



Получена: 30.04.2020 г.

Приета: 05.06.2020 г.

## ХИДРОЛОЖКИ ПРОЦЕСИ НА РЕКА ДУНАВ

Б. Гладкова<sup>1</sup>

*Ключови думи:* р. Дунав, замърсяване, температура, водно количество, воден стоеж, хидроложки анализ

### РЕЗЮМЕ

В статията са разгледани физикогеографските, климатичните и основните хидроложки характеристики на р. Дунав. Направен е анализ на водното количество, воден стоеж, температура на водата и връзката между тях за периода 1941 – 2018 г. в хидрометеорологичните станции Лом и Оряхово. Резултатите потвърждават намаляване на средно-многогодишното водно количество на р. Дунав в българския участък. Разгледано е годишното изменение на температурата на водата и как човешката дейност (заустване на топлинно замърсени води от ТЕЦ, АЕЦ и др. производства) му оказва влияние. Проследено е изменението на температурата на водата преди и след пускането в експлоатация на АЕЦ „Козлодуй“, при работа на 6 енергоблока и при работа на 2 енергоблока.

## 1. Физикогеографска и климатична характеристика на р. Дунав

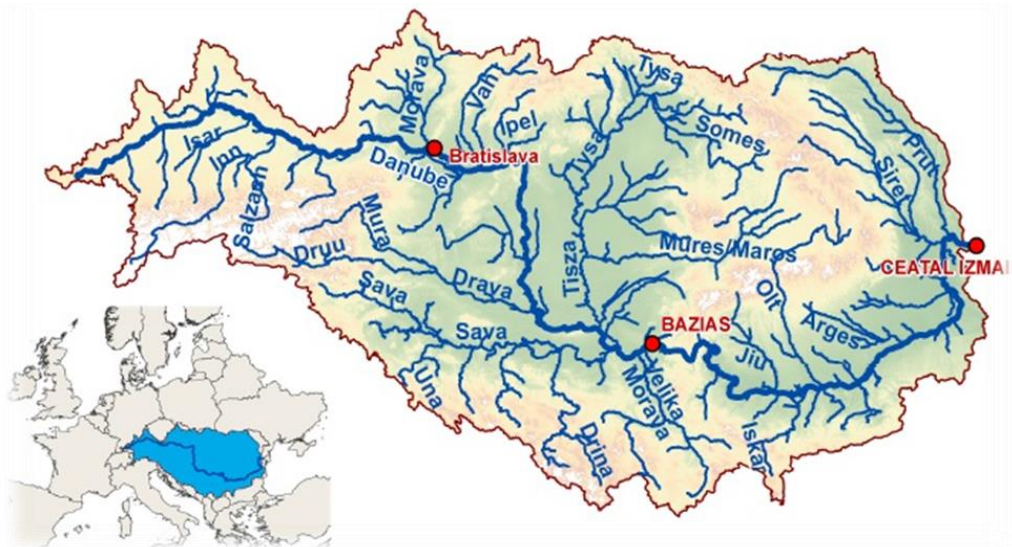
### 1.1. Обща физикогеографска характеристика

Река Дунав извира от платото Баар в планината Шварцвалд, Германия, където две по-малки реки, Бригах и Брег, се стичат в долина, като се сливат в района на гр. Донауешинген, който е приет за начална точка на р. Дунав. Вливането на реката в Черно море става при гр. Сулина посредством делта. Общата дължина на р. Дунав от Сулина до Донауешинген е 2783 km, с коефициент на извитост 1,7. Общият пад на Дунав е 678 m, а средният наклон е 25 cm/km. Характеризира се с гъсто развита и пълноводна речна мре-

---

<sup>1</sup> Борислава Гладкова, инж. докторант, кат. „Хидравлика и хидрология“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: borislavasileva@abv.bg

жа – над 120 притока, от които 34 са корабоплавателни. Общата ѝ водосборна площ възлиза на 817 000 km<sup>2</sup> [1 ÷ 4].



Фиг. 1. Река Дунав и главните ѝ притоци

## 1.2. Климат

Климатичните фактори имат първостепенно значение за формирането на речния отток, качеството на водите и режима на реките. Съгласно климатичното райониране на страната, топлинните условия са с добре изразена сезонност, поради различията в радиационния баланс през зимата и лятото, което подчертава континенталния характер на климата. Тази сезонност е засилена и от циркулационните условия.

През зимата характерът на времето се обуславя от континенталните въздушни маси на умерените ширини. В по-редки случаи достигат и континентални въздушни маси от трансформиран арктичен въздух, които причиняват рязко застудяване.

В началото на пролетта и главно през март циркулационните условия в района запазват характера на зимните условия [1 ÷ 4].

