



Improving the flood forecasting by reducing the time step

Georgy Koshinchanov*, Snezhanka Balabanova

*National of Institute of Meteorology and Hydrology,
66 Tsarigradsko shosse, blvd, 1784 Sofia, Bulgaria*

Abstract: Floods are one of the most dangerous natural phenomena. They often have human casualties. In order to mitigate the adverse effects of floods, it is especially important to take preliminary preventive measures. In order to take adequate and timely measures, it is necessary to forecast the extreme event with sufficient lead-time and accuracy, both in time and space. The present study presents flood forecasting with optimization of the time step for the catchment of Fakiyska river. The reason for this study is that very often the interval between the time of precipitation and the flood occurrence is less than 24 hours. The Fakiyska river catchment was chosen because significant floods have occurred in the past and during the development of the preliminary flood risk assessment, the catchment has been identified as an area with a significant potential risk of future pluvial floods (<https://bsbd.org>).

Keywords: hydrological model, floods, time-step, forecasts

Подобряване прогнозирането на наводнения чрез намаляване на времевата стъпка

Георги Кошинчанов*, Снежанка Балабанова

*Национален Институт по Метеорология и Хидрология,
София, бул. „Цариградско шосе“ 66*

Резюме: Наводненията са едно от най-опасните природни явления. Често при тях има и човешки жертви. За намаляване на негативните последици от наводненията е особено важно да бъдат взети предварителни превантивни мерки. За да бъдат взети адекватни и навременни мерки е необходимо екстремното явление да бъде

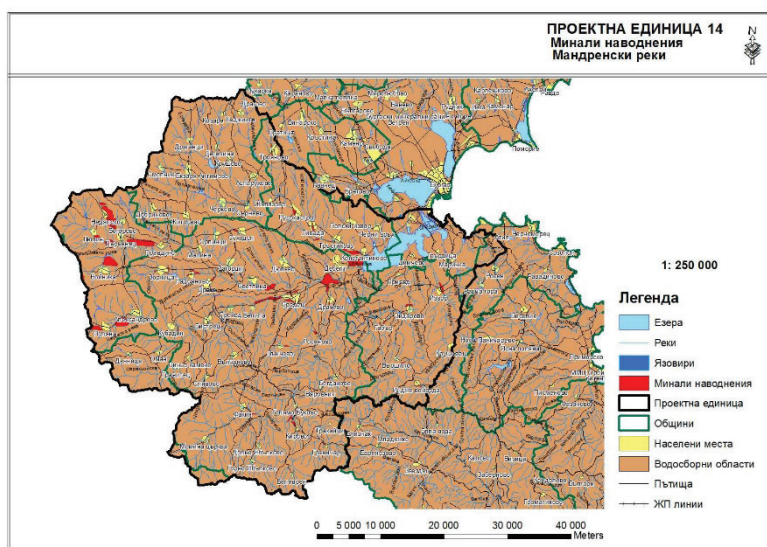
* Georgy.Koshinchanov@meteo.bg

прогнозирано с достатъчна предварителност и точност, както във времето, така и в пространството. В настоящето изследване е представено прогнозиране на наводнения с оптимизиране на времевата стъпка за водосбора на река Факийска. Основен мотив за провеждане на подобен род изследвания е, че много често интервалът време между валежа и настъпването на наводнението е по-малък от 24 часа.. Водосборът на р. Факийска е избран защото в него са се случвали значими наводнения в миналото и при разработването на предварителната оценка на наводненията, попада в зона със значителен потенциален риск от бъдещи речни наводнения (<https://bsbd.org>).

Ключови думи: хидроложки модел, наводнения, времева стъпка, прогнози

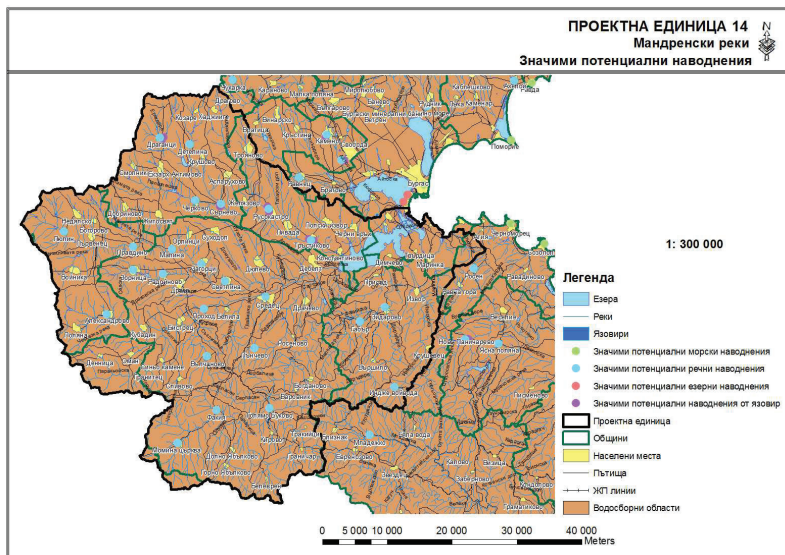
1. ВЪВЕДЕНИЕ

Интензивните валежи и интензивни валежи комбинирани със снеготопене са предпоставка за възникване на поройни и речни наводнения. За настоящето изследване е избран водосборът на река Факийска. Във водосбора на реката са се случвали значими наводнения (фигура 1), а също при предварителната оценка на наводненията, районът е определен като такъв със значими потенциални наводнения (фигура 2).



