



Получена: 14.05.2021 г.

Приета: 16.08.2021 г.

ГОДИШЕН И МЕСЕЧЕН ОТТОК НА РЕКА ДОСПАТСКА В УСЛОВИЯТА НА АНТРОПОГЕННИ ВЪЗДЕЙСТВИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ НА КЛИМАТА

С. Кирилова¹

Ключови думи: речен отток, р. Доспатска, воднобалансов метод

РЕЗЮМЕ

Възстановяването на естествения речен отток под антропогенен натиск дава възможност за изследване на измененията в годишната и многогодишната отточна динамика за различни времеви периоди. Целта на настоящото изследване е изчисляване на годишния речен отток на р. Доспатска до яз. „Доспат“ за различни по водност години за периода 1990 – 2015 г., през който не се провеждат мониторинг от опорната хидрометрична мрежа. Анализът се основава на хидрометрични данни от ведомствената мрежа на АД „Язовири и каскади“ и на воднобалансовия метод. Получените месечни и годишни водни количества на р. Доспатска при створ яз. „Доспат“ разкриват следните хидроложки характеристики: годишен речен отток – 2,30 m³/s, който е по-малък от този през периода преди построяването на водохранилището, но при сходни гранични стойности и вариабилност; синхронна проява на многоводните и маловодните години на годишния отток на р. Доспатска с многоводните и маловодните години на годишния отток на страната; ясно изразена цикличност и общ тренд към увеличаване на годишните водни обеми след 2004 г.; различия във времевата проява на отточните максимуми и отточните минимуми и в продължителността на отточните фази през 1990 – 2015 г. в сравнение с преходни години.

¹ Силвия Кирилова, гл. ас. д-р инж., кат. „Хидравлика и хидрология“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: Kirilova_fhe@uacg.bg

1. Въведение

Изучаването на водните ресурси на дадена територия и в отделни речни водосбори е актуална тема през последните десетилетия по няколко причини: липса на хидрометрични наблюдения, изменения на климата, промени в степента на антропогенен натиск. В посочения контекст анализите за речния отток на неизучени водосбори е едно от предизвикателствата пред теоретичната и инженерната хидрология, което търси решение чрез методите на математическото моделиране, водния баланс, използването на станции аналог, сателитни изображения и др. Друг подход за изследване на речни басейни без хидрометричен мониторинг е определяне на речния отток на основата на регионални зависимости на средногодишния отток от площта на речния басейн за хомогенни райони [1 ÷ 3]. Въпросът за годишното и многогодишното разпределение на речните водни обеми във водосбори без хидрометричен мониторинг е актуална задача и за хидроложките проучвания на територията на страната. Към този случай се отнася речният басейн на р. Доспатска, чиито води се включват в язовирите „Доспат“ и „Широка поляна“ пряко или чрез притоците ѝ. Антропогенният натиск върху водните ресурси се допълва и от прехвърлянето на речни води в обем, средно-годишно около $169,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ към басейна на р. Марица и от постъпването на води от съседни поречия чрез събирателни деривации. Река Доспатска е трансграничен воден поток между България и Гърция, което придава допълнителна значимост на изследванията за водните ресурси в границите на речния ѝ водосбор.

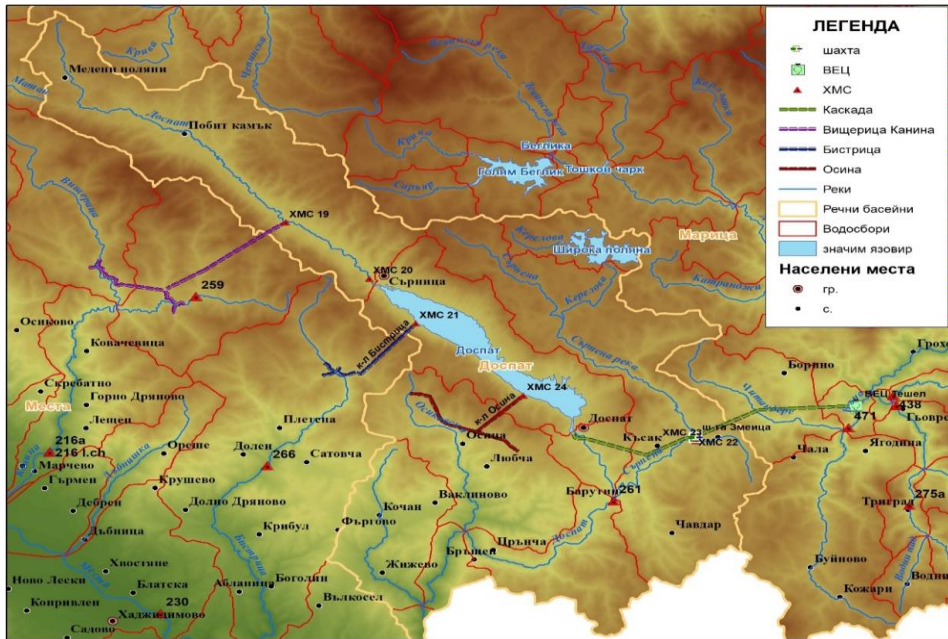
Целенасочени научни изследвания за годишния речен отток и неговите изменения във времето за р. Доспатска не са провеждани. Изключение е анализът на Николов [4], който извежда отточни зависимости в речния басейн, Маринов и Панайотов [5, 6], които дават обща информация за хидроложките процеси в обособените от тях хидроложки райони. Данни за годишния речен отток дават хидроложките справочници до 1983 г. Сведения за оттокообразуващите фактори, както и за средногодишния воден обем на р. Доспатска, се съдържат в „План за управление на речните басейни на Западноромански район 2010 – 2015“. Описание на антропогенните въздействия от хидротехнически съоръжения (язовири и водохващания) се съдържат в Хидрологичен справочник на реките в Българи [10]. След 2000 г. данни за изградени малки водноелектрически централи във водосбора на р. Доспатска се откриват в публичния регистър на инсталациите за производство на електроенергия от възобновяеми енергийни източници (ВЕИ), основан на гаранциите за произход на електроенергия, поддържан от Агенцията за устойчиво енергийно развитие.

