания. При тях се определят и ключовите горна и за долна точка на водопадите.

При определянето на най-високите водопади в България при измерването на каскади в настоящото изследване е взимана предвид височината на максималния скок.

Благодарности: Настоящото изследване е реализирано като част от научноизследователски проект с тема „Създаване на геоинформационна система за водопадите на България“ № БН 305/24 към Център за научни изследвания и проектиране към УАСГ.

Литература
References

Baltakova, A. 2023. Landforms in travertine/tufa in Bulgaria. – In: *Proceedings of Balkan Speleological Conference,* Sofia, Bulgaria, October 19–22 2023, 33–38 (in Bulgarian with English abstract).

Fairbridge, R. W. (Ed.), *Encyclopedia of Geomorphology*. New York, Reinhold Book Corp.

Goudie, A. (Ed.). 2003. *Encyclopedia of Geomorphology* (1st ed.). Routledge; https://doi.org/10.4324/9780203381137.

Goudie, A. S. 2020. Waterfalls: forms, distribution, processes and rates of recession. – *Quaestiones Geographicae*, 39, 1, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 59–77; https://doi.org/10.2478/quageo-2020-0005.

Ortega-Becerril, J. A., I. Polo, A. Belmonte. 2019. Waterfalls as geological value for geotourism: the Case of Ordesa and Monte Perdido National Park. – *Geoheritage*, *11*, 1199–1219; https://doi.org/10.1007/s12371-019-00366-1.

Pedley, H. M., 1990. Classification and environmental models of cool freshwater tufas. – *Sediment Geol*., *68*, 143–154; https://doi.org/10.1016/0037-0738(90)90124-C.

Plumb, G. A. 2013. *Waterfall Lover's Guide Pacific Northwest: Where to Find Hundreds of Spectacular Waterfalls in Washington, Oregon, and Idaho*. Mountaineers Books, 396 p.

Wild, A. 1993. *Soils and the Environment: An Introduction*. Cambridge. Cambridge University Press; https://doi.org/10.1017/CBO9780511623530.

The published material was presented at the National Conference with international participation GEOSCIENCES 2024.