

**СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ
„СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“
ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ
КАТЕДРА „КЛИМАТОЛОГИЯ, ХИДРОЛОГИЯ
И ГЕОМОРФОЛОГИЯ“**

Калин Кръстев Сейменов

**ОЦЕНКА НА РЕЧНИЯ ОТТОК И ВОДНИТЕ
РЕСУРСИ ВЪВ ВОДОСБОРИТЕ ЗАПАДНО
ОТ РЕКА ОГОСТА**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертация за присъждане на образователна и
научна степен „доктор“ в професионално
направление 4.4 Науки за Земята (Хидрология на
сушата и водните ресурси)

Научен ръководител: проф. д-р Нели Христова

София, 2024

Обща информация

Дисертационният труд е преминал предварително обсъждане на заседание на катедра „Климатология, хидрология и геоморфология” на 13 декември 2023 г., на което е взето решение за насочване към процедура по публична защита.

Дисертацията съдържа 212 страници, от които 133 страници основен текст и 79 страници приложения. Списъкът с литературните източници включва 142 заглавия, от които 86 на кирилица и 56 на латиница. Изследването е илюстрирано с 27 фигури, 46 таблици и 14 приложения. Номерацията на фигурите и таблиците в автореферата съответства на използваната в дисертацията.

Научното жури е утвърдено от Факултетен съвет на Геолого-географски факултет на г. и е в състав:

проф. д-р Нина Николова
доц. д-р Емилия Черкезова
доц. д-р Калина Радева
доц. д-р Крася Колчева
доц. д-р Кристина Гърциянова

Публичната защита ще се състои на г. от ч. в зала на Софийски университет „Св. Климент Охридски”.

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в кабинет 254 – Ректорат, северно крило.

СЪДЪРЖАНИЕ¹

УВОД

Актуалност на темата	4
Обект и предмет на изследване	5
Цел и задачи на изследване.....	5
Ограничения на изследването.....	6

ГЛАВА ПЪРВА. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧНА ОСНОВА НА ИЗСЛЕДВАНЕ

6

ГЛАВА ВТОРА. ТЕРИТОРИАЛЕН ОБХВАТ, ИЗХОДНИ ДАНИИ И МЕТОДИ НА ИЗСЛЕДВАНЕ.....

7

2.1 Териториален обхват на изследване.....	7
2.2 Изходна информация.....	7
2.3 Методи на изследване.....	7

ГЛАВА ТРЕТА. ФАКТОРИ ЗА ФОРМИРАНЕ НА КОЛИЧЕСТВОТО И КАЧЕСТВОТО НА РЕЧНИТЕ ВОДИ ВЪВ ВОДОСБОРИТЕ ЗАПАДНО ОТ РЕКА ОГОСТА

8

ГЛАВА ЧЕТВЪРТА. РЕЧЕН ОТТОК И ВОДНИ РЕСУРСИ ВЪВ ВОДОСБОРИТЕ ЗАПАДНО ОТ РЕКА ОГОСТА

10

4.1 Количествена оценка на речния отток и водните ресурси ...	10
4.1.1 Статистически характеристики на годишния речен отток. Среден многогодишен отток	10
4.1.2 Многогодишна динамика на речния отток	12
4.1.3 Обезпеченост на речния отток. Водни ресурси.....	15
4.1.4 Високи и ниски води (пълноводие и маловодие).....	17
4.1.5 Месечна и сезонна отточна динамика	20
4.1.6 Екстремни хидроложки събития.....	25
4.2 Качество на речните води	27
4.2.1 Компонентен анализ	27
4.2.2 Комплексен анализ	29

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

30

СПРАВКА НА ПРИНОСИТЕ.....

32

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМАТА.....

33

БЛАГОДАРНОСТИ

33

¹ Съдържанието е в съответствие със структурата на автореферата.

УВОД

Актуалност на темата. Изучаването на количествените и качествените изменения на речния отток и водните ресурси в условията на глобално затопяване и антропогенни въздействия представлява една от най-предизвикателните изследователски задачи, пред които е изправена науката хидрология. Редица автори установяват тенденция към намаляване на годишните, месечните и сезонните водни обеми вследствие от нарастващите температури на въздуха и антропогенните влияния (Banasik *et al.*, 2012, Shengzhi *et al.*, 2015, Umar *et al.*, 2018, Arslan *et al.*, 2020, Zhong *et al.*, 2021, Xu *et al.*, 2022 и др.), към увеличаване честотата на екстремните хидроложки събития (Merz *et al.*, 2014, Thieken *et al.*, 2016, Weerasinghe *et al.*, 2018, Milanović-Pešić, 2020, Rivera *et al.*, 2021, Achite *et al.*, 2022), към повишаване обема на водоползването (Li *et al.*, 2015, Wada *et al.*, 2016), към влошаване качеството на водите (Terrado *et al.*, 2010, Romero *et al.*, 2016, Thellmann *et al.*, 2017, Kirschke *et al.*, 2019, Kuczyńska *et al.*, 2021, Villanueva *et al.*, 2021). Направените констатации се потвърждават в Шести доклад на Междуправителствения панел по изменение на климата (Intergovernmental panel on climate change – IPCC) и се проявяват с различна интензивност на регионално и локално равнище, включително на територията на България. Годишният речен отток е с негативен тренд на изменение през последните десетилетия (Lizama-Rivas & Koleva-Lizama, 2005, Artinyan *et al.*, 2021) и през сухи години поставя населението на страната в ситуация на воден стрес (Христова и др., 2019). Понижаването на водните обеми в реките най-вероятно ще продължи до края на XXI в. дори и при оптимистичния сценарий RCP 2.6 („План за управление на речните басейни“, 2022–2027). Посочените тенденции се съчетават с намаляващо водоползване и подобряване (макар и бавно) на качеството на повърхностните води (Протич, 2013, Върбанов и Гърциянова, 2015, Върбанов и др., 2015, Гърциянова, 2016, 2022, Radeva & Сейменов, 2021, Радева, 2022, Сейменов, 2022, „Годишен доклад за състоянието и опазването на околната среда“, 2022).

В посочения контекст, настоящата работа анализира тенденциите в обема, режима и физикохимичното състояние на повърхностните води в северозападната част на страната, където са развити малки и средни по дължина и площ на водосборната област реки, които са по-чувствителни към измененията на климата и антропогенните влияния в сравнение с обширните поречия. Антропопресата, макар и с отслабваща сила поради негативните демографски и социално-икономически тенденции в района през последните десетилетия, остава причина за отклоняване на речния отток и замърсяване на водните потоци. В подкрепа към посочените твърдения постъпват резултатите от досегашните изследвания. Измененията в отточните условия (Начева, 2016), високочувствителният отговор на речните течения към дългосрочните вариации на климата (Seymenov, 2020), намаляването и отклоняването на оттока (Захариева, 2005, Димитров, 2018, Темелкова, 2019, Сейменов, 2023), увеличаването на амплитудата между минималните и максималните водни обеми (Дакова, 1976, Христова, 2014, Hristova *et al.*, 2017), промените в хидрохимичната техногенеза (Върбанов, 1992, Радева и Сейменов, 2019, Сейменов, 2019, Radeva & Seymenov, 2020, Seymenov, 2021) и др. доказват непостоянство на хидроложкия комплекс в речните водосбори. Независимо от нарастващия брой трудове, посветени на повърхностните водни течения в района, в научната литература не се откриват актуални данни относно годишните, месечните и сезонните отточни вариации, екстремните състояния на речния отток, количествената обезпеченост с водни ресурси и качеството на водите в условията на изменения на климата и антропогенни влияния. Стремещът към разширяване и обогатяване на досегашните знания и предоставянето на факти по неизучените до момента теми аргументират целта и задачите на настоящото проучване.

Обект и предмет на изследване. Обект на изследване са речният отток и водните ресурси във водосборите на реките Тополовец, Войнишка, Видбол, Арчар, Скомля, Лом и Цибрица (обособени в самостоятелно поречие – Реки западно от р. Огоста²). Предмет на анализ са годишните, месечните и се-

² По „План за управление на речните басейни“ (ПУРБ)

зонните отточни вариации, екстремните състояния на речния отток, количествената обезпеченост с водни ресурси и качеството на водите.

Цел и задачи на изследване. Целта на дисертацията е анализ и оценка на речния отток и водните ресурси във водосборите западно от р. Огоста. Поставената цел е осъществена чрез поэтапно изпълнение на следните задачи:

- Проучване на подходите и методите за количествена и качествена оценка на речните води в условията на изменения на климата и антропогенни въздействия;
- Оформяне на времеви редове от стойности на годишния, месечния и ежедневния отток и физикохимичните показатели за качество на водите и оценка на тяхната репрезентативност за целите на изследването;
- Анализ на пространствено-времевите и количествените параметри и на тенденциите в изменението на годишния отток, месечните и сезонните водни обеми и екстремните хидроложки събития;
- Определяне на обезпечеността с водни ресурси в количествен аспект и оценка качеството на речните води.

Реализирането на целта и изпълнението на изследователските задачи се очаква да предоставят информация за съвременното състояние на речния отток и водните ресурси във водосборите западно от р. Огоста. Получените резултати е възможно да послужат като основа за провеждане на теоретични анализи и вземане на управленски решения.