Данните за средномесечното разпределение на температурите на въздуха, атмосферното налягане, относителната влажност на въздуха, вятъра по българския участък на река Дунав са получени на базата на статистическа метеорологична информация за представителен период от 24 години (01.01.1994 г. – 30.12.2018 г.) от 6 станции, разположени по реката – Ново село, Лом, Оряхово, Свищов, Русе и Силистра и са представени в табл. 1 [2 ÷ 4, 7, 10].

## 1.3. Температура на въздуха

Данните за средномесечното дневно разпределение на температурите на въздуха (в светлия период от денонощието) по българския участък на река Дунав са представени в табл. 1.

**Таблица 1. Средномесечна дневна температура  $t$  за периода 1994 – 2018 г., измерени в българския участък на река Дунав, в °С**

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ново село	0,1	1,9	7,1	12,7	18,4	22,1	24,3	23,6	17,9	11,9	5,8	0,6
Лом	0,2	2,3	7,2	12,8	18,5	22,2	24,2	23,7	18,4	12,4	6,2	1,0
Оряхово	0,1	2,0	6,9	12,9	18,7	22,3	24,5	24,1	18,8	13,1	6,1	0,8
Свищов	-0,2	2,2	7,5	13,2	18,9	22,9	24,9	24,5	19,2	12,7	6,3	0,9
Русе	-0,3	2,2	7,4	13,4	19,2	22,8	24,8	24,6	19,1	12,9	6,6	1,0
Силистра	0,4	2,4	7,0	12,6	18,4	22,3	24,2	23,8	18,7	12,9	7,1	1,5

#### 1.4. Атмосферно налягане

Данните за атмосферното налягане по българския участък на река Дунав са обобщени в табл. 2.

**Таблица 2. Средномесечно атмосферно налягане  $P$  за периода 1994 – 2018 г., измерено в българския участък на река Дунав, в hPa**

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ново село	1021	1016	1017	1014	1014	1014	1013	1014	1016	1020	1020	1020
Лом	1021	1019	1017	1014	1015	1014	1014	1014	1016	1020	1020	1021
Оряхово	1021	1019	1016	1013	1013	1013	1013	1013	1015	1019	1019	1019
Свищов	1021	1019	1016	1013	1013	1013	1012	1013	1015	1019	1019	1019
Русе	1020	1018	1016	1013	1014	1013	1012	1013	1015	1019	1019	1020
Силистра	1020	1018	1016	1014	1014	1013	1012	1013	1016	1019	1019	1019

#### 1.5. Относителна влажност на въздуха

Обобщените данни за относителната влажност на въздуха в българския участък на река Дунав са представени в табл. 3.

**Таблица 3. Средномесечна относителна влажност на въздуха за периода 1994 – 2018 г., измерено в българския участък на река Дунав, в hPa**

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ново село	81	76	67	68	68	67	64	64	69	73	81	79
Лом	82	77	68	68	70	69	67	69	72	78	81	78
Оряхово	72	71	65	64	64	64	58	54	62	70	78	73
Свищов	82	76	66	65	65	63	61	61	67	75	79	78
Русе	82	75	65	62	62	62	59	58	64	72	78	78
Силистра	81	74	67	66	65	66	64	64	69	76	79	77

## 1.6. Вятър

Данните за посоката на преобладаващите ветрове в българския участък на р. Дунав са представени в табл. 4.

**Таблица 4. Обобщени данни за посоката на преобладаващите ветрове в българския участък на река Дунав за периода 1994 – 2018 г.**

Месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Посока	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W
	SW	SW	-	-	-	SW	SW	SW	SW	-	SW	SW
Скорост (m/s)	2,9	3,5	3,6	3,1	2,9	2,6	2,7	2,5	2,6	2,5	2,6	2,6

## 1.7. Валежи

Зимните валежи в разглежданата територия са около 120 mm. Въпреки студената зима, снежната покривка е неустойчива и се задържа в отделни периоди, като най-често формирането ѝ започва в първата десетдневка на декември. Последната снежна покривка се образува в началото на март. Сумата на валежите през пролетта е по-голяма, отколкото през зимата (160 mm). Наблюдават се един максимум през август и три минимума, съответно през април, септември и ноември (табл. 5). Средно годишно, броят на дните с валеж се колебае между 70 и 110, като валежите от сняг са между 34 и 46 дни [7, 8].

В западната част на българския участък от реката сумата на валежите е по-малка отколкото в източната. В зависимост от термичните условия, снежната покривка в участъка се задържа от 5 до 7 седмици, което е предпоставка за образуване на ледени късове [2 ÷ 4].