Целта на настоящото изследване е да определи годишния речен отток на р. Доспатска до яз. „Доспат“ за различни по водност години чрез данните от хидрометричните пунктове на събирателните деривации от ведомствената мрежа на предприятие „Язовири и каскади“ АД на основата на воднобалансовия метод. Целта е предпоставена от необходимостта за изследване на тенденциите в изменението на речните водни обеми в условията на прехвърляни речни води от съседни водосбори за периода 1990 – 2015 г.

2. Териториален обхват

Настоящото изследване обхваща водосбора на р. Доспатска от изворната област до яз. „Доспат“. Речният басейн е развит изцяло на територията на страната, в югозападната част на Западните Родопи (Велийшко-Виденишки дял), в границите на Западноромански район за басейново управление на водите. Речният водосбор на р. Доспатска

граничи на север с водосборния басейн на р. Чепинска, на североизток и изток с водосборната област на р. Въча, на югозапад и запад – с водосбора на р. Места. Речният басейн е ориентиран от северозапад на югоизток (в съответствие с простирането на планинския дял) и развит преобладаващо в нископланинския и среднопланинския хипсометричен пояс (фиг. 1). От изворите до яз. „Доспат“ р. Доспатска протича в дълбока, почти праволинейна долина, без значими по дължина речни първостепенни притоци. Река Доспатска според актуализираната типология на повърхностните водни тела е река алпийски тип [7].



Фиг. 1. Релеф, речна мрежа и хидрометрични пунктове в басейна на р. Доспатска

Водосборният басейн на р. Доспатска до яз. „Доспат“, или водосборната област на самия язовира е с площ 236,0 km² и със средна надморска височина от 1420,0 m. Климатът в тази част на Западните Родопи е с отрицателни средномесечни януарски температури и месечен максимум през м. август (табл. 1). Годишната валежна сума е $P = 880$ mm, а валежният режим с минимум през м. август и максимум през м. юни (табл. 1). Сезонното разпределение на валежите се отличава с почти изравнени стойности през пролетта и лятото – съответно 224 и 226 mm, с най-големи валежни суми – 231 mm през зимния сезон и най-малки валежи – 199 mm през есента.

Таблица 1. Температура на въздуха (1931 – 1980 г.) и валежи (1931 – 1980 г.) при гр. Доспат [8]

| Показател | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Год. |
|----------------------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|
| $T_{\text{ср.}}$, °C | -2,8 | -1,4 | 1,0 | 5,6 | 10,4 | 13,4 | 15,6 | 15,7 | 11,8 | 7,7 | 4,1 | 0,0 | 6,8 |
| $T_{\text{ср.макс.}}$, °C | 12,7 | 16,8 | 20,6 | 23,9 | 27,7 | 27,2 | 32,2 | 34,6 | 30 | 28,1 | 21,3 | 13,9 | 34,6 |
| $T_{\text{ср.мин.}}$, °C | -26,7 | -24,3 | -22 | -9,9 | -4,2 | -2,9 | 0,5 | 0,0 | -4,7 | -7,9 | -14,9 | -22 | -26,7 |
| P , mm | 84 | 66 | 60 | 69 | 95 | 102 | 76 | 48 | 50 | 63 | 86 | 81 | 880 |

Снежната покривка се задържа между 80 и 120 дена, с най-голяма продължителност през м. януари и максимална височина до 65 cm при тенденция за намаляване на стойностите на посочените показатели [9]. Климатичните сценарии RCP 4.5 и RCP 8.5 за територията на Западнобеломорски район за басейново управление на водите показват увеличаване на средногодишната температура на въздуха с около 1,0 °C спрямо 1976 – 2005 г. – 7,4 °C за периода 2021 – 2050 г. и 8,8 °C за 2071 – 2100 г., както и увеличаване на валежите през есенния климатичен сезон и намаляване на валежните суми през летния климатичен сезон [7].

Височинното разположение на водосборния басейн и климатичните условия обуславят средна водоносност в неговите граници – отточният модул е 12,80 l/s/km² [10]. Средногодишният отток за речния басейн на р. Доспатска е 8,10 m³/s, а средногодишният обем – 255,0·10⁶ m³ [7].

През 1967 г. влиза в експлоатация яз. „Доспат“ (с площ на водното огледало 18,3 km² и обем 449,29 млн. m³), като част от каскада Доспат – Въча. Към него започва прехвърляне на води от съседни водосбори чрез събирателните деривации „Вищерица – Канина“, „Бистрица“ и „Осина“ (фиг. 1). По-късно се изграждат яз. „Широка поляна“ (с площ на водното огледало 4,3 km² и обем 24,9 млн. m³, с основно предназначение – добив на електроенергия) на р. Карелова, ляв приток на р. Сърнена (Караджа дере) е изграден яз. „Широка поляна“ (с площ на водното огледало 4,3 km² и обем 0,121 млн. m³ с предназначение за прехвърляне на води към водосбора на р. Марица). Според актуализираната типология на повърхностните водни тела яз. „Доспат“ е голям и дълбок язовир, а яз. „Широка поляна“ – планинско езеро [7]. Включването на водоеми с обща площ 26,3 km² в речния басейн предполага увеличение на изпарението и съответно на влажността на въздуха.