Ограничения на изследването. Настоящото изследване се ограничава от липсата на публично достъпна информация за ежедневни водни количества след 1983 г. и от обобщените данни за водоползването, отнасящи се за целия Дунавски район за басейново управление, а не за отделни водосбори.

ГЛАВА ПЪРВА

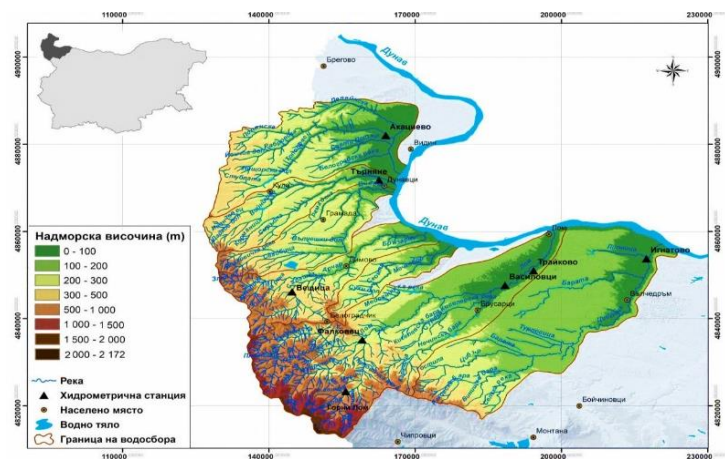
ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧНА ОСНОВА НА ИЗСЛЕДВАНЕ

Изучаването на количеството и качеството на речните води се извършва чрез математико-статистически, графични и картографски методи (Христова, 2010, Гърциянова, 2022).

ГЛАВА ВТОРА

ТЕРИТОРИАЛЕН ОБХВАТ, ИЗХОДНИ ДАННИ И МЕТОДИ НА ИЗСЛЕДВАНЕ

2.1 Териториален обхват на изследване. Настоящото изследване обхваща водосборите на реките Тополовец, Войнишка, Видбол, Арчар, Скомля, Лом и Цибрица – десни приитоци на р. Дунав (фиг. 1). Площта на района в посочените граници е 3790 km² (Христова, 2012).



Фигура 1. Карта на релефа и хидрометричната мрежа във водосборите западно от р. Огоста (Hristova *et al.*, 2017)

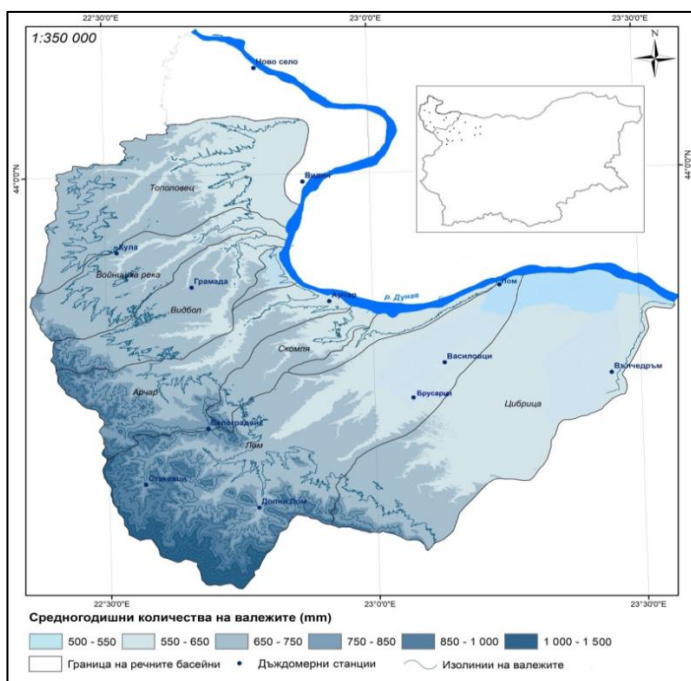
2.2 Изходна информация. Основа на изследването са данни от опорната хидрометрична мрежа на Национален институт по метеорология и хидрология (НИМХ) относно годишните, месечните и ежедневните водни количества и информация от контролния мониторинг на Изпълнителна агенция по околна среда (ИАОС) за измерените стойности на физикохимични показатели в речните води.

2.3 Методи на изследване. Изследването се основава на общонаучни (анализ, синтез, сравнение и обобщение) и частнонаучни (статистически, картографски, хидроложки и др.) методи, които са описани подробно в дисертацията.

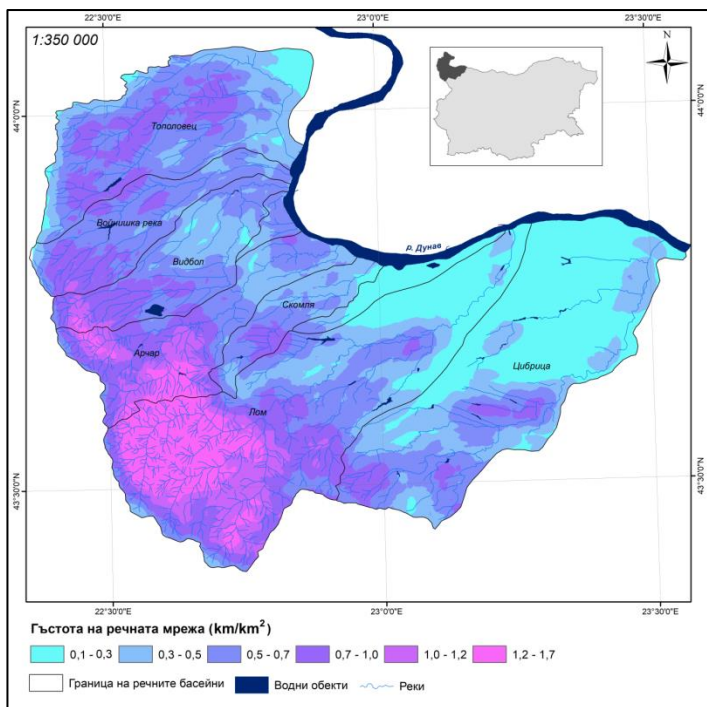
ГЛАВА ТРЕТА

ФАКТОРИ ЗА ФОРМИРАНЕ НА КОЛИЧЕСТВОТО И КАЧЕСТВОТО НА РЕЧНИТЕ ВОДИ ВЪВ ВОДОСБОРИТЕ ЗАПАДНО ОТ РЕКА ОГОСТА

Трета глава описва природно-географските фактори – климатични, морфохидрографски, геоморфоложки, геоложки и хидрогеоложки, почвена покривка и залесеност, изобразени и графично чрез карти (фиг. 4, фиг. 9 и др.). Анализирани са и антропогенните оттокообразуващи фактори – земеделие, комунално-битов и промишлен сектор.



Фигура 4. Карта на средногодишните количества на валежите във водосборите западно от р. Огоста за периода 1961–2020 г. (по данни от Климатичен справочник до 1985 г. и информация от НИМХ за 1986–2020 г.)



Фигура 9. Карта на гъстотата на речната мрежа във водосборите западно от р. Огоста (по Топографска карта на България, 1989)

Изводи

Хидроложките процеси в изследвания район:

- протичат в относително хомогенни природно-географски условия и антропогенна дейност;
- предпоставят проява на височинна зоналност;
- задават вероятност за възможни изменения в обема, режима и физикохимичното състояние на речните води.

ГЛАВА ЧЕТВЪРТА

РЕЧЕН ОТТОК И ВОДНИ РЕСУРСИ ВЪВ ВОДОСБОРИТЕ ЗАПАДНО ОТ РЕКА ОГОСТА

4.1 Количествена оценка на речния отток и водните ресурси

4.1.1 *Статистически характеристики на годишния речен отток. Среден многогодишен отток.* Проверката за хомогенност на времевите серии от стойности на годишния отток разкрива, че повечето редици са със статистически значима нееднородност, което се потвърждава от двойносомарните криви. Еднородността на времевите серии се нарушава около средата на 80-те години на XX в. (между 1983 г. и 1987 г. за отделните речни водосбори). Доколкото няма данни за увеличаване на антропогенния натиск върху изследваните речни системи след втората половина на 80-те години на XX в., причината за нарушената еднородност следва да се търси в измененията на климата и в промените на начините за събиране и обработване на хидрометричната информация. От 1982 г. започва трайна тенденция към хидроложко засушаване във водосбори от северозападната, южната и югозападната част на България (Герасимов и Божилова, 2003, Герасимов и др., 2004, Димитров, 2018, Христова и др., 2020, Кирилова, 2022). Към посоченото обстоятелство се прибавят промените на методите и апаратурата за извършване на хидрометричните наблюдения и измервания в страната след 80-те години на XX в. (Ангелов, 2021).