Валежите имат ясно изразена тенденция за увеличаване на количествата на валежите с 1 – 1,5% на година за периода след 2000 година. По отношение на абсолютните минимални и максимални стойности на количествата на валежите се наблюдава, че всички характерни години са след 2000 година. Наблюдава се тенденция за повторение на много влажни години, особено след 2002 година. В същото време са регистрирани и няколко много сухи години като 2000, 2010 и 2011 година.

**Таблица 5. Средномесечни валежи (mm) при Долен Дунав за периода 1985 – 2014 г.**

Долен Дунав	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
мин.	4,0	3,6	8,4	2,4	23,6	18,0	12,7	7,4	3,0	4,7	1,0	4,0
ср.	36,7	33,6	38,4	51,9	67,0	65,5	59,4	47,1	46,8	43,7	41,1	45,9
макс.	84,3	95,2	69,8	129,3	129,3	109,8	139,2	185,7	141,3	109,4	117,0	92,1

## 1.8. Образуване на ледоход по река Дунав

Река Дунав е замръзвала през 1941/1942, като големи блокове лед при гр. Видин рязко покачват нивото на водата. 345 сгради са сериозно засегнати, 13 души загиват.

През 2012 р. Дунав замръзва напълно при гр. Русе и гр. Силистра. Няма загинали хора. През 2017 г. ледоходът в долната част на реката достига 90%.

Ледените явления в р. Дунав обикновено се наблюдават от декември до март, най-често през януари. Появата на тези явления е много нестабилна както и продължителността им.

Условията за образуване на ледоход по река Дунав са продължителен период от най-малко 5 дни, в които температурата на въздуха е под  $-5^{\circ}\text{C}$  и ниско ниво на реката.

Замръзване на реката се получава, когато ледоходът спре да се движи и стои на едно място. Процесът се предшества от ледови запори – там, където има голяма група острови и участъкът е тесен [2, 3, 7, 11].

## 2. Хидроложка изученост на р. Дунав в българския участък

За извършване на ежедневни метеорологични и хидроложки наблюдения по българския участък на р. Дунав по него са разположени 6 основни хидрометеорологични станции (ХМС) Ново село – km 833,6, Лом – km 743,3, Оряхово – km 678,0, Свищов – km 554,3, Русе – km 496,5 и Силистра – km 375,5 [12].

От ХМС се получават 24-часови синоптични и метеорологични наблюдения на река Дунав. Измерват се нивата на водата, температурата, скоростта на течението и водните количества. Измерванията на водните нива се извършват от Националния институт по метеорология и хидрология. Наблюдението на нивата на водата се извършва всеки ден в 07:00 ч. В случаите на интензивно увеличаване или понижаване на водното ниво на Дунав се правят допълнителни наблюдения, освен основното – 13:00 и 17:00 ч. Когато е необходимо, те се извършват на интервали от 1 до 3 часа.

При определяне на характеристиките на р. Дунав са подбрани хидрометрични станции Лом и Оряхово (табл. 6).

Таблица 6. Хидрометрични станции по българското крайбрежие на р. Дунав km 743,3 – km 678,0

Станция	№	Разстояние от устието (Сулина) km	Кота на нулата на водомерната рейка в m	Географски координати		Площ на водосборната област km <sup>2</sup>	Дата на откриване на станцията
				сев. ширина	източна дължина		
Лом	04	743,3	22,894	43° 49'	23° 13'	588,86	1911
Оряхово	07	678,0	21,559	43° 44'	23° 57'	607,26	1924

Хидроложките данни за река Дунав в българския участък са получени на базата на обработката на статистическа информация от Изпълнителна агенция „Проучване и поддържане на река Дунав“ (ИАПД) за представителен период от 77 години (01.01.1941 г. – 30.12.2018 г.) от 2 ХМС, разположени по реката – Лом и Оряхово, както и от [1, 2].

### 2.1. Режим на речния отток

Направените анализи на характерните водни стоежи за отделните хидрометрични станции са показани на табл. 7.