Речният отток на р. Доспатска до яз. „Доспат“ се нарушава от постъпването на води по събирателните деривации. Събирателна деривация (СД) „Вищерица – Канина“ се състои от девет водохващания, които прехвърлят води от горното поречие на р. Канина към р. Доспатска над язовира. Системата се състои от няколко хидротехнически съоръжения, напорни канали, дюкери, мост канал, тунели с обща дължина от 18,35 km² и е изградена със застроено максимално водно количество от 12,22 m³/s [11]. СД „Бистрица“ се състои от единадесет водохващания, от които пет са обикновени, а останалите шест са шахтови. Водите от деривацията постъпват директно в чашата на язовирното езеро, чрез изградените слабонапорни канали, дюкери и тунел „Орлино“ с обща дължина от 9,78 km. Деривацията е оразмерена за застроено водно количество от 3,12 m³/s, като улавя води от горните части на р. Бистрица и р. Величка. СД „Осина“ е в експлоатация от 2001 г., като улавя води от горните притоци на р. Осинска и ги прехвърля директно във водното огледало на яз. „Доспат“. Деривацията се състои от девет водохващания, като осем от тях са обикновени, а 9-ото е „тиролско“, от осем слабонапорни канала, един дюкер и три тунела с обща дължина от 12,196 km. Деривацията е оразмерена за застроено водно количество от 1,569 m³/s [11]. Допълнителният приток към р. Доспатска от събирателните деривации е по реките Вищерица, Бистрица и Осина, които са със сходни отточни коефициенти с изследваната река [4]. Общото оразмерено максимално водно количество е 16,9 m³/s – стойност, неколккратно по-голяма от средногодишния отток на р. Доспатска – 3,43 m³/s преди построяването на язовира. Прехвърляните води от р. Доспатска към яз. „Широка поляна“ (20 млн. m³) и към каскада „Доспат – Въча“ (149,3 млн. m³), или общо 169,3 млн. m³, не оказват влияние върху речния отток на реката над язовирната стена на яз. „Доспат“.

3. Изходна информация и методи на изследване

Хидрометричният мониторинг на р. Доспатска се осъществява до 1969 г. на различни места и с различна продължителност при всяка хидрометрична станция (ХМС). На р. Доспатска са провеждани измервания при ХМС р. Доспатска – Доспат през периода 1946 – 1966 г. и ХМС р. Доспатска – с. Барутин за 1946 – 1950 г. За известно време функционират няколко хидрометрични станции на р. Сърнена – ХМС при местността Горски колиби (1951 – 1969 г.), ХМС при с. Змеица (1950 – 1968 г.) и ХМС при с. Барутин (1946 – 1958 г.). Хидрометричната информация от ХМС р. Доспатска – Доспат, ХМС р. Сърнена – местността Горски колиби и ХМС р. Сърнена – с. Змеица се използва за характеристика на речния отток в изследвания водособор преди построяването на язовирните водоеми. След 1969 г. се поддържат хидрометрични пунктове на събирателните деривации от ведомствената мрежа на АД „Язовири и каскади” (табл. 2).

Таблица 2. Хидрографски данни за водосборните басейни на хидрометричните станции

| ХМС № | Речен басейн | A , km^2 | H , m | L , km | I , % |
|-------|----------------|------------------------|------------|-------------|------------|
| 20 | р. Доспатска | 77,5 | 1450 | 32,75 | 6,8 |
| 22 | Белдоново дере | 26,30 | 1330 | 9,25 | 3,1 |
| 23 | р. Сърнена | 89,66 | 1460 | 25,2 | 4,7 |

Наред с посочените хидрометрични станции, разположени на р. Доспатска (ХМС 20), на Белдоново дере (ХМС 22) и на р. Сърнена (ХМС 23), в настоящото изследване се използват данните от още три ХМС, които са разположени в края на събирателните деривации и отчитат прехвърлените води от съседни водосбори: ХМС 19 на СД „Вищерица – Канина“, ХМС 21 на СД „Бистрица“ и ХМС 24 на СД „Осина“. Хидрометричната информация е за периода 1990 – 2015 и е извлечена от ведомствената мониторингова мрежа на предприятие „Язовири и каскади“. За всички ХМС данните се отнасят за регистрирания отток. В изследването се използват и месечни водни количества за преработените води през ВЕЦ „Тешел“.

Методическата процедура в настоящото изследване включва определяне на границите на речните водосбори, анализ на наличната мониторингова мрежа за формиране на времевите редове от годишни стойности на речния отток и прилагане на математически апарат за статистическа обработка на данни. Контурите на вододелите на речните басейни са генерирани в ГИС среда, чрез модела НЕС-geoHMC (Geospatial Hydrologic Modeling Extension). Моделът прецизно и обосновано определя орографските параметри за всеки конкретен водосборен басейн [12, 13]. Работата на алгоритъма, реализиращ модела, е верификация на входните данни за ЦМР и генериране на растерни слоеве, необходими за по-точното отчитане и формиране на речния отток в конкретните водосборни басейни.

За получаването на естествения годишен отток (Q) и оценката на водния потенциал на р. Доспатска към язовирната стена се прилага балансовото уравнение на системата, обособена от хидровъзела Доспат – Тешел [14], първото стъпало от каскадата „Доспат-Въча“. В случая при използването на балансовото уравнение, което зависи от наличието и състоянието на специализирани мрежи за наблюдение на отнети и възвратни води при комплексна водностопанска система, този метод дава добри резултати при изменение на

годишния отток до 10% и на месечния до около 20%. При наличието само на прехвърляне на води, които се измерват, методът е приложим независимо от степента на нарушаване [15]. Балансовото уравнение има вида:

$$Q_E = Q_P - Q_{ГП}, \quad (1)$$

където Q_E е естественят месечен или годишен отток в m^3/s , Q_P – регистрираният отток за преработка на електроенергия през ВЕЦ „Тешел“; $Q_{ГП}$ – прехвърленият или получен в/от други водосборни басейни отток. За възстановяване на естествения речен отток на р. Доспатска при вливането в яз. „Доспат“ уравнение (1) се прилага във вида:

$$Q_{Д.ест.} = Q_{ВЕЦ.рег.} - Q_{ХМС 19} - Q_{ХМС 21} - Q_{ХМС 22} - Q_{ХМС 23} - Q_{ХМС 24}, \quad (2)$$