Получените резултати са основание многогодишният период да бъде поделен на два подпериода (с условно ненарушен и нарушен отток), които съдържат еднородни данни³ и имат приблизително еднаква дължина. Въз основа на подпериодите са изчислени и представени описателните

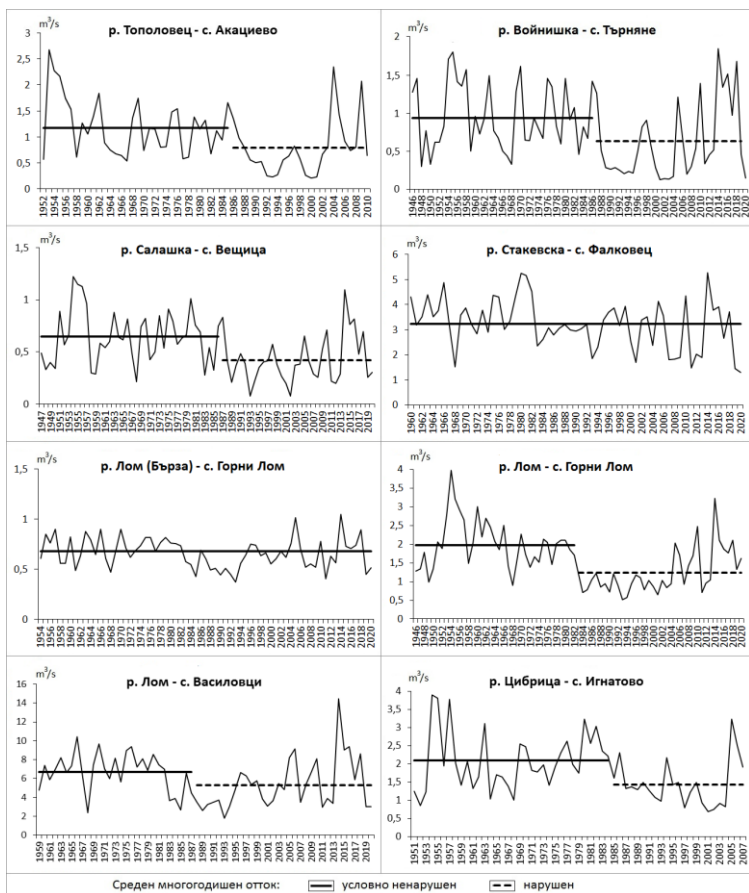
³ Проверката за хомогенност е направена по същата методика, но резултатите не са публикувани.

статистически характеристики на годишния отток (табл. 19). Изключение са водосборите на р. Стакевска – с. Фалковец и р. Бърза – с. Горни Лом, за които се установява хомогенност на времевите редове. За същите реки се регистрира нормално разпределение, а в останалите речни басейни – лог-нормално.

Средногодишният отток за подпериода с ненарушени отточни условия е между $0.65 \text{ m}^3/\text{s}$ (р. Салашка – с. Вещица) и $6.72 \text{ m}^3/\text{s}$ (р. Лом – с. Василовци) при малки стандартни грешки на средноаритметичната стойност и малка до умерена вариабилност на водните обеми – коефициентът на вариация (C_v) е от 0.22 (р. Бърза – с. Горни Лом) до 0.47 (р. Тополовец – с. Акациево) (табл. 19), което свидетелства за постоянство на оттокообразуващите условия, особено в планинските райони. Средногодишните водни количества намаляват след средата на 80-те години на ХХ в. във всички водосбори с нарушени отточни условия и варират между $0.42 \text{ m}^3/\text{s}$ (р. Салашка – с. Вещица) и $5.32 \text{ m}^3/\text{s}$ (р. Лом – с. Василовци) (фиг. 13, табл. 19). Времеви серии от годишни стойности на речния отток увеличават вариабилността си в сравнение с цитираните по-горе – C_v се изменя от 0.44 (р. Цибрица – с. Игнатово) до 0.81 (р. Войнишка – с. Търняне) (табл. 19), което е показателно за изменение на оттокообразуващия комплекс.

Таблица 19. Описателна статистика на годишния речен отток във водосборите западно от р. Огоста

Река – ХМС	Условно ненарушен отток			Нарушен отток		
	Период	$Q_{av.}$ (m^3/s)	C_v	Период	$Q_{av.}$ (m^3/s)	C_v
Тополовец – Акациево	1952–1985	1.17	0.47	1986–2011	0.79	0.69
Войнишка – Търняне	1946–1985	0.94	0.45	1986–2020	0.63	0.81
Салашка – Вещица	1947–1986	0.65	0.38	1987–2020	0.42	0.54
Стакевска – Фалковец	1960–2020	3.23	0.30	–	–	–
Лом (Бърза) – Г. Лом	1954–2020	0.68	0.22	–	–	–
Лом – Горни Лом	1946–1983	1.98	0.33	1984–2020	1.24	0.48
Лом – Василовци	1959–1987	6.72	0.29	1988–2020	5.32	0.50
Цибрица – Игнатово	1951–1984	2.09	0.38	1985–2007	1.43	0.44

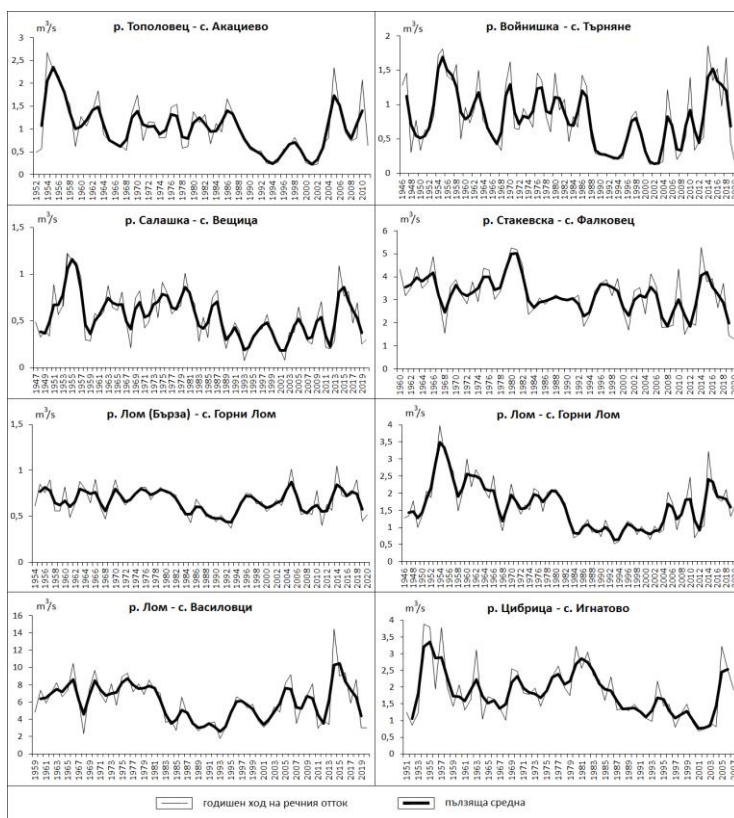


Фигура 13. Среден многогодишен отток във водосборите западно от р. Огоста

4.1.2 Многогодишна динамика на речния отток.

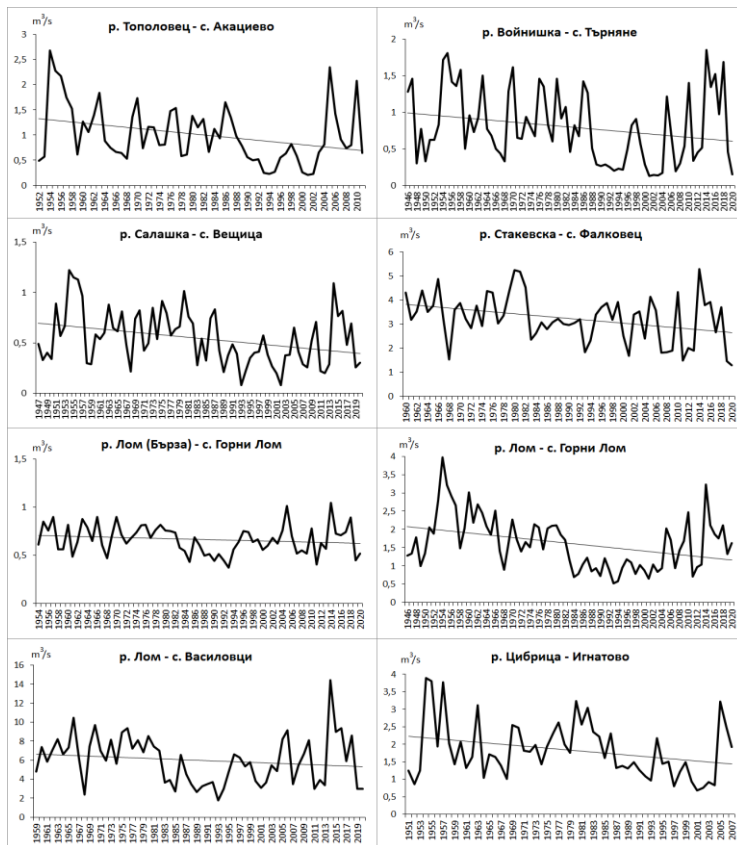
Хронологичните колебания на речния отток съвпадат с установените за територията на цялата страна (Пенчев и др., 1971, Мандаджиев, 1989, Христова и др., 2018). Пълзящите средни стойности и кривите на интегралните разлики показват сходство в проявата на позитивни и негативни цикли: в почти всички поречия се регистрира период на повишена водност в

средата на 50-те години на XX в. (с най-големи водни обеми между 1953 г. и 1957 г.), поредица средноводни години през 60-те и 70-те години (с изключение на маловодната 1968 г.), негативен цикъл от 1982 г. до 2004 г. (прекъснат от няколко средноводни години) и разнопосочна отточна динамика след 2005 г. (фиг. 14). При така очерталите се отточни колебания е налице няколкогодишен многоводен период и продължителен маловоден цикъл с нееднакво начало и край за отделните водосбори.