Фиг. 1. Райони с минали наводнения в Мандренските реки (<https://www.bsbd.org>)

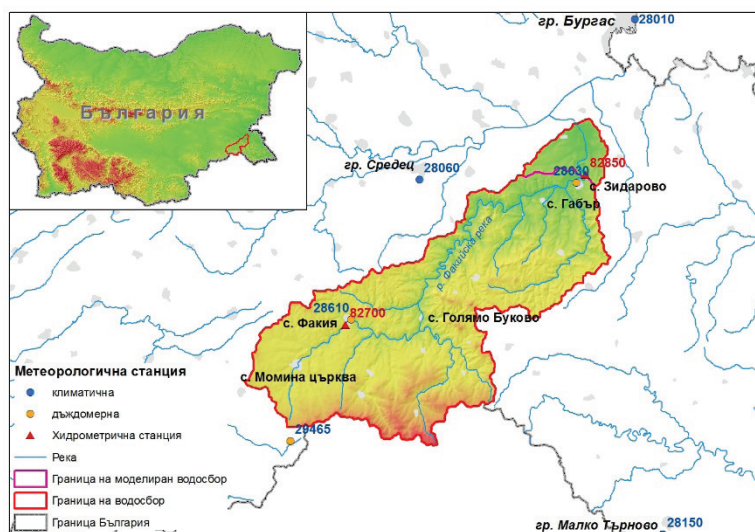
Fig. 1. Areas with past flood events in the Mandra Rivers



Фиг. 2. Райони със значими потенциални наводнения в Мандренските реки (<https://www.bsbd.org>)

Fig. 2. Areas with significant potential flood events in the Mandra Rivers

Водосборът на р. Факийска се намира в югоизточна България (фигура 3).



Фиг. 3. Местоположение на водосбора на р. Факийска и налични хидрологични и метеорологични станции в и около водосбора

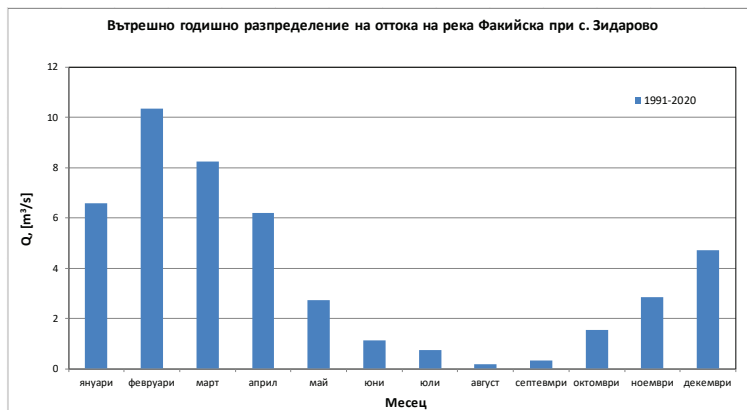
Fig. 3. Location of watershed of Fakiyska river and available hydrological and meteorological stations in and around the watershed

2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФСКО ОПИСАНИЕ НА ВОДОСБОРА

Релефът на водосбора е равнинен до нископланински в най-горните му части. Поречието на р. Факийска е слабо залесено – основно с нискостеблени гори. Залесеността на водосбора е едва около 24% (Генерални схеми, 2000).

Водосборът попада в континентално-средиземноморска климатична област. Той се характеризира с мека и влажна зима, хладна и влажна пролет, сухо и топло лято и топла и влажна есен. Снежна покривка има главно в по-високите части на водосбора от втората половина на декември до края на февруари.

Вътрешногодишното разпределение на оттока във водосбора на река Факийска се определя от преобладаващите климатични, релефни и почвено-геоложки особености на района. Пълноводие в басейна се наблюдава през зимата и началото на пролетта (декември-април) (фигура 4), като в периода декември-февруари по-често се случват и интензивни и обилни дъждове, понякога комбинирани с интензивно снеготопене.



Фиг. 4. Вътрешно годишно разпределение на оттока на р. Факийска при с. Зидарово
Fig. 4. Intra-annual distribution of the discharge at Zidarovo station

Създадените до момента хидроложки модели за този водосбор са с 24 часова стъпка, а често времевият обхват дори на речните наводнения в България е по-кратък. Адекватните и навременни мерки при прогнозирани екстремни явления са от изключителна важност като една от предпоставките за това са точните хидроложки прогнози.

В това изследване е представен подход и резултати на симулиране на оттока към хидрометричните станции във водосбора с намалена времева стъпка.