в което отделните водни количества представляват: $Q_{ВЕЦ.рег.}$ е регистрираното месечно водно количество на ВЕЦ Тешел; $Q_{ХМС 19}$ – регистрираното месечно водно количество в ХМС 19 (СД „Вищерица – Канина“; $Q_{ХМС 21}$ – регистрираното месечно водно количество в ХМС 21 (СД „Бистрица“); $Q_{ХМС 22}$ – регистрираното месечно водно количество в ХМС 22 (Белдоново дере); $Q_{ХМС 23}$ – регистрираното месечно водно количество в ХМС 23 (р. Сърнена); $Q_{ХМС 24}$ – регистрираното месечно водно количество в ХМС 24 (СД „Осина“). Всички водни количества са в m^3/s .

Чрез прилагането на уравнение (2) се формира редица от годишни стойности на средния отток на р. Доспатска до яз. „Доспат“. За определяне на параметрите на годишния отток при формираната редица се използва обработка по методите на математическата статистика [16]. В инженерната хидрология статистическата обработка на хидроложката редица от годишни стойности на средния отток се състои в следната последователност [17]: построяване на ходограф за изследвания период, анализ на изходните редове за случайност и еднородност, определяне на вероятността на разпределение на случайните величини от времевия ред, изчисляване и построяване на кривата на обезпеченост. В настоящото изследване параметрите на кривата на обезпеченост са определени по логнормално разпределение на плътността на вероятностите и по метода на опорните ординати.

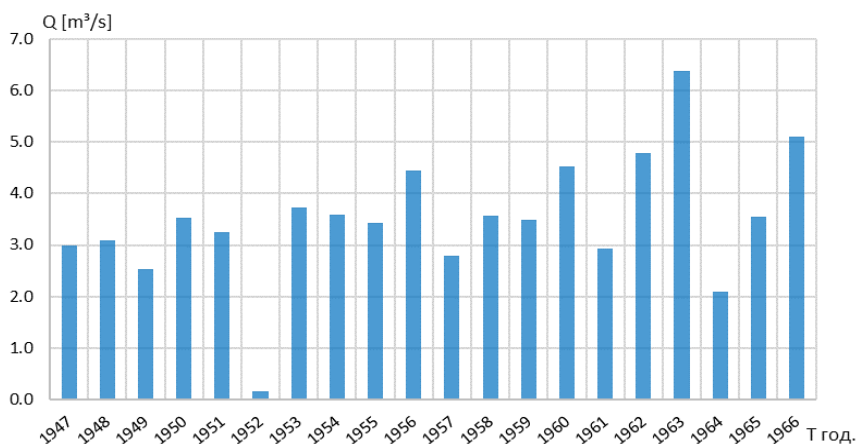
4. Резултати

Наличната хидрометрична информация до 1969 г. дава следните хидроложки характеристики на р. Доспатска и притока ѝ р. Сърнена: средно многогодишен речен отток на р. Доспатска $3,50 m^3/s$ и на р. Сърнена – между $0,22 m^3/s$ и $1,73 m^3/s$ (табл. 3).

Таблица 3. Месечен и годишен речен отток във водосбора на р. Доспатска (по хидрометрични данни до 1969 г.)

| Река – ХМС | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Год. |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Доспатска – Доспат | 4,63 | 4,11 | 5,19 | 6,20 | 5,16 | 3,93 | 2,22 | 1,11 | 0,92 | 1,05 | 2,98 | 4,46 | 3,50 |
| Сърнена – Горски колиби | 0,23 | 0,26 | 0,27 | 0,47 | 0,42 | 0,25 | 0,14 | 0,05 | 0,05 | 0,11 | 0,15 | 0,20 | 0,22 |
| Сърнена – с. Змеица | 2,08 | 1,70 | 2,58 | 3,87 | 2,85 | 2,13 | 1,22 | 0,29 | 0,25 | 0,37 | 1,34 | 2,16 | 1,73 |

Годишният отток на р. Доспатска за периода 1946/1947 – 1966/1967 г. варира между $0,50 \text{ m}^3/\text{s}$ (1951/1952) и $6,83 \text{ m}^3/\text{s}$ (1962/1963). В многогодишния ход на речния отток за посочения период не се откриват закономерности в редуването на маловодни и многоводни периоди, както и статистически значим тренд, независимо от общата посока на увеличаване на годишните водни обеми (фиг. 2). Годишният отток е с голяма изменчивост – коефициентът на вариация (C_v) е 0,38, стойност, незначимо по-висока от публикуваната в Хидрологичен справочник на реките в НРБългария –1982 г. за целия речен басейн – 0,31 (без да е посочена продължителността на периода, за който са направени изчисленията на хидроложките параметри на речния водосбор на р. Доспатска).

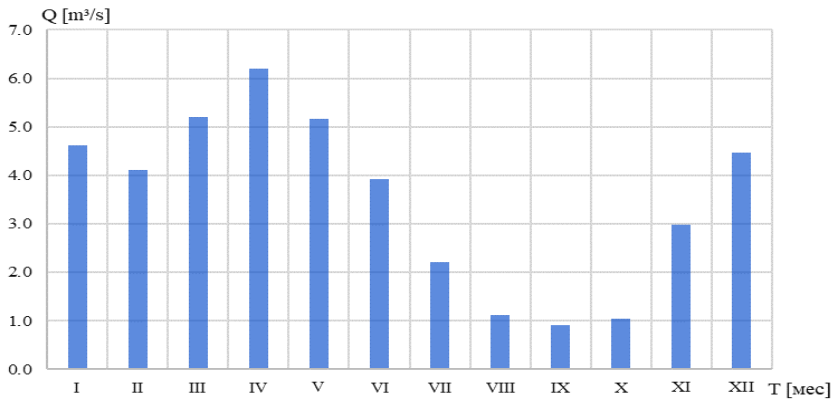


Фиг. 2. Хронологичен ходограф на р. Доспатска – Доспат за периода 1947 – 1966 г.