Фигура 14. Многогодишен ход и пълзящи средни стойности на речния отток във водосборите западно от р. Огоста

Линейният тренд показва намаляване на годишните водни обеми във всички изследвани речни басейни (фиг. 16).



Фигура 16. Линейен тренд на годишния речен отток във водосборите западно от р. Огоста

Чрез Mann-Kendall се установява, че наклонът на изравнителната линия е статистически значим за повечето водосбори и без статистическа значимост единствено за речните басейни на р. Лом (Бърза) – с. Горни Лом и р. Лом – с. Василовци (табл. 20).

Таблица 20. Тренд анализ на годишния отток по Mann-Kendall

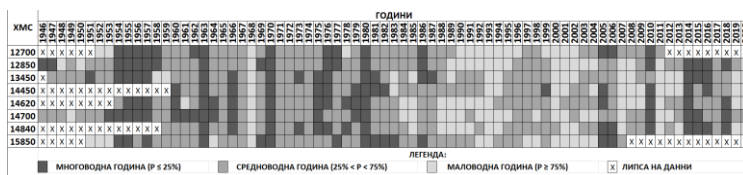
Река – ХМС	Kendall's tau	Sen's slope
Тополовец – Акациево	-0.239	-0.012
Войнишка – Търняне	-0.205	-0.007
Салашка – Вещица	-0.231	-0.004
Стакевска – Фалковец	-0.213	-0.018
Лом (Бърза) – Горни Лом	-0.138	-0.001
Лом – Горни Лом	-0.257	-0.013
Лом – Василовци	-0.156	-0.021
Цибрица – Игнатово	-0.207	-0.014

Bold – статистически значим тренд ($p\text{-value} \leq 0.05$)

4.1.3 Обезпеченост на речния отток. Водни ресурси.

Данните от емпиричните криви потвърждават значителната вариабилност на водните количества. Речният отток през суха година с обезпеченост 75% (повторяемост веднъж на четири години) е между 0.32 m³/s (р. Салашка – с. Вещица) и 3.63 m³/s (р. Лом – с. Василовци), а през средноводна година с обезпеченост 50% е в границите от 0.50 m³/s до 5.89 m³/s – стойност близка до нормата на оттока. Речният отток през многоводна година с обезпеченост 25% е с крайни стойности в същите водосбори и е съответно 0.75 m³/s и 8.08 m³/s.

Разпределението на речния отток през годините по водност е показано на фиг. 17 и в значителна степен съвпада с изведените за територията на цялата страна серии от многоводни и маловодни години, определени по данни от емпирични криви за периода 1931–2003 г. (Лазаров и др., 2004).



Фигура 17. Годишен отток с различна обезпеченост във водосборите западно от р. Огоста

Резултатите са основа за анализ на повърхностните водни ресурси. Обемът на водните ресурси варира в широки граници през годините и за отделните водосбори (табл. 22).

Таблица 22. Обем на повърхностните водни ресурси през години с различна водообеспеченост

Река – ХМС	Маловодна година ($P \geq 75\%$)		Средноводна година ($25\% < P < 75\%$)		Многоводна година ($P \leq 25\%$)	
	$W \text{ min.}$ * 10^6 m^3	$W \text{ max.}$ * 10^6 m^3	$W \text{ min.}$ * 10^6 m^3	$W \text{ max.}$ * 10^6 m^3	$W \text{ min.}$ * 10^6 m^3	$W \text{ max.}$ * 10^6 m^3
Тополовец – Акациево	6.49	18.35	19.24	42.89	43.52	84.51
Войнишка – Търняне	4.01	10.72	13.87	39.73	40.36	58.66
Салашка – Вещица	2.46	10.21	10.41	23.34	23.65	38.47
Стакевска – Фалковец	40.64	78.99	82.30	119.52	122.04	166.39
Лом (Бърза) – Г. Лом	11.67	17.47	17.66	23.81	23.96	33.05
Лом – Горни Лом	16.34	31.22	32.27	64.94	65.59	125.51
Лом – Василовци	56.07	114.55	115.23	234.78	254.93	455.28
Цибрица – Игнатово	21.54	39.42	39.81	72.84	72.95	122.67

Интерес представлява обезпечеността през маловодна година, когато водните обеми са ограничени. Представа за обема на водните ресурси на глава от населението дава индексът на Фолкенмарк (*Falkenmark Index – FI*) (табл. 23).

Таблица 23. Максимални и минимални стойности на *FI* през маловодна година ($\text{m}^3/\text{човек}/\text{год.}$)

Речен басейн	<i>FI min.</i>	<i>FI max.</i>
Тополовец		
• с населението на Видин	85	235
• без населението на Видин	384	1063
Войнишка	1211	5554
Лом		
• с населението на Лом	967	2758
• без населението на Лом	2020	6371
Цибрица	746	1218

Стойностите на *FI* през маловодна година варират в широки числови граници – между 85 м³/ч./г. (за басейна на р. Тополовец с жителите на Видин през 1994 г.) и 6371 м³/ч./г. (за водосбора на р. Лом без населението на Лом през 2013 г.), което показва „абсолютен недостиг на вода“ и „липса на воден стрес“ (табл. 23). Резултатите сочат, че воден стрес, недостиг и абсолютен недостиг на вода се отчитат предимно в басейните на р. Тополовец (с включване и без включване жителите на Видин) и Цибрица, докато липса на воден стрес е налице през повечето маловодни години в поречията на Войнишка и Лом (с и без населението на Лом). Причина за по-голямата водообезпеченост на жителите в басейна на р. Войнишка може да се търси в по-малкия брой на населението в речния водосбор. Достатъчната обезпеченост на жителите в поречието на Лом се обяснява със значителната вододайност на речния басейн и слабата населеност в старопланинската му част. Траен недостиг на вода изпитват жителите в басейна на р. Тополовец (с и без населението на Видин), а с данни за воден стрес се откроява водосборната област на р. Цибрица.

4.1.4 *Високи и ниски води (пълноводие и маловодие)*. Пълноводието се проявява всяка година през пролетния хидроложки сезон с продължителност от един до пет месеца, с осреднен старт между третата седмица на м. февруари и първата декада на м. април и край между последната седмица на м. април и втората декада на м. юни (табл. 24). Установена е линейна зависимост между средната надморска височина на речните водосбори и средната дата за настъпване на пълноводието с коефициент на детерминация 0.90.

Пълноводието е с най-голяма честота на времетраене от един до два месеца (март/април–април/май) – от 42.1% (р. Лом – с. Василовци) до 51.1% (р. Цибрица – с. Игнатово) от случаите. Изключение са р. Бърза – с. Горни Лом и р. Лом – с. Горни Лом, където пълноводието по-често трае между два и три месеца (март/април–май/юни) – 38.5% и 44.4%, и рядко продължава от един до два месеца. Средният многогодишен отток през пълноводната фаза се изменя от 1.80 м³/s (р. Салашка – с. Вещица) до 18.34 м³/s (р. Лом – с.

Василовци) и съставлява между 52.3% и 58.9% от годишните водни обеми (табл. 24).

Таблица 24. Характеристики на пролетното пълноводие във водосборите западно от р. Огоста

Река – ХМС	Времени характеристики			Количествени характеристики		
	Средни дати		Средна прод. (дни)	Q _{av.} m ³ /s	W _{av.} 10 ⁶ m ³	% от W _{ан.}
	начало	край				
Тополовец – Акациево	21.02.	02.05.	71	2.81	17.23	52.3
Войнишка – Търняне	19.02.	27.04.	68	2.26	13.28	55.3
Салашка – Вещица	05.03.	13.05.	70	1.80	10.89	57.6
Стакевска – Фалковец	14.03.	17.05.	66	10.07	57.42	55.5
Лом (Бърза) – Г. Лом	03.04.	18.06.	76	1.86	12.15	58.3
Лом – Горни Лом	01.04.	13.06.	73	3.93	24.78	53.4
Лом – Василовци	12.03.	22.05.	71	18.34	112.51	58.9
Цибрица – Игнатово	25.02.	30.04.	65	5.50	30.88	53.3

В изучаваните речни басейни се регистрират две продължителни състояния на понижена водност – първично (основно) и вторично маловодие, съответно през лятно-есенния и зимния хидроложки сезон. През отделни години лятно-есенната маловодна фаза преминава без прекъсване в зимно маловодие, което обуславя състояние на ниски води с продължителност над шест месеца, но по-често двете отточни фази се прекъсват от краткотрайно покачване на водните нива с времетраене около един месец.

Лятно-есенното маловодие се проявява ежегодно с времетраене от един до шест месеца, с начало средно между първата и четвъртата седмица на м. юли и край между втората и третата декада на м. октомври (табл. 25). Трайно понижени водни нива извън лятно-есенния хидроложки сезон, но свързани с основното маловодие, се установяват най-често през месеците юни и ноември, макар и не през всяка хидроложка година.