3. МОДЕЛИРАЩА ПЛАТФОРМА

За моделираща платформа е избран NAM модулът на MIKE11 - софтуерен пакет, разработен от института "DHI Water&Environment", Дания. Модулът валеж-отток

(NAM) е концептуален хидроложки модел със съсредоточени параметри. За да се опишат хидроложките процеси в басейна, NAM модулът използва 4 резервоара, които задържат и разпределят водата от натрупания сняг, повърхностни води, води от кореновите системи и подземни води. Всички те представляват компонентите на хидроложкия цикъл (MIKE BY DHI, 2009). Тук те са представени чрез следните параметри: **Lmax** и **Umax** – максимално съдържание на вода в резервоарите за кореновата система и повърхностния слой; **CQOF**- коефициент на повърхностния отток; **TOF** – праговата стойност на L/Lmax, над която се генерира повърхностен отток; **SKIF** – времева константа за рутиране на подповърхностен отток; **TIF** – прагова стойност на L/Lmax, над която се генерира подповърхностен отток; **SK1,2** – времева константа за рутиране на повърхностен отток. Също така определя формата на хидрографа при високи вълни; **SKBF** – времева константа за рутиране на подземния отток към реката; **TG** – прагова стойност на относително съдържание на вода в кореновата система (L/Lmax), необходима за генериране на подземен отток. Също така се използват и параметри за симулиране на процеса на снеготопене – използва се т.нар. *degree-day* подход, гранична температура между твърд и течен валеж и височинни зони с цел по-добро описание на процеса на снеготопене във височина. Данните необходими за калибриране на модела са: осреднени за водосбора стойности на валеж, температура и потенциална евапотранспирация, както и водно количество в затварящия створ.

4. МЕТОДИ И ДАННИ

При създаването на модел с 24 часова стъпка е използвана историческа метеорологична информация за валеж от 4 климатични и валежомерни станции, които са разположени във и около водосбора, 3 станции за температура, разположени извън границите на водосбора и историческа хидрологична информация. Във водосбора има две хидрометрични станции на основната река – една в горната част на водосбора и една малко преди вливането ѝ в яз. Мандра, р. Факийска при с. Зидарово (№ 82850) и р. Факийска при с. Факия (№ 82780) (фигура 3). Основните хидроложки характеристики на водосбора на реката към двете хидрометрични станции са показани по-долу в таблица 1.

Таблица 1. Основни хидроложки характеристики на водосбора на р. Факийска
Table 1. Basic hydrological characteristics of the watershed of Fakiyska river

Станция	Площ на водосбор, [km ²]	Дължина на реката, [km]	Средна надморска височина, [m]	Среден наклон на водосбора, [%]	Среден наклон на реката, [%]
82850-с. Зидарово	631.3	70.4	275	12.5	5.8
82780-с. Факия	101.6	15.2	325	6.6	14.9

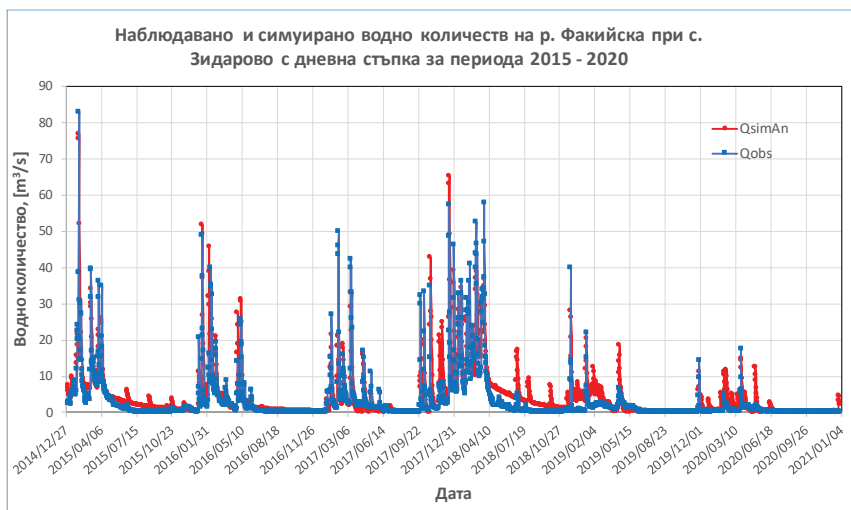
В таблица 2 са показани получените параметри при калибрирането на моделите за двете станции с 24 часова стъпка.

Таблица 2. Стойности на параметри получени при калибрирането на двата модела с дневна стъпка

Table 2. Values of the parameters for the two models after their calibration with daily time step

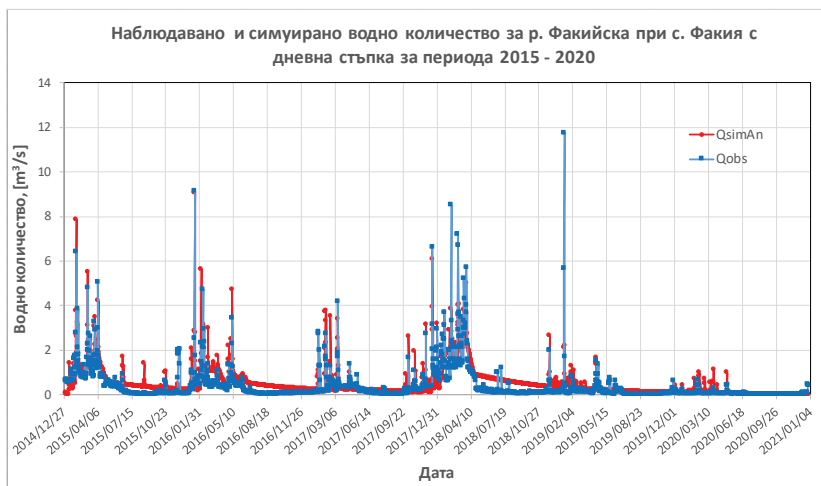
Параметри	82850	82780
Umax	20	45
Lmax	270	500
CQOF	0.465	0.184
СКIF	913	999
СК1	30.4	9.9
СК2	40	19.7
TOF	0.26	0.383
TIF	0.549	0.99
TG	0.961	0.917
СКBF	2619	5551

Това изследване е направено с използване на информация за периода 2015 – 2020 година. На фигури 5 и 6 са показани хидрографи на симулираните и наблюдавани водни количества на ст. Факия и Зидарово със стъпка 24 часа.