За водосбора на р. Сърнена – местността Горски колиби – колебанията на годишния отток се включват в границите $0,08 \text{ m}^3/\text{s}$ (1967/1968) и $0,56 \text{ m}^3/\text{s}$ (1955/1956), а за р. Сърнена – с. Змеица, в интервала от $0,56 \text{ m}^3/\text{s}$ (1967/1968) до $2,55 \text{ m}^3/\text{s}$ (1962/1963).

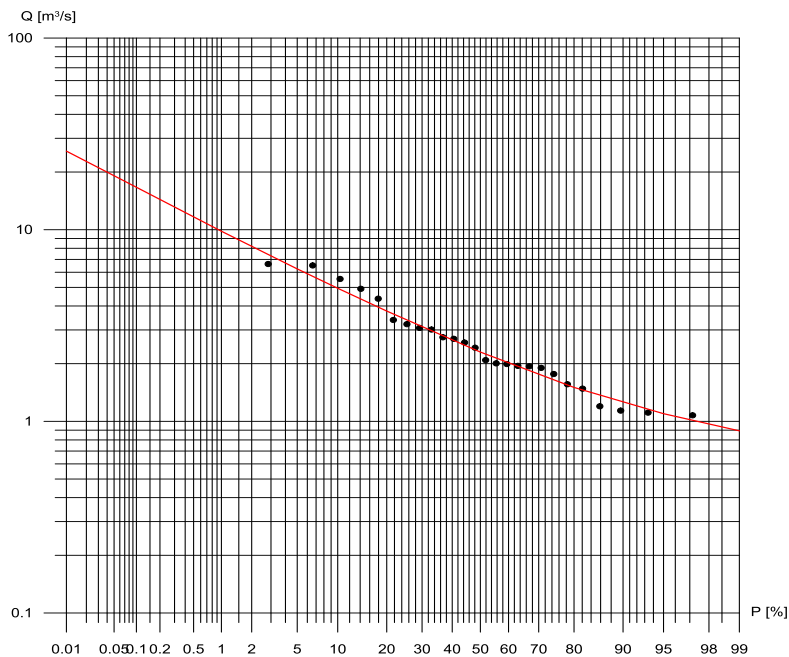
Анализът на данните за годишния отток на р. Доспатска и р. Сърнена за периода от 1946 г. до 1969 г. показва различни години, през които се регистрират граничните стойности на речния отток: най-маловодна година за водосбора на р. Доспатска е 1951/1952 г., а за водосбора на р. Сърнена – 1967/1968 г.; най-маловодна година в речния басейн на р. Доспатска е 1962/1963 г., когато се отчита и максималният годишен отток в речния водосбор на р. Сърнена – с. Змеица, за разлика от горната част на водосбора на р. Сърнена – местността Горски колиби, където най-маловодна година е 1955/1956. Посочените факти показват различията в условията за формиране на речния отток между горното и долното течение на р. Доспатска и потвърждават необходимостта от изследване на съвременното състояние на речния отток.

Отношението между зимния сезонен отток (от м. ноември до м. февруари) и пролетния сезонен отток (от м. март до м. юни) в речния водосбор на р. Доспатска за периода от 1946/1947 до 1965/1966 е 1,08, варира от 0,13 (1953/1954 г.) до 1,88 (1946/1947 г.) и свидетелства за средиземноморско климатично влияние през повечето години на посочения период. Променливостта на климатичните условия през годините намира отражение в конфигурацията на вътрешногодишното разпределение на речния отток: в отточния режим на р. Доспатска се регистрират два отточни максимума – през м. април ($6,20 \text{ m}^3/\text{s}$) и м. януари ($4,63 \text{ m}^3/\text{s}$) и два отточни минимума – през м. септември и м. февруари (фиг. 3).



Фиг. 3. Месечно разпределение на речния отток на р. Доспатска – Доспат

Наблюдаваната хидрометрична информация от ведомствената мрежа на Предприятие ВиК за периода 1990 – 2015 г. дава следните хидроложки характеристики на р. Доспатска: средна стойност $2,39 \text{ m}^3/\text{s}$, коефициент на вариация (C_v) 0,657, коефициент на асиметрия (C_s) 2,50, а получената теоретична крива е представена на фиг. 4.



Фиг. 4. Теоретична крива на обезпеченост за годишния отток на р. Доспатска при створ яз. „Доспат“

Средната многогодишна стойност на речния отток на р. Доспатска към створ яз. „Доспат“ за периода 1990 – 2015 г. е $2,30 \text{ m}^3/\text{s}$ (табл. 3). Получената стойност е по-малка от годишния отток за периода 1946 – 1967 г. и косвено свидетелства за изменение на климатичните условия. Данните от теоретичната крива потвърждават голямата вариация