Таблица 25. Характеристики на лятно-есенното маловодие във водосборите западно от р. Огоста

Река – ХМС	Времени характеристики		Количествени характеристики			
	Средни дати		Средна прод. (дни)	Q _{av.} m ³ /s	W _{av.} 10 ⁶ m ³	% от W _{an.}
	начало	край				
Тополовец – Акациево	12.07.	19.10.	100	0.41	3.54	10.8
Войнишка – Търняне	15.07.	18.10.	96	0.31	2.57	10.2
Салашка – Вещица	20.07.	25.10.	98	0.23	1.94	10.5
Стакевска – Фалковец	18.07.	28.10.	103	1.37	12.19	11.7
Лом (Бърза) – Г. Лом	26.07.	23.10.	90	0.28	2.17	10.5
Лом – Горни Лом	25.07.	23.10.	91	0.73	5.74	12.1
Лом – Василовци	15.07.	01.11.	110	2.43	23.09	12.1
Цибрица – Игнатово	07.07.	28.10.	114	0.98	9.65	16.6

Лятно-есенното маловодие е по-продължително – най-често се задържа от два до три месеца (юли/август–септември/октомври) в планинските речни басейни и от три до четири месеца (юни/юли–септември/октомври) в равнинните райони. Най-рядко маловодието е с времетраене между пет и шест и над шест месеца (май/юни–ноември/декември). С най-голям ефект върху времевите и количествените параметри на лятно-есенното маловодие са хидрогеоложките условия. Средният многогодишен отток през маловодната отточна фаза варира от 0.23 m³/s (р. Салашка – с. Вещица) до 2.43 m³/s (р. Лом – с. Василовци), като съсредоточава приблизително между 10.2% и 16.6% от годишните водни обеми (табл. 25).

Зимното маловодие е с продължителност между един и четири месеца, с начало от последната декада на м. ноември или втората седмица на м. декември и край през м. февруари (табл. 26). Епизодични са случаите, в които зимно маловодие се регистрира и през първия месец от пролетния хидроложки сезон – м. март, преобладаващо в планинските речни басейни в отговор на по-продължителния период с отрицателни температури на въздуха.

Таблица 26. Характеристики на зимното маловодие във водосборите западно от р. Огоста

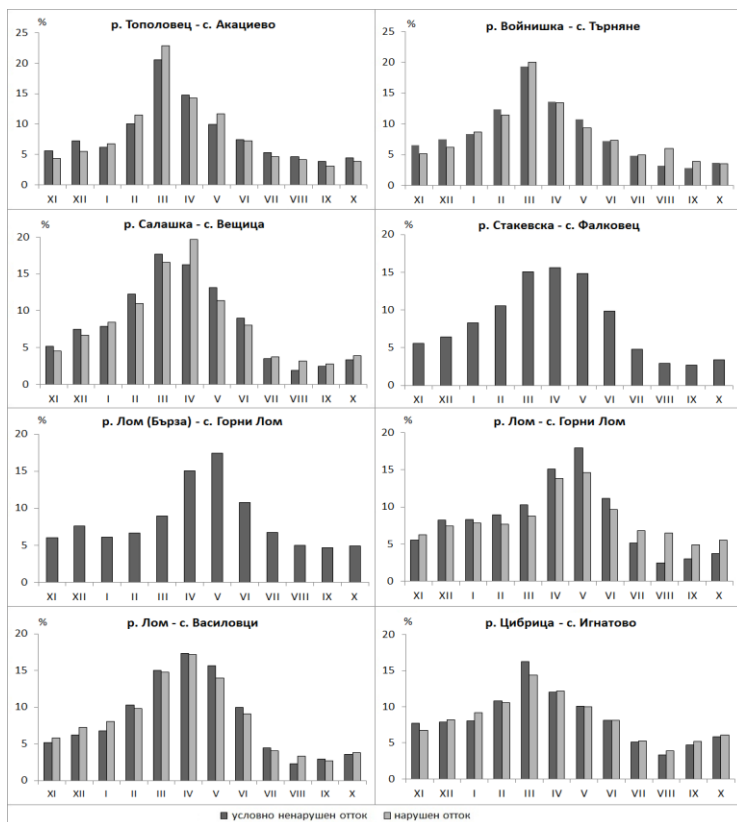
Река – ХМС	Времени характеристики		Количествени характеристики			
	Средни дати		Средна прод. (дни)	Q _{ав.} m ³ /s	W _{ав.} 10 ⁶ m ³	% от W _{ан.}
	начало	край				
Тополовец – Акациево	21.11.	03.02.	75	0.58	3.82	11.7
Войнишка – Търняне	24.11.	01.02.	70	0.46	2.90	11.5
Салашка – Вещица	27.11.	09.02.	75	0.31	2.03	11.0
Стакевска – Фалковец	01.12.	12.02.	74	2.05	13.11	12.6
Лом (Бърза) – Г. Лом	11.12.	04.03.	84	0.36	2.57	12.4
Лом – Горни Лом	13.12.	03.03.	81	1.06	7.41	15.6
Лом – Василовци	29.11.	11.02.	75	3.96	25.66	13.4
Цибрица – Игнатово	28.11.	07.02.	72	1.44	8.95	15.5

Зимното маловодие най-често продължава между два и три месеца (ноември/декември–януари/февруари). Средният многогодишен отток на зимната маловодна фаза се изменя от 0.31 m³/s (р. Салашка – с. Вещица) до 3.96 m³/s (р. Лом – с. Василовци) и съставлява между 11.0% и 15.6% от годишните водни обеми (табл. 26).

4.1.5 Месечна и сезонна отточна динамика

Месечна отточна динамика. Вътрешногодишният ход на речния отток във водосборите западно от р. Огоста спада към първия подтип на умереноконтиненталния тип отточен режим (Христова, 2004) с нарастващи водни количества от есенните към пролетните месеци и намаляващи в обратен ред.

Месечният отток е с концентриране на водните обеми през месеците март, април и май. Не се отчита съсредоточаване на водни количества през месеците ноември и декември, когато в част от речните водосбори се регистрира вторичният валежен максимум. Към закономерностите на вътрешногодишното разпределение на месечните водни обеми се отнася изместването на отточния максимум от м. март към м. май от равнинната към планинската част на водосборите, както и изключителната устойчивост на минималния отток през месеците август и септември (фиг. 19).



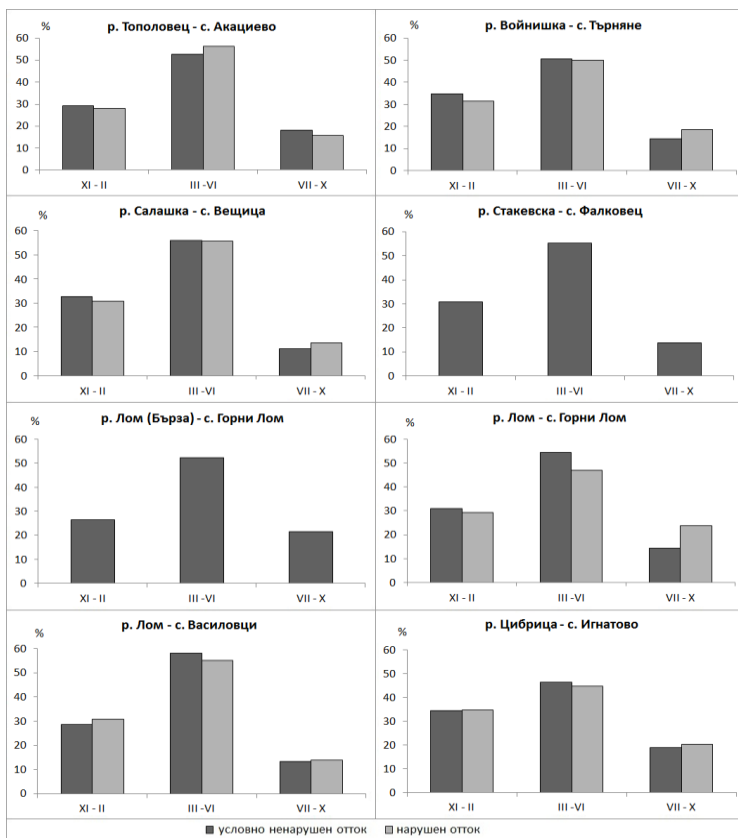
Фигура 19. Месечно разпределение на речния отток (% от годишния воден обем)

Сравнителният анализ на средните стойности на оттока установява намаляване на водните обеми след 80-те години на ХХ в., особено през месеците февруари, март, април и май, както и през месеците ноември, декември и януари, и повишаване на речните нива през м. август. Тренд анализът оценява като статистически значим в най-голям брой речни басейни спада на водните обеми през месеците декември, февруари и май с наклон на регресионната линия между -0.005 и -0.084 (табл. 28).

Нееднаквата посока и интензивност на месечната отточна динамика след 80-те години на XX в. е причина за промени във времевата проява и структурата на отточните максимуми и минимуми. Макар общата негативна тенденция на изменение на водните обеми на р. Салашка – с. Вещица през месеците март и април, по-интензивният спад на оттока през м. март предизвиква изместване на отточния максимум към м. април. Повишаването на водните количества през летните месеци се съпътства с промени във времевата проява на отточните минимуми, които се преразпределят от м. август към м. септември (при р. Салашка – с. Вещица, р. Лом – с. Горни Лом и р. Лом – с. Василковци) и от м. септември към м. октомври (при р. Войнишка – с. Търняне) (фиг. 19). Преразпределянето на най-големите и най-малките месечни водни количества е косвено доказателство за изменение на климатичните условия в границите на речните водосбори.