Фиг. 5. Наблюдавано и симулирано водно количество с дневна стъпка при ст. Зидарово за изследвания период

Fig. 5. Observed and simulated discharge with daily time step at Zidarovo station for the studied period



Фиг. 6. Наблюдавано и симулирано водно количество с дневна стъпка при ст. Факия за изследвания период

Fig. 6. Observed and simulated discharge with daily time step at Fakia station for the studied period

За оценка на представянето на моделите са използвани критериите *NSC* и *PBIAS*, дефинирани като:

$$NSC = 1 - \frac{\sum_{k=1}^N (Q_{o_k} - Q_{s_k})^2}{\sum_{k=1}^N (Q_{o_k} - \bar{Q}_o)^2} \quad (1)$$

$$PBIAS = \frac{\sum_{k=1}^N (Q_{s_k} - Q_{o_k})}{\sum_{k=1}^N Q_{o_k}} * 100 \quad (2)$$

където:

Q_{o_k} - наблюдавано водно количество в k -тия ден [m^3/s];

Q_{s_k} - симулирано водно количество в k -тия ден [m^3/s];

\bar{Q}_o - средноаритметична стойност на водното количество за изследвания период [m^3/s];

N - брой на дните в изследвания период.

NSC варира от $-\infty$ до 1. Колкото по-близо до 1 е стойността, толкова по-добре моделът описва реалния хидрограф. Една от причините за избора на този критерий е, че дава по-голяма тежест на високите стойности и времето на настъпване на водните количества, в сравнение с други популярни методи за оценка (Sevrat&Dezeter, 1991).

Статистическият критерий *PBIAS* дава тенденцията на симулираното водно количество. Оптималната стойност на *PBIAS* е 0, като положителните стойности показват завишаване на моделирания отток, а отрицателните – занижаване. В

таблица 3 са дадени границите на двата коефициента според (Moriassi et al., 2007), за определяне на модела като много добър, добър, задоволителен и незадоволителен.

Таблица 3. Статистически критерии за качеството на модела (Moriassi et al, 2007)
Table 3. Statistical scores for model performance (Moriassi et al, 2007)

Оценка на работата на модела	NSC	PBIAS
	дневна стъпка	дневна стъпка
Много добър	$0.65 < NSC \leq 1.00$	$PBIAS \leq \pm 10$
Добър	$0.54 < NSC \leq 0.65$	$\pm 10 \leq PBIAS \leq \pm 15$
Задоволителен	$0.50 < NSC \leq 0.54$	$\pm 15 \leq PBIAS \leq \pm 25$
Незадоволителен	$NSC \leq 0.50$	$PBIAS \geq \pm 25$

Статистическите оценки на създадените до сега модели с дневна стъпка за периода 2015 – 2020 година са показани в таблица 4:

Таблица 4. Статистически оценки на моделите с дневна стъпка
Table 4. Statistical scores for model performance with daily time step

	82850	82780
NSC	0.71	0.6
PBIAS	35	38

От статистическите оценки се вижда се, че като цяло моделите с дневна стъпка работят добре и в повечето случаи добре описват пиковите стойности на оттока, което е необходимо при моделиране и прогнозиране на наводнения. Симулациите на моделите при ниски води са завишени, което се отразява и на стойността на *PBIAS*. Други случаи, при които моделът не работи добре са описани по-долу:

- При студени циклонални нахлувания през зимните месеци, често се случва преди тях температурата да е положителна, а веднага след тях – става отрицателна. Изчислената средноденонощна температура за съответния ден остава положителна. В такива случаи, целият валеж за деня се третира от модела като течен и съответно се симулират много по-високи от реалните водни количества. Един такъв пример е в края на месец януари 2021 година (26^{ти} – 27^{ми}), когато температурата от около +10 градуса в обедните и следобедни часове на 26^{ти} януари в района на водосбора на р. Факийска, много бързо се понижава до минус 1 – минус 2 градуса във вечерните часове на 26^{ти} и през нощта срещу 27^{ми} януари. За този период е прогнозиран и значителен валеж като по-голяма част от него (и по прогноза и на практика) е във вид на сняг. Поради положителната средноденонощна температура и относително малката денивелация между най-ниската и най-високата точка във водосбора, валежа върху целия водосбор бива третиран от модела като течен (фигура 7).