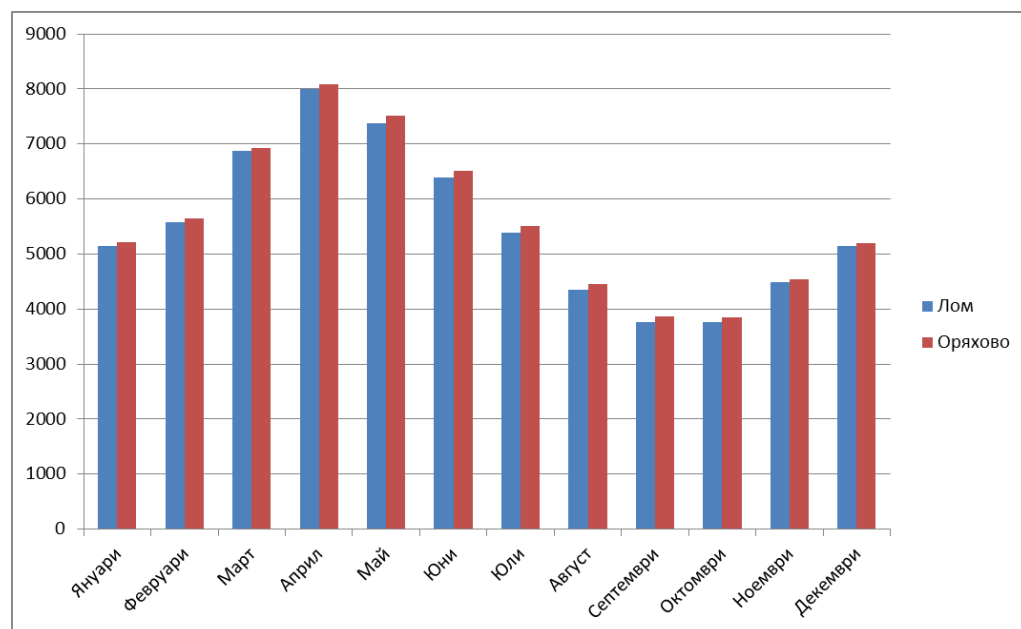
**Таблица 7. Характерни водни стоежи на река Дунав за периода 1941 г. – 2018 г., измерено при станции Лом и Оряхово, в см**

Станция	Характерни водни стоежи	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Лом	Н	255	299	382	484	411	313	238	234	185	182	227	275
	С	371	408	490	570	466	459	388	313	270	266	318	373
	В	493	533	611	648	600	564	495	407	417	366	432	488
Оряхово	Н	156	197	273	374	337	275	196	126	82	71	118	164
	С	373	407	487	568	468	462	390	314	273	269	320	373
	В	491	532	611	648	568	564	496	408	416	366	432	489

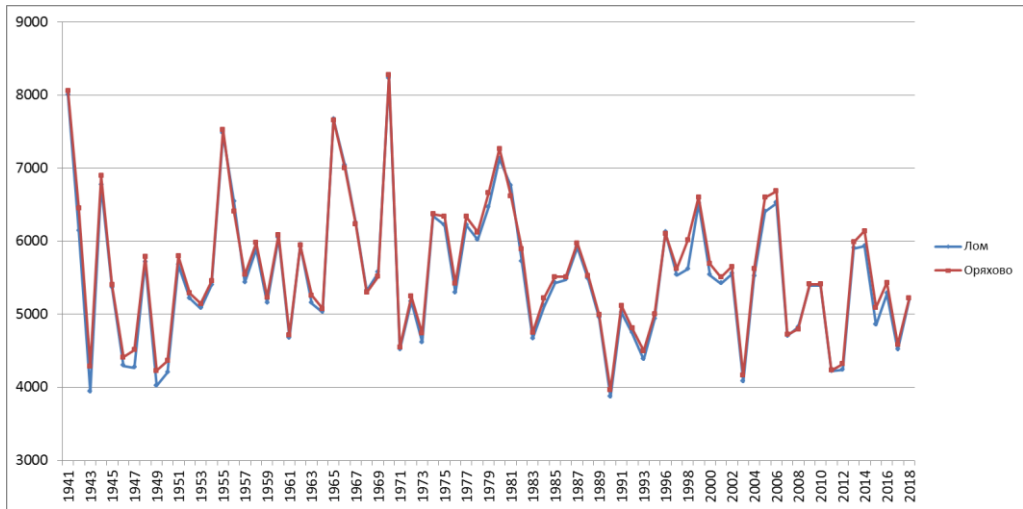
Вътрешногодишното разпределение на оттока в българския участък на р. Дунав (илюстрирано на фиг. 2) е типично за умереноконтиненталния климат и следва разпределението на валежите, снежната покривка и температурата на въздуха. Характеризира се с два основни периода – пролетно пълноводие и лятно-есенно маловодие. Максималните стойности са през април-май поради обилните дъждове през пролетта и високите температури, предизвикващи интензивно снеготопене, т.е има смесен-снежнодъждовен произход. Това води до рязко покачване на оттока. Есенното пълноводие се наблюдава през месеците октомври и ноември. Минимумът е през август-октомври.

Средномногогодишният отток при станция Лом е 5522 m<sup>3</sup>/sec., а при станция Оряхово – 5609 m<sup>3</sup>/SC (за периода 1941 – 2018 г.).