Сравнителният анализ на честотата на отточните максимуми показва по-устойчива времева проява на най-големите водни обеми през месеците март, април и май за втория подпериод. Полученият резултат свидетелства за по-интензивно снеготопене и за по-слабо разсейване на валежите извън пролетните месеци след средата на 80-те години на XX в. Отточните минимуми се установяват най-често през месеците август и септември при сходна устойчивост след втората половина на 80-те години на XX в. в сравнение с преходния подпериод.

Сезонна отточна динамика. Сезонното разпределение на речния отток и през двата подпериода е с доминиране на водните количества през пролетния хидроложки сезон, но с по-малък относителен дял от годишните водни обеми след средата на 80-те години на XX в.: между 46.5% (р. Цибрица – с. Игнатово) и 58.1% (р. Лом – с. Василковци) за подпериода с условно ненарушен отточен режим и от 44.8% (р. Цибрица – с. Игнатово) до 55.7% (р. Салашка – с. Вещица) за времето с нарушен отток. Изключение е р. Тополовец – с. Акациево, в чийто речен водосбор относителният дял на пролетния отток нараства от 52.7% на 56.2% (фиг. 21).



Фигура 21. Сезонно разпределение на речния отток (% от годишния воден обем)

Отточната динамика през зимния хидроложки сезон е аналогична с описаната през пролетния хидроложки сезон. Зимният отток е втори по обем и относителен дял, но при намаляващи стойности на посочените показатели – между 26.4% (р. Бърза – с. Горни Лом) и 34.8% (р. Войнишка – с. Търняне) от годишните водни обеми за времето с ненарушен режим и от 26.1% (р. Тополовец – с. Акациево) до 34.4% (р. Цибрица – с. Игнатово) за подпериода с нарушени условия.

Изключение е р. Лом – с. Василовци с ръст в относителния дял на зимните водни обеми – от 28.6% на 30.9% (фиг. 21). Пониженото участие на пролетния и зимния речен отток при формиране на годишните водни обеми вероятно е вследствие от намаляването на височината на снежната покривка. Лятно-есенният отток остава трети по обем и относителен дял и за двата подпериода, но с нарастващи стойности на посочените показатели: от 11.2% (р. Салашка – с. Вещица) до 21.4% (р. Бърза – с. Горни Лом) от годишните водни обеми за времето с ненарушен режим и от 13.6% (р. Салашка – с. Вещица) до 23.8% (р. Лом – с. Горни Лом) за подпериода с нарушени отточни условия. Изключение е р. Тополовец – с. Акациево, където относителният дял на лятно-есенния отток намалява от 18.2% на 17.7% (фиг. 21).

Сравнението на средните стойности на сезонния отток установява намаляване на водните количества през зимния и пролетния хидроложки сезон след 80-те години на XX в., което най-вероятно се дължи на понижаването на височината на снежната покривка.

Mann Kendall потвърждава констатираната негативна тенденция и оценява за статистически значимо понижаването на зимния и пролетния отток (при наклон на регресионната линия между -0.004 и -0.076) в по-голямата част от речните водосбори. Изключение е лятно-есенният отток с различни по посока изменения, но в общия случай без статистическа значимост (табл. 32).

Изменчивостта на климатичните условия се разкрива от сезонния индекс α , показващ отношение между зимните и пролетните водни обеми. Средноаритметичната стойност на индекса за подпериода с условно ненарушен отточен режим е между 0.51 (р. Бърза – с. Горни Лом) и 0.88 (р. Цибрица – с. Игнатово), а за времето с нарушен отток се изменя от 0.60 (р. Тополовец – с. Акациево и р. Лом – с. Василовци) до 0.89 (р. Цибрица – с. Игнатово). Изчислителните резултати показват преобладаващо умереноконтинентално климатично влияние при по-интензивно намаляване на пролетния спрямо зимния отток през последните десетилетия.

Таблица 32. Тренд анализ на сезонния отток по Mann-Kendall

Река – ХМС	Показател	Хидроложки сезони		
		Зимен	Пролетен	Лятно-есенен
Тополовец – Акациево	Kendall's tau Sen's slope	-0.239 -0.009	-0.167 -0.015	-0.209 -0.006
Войнишка – Търняне	Kendall's tau Sen's slope	-0.289 -0.008	-0.172 -0.008	0.023 0.001
Салашка – Вещица	Kendall's tau Sen's slope	-0.211 -0.004	-0.178 -0.007	-0.041 -0.001
Стакевска – Фалковец	Kendall's tau Sen's slope	-0.125 -0.014	-0.290 -0.058	0.042 0.003
Лом (Бърза) – Горни Лом	Kendall's tau Sen's slope	-0.005 -0.001	-0.128 -0.003	0.032 0.001
Лом – Горни Лом	Kendall's tau Sen's slope	-0.240 -0.012	-0.341 -0.028	0.047 0.001
Лом – Василовци	Kendall's tau Sen's slope	-0.067 -0.013	-0.179 -0.076	-0.082 -0.008
Цибрица – Игнатово	Kendall's tau Sen's slope	-0.242 -0.015	-0.189 -0.022	-0.071 -0.003

Bold – статистически значим тренд (p-value ≤ 0.05)

4.1.6 Екстремни хидроложки събития

Екстремно високи води се изолират между един и пет пъти през почти всички хидроложки години с изключение на маловодните 1967/68 г., 2000/01 г., 2001/02 г., когато подобни събития не се отчитат в повечето речни басейни. Максимален брой случаи с екстремно високи води – от шест до девет, се регистрира през многоводните 1953/54, 1954/55 г., 1955/56 г., 2004/05 г., когато значителни валежи от дъжд предизвикват остри пикове в хидрографите. Броят на случаите с екстремно висок отток варира между 124 (р. Стакевска – с. Фалковец) и 174 (р. Лом – с. Горни Лом) и не показва ясно увеличаване/намаляване с изменението на надморската височина.

Екстремно висок речен отток е типичен за пролетния хидроложки сезон на многоводни години, особено за месеците

март, април и май. Изключително високи води се измерват и през месеците февруари (в равнинните речни басейни) и юни (в планинските поречия) поради хипсометричните различия, предпоставящи нееднакъв старт на снеготопенето. Средната продължителност на екстремно високите води е от три до пет дни. Проливните и интензивните валежи, които са основна предпоставка за бързо покачване на речните водни нива имат краткотрайна продължителност, което обяснява големия дял на извънредно високите води с времетраене до една седмица. Близката средна продължителност на екстремно високите води не позволява откриване на географски различия между отделните поречия и свидетелства за сходство в реакцията на водните потоци към входните въздействия в системата речен водосбор. Географският анализ не установява увеличаване/намаляване продължителността на екстремно високите води с изменението на надморската височина, което потвърждава тяхната зависимост от проливните и интензивните валежи. Праговите водни количества на екстремно високия отток се изменят от 1.52 m³/s (р. Салашка – с. Вещица) до 14.33 m³/s (р. Лом – с. Василовци) с голяма амплитуда на колебанията между крайните стойности. По-слабо изменчиви са водните обеми единствено в планинските водосбори, заети от горска растителност и подхранвани от снежно-дъждовни източници.

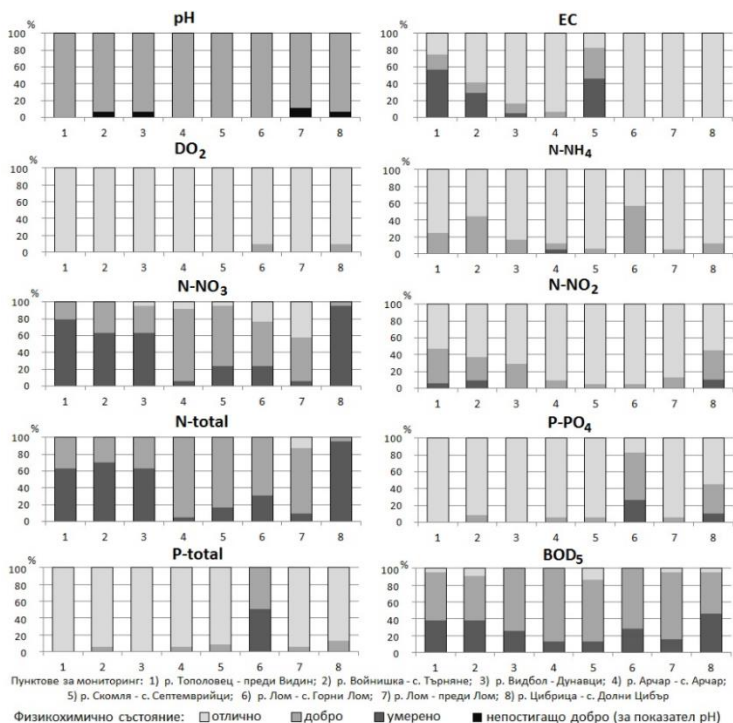
Екстремно ниски води се установяват през всички хидроложки години от изследвания период с изключение на многоводните 1955/56 г., 1962/63 г. и 2004/05 г., когато подобни събития не се отчитат в около половината речни водосбори. Екстремно нисък отток се регистрира най-често от два до пет пъти през хидроложката година с изключение на маловодните 1967/68 г., 2000/01 г. и 2001/02 г., когато се установяват между шест и осем събития. Броят на случаите с екстремно нисък отток варира между 85 (р. Стакевска – с. Фалковец) и 126 (р. Цибрица – с. Игнатово) за целия период и нараства от планинските към равнинните речни басейни вследствие намаляването на валежите и увеличаването на изпарението и инфилтрацията.