Date	24hPrecip	24hSnow	TempAver	24hPrecip	24hSnow	TempAver	24hPrecip	TempAver
	ALADIN-BG	ALADIN-BG	ALADIN-BG	ECMWF	ECMWF	ECMWF	Analysis	Analysis
2021/01/27	47.05	32.71	3.60	58.82	44.15	3.94	57.44	3.89
2021/01/28	5.02	4.73	-1.58	8.66	8.65	-2.33	4.88	-1.87
2021/01/29	0.02	0.02	-0.22	0.01	0.01	-2.95	0.00	-2.40

Фиг. 7. Прогноза от 26^{ти} януари 2021 за 24 часова сума на валеж и сняг, и средноденоношна температура от ALADIN-BG и ECMWF за следващите 3 дни и техният анализ

Fig. 7. Forecast from 26th of January 2021 for the 24 hour sums of total and solid precipitation and daily average temperature from ALADIN-BG and ECMWF for the next 3 days and their analysis

- Подобна е ситуацията и при активно снеготопене след продължителен период с отрицателни температури и наличие на снежна покривка. Един такъв период е началото на месец март 2018 година – данните са за водосбора на р. Факийска до станцията при с. Факия (фигура 8)

Date	T, [°C]	P, [mm]	Qobs, [m ³ /s]	Qsim, [m ³ /s]
2018/02/25	1.18	1.36	1.399	2.201
2018/02/26	-2.96	3.84	1.200	1.907
2018/02/27	-3.51	21.25	1.299	1.639
2018/02/28	-4.65	11.42	1.399	1.418
2018/03/01	-9.78	2.10	1.399	1.231
2018/03/02	-3.32	0.35	7.200	1.071
2018/03/03	4.94	7.13	6.700	3.051

Фиг. 8. Данни за средноденоношна температура, 24 часова сума на валеж, средноденоношно наблюдавано и симулирано водно количество за периода 25^{ти} февруари – 3^{ти} март 2018.

Fig. 8. Data for daily average temperature, 24 hours precipitation sums, observed and simulated discharge for the period 25th February – 3rd March 2018

За по-точното моделиране на хидроложките процеси във водосбора, в това изследване са създадени модели с намалена часова стъпка, а именно – 12, 6 и 3 часа. Направена е оценка на резултатите и са изследвани възможностите за навлизането им в оперативната практика на секцията. За калибриращо водно количество в моделите с учестена стъпка са използвани наличните данни в НИМХ от конвенционалните хидрометрични станции (в 8 и 20 часа).

За целите на изследването са използвани данни от метеорологичен анализ с висока резолюция (Господинов, 2012) през 3 часа и усредняване на стойностите за 6 и 12 часа.

Поради липса на записващи устройства или автоматични хидрометрични и метеорологични станции в разглеждания период, са създадени и калибрирани модели към двете станции с 12 часова стъпка. Получените параметри са

транслирани в моделите с 6 и 3 часови стъпки, и с тях са симулирани водните количества към двете хидрометрични станции.

5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

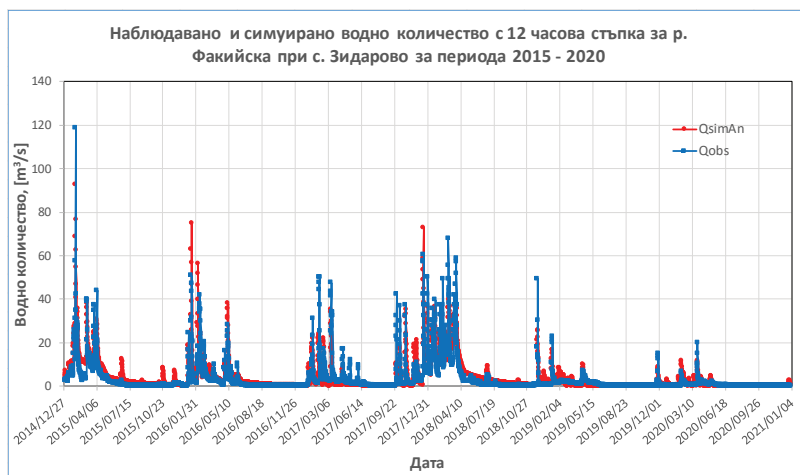
В процеса на калибрирани на моделите с 12 часова стъпка са получени стойностите на параметрите (таблица 5).

Таблица 5. Стойности на параметри получени при калибрирането на двата модела с 12 часова стъпка

Table 5. Values of the parameters for the two models after their calibration with 12h time step

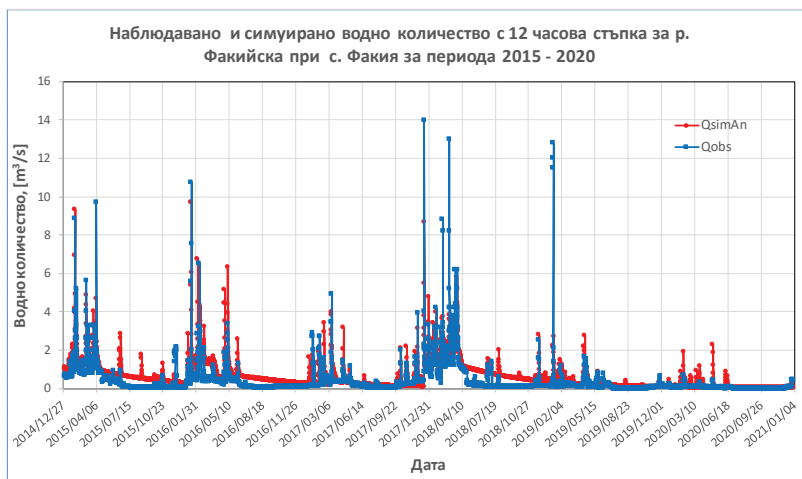
Параметри	82850	82780
Umax	50	20
Lmax	450	465
CQOF	0.449	0.158
СКIF	1000	682
СК1	16	22
СК2	50	5
TOF	0.331	0.457
TIF	0.977	0.99
TG	0.9	0.983
СКBF	2135	5000

На фигури 9 и 10 са представени хидрографи на симулираните и наблюдавани водни количества след калибрирането на моделите с 12 часови стъпка към двете станции.