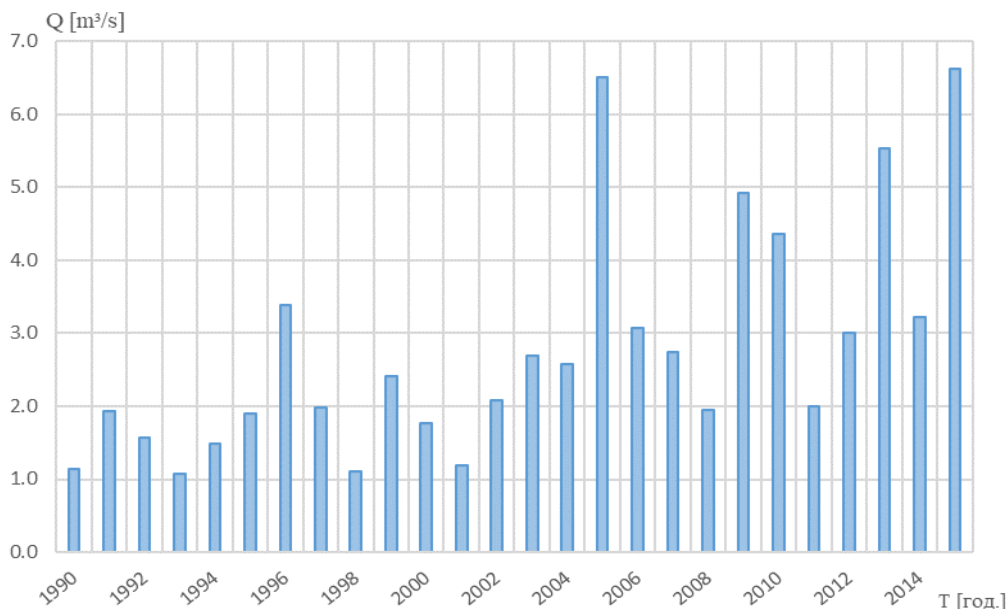
билност на речния отток – Q с обезпеченост 0,01% е 25,72 m³/s, а с обезпеченост 99,9% – 0,89 m³/s (табл. 3). Годишният отток на р. Доспатска към створ яз. „Доспат“ през средно суха година, с обезпеченост (P) 75%, е 1,63 m³/s, а през суха година, с $P = 90\%$, – 1,23 m³/s. Водните обеми при същите обезпечености са съответно 51,47.10⁶ m³ и 39,03.10⁶ m³.

Таблица 3. Стойности на теоретична крива на обезпеченост на р. Доспатска към створ яз. „Доспат“

| $P, \%$ | 0,01 | 0,10 | 1,0 | 5,0 | 10,0 | 20,0 | 50,0 | 75,0 | 80,0 | 95,0 | 99,9 |
|--------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $Q_p, m^3/s$ | 25,72 | 16,66 | 9,82 | 6,25 | 4,95 | 3,76 | 2,30 | 1,63 | 1,50 | 1,10 | 0,89 |

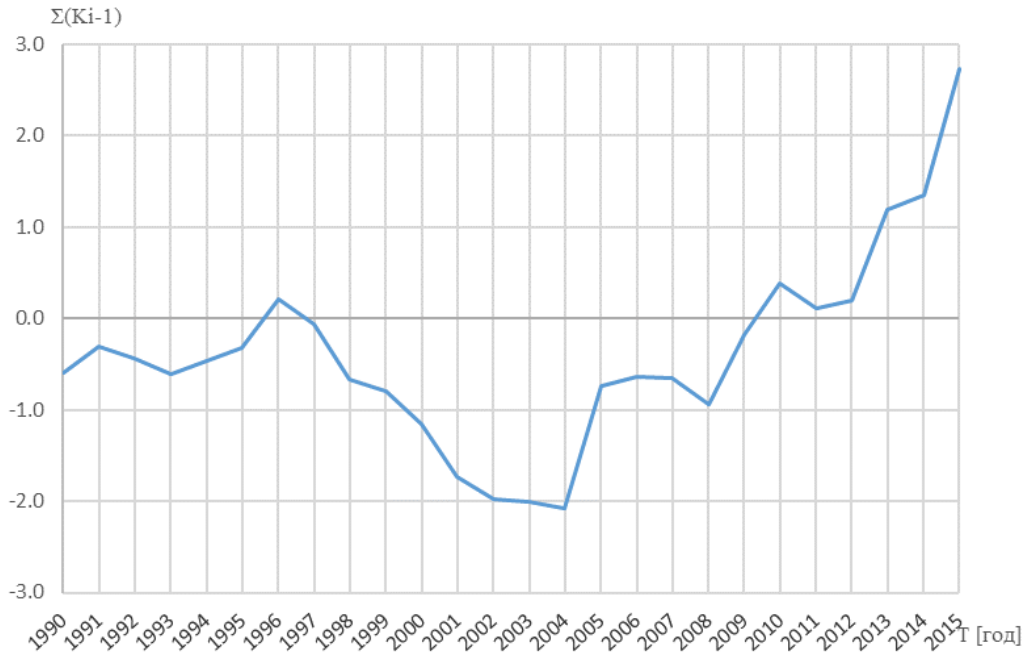
В съответствие с чл. 125 т. 1 от Закона за водите (2000), минимално допустимият отток в реките се определя на 10 на сто от средномногогодишното водно количество, но не по-малко от минималното средномесечно водно количество с обезпеченост 95 на сто към точката на всяко съоръжение за регулиране на оттока или за водовземане, е изчислена стойността на минимално допустимото водно количество, което възлиза на 0,23 m³/s или 230 l/s.

Получените стойности на годишния отток на р. Доспатска към створ яз. „Доспат“ за периода 1990 – 2015 г. показват обща тенденция към увеличаване на речния отток след 2002 г. (фиг. 5). Анализираните хронологични колебания съответстват в голяма степен на тези на годишния речен отток за цялата страна за същия времеви интервал [18]. Много сухи години в речния басейн на р. Доспатска – към створ яз. „Доспат“ са 1993, 1998 и 2001 г., а многоводни години – 2005, 2009, 2013 и 2015 г.



Фиг. 5. Ходограф на естествения годишен отток на р. Доспатска към створ яз. „Доспат“ за периода 1990 – 2015 г.