Екстремно нисък отток е характерен за лятно-есенния хидроложки сезон на маловодни и средноводни години, но се регистрира и през зимните месеци – главно през м. февруари (в планинските речни басейни), както и през м. юни. Отточен дефицит не се отчита във всички поречия единствено през м. април. Средната продължителност на екстремно ниския отток варира от една до две седмици, а максималната – от 13 до 24 седмици. Най-продължителните периоди с екстремно нисък отток се задържат над 100 дни в почти всички речни басейни. Праговите водни количества на екстремно ниския отток се изменят от 0.04 m³/s (р. Салашка – с. Вещица) до 0.49 m³/s (р. Лом – с. Василовци) и варират в относително тесни граници поради преобладаващото подземно подхранване на речните системи през лятно-есенния хидроложки сезон.

4.2 Качество на речните води

4.2.1 *Компонентен анализ.* Изчисленията показват различия в стойностите на физикохимичните показатели между отделните пунктове за мониторинг. Компонентният анализ дава възможност да бъдат открити основните замърсяващи вещества.

Стойностите на рН-водороден показател разкриват, че речните води във водосборите западно от р. Огоста се отличават с неутрална до слабо алкална реакция (табл. 43). Стойностите на електропроводимостта варират значително и нарастват от планинската към равнинната част (табл. 43). Речните води са наситени с кислород и не изпитват дефицит, който да поставя под заплаха жизнената дейност на водните екосистеми (табл. 43). Резултатите показват, че водите не са натоварени с амониев азот и концентрациите се запазват в диапазона „отлично“ и „добро състояние“ (фиг. 25, табл. 43). Данните разкриват, че водите са замърсени с нитратен азот. Във всички пунктове се измерват стойности, превишаващи с от три до четири пъти референтните стандарти за „отлично“ и „добро състояние“ (фиг. 25, табл. 43), вследствие на което физикохимичното състояние се категоризира като „умерено“. Речните води не са натоварени с нитритен азот – измерените стойности показват „добро“ и „отлично състояние“ (табл. 43).



Фигура 25. Честота (% от всички проби) на физикохимичните показатели с определено състояние на водите съгласно изискванията в Наредба № Н-4/14.09.2012 г.

Резултатите разкриват, че речните води са замърсени с общ азот и не отговарят на нормите за „добро състояние“, поради което физикохимичното състояние е „умерено“ (фиг. 25, табл. 43). Най-сериозно е замърсяването при р. Тополовец – преди Видин, р. Войнишка – с. Търняне и р. Цибрица – с. Долни Цибър, където най-високата концентрация превишава с три пъти изискването за „добро състояние“. Стойностите на ортофосфати не надвишават нормативните стандарти и най-често са в диапазона „отлично“ и „добро състояние“. Водите не са натоварени с общ фосфор и концентрациите се запазват в интервала „отлично“ и „добро състояние“. Изключение е р.

Лом – с. Горни Лом, където физикохимичното състояние е „умерено“. Резултатите установяват прекомерно биохимично потребление на кислород във всички пунктове (фиг. 25, табл. 43), което е основание физикохимичното състояние на водите да бъде оценено като „умерено“ по този показател.

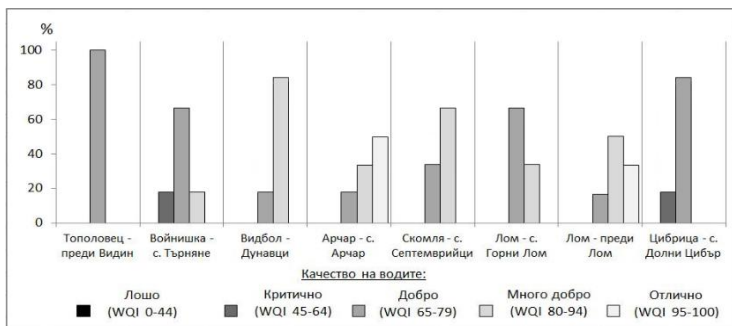
Резултатите потвърждават минали работи, но показват и различия. Върбанов и Гърциянова (2015) информират, че за периода 1990–2014 г. „постоянни превишавания за реките западно от Огоста – до 10 пъти над нормите се установяват в стойностите на нитратите, амониевия азот и ортофосфатите“. Настоящата работа чертае различна картина – стойностите на нитратен азот надвишават с три до четири пъти референтните норми, а съдържанието на амониев азот и фосфати е с до два пъти по-високо от изискванията, което показва тенденция към подобряване качеството на водите. Радева и Сейменов (2019) и Radeva & Seumenov (2020) анализират хидроекологичния статус на водите на р. Лом за 2012–2016 г. Докладваните от авторите концентрации на нитратен, нитритен и общ азот са по-високи от представените в настоящото изследване, което потвърждава становището, че през периода 2015–2020 г. се отчита подобряване качеството на водите.

4.2.2 *Комплексен анализ*. Средногодишните стойности на ССМЕ WQI разкриват, че речните води постигат „добро“ и „много добро качество“, т.е. водните течения са „слабо замърсени“ и „почти незамърсени“ по отношение на десетте анализирани показателя (табл. 44).

Таблица 44. Средногодишни стойности на WQI за 2015–2020 г.

Река – пункт за мониторинг	Числова стойност	Словесна интерпретация
Тополовец – преди Видин	71.58	добро качество
Войнишка – с. Търняне	74.14	добро качество
Видбол – Дунавци	80.11	много добро качество
Арчар – с. Арчар	94.04	много добро качество
Скомля – с. Септемврици	83.42	много добро качество
Лом – с. Горни Лом	76.45	добро качество
Лом – преди Лом	90.99	много добро качество
Цибрица – с. Долни Цибър	70.75	добро качество

Подобна обобщена оценка не позволява хронологично измерение на промените в качеството на водите. За целта са пресметнати годишните стойности на CCME WQI (фиг. 26).



Фигура 26. Честота (% от всички години) на годишните оценки на CCME WQI

Изводи

Нарастващите температури на въздуха и промените в разпределението на валежите след 80-те години на XX в.:

- нарушават структурната еднородност на времевите редове от годишен, месечен и сезонен отток;
- увеличават вариабилността на водните количества;
- предизвикват статистически значимо намаляване на годишния речен отток;
- преразпределят месечните и сезонните водни обеми и повишават честотата на екстремните хидроложки събития;
- не дават отражение върху качествено състояние на водните потоци.

Антропогенните влияния намаляват своето значение през последните десетилетия и не оказват съществен ефект върху обема, режима и химичния състав на речните води.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хидроложките процеси във водосборите западно от р. Огоста са отражение на измененията на регионалния климат и

по-слабо реагират на антропопресата, която отслабва своето влияние след 80-те години на ХХ в. Годишният речен отток намалява статистически значимо през последните десетилетия при увеличаване на колебанията около средномногогодишната стойност вследствие включването във времевите серии на екстремни членове с много рядка повторяемост. Многогодишната отточна динамика не удостоверява наличие на изразена цикличност и се описва от синхронно редуващи се серии с многоводни, средноводни и многоводни години в съответствие с дългосрочните отточни вариации за територията на цялата страна.

Обемът на повърхностните водни ресурси варира в широки числови граници през годините и предполагава значителни контрасти в количествената обезпеченост на населението. Независимо от намаляващия обем на водоползването, отточните условия през маловодна година и недоброто техническо състояние на водопреносната система изправят жителите пред воден стрес, недостиг и абсолютен недостиг на вода. Изградените азбестоциментови (етернитови) тръби от десетилетия са амортизирани и протекли, вследствие на което в тях се изгубват между 40% и 60% от речните водни обеми подавани към домакинствата и промишлеността. Необходимо е модернизиране на водопроводната мрежа, за да се сведе до минимум загубата на пресни водни ресурси.

Отточният режим е с пролетно пълноводие (м. февруари/март – м. май/юни), лятно-есенно (м. юни/юли – м. октомври/ноември) и зимно (м. ноември/декември – м. януари/февруари) маловодие, със закономерности във времевата проява и в продължителността на отточните фази и на най-големите месечни водни количества по надморска височина и със запазване на конфигурацията на хидрографа на месечния и сезонния отток. Вътрешногодишната отточна динамика след 80-те години на ХХ в. се описва с увеличаване на амплитудата между минималните и максималните стойности на месечния и сезонния отток, със статистически значимо намаляване на зимните и пролетните водни обеми и липса на еднозначна тенденция при лятно-есенния отток, с преразпределяне на ме-

сечните отточни максимуми и минимума и с повишаване на честотата на екстремните хидроложки събития – косвени доказателства за изменение на климатичните условия в изследваните водосбори.

Качеството на речните води се подобрява в отговор на отслабващия антропогенен натиск, но все още се регистрират завишени концентрации за част от физикохимичните показатели (нитратен азот, общ азот и биохимично потребление на кислород). Макар предписанията в Директива 91/271/ЕИО за пречистването на градските отпадъчни води в агломерациите с над 2000 е.ж., продължава тенденциозното забавяне на процеса на изграждане на ПСОВ, а действащите съоръжения в населените места с над 10 000 е.ж. са технически остарели и неефективни. Поддържането на „добро химично състояние“ на речните течения изисква ликвидиране и рекултивиране на незаконените сметища и старите общински депа за твърди битови отпадъци, разширяване на канализационната система в населените места, проектиране и изграждане на съвременна инфраструктура за пречистване на отпадъчни води. Въвеждането на земеделски практики с ограничена употреба на торове и пестициди е допълнителна мярка за намаляване биогенното натоварване на повърхностните водни тела в района.