Фиг. 9. Наблюдавано и симулирано водно количество с 12 часова стъпка при ст. Зидарово за изследвания период

Fig. 9. Observed and simulated discharge with 12 hours step at Zidarovo station for the studied period



Фиг. 10. Наблюдавано и симулирано водно количество с 12 часова стъпка при ст. Факия за изследвания период

Fig. 10. Observed and simulated discharge with 12 hours step at Fakia station for the studied period

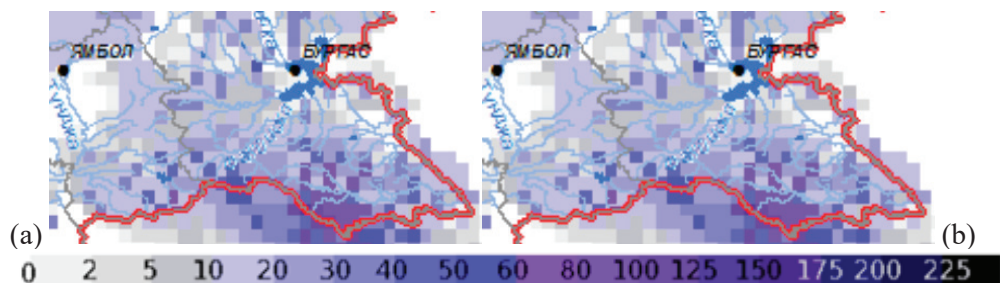
В таблица 6 са показани статистическите оценки на създадените модели с 12 часова стъпка за периода 2015 – 2020 година.

Таблица 6. Статистически оценки на моделите с 12 часова стъпка
Table 6. Statistical scores for model performance with 12 hours time step

	82850	82780
NSC	0.73	0.49
PBIAS	24	60

Резултатите показват, че моделът за долната станция на р. Факийска с 12 часова стъпка има по-добри статистически оценки, както сравнен с резултатите за горната станция, така и сравнен с резултата при симулиране с дневна стъпка. Много от наблюдаваните пикове в горната станция (по-планинска част от водосбора) не са симулирани добре. Един по-детайлен анализ на тези случаи показва, че в повечето случаи става дума за зимен период с наличие на снежна покривка, последващо снеготопене комбинирано с интензивен валеж. Освен случая описан по-горе за периода 1-4 март 2018 година, друг подобен случай е периода 8-11 януари 2019 година. Тогава в района има снежна покривка, която се топи. Според информацията за температурите няма условия за интензивно снеготопене – вижда се, че максималната температура е достигнала около 2-3 градуса и през нощта на 9^{ти} срещу 10^{ти} пада интензивен валеж (фигура 11). В таблица 7 е показано наблюдаваното и симулирано водно количество. Симулираното водно количество до вечерните часове на 9^{ти} е разумно с оглед на наличните данни. Но в района,

както вече беше споменато, в изследвания период няма налични автоматични станции за валеж и температура, и водно количество.



Date	Precipitation	Temperature	Date	Precipitation	Temperature
2019/01/07 20:00	0.00	-4.54	2019/01/09 05:00	0.00	-8.86
2019/01/08 08:00	0.71	-7.50	2019/01/09 08:00	0.00	-5.55
2019/01/08 20:00	0.00	-4.83	2019/01/09 11:00	0.00	-0.24
2019/01/09 08:00	0.00	-7.82	2019/01/09 14:00	0.00	1.76
2019/01/09 20:00	1.17	1.31	2019/01/09 17:00	0.00	2.05
2019/01/10 08:00	21.92	1.46	2019/01/09 20:00	1.17	1.65
2019/01/10 20:00	3.58	9.02	2019/01/09 23:00	1.70	1.78
2019/01/11 08:00	10.42	7.59	2019/01/10 02:00	15.64	1.15
2019/01/11 20:00	0.07	2.57	2019/01/10 05:00	4.58	-0.14
			2019/01/10 08:00	0.00	3.04

Фиг. 11. Метеорологичен анализ на обстановката в периода 8-10 януари 2019 във водосбора на р. Факийска – снежна покривка [cm] на 9^{ти} януари (а) и 10^{ти} януари (б), температура и валеж (с)

Fig. 11. Meteorological analysis for the period 8-10 January 2019 in the watershed of Fakiyska river - snow pack [cm] on the 9th January (a), 10th January (b), temperature and precipitation (c)

Таблица 7. Наблюдавано и симулирано водно количество за периода с 12 часова стъпка на р. Факийска при с. Факия 1-4 март 2018 (а); 8-11 януари 2019 (б).