Колебанията на годишния отток на р. Доспатска към створ яз. „Доспат“ за периода 1990 – 2015 г., представени чрез кривата на интегралните разлики, очертават един многогодишен цикъл от 1996 г. до 2010 г. с негативна фаза между 1996 г. и 2004 г. и позитивна фаза от 2005 г. до 2010 г. (фиг. 6).



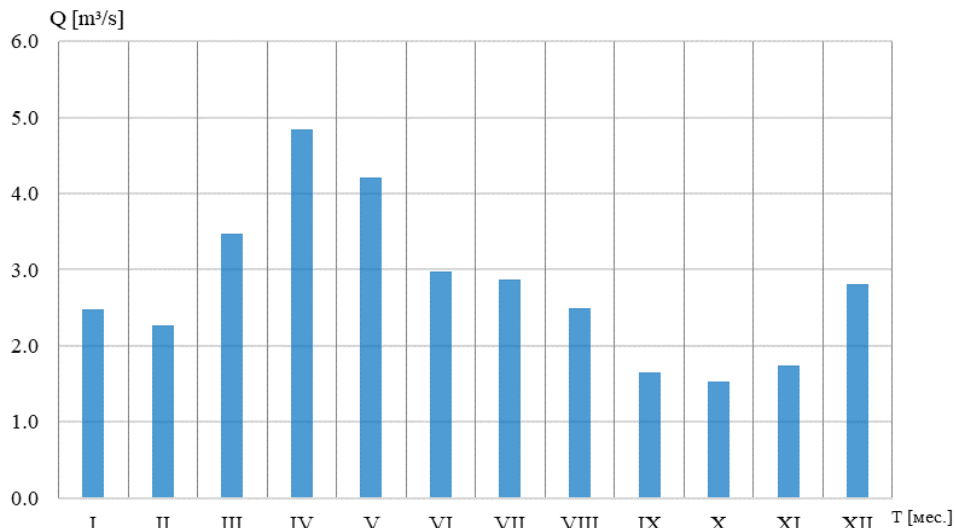
Фиг. 6. Крива на интегралните разлики на годишния отток на р. Доспатска към створ яз. „Доспат“ за периода 1990 – 2015 г.

Месечните стойности на естествения речен отток на р. Доспатска към створ яз. „Доспат“ за периода 1990 – 2015 г. очертават конфигурация на хидрографа, сходна с вътрешногодишния ход на водните обеми от 1946 до 1967 г., но с различия във времева-та проява на отточните максимуми и отточните минимуми (табл. 4).

Таблица 4. Месечни водни количества (Q , m^3/s) и водни обеми ($W \cdot 10^6$, m^3) на р. Доспатска към створ яз. „Доспат“ за години с различна водност за периода 1990 – 2015 г.

| Години по водност | Q/W | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|-----------------------------------|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| Средноводна година, $P = 50\%$ | Q | 0,94 | 2,10 | 2,23 | 4,69 | 4,70 | 2,77 | 2,32 | 2,06 | 1,11 | 1,38 | 1,51 | 1,78 |
| | W | 2,53 | 5,09 | 5,98 | 12,15 | 12,60 | 7,19 | 6,22 | 5,53 | 2,87 | 3,69 | 3,90 | 4,76 |
| Средно суха година $P = 75\%$ | Q | 0,03 | 0,42 | 0,83 | 4,71 | 3,08 | 3,35 | 1,70 | 1,44 | 0,76 | 0,41 | 1,43 | 1,44 |
| | W | 0,07 | 1,03 | 2,21 | 12,20 | 8,25 | 8,68 | 4,55 | 3,85 | 1,98 | 1,10 | 3,71 | 3,85 |
| Суха година $P = 90\%$ | Q | 1,03 | 0,11 | 1,00 | 1,90 | 2,36 | 1,22 | 2,05 | 2,60 | 0,72 | 0,60 | 0,59 | 0,54 |
| | W | 2,77 | 0,26 | 2,68 | 4,94 | 6,32 | 3,17 | 5,48 | 6,98 | 1,86 | 1,60 | 1,54 | 1,44 |

Отточният максимум на р. Доспатска към створ яз. „Доспат“ през изследвания 25-годишен период се регистрира през м. май при незначителна разлика на водните количества през м. април (когато е отточният максимум за периода 1946 – 1967 г.), а вторият отточен максимум се регистрира през м. декември (при втори отточен максимум през м. януари за периода 1946 – 1967 г.) (фиг. 7). Отточният минимум през м. септември е типичен и за двата изследвани периода, докато вторият отточен минимум за периода 1990 – 2015 г. е през м. януари, а за периода 1946 – 1967 г. – м. февруари.



Фиг. 7. Месечно разпределение на речния отток на р. Доспатска – Доспат към створ яз. „Доспат“ за периода 1990 – 2015 г.

Причината за установените различия във времевата проява на най-големите и най-малките месечни водни количества вероятно е в изменения на валежния режим в границите на речния басейн на р. Доспатска към створ яз. „Доспат“ през последните няколко десетилетия. Вътрешно годишният ход на речния отток на р. Доспатска преди вливането в яз. „Доспат“ след 90-те години на XX в. е с по-кратка многоводна фаза.