СПРАВКА НА ПРИНОСИТЕ

Научен принос

Установени са статистически значими негативни тенденции в изменението на речния отток, промени във вътрешногодишното разпределение на водните количества и прояви на височинна зоналност на редица хидроложки параметри. Доказан е положителен тренд в качеството на речните води по физикохимични и интегрални показатели.

Научно-приложен принос

Документирани са обемът и обезпечеността с водни ресурси. Предложени са дейности за намаляване загубата на водни ресурси и подобряване качеството на речните води.

Научно-методологичен принос

Въз основа на широк спектър от подходи и методи са изчислени и анализирани множество хидроложки величини и е извършена комплексна количествена и качествена оценка на речния отток и водните ресурси в изследваните водосбори.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМАТА

Сейменов, К. 2023. Многогодишна динамика на речния отток във водосборите западно от река Огоста. – *Годишник на СУ, ГГФ*, книга 2 – География, ISSN: 2535-0579, том 115 (под печат).

Seymenov, K. 2021. Water quality assessment of the Danube's tributaries west of the Ogosta River. – Book of Proceedings of the Third conference "*Climate, atmosphere, and water resources in the face of climate change*", 14–15 October 2021, Sofia, Bulgaria, ISSN: 2683-0558, vol. 3, 51–60.

БЛАГОДАРНОСТИ

Благодарен съм на научния ми ръководител – проф. д-р Нели Христова! Тя привлече моя интерес към хидрологията и ми предаде множество основополагащи знания и умения, които се оказаха предпоставка за успешното реализиране на дисертационния труд.

Признателен съм на катедра „Климатология, хидрология и геоморфология“ към Геолого-географски факултет на Софийски университет „Св. Климент Охридски“ за оказаната подкрепа.

Благодарен съм на НИМХ и ИАОС за материалите, без които анализите в дисертацията не биха били възможни.

Таблица 28. Тренд анализ на месечния отток по Mann Kendall

Река – ХМС	Показател	Месeci											
		XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Тополовец – Акациево	Kendall's tau	-0.307	-0.146	-0.087	-0.083	-0.162	-0.152	-0.202	-0.175	-0.241	-0.207	-0.156	
	Sen's slope	-0.009	-0.009	-0.005	-0.008	-0.016	-0.010	-0.008	-0.005	-0.007	-0.005	-0.004	
Войничка – Търняне	Kendall's tau	-0.286	-0.258	-0.231	-0.227	-0.157	-0.127	-0.105	-0.146	-0.058	0.072	0.026	-0.054
	Sen's slope	-0.006	-0.007	-0.006	-0.011	-0.009	-0.005	-0.004	-0.004	-0.001	0.001	0.000	-0.001
Салашка – Вещица	Kendall's tau	-0.093	-0.115	-0.158	-0.172	-0.075	-0.090	-0.168	-0.142	-0.050	0.042	0.010	0.085
	Sen's slope	-0.001	-0.002	-0.005	-0.006	-0.005	-0.004	-0.005	-0.003	-0.001	0.000	0.000	0.001
Стакевека – Фалковец	Kendall's tau	0.076	-0.173	-0.025	-0.142	-0.121	-0.181	-0.270	-0.074	0.058	0.225	-0.062	0.105
	Sen's slope	0.009	-0.019	-0.003	-0.032	-0.023	-0.050	-0.084	-0.011	0.004	0.016	-0.002	0.004
Лом (Бърза) – Горни Лом	Kendall's tau	0.009	-0.098	-0.039	-0.016	0.064	-0.069	-0.166	-0.157	-0.019	0.028	0.020	0.147
	Sen's slope	0.001	-0.001	-0.001	0.000	0.002	-0.002	-0.008	-0.004	0.000	0.004	0.001	0.002
Лом – Горни Лом	Kendall's tau	-0.117	-0.272	-0.122	-0.238	-0.221	-0.344	-0.266	-0.228	-0.033	0.200	0.106	0.123
	Sen's slope	-0.006	-0.018	-0.006	-0.013	-0.015	-0.034	-0.029	-0.018	-0.001	0.005	0.002	0.003
Лом – Василовци	Kendall's tau	-0.059	-0.068	-0.059	-0.057	-0.067	-0.130	-0.119	-0.062	-0.096	0.014	-0.152	-0.045
	Sen's slope	-0.010	-0.014	-0.017	-0.020	-0.041	-0.074	-0.051	-0.020	-0.011	0.002	-0.015	-0.004
Цибрица – Игнатово	Kendall's tau	-0.248	-0.234	-0.075	-0.198	-0.139	-0.120	-0.138	-0.084	-0.001	-0.075	-0.103	-0.177
	Sen's slope	-0.016	-0.018	-0.003	-0.016	-0.018	-0.016	-0.011	-0.006	0.000	-0.004	-0.005	-0.007

Bold – статистически значим тренд (p-value ≤ 0.05)

Таблица 43. Стойности на физикохимични показатели в речните води за периода 2015–2020 г.

Река – пункт за мониторинг	Стойност	Показатели									
		pH	ЕС, $\mu\text{S/cm}$	DO ₂ , mg/l	N-NH ₄ , mg/l	N-NO ₃ , mg/l	N-NO ₂ , mg/l	N-tot, mg/l	P-PO ₄ , mg/l	P-tot, mg/l	BOD ₅ , mg/l
Тополовец – преди Видин	минимална	7.4	392	7.2	0.013	1.699	0.008	1.835	0.009	0.028	1.7
	средна	7.9	743	8.8	0.069	2.798	0.030	3.081	0.033	0.062	3.8
	максимална	8.2	935	13.0	0.241	6.360	0.081	7.010	0.067	0.104	5.9
Войнишка – с. Гърняне	минимална	7.6	334	7.3	0.020	1.240	0.010	1.640	0.010	0.027	1.1
	средна	8.1	672	9.2	0.101	2.546	0.029	3.215	0.030	0.069	3.4
	максимална	8.6	973	12.9	0.206	6.040	0.084	7.420	0.085	0.150	5.2
Видбол – Дунавци	минимална	6.3	247	7.6	0.012	0.420	0.007	1.540	0.008	0.017	2.0
	средна	7.7	588	9.1	0.063	2.238	0.024	2.848	0.025	0.054	3.5
	максимална	8.2	893	13.8	0.165	4.570	0.050	5.200	0.057	0.096	5.4
Арчар – с. Арчар	минимална	7.4	245	7.3	0.010	0.200	0.005	0.834	0.008	0.015	2.4
	средна	7.9	543	9.6	0.064	1.225	0.014	1.652	0.028	0.059	3.3
	максимална	8.3	727	13.2	0.389	2.170	0.030	2.800	0.074	0.162	5.3
Скомя – с. Септемврийци	минимална	7.6	236	7.2	0.008	0.546	0.005	0.922	0.006	0.019	1.7
	средна	8.0	725	9.7	0.053	1.704	0.010	1.975	0.026	0.065	3.1
	максимална	8.3	853	14.4	0.276	3.000	0.033	3.110	0.087	0.226	6.3
Лом – с. Горни Лом	минимална	7.2	79	7.5	0.006	0.120	0.003	0.347	0.007	0.012	1.1
	средна	7.8	135	9.9	0.043	0.410	0.005	0.742	0.016	0.031	2.3
	максимална	8.2	202	13.7	0.092	1.150	0.011	1.800	0.040	0.057	3.3
Лом – преди Лом, кв. „Младеново“	минимална	6.9	163	7.8	0.010	0.141	0.003	0.580	0.005	0.010	1.8
	средна	8.0	358	9.4	0.035	0.944	0.015	1.348	0.025	0.044	3.1
	максимална	8.8	539	12.9	0.148	2.580	0.042	2.940	0.126	0.153	5.7
Цибрица – с. Долни Цибър	минимална	7.4	126	6.2	0.013	1.890	0.007	2.150	0.018	0.035	1.4
	средна	8.1	334	9.0	0.078	5.075	0.034	5.421	0.071	0.103	4.2
	максимална	8.8	517	12.5	0.220	8.110	0.069	8.300	0.213	0.267	7.8

ДЕКЛАРАЦИЯ ЗА ОРИГИНАЛНОСТ

Декларирам, че настоящият дисертационен труд на тема „Оценка на речния отток и водните ресурси във водосборите западно от река Огоста“ за придобиване на образователна и научна степен „доктор“ е самостоятелно и оригинално авторско произведение, а използваните източници на научна и емпирична информация са коректно документирани и цитирани съгласно действащите в Република България стандарти.

Гарантирам, че:

1. Признаването на чуждо авторство на използваните текстове, таблици, схеми, графики, изображения и други е обозначено според утвърдения в научната област академичен стил на цитиране.
2. Библиографският списък в края на дисертационния труд включва всички цитирани и използвани печатни и електронни източници по темата.

С настоящата декларация удостоверявам, че съм запознат с правилата в Етичния кодекс на академичната общност на Софийски университет „Св. Климент Охридски“ за зачитане на авторството, чуждите приноси и коректното цитиране и за недопустимостта на плагиатство.

9 ноември 2023 г.
София, България

Калин Сейменов