Table 7. Observed and simulated discharge with 12 hours time step at Fakia station – 1-4 March 2018 (a); 8-11 January 2019 (b).

Date	Qobs	Qsim	Date	Qobs	Qsim
2018/03/01 08:00	1.399	1.316	2019/01/08 08:00	0.145	0.313
2018/03/01 20:00	1.499	1.294	2019/01/08 20:00	0.436	0.312
2018/03/02 08:00	1.399	1.272	2019/01/09 08:00	0.436	0.311
2018/03/02 20:00	13.000	1.306	2019/01/09 20:00	12.780	0.373
2018/03/03 08:00	8.200	2.651	2019/01/10 08:00	12.001	2.216
2018/03/03 20:00	5.200	3.850	2019/01/10 20:00	11.484	2.153
2018/03/04 08:00	4.200	3.586	2019/01/11 08:00	2.080	2.702
2018/03/04 20:00	3.000	3.003	2019/01/11 20:00	1.390	1.847

В таблици 8 и 9 са показани наблюдавани и симулирани за периодите описани досега в изложението с 6 часови и 3 часови симулации направени с транслиране на параметрите получени със стъпка 12 часа.

Таблица 8. Наблюдавано и симулирано водно количество с 6 часова стъпка на р. Факийска при с. Факия 1-4 март 2018 (а); 8-11 януари 2019 (b)

Table 8. Observed and simulated discharge with 6-hours time step at Fakia station – 1-4 March 2018 (a); 8-10 January 2019 (b)

Date	82780		Date	82780	
	Qobs	Qsim		Qobs	Qsim
2018/03/01 02:00		2.117	2019/01/08 02:00		0.000
2018/03/01 08:00	1.399	2.088	2019/01/08 08:00	0.145	0.000
2018/03/01 14:00		2.060	2019/01/08 14:00		0.000
2018/03/01 20:00	1.499	2.033	2019/01/08 20:00	0.436	0.000
2018/03/02 02:00		2.005	2019/01/09 02:00		0.000
2018/03/02 08:00	1.399	1.978	2019/01/09 08:00	0.436	0.000
2018/03/02 14:00		1.959	2019/01/09 14:00		0.000
2018/03/02 20:00	13.000	1.954	2019/01/09 20:00	12.780	0.054
2018/03/03 02:00		2.398	2019/01/10 02:00		1.305
2018/03/03 08:00	8.200	3.419	2019/01/10 08:00	12.001	1.668
2018/03/03 14:00		4.657	2019/01/10 14:00		1.852
2018/03/03 20:00	5.200	5.103	2019/01/10 20:00	11.484	1.841
2018/03/04 02:00		5.282	2019/01/11 02:00		2.320
2018/03/04 08:00	4.200	5.180	2019/01/11 08:00	2.080	2.320
2018/03/04 14:00		4.975	2019/01/11 14:00		1.988
2018/03/04 20:00	3.000	4.626	2019/01/11 20:00	1.390	1.637

От показаните в таблици 8 и 9 резултати могат да се направят следните анализи:

А) за периода 1-4 март 2018 – и при двете симулации, с 3 и 6 часа часови стъпки, симулираните водни количества съвпадат като стойности и време на настъпване на пика. Друго което прави впечатление, че пика на симулираните стойности се увеличава с около 35 %, сравнен със симулацията с 12 часова стъпка. При всички симулации пика настъпва с около 24-30 часа по-късно от наблюдавания пик. С оглед наличните метеорологични данни (температура, валеж и снежна покривка и съответно снеготопене) и ограниченията произхождащи от моделиращата платформа, резултатите от симулациите са разумни. При един по-детайлен анализ на структурата на симулираното водно количество се вижда, че има нарастване на пика на повърхностния отток с около 35 % при симулациите с 3 и 6 часа и увеличеното водно количество се дължи единствено и само на увеличения повърхностен отток – това заради неравномерно разпределение валеж през денонощието и снеготопенето.

Таблица 9. Наблюдавано и симулирано водно количество с 3 часова стъпка на р. Факийска при с. Факия 1-4 март 2018 (а); 8-11 януари 2019 (б)

Table 9. Observed and simulated discharge with 3 hours time step at Fakia station 1-4 March 2018 (a); 8-10 January 2019 (b)