На фиг. 3 е показано изменението на годишния отток за периода 1941 – 2018 г.

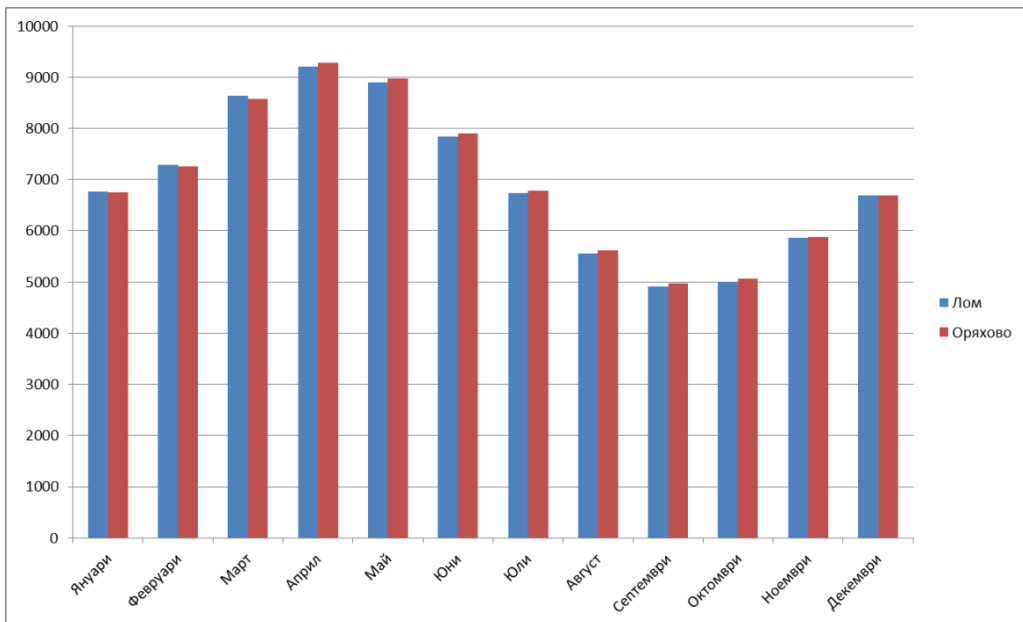


**Фиг. 2. Средномесечни водни количества за станции Лом и Оряхово на р. Дунав за периода 1941 – 2018 г.**

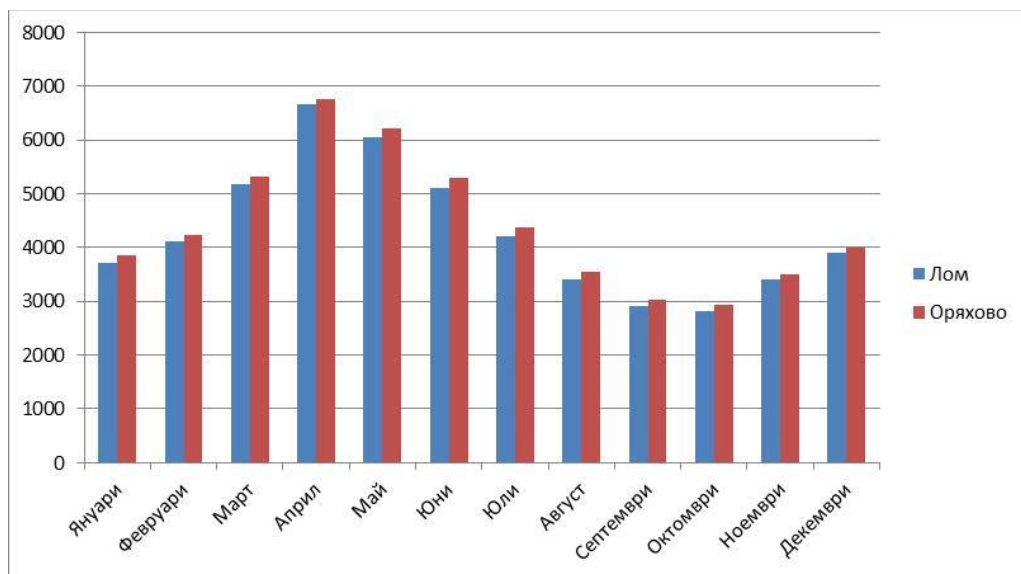


**Фиг. 3. Ходограф на средногодишни водни количества за станции Лом и Оряхово за период 1941 – 2018 г.**

Фиг. 4 показва два периода на пълноводие: период на пролетно пълноводие, който е от месец април-май, и период на есенно пълноводие от месец октомври до месец ноември. Периодът на маловодие е от месец септември до месец октомври (фиг. 5).