5. Заключение

Възстановеният речен отток на р. Доспатска към створ яз. „Доспат“ за периода 1990 – 2015 г. – $2,30 \text{ m}^3/\text{s}$ – е по-малък от периода преди построяването на водохранилището, което косвено потвърждава хипотезата за изменение на климата в границите на изследвания речен басейн. Граничните стойности (максимална годишна и минимална годишна стойност) на годишния речен отток, както и вариабилността на водните обеми за същия изчислителен период, остават същите. Многоводните и маловодните години на годишния отток на р. Доспатска се проявяват синхронно на многоводните и маловодните години на годишния отток на страната. Многогодишният ход на речния отток за периода 1990 – 2015 г. е с ясно изразена цикличност и с общ тренд към увеличаване на годишните водни обеми след 2004 г. Установените различия във времевата проява на отточните максимуми и отточните минимуми и в продължителността на отточните фази предполага изменения във валежния режим.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rankova, M., Krumova, K. Vazmozhnosti za otsenka na resursite ot povarhnostni vodi v Bulgaria. // Vodno delo, 1/2, 2016, 22–26.
2. Dimitrov, D., Rankova, M., Krumova, K. Analiz na statisticheskite otsenki na vodnite resursi. // Vodno delo, 1/2, 2017, 2–11.
3. Ninov, P., Karagiozova, T., Bojilova, E., Todorova, N., Krumova, K., Todorova, N., Dobрева, R., Boeva, A., Ivanova, R., Rankova, M. Update of the technological scheme for assessment of surface water resources on the territory of Bulgaria. // B: Danube conference 2017, 191–200.
4. Nikolov, Zh. Varhu nyakoi ottochni zavisimosti za porechiyata na r. Dospatska i r. Kanina. // Hidrologia i meteorologia, kn. 1, 1962, 9–17.
5. Marinov, Iv., Panayotov T. Hidrolozhko rayonirane na Bulgaria. // Hidrologia i meteorologia, kn. 6, 1967, 41–51.
6. Marinov, Iv., Panayotov T. Hidrolozhko rayonirane na Bulgaria. // Izv, IHM, HIV, 1968, 5 – 60.
7. https://wabd.bg/docs/plans/purb1621/01_Razdel_1_Harakteristiki_ZBR.pdf. Plan za upravlenie na rechnite baseyni v Zapadnobelomorski rayon 2016 – 2021, posetena na 12.11.2020 g. na stranitsata na MOSV.
8. Koleva, E., Peneva, R. Klimatichen spravochnik: Valezhi v Bulgaria. // BAN, 1990.
9. Petkova, N. Klimatichni kolebania i izmenenia na snezhnata pokrivka v Bal-garia. Avtoreferat, Sofia, 2014.
10. Mandadzhiev, D. Hidrologichen spravochnik na rekite v NRB. 1982, S., GUHM–BAN, V.
11. Nabatov, N. i dr. Elektro-energetikata na Bulgaria. // Tangra Tangra Tan-Nak Ra, 2015, ISBN: 9789543780815, 800 s.
12. Baumbach, T., Suzette, R., Burckhard, J., Kant, M. Watershed Modeling Using Arc Hydro Tools. GeoHMS, and HEC-HMS: Published by South Dakota State University (SDSU), Jerome J. Lohr College of Engineering, Civil and Environmental Engineering Department, and Water and Environmental Engineering Research Center, Brookings, SD 57007, 2-2015.
13. Franco-Plata, R., Miranda-Vazquez, C., Solares-Hernandez, H. Implementing into GIS a tool to automate the calculation of physiographic parameters of river basins. // Open Journal of Modern Hydrology, 2013, 3, 67-74.
14. Mandadzhiev, D. Opredelyane harakteristikite na sezonnia i godishnia ottok pri narushen rezhim. // Hidrologia i meteorologia, kn. 6, 1973, 23–27.
15. Ivanov, I., Burnazki, E. Otsenka na obema na vodite na r, Dospat, koito pos-tapvat v Republika Gartsia sled puskane v eksploatatsia na hidrokompleksite „Shiroka polyana“ i „Dospat – Teshel“. // Vodno delo, kn. 1–2, 2020, 30–35.
16. Marinov, I., Mandadzhiev, D., Pechinov, D. Hidrologichen narachnik I chast, izd. „Tehnika“ Sofia 1979.
17. https://www.moew.government.bg/static/media/ups/tiny/file/Water/Povarhnostnivod_i/Metodika/YazoviriPrilozhenie_1/1.pdf. Metodika za opredelyane na obemi v yazovirite po prilozhenie 1 ot zakona za vodite za poemane na ochakvan pritok Tom I, prilozhenie 2 – posetena na 14.11.2020 g. na stranitsata na MOSV.
18. Hristova, N., Penkov, Iv., Seymenov, K. Kolebania i klimatichna elatichnost na godishnia rechen ottok v Bulgaria. // God. Su, GTF, 2 – Geografia, 2019, 111, 63–73.

ANNUAL AND MONTHLY OUTFLOW OF THE DOSPATSKA RIVER IN THE CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC IMPACTS AND CLIMATE CHANGE

S. Kirilova¹

Keywords: river outflow, Dospatska river, water balance method

ABSTRACT

The restoration of the natural river outflow under anthropogenic pressure makes it possible to study the changes in the annual and multi-annual outflow dynamics for different periods. The aim of the present study is to calculate the annual river runoff of the Dospatska River to the Dospat Dam for different water years for the period 1990–2015, during which monitoring from the reference hydrometric network is not carried out. The analysis is based on hydrometric data from the departmental network of JSC "Dams and Cascades" and the water balance method. The obtained monthly and annual water quantities of the Dospatska River at the Dospat Dam reveal the following hydrological characteristics: annual river runoff – 2,30 m³/s, which is lower than the period before the construction of the reservoir, but at similar limit values and variability; synchronous manifestation of the multi-water and low-water years of the annual outflow of the Dospatska River with the multi-water and low-water years of the annual outflow of the country; clear cyclicity and general trend towards increasing annual water volumes after 2004; the difference in the time manifestation of the runoff maxima and runoff minima and in the duration of the runoff phases in 1990 – 2015 compared to transitional years.

¹ Silvia Kirilova, Chief Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. "Hydraulics and Hydrology", UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: Kirilova_FHE@uacg.bg