Date	82780		Date	82780	
	Qobs	Qsim		Qobs	Qsim
2018/03/01 02:00		2.117	2019/01/08 02:00		0.000
2018/03/01 05:00		2.103	2019/01/08 05:00		0.000
2018/03/01 08:00	1.399	2.088	2019/01/08 08:00	0.145	0.000
2018/03/01 11:00		2.074	2019/01/08 11:00		0.000
2018/03/01 14:00		2.060	2019/01/08 14:00		0.000
2018/03/01 17:00		2.047	2019/01/08 17:00		0.000
2018/03/01 20:00	1.499	2.033	2019/01/08 20:00	0.436	0.000
2018/03/01 23:00		2.019	2019/01/08 23:00		0.000
2018/03/02 02:00		2.006	2019/01/09 02:00		0.000
2018/03/02 05:00		1.992	2019/01/09 05:00		0.000
2018/03/02 08:00	1.399	1.979	2019/01/09 08:00	0.436	0.000
2018/03/02 11:00		1.966	2019/01/09 11:00		0.000
2018/03/02 14:00		1.955	2019/01/09 14:00		0.000
2018/03/02 17:00		1.948	2019/01/09 17:00		0.000
2018/03/02 20:00	13.000	1.944	2019/01/09 20:00	12.780	0.038
2018/03/02 23:00		2.104	2019/01/09 23:00		0.142
2018/03/03 02:00		2.315	2019/01/10 02:00		0.955
2018/03/03 05:00		2.570	2019/01/10 05:00		1.270
2018/03/03 08:00	8.200	3.210	2019/01/10 08:00	12.001	1.384
2018/03/03 11:00		4.068	2019/01/10 11:00		1.438
2018/03/03 14:00		4.540	2019/01/10 14:00		1.577
2018/03/03 17:00		4.882	2019/01/10 17:00		1.673
2018/03/03 20:00	5.200	5.070	2019/01/10 20:00	11.484	1.693
2018/03/03 23:00		5.151	2019/01/10 23:00		2.043
2018/03/04 02:00		5.250	2019/01/11 02:00		2.199
2018/03/04 05:00		5.244	2019/01/11 05:00		2.314
2018/03/04 08:00	4.200	5.177	2019/01/11 08:00	2.080	2.298
2018/03/04 11:00		5.118	2019/01/11 11:00		2.182
2018/03/04 14:00		4.980	2019/01/11 14:00		2.016
2018/03/04 17:00		4.815	2019/01/11 17:00		1.841
2018/03/04 20:00	3.000	4.633	2019/01/11 20:00	1.390	1.662
2018/03/04 23:00		4.455	2019/01/11 23:00		1.482

(а)

(б)

Б) за периода 8-11 януари 2019 – симулираните водни количества (с двете часови стъпки) съвпадат. Пикът отново е отместен с около 24-36 часа. За разлика

от предходния период – тук моделите (и при двете часови стъпки) не симулират наличие на подземен отток и това е причината пиковите стойности на оттока дори да са малко по-ниски от тези при симулацията с 12 часа. Детайлният анализ на водното количество показва, че в този период пикът на повърхностния отток съвпада при симулациите с различните часови стъпки. Това донякъде може да се обясни с факта, че температурата в периода на интензивния валеж е била близка до граничната температура, под която модела третира валежа като сняг.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подобряването на прогнозите за валежите и речния отток е необходима част от ефективното управление на риска от наводнение, което ще доведе до намаляване на щетите. Наблюденията в реално време на валежите, речните нива и водните количества по временни ключови криви са основни, както за създаване и калибриране на хидроложкия модел, така и за динамично адаптиране на прогнозата за оттока.

Настоящото изследване дава подход за създаването на прогностичен модел на базата на исторически хидрометеорологични данни от изградената мрежа за хидрометеорологично наблюдение на НИМХ. Анализът на историческия набор от данни показва, че гъстотата на станциите за мониторинг във водосбора на р. Факийска не е достатъчна.

Приложеният модел е концептуален хидроложки модел със съсредоточени параметри, осреднени за водосбора с 24/12 часова стъпка. За калибрирането на параметрите на модела и за по-доброто симулиране на пиковите стойности на оттока, което е необходимо при моделиране и прогнозиране на наводнения, са необходими хидрометеорологични данни с часова стъпка.

Представените резултати в настоящето изследване показват, че при снеготопене (когато моделът към планинската станция не дава добри резултати) трябва да се знаят реалните температури и снежна покривка, за което е необходимо наличие на достатъчно гъста мрежа от автоматични станции. Също така е необходимо да се отчитат и други фактори: слънцегреене (в такива случаи дори и при отрицателни температури се наблюдава снеготопене), температурна инверсия – особено характерна за планинските и полупланинските райони през зимата. Тези фактори, както вече беше отчетено, не могат да бъдат взети предвид при модели със съсредоточени параметри. В такива случаи могат да се използват напълно разпределени физически-базирани модели, като моделът TOPKAPI (Yordanova&Stoyanova, 2020).

БЛАГОДАРНОСТИ

Статията е реализирана с помощта на Национална програма на Министерство на образованието и науката „Млади учени и постдокторанти“ – модул „Постдокторанти“, 2021 г.

ЛИТЕРАТУРА

Генерални схеми за използване на водите в районите за Басейново управление, том III Черноморски район, 2000 г, Институт по Водни Проблеми - БАН.

Господинов, И., (2012). Национален Метеорологичен Анализ с Висока Резолюция (НМАВР), Технически доклад от годишния договор НИМХ -МОСВ, София, 2012.

https://www.bsbd.org/bg/ndex_bg_2934486.html

Moriasi, D.N., Arnold, J.G., Van Liew, M.W., Bingner, R.L., Harmel, R.D., Veith, T.L., Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations, Transactions of the ASABE 2007 v.50 no.3 pp. 885-900.

Servat, E., Dezetter, A. (1991). Selection of calibration objective functions in the context of rainfall-runoff modelling in a Sudanese savannah area. Hydrological Sciences Journal, 36(4), 307-330.

Yordanova, V., & Stoyanova, V. (2020). MODELING FLOODS WITH A DISTRIBUTED HYDROLOGICAL MODEL IN A RIVER CATCHMENT. International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM, 20(3.1), 249-255.