**Фиг. 4. Максимални средномесечни водни количества в станции Лом и Оряхово за периода 1941 – 2018 г.**



Фиг. 5. Минимални средномесечни водни количества в станции Лом и Оряхово за периода 1941 – 2018 г.

## 2.2. Температурен режим на водата

Средномногогодишното водно количество на р. Дунав в българския участък е около  $5\,600\text{ m}^3/\text{SC}$ . Съгласно проф. Ст. Модев [5, 6] средният многогодишен отток на р. Дунав е около  $6000\text{ m}^3/\text{s}$ , като през последните години оттокът на реката намалява значително. Резултатите в разработката потвърждават този извод.

Таблица 8. Средномесечни стойности на температурата на водата на р. Дунав за период 1941 – 2018 г.

Станция	Характерни температури	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. год. темпер. на водата, °C
		Min.	Avg.	Max.	Min.	Avg.	Max.	Min.	Avg.	Max.	Min.	Avg.	Max.	
Лом	Мин.	0,8	0,9	3,4	8,2	13,5	18,4	20,9	21,2	17,1	11,0	5,8	2,1	12,6
	средна	1,8	2,4	5,7	11,1	16,6	20,8	22,9	23,2	19,8	14,3	8,5	3,9	
	Макс.	3,3	4,2	8,8	14,1	19,7	23,1	24,7	24,8	22,4	17,7	11,6	6,3	
Оряхово	Мин.	1,3	1,5	3,9	8,9	14,1	18,8	21,6	21,9	17,7	11,7	6,5	2,8	13,2
	средна	2,6	3,1	6,2	11,7	17,2	21,3	23,5	23,8	20,5	14,9	9,3	4,7	
	Макс.	4,2	5,0	9,4	14,7	20,2	23,8	25,3	25,5	23,2	18,5	12,3	7,1	
Разлика*		<b>0,76</b>	<b>0,74</b>	<b>0,55</b>	<b>0,67</b>	<b>0,57</b>	<b>0,55</b>	<b>0,63</b>	<b>0,65</b>	<b>0,68</b>	<b>0,63</b>	<b>0,79</b>	<b>0,79</b>	

\*между средномесечната температура на водата на р. Дунав в станции Лом и Оряхово (°C) за периода 1941 – 2018 г.



Нагряването и охлаждането на речната вода в рамките на денонощие при големи реки като Дунав става много бавно, в резултат на което и колебанията на температурата на водата са малки [5].

Табл. 8 показва годишния ход на температурата на водата на р. Дунав. Той може да се раздели на два периода: период на затопляне и период на охлаждане. Периода на затопляне започва през февруари-март и продължава до юли-август, след което започва периодът на охлаждане.

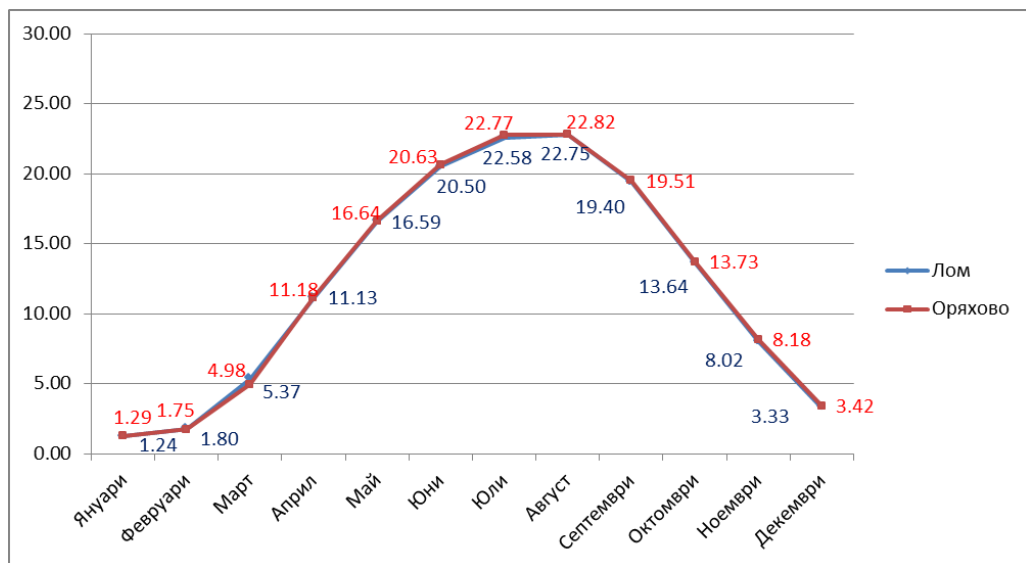
Въпреки близкото разположение на станции Лом и Оряхово съществува разлика между средномесечната температура на водата при двете станции. Тази разлика варира от 0,55 до 0,79 °С.

Това се дължи на факта, че върху температурата на водата оказва влияние и човешката дейност като заустване на по-топли води от ТЕЦ, АЕЦ и др. производства.

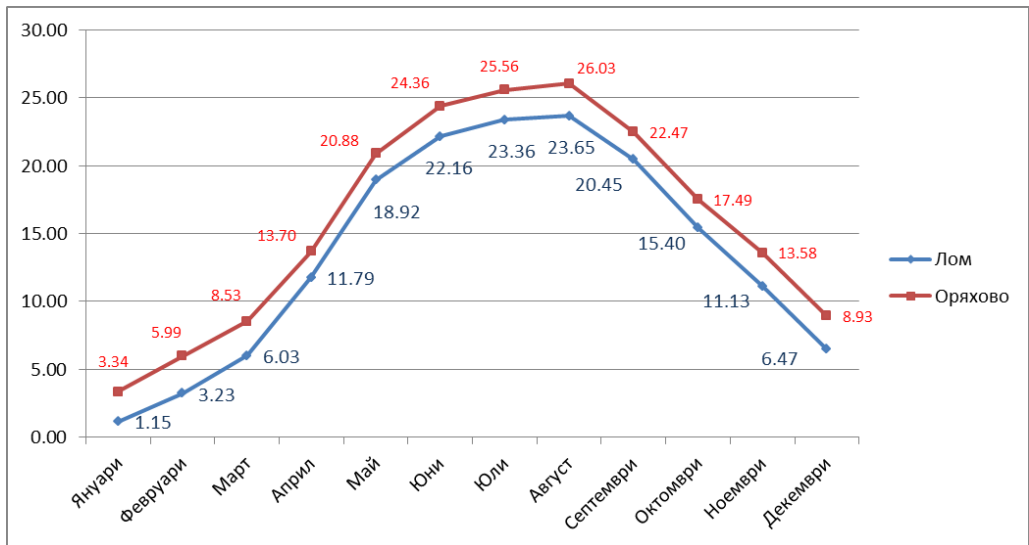
АЕЦ „Козлодуй“ е пусната в експлоатация през 1974 г. и се намира между станции Лом и Оряхово. Фиг. 6, 7 и 8 представят средните месечни температури при станции Лом и Оряхово през различни периоди (преди пуск на АЕЦ „Козлодуй“, при работа на 6 енергоблока, при работа на 2 енергоблока).

Фиг. 6, 7 и 8 показват, че преди пускането на АЕЦ „Козлодуй“ за 32 годишен период няма разлика между средните месечни температури на двете станции при Лом и Оряхово. През 2000 г., когато функционират 6-те реактора, средната разлика за годината е 2,26 °С. През 2018 г. разликата е само 0,84 °С. Разликите са по-високи през зимните месеци в сравнение с летните, както и през по-маловодните години.

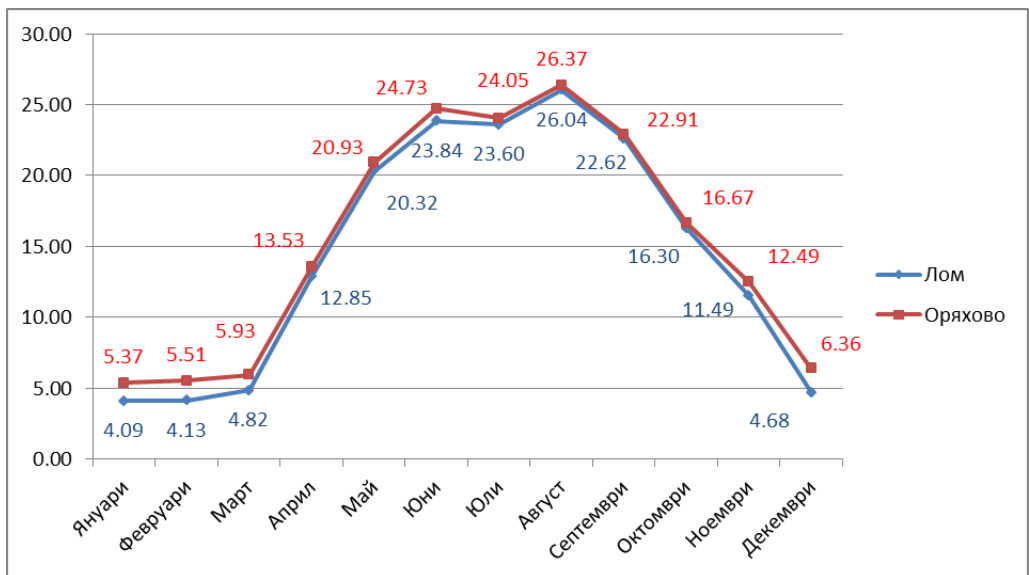
Може да бъде направен изводът, че заустваните по-топли води в р. Дунав от централата достигат до станция Оряхово с по-висока температура, но разликата е под 3 °С и е в съответствие с нормативните изисквания. Това се дължи на процесите на смесване по дължина на течението (надлъжна дисперсия). Отдалечавайки се от мястото на заустване на затоплените води, температурата намалява [9].



Фиг. 6. Средномесечна температура на водата за периода 1941 г. – 1973 г., измерена в станция Лом и Оряхово преди пуск на АЕЦ „Козлодуй“



**Фиг. 7. Средномесечна температура на водата през 2000 г., измерена в станция Лом и Оряхово при работа на 6 енерглока на АЕЦ „Козлодуй“**



**Фиг. 8. Средномесечна температура на водата за 2018 г., измерена в станция Лом и Оряхово при работа на 2 енерглока на АЕЦ „Козлодуй“**

### 3. Заключение

Хидроложкият режим на р. Дунав се характеризира с пролетно пълноводие и лятно-есенно маловодие. Максималните стойности са през април-май. Есенното пълноводие се наблюдава през месеците октомври и ноември. Маловодието е през август-октомври.

Средните максимални стойности на температурата на водата за разглеждания период варира около 23,1 °С до 25,5 °С, като абсолютният максимум в станция Лом достига 24,8 °С, а в станция Оряхово 25,5 °С. Средната месечна температура на водата през януари и февруари за разглеждания период се колебае от 0 °С до 6,8 °С.

Заустваните отработени води от АЕЦ „Козлодуй“ в р. Дунав са топлинно замърсени, но, смесвайки се с водите на реката, те достигат до станция Оряхово с температура на разликата под 3 °С, което е в съответствие с нормативните изисквания.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Хидрологичен справочник на р. Дунав български участък от р. Тимок до р. Силистра. 1959.
2. Хидрологичен справочник на р. Дунав български участък от р. Тимок до р. Силистра. ДИ Техника, 1977.
3. БАН. Хидроложки изследвания на р. Дунав в българския участък. 1981.
4. Хидрологичен наричник. т. II и т. III.
5. *Модев, Ст.* Температурен режим на р. Дунав в българския участък. 1985.
6. *Модев, Ст.* Възможности за използване водите на река Дунав в нейното долно течение. // Водно дело, бр. 5/6, 2012.
7. *Христов, Хр.* Хидрологично състояние на река Дунав и дейности за повишаване на безопасността на корабоплаването в българския участък. 2017.
8. *Айдарова, З., Стоянов, Г., Спасов, Р., Василева, Ал., Николова, Н.* Валежни характеристики и екстремни валежи по българското крайбрежие на река Дунав. 2016.
9. Доклад за оценка на въздействието върху околната среда на Съоръжение за третиране и кондициониране на радиоактивни отпадъци с голям коефициент на намаляване на обема в АЕЦ „Козлодуй“. 2013.
10. *Пенчев, Ф.* Анализ на валежите в дунавския водосборен басейн за периода 1985 – 2014 година.
11. *Mladenović, Marina; Gombás, Karoly; Liška, Igor; Balatonyi, László.* Report on the ice event 2017 in the Danube river basin. 2017.
12. *Network of Danube waterway administrations.* Final report on hydrological activities – compilation of national SQR.

# HYDROLOGICAL PROCESSES OF THE DANUBE RIVER

**B. Gladkova<sup>1</sup>**

**Keywords:** *Danube, pollution, temperature, water quantity, water level, hydrological analysis*

## ABSTRACT

The paper reviews the physio-geographical, climatic and basic hydrological characteristics of the Danube River. An analysis of the water quantity, water level, water temperature and the relationship between them over a long period of 77 years (1941 – 2018) at the hydrometric stations Lom and Oryahovo is made. The results confirm a decrease of the annual average water quantity of the Danube River in the Bulgarian section – about 5 600 m<sup>3</sup>/sec.

The annual course of water temperature is examined as well as how human activity (discharge of heat-polluted water from TPPs, NPPs, etc.) affects it. The change in the water temperature is monitored before and after the Kozloduy NPP during the operation of 6 power units and the operation of 2 power units.

---

<sup>1</sup> Borislava Gladkova, Eng. PhD student, Dept. “Hydraulics and Hydrology”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: borislavavasileva@abv